

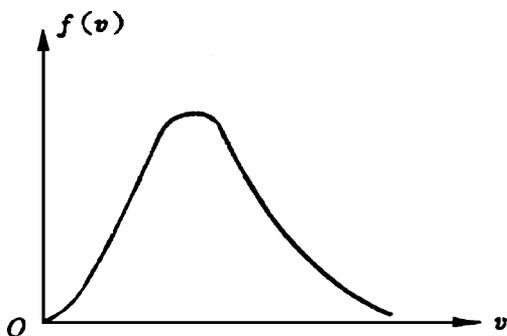
第十一届非物理类专业大学生物理竞赛试题及解答

(1994) 试 题

说明: 第一批录取院校的考生全部题必做(满分为120分). 第二批录取院校的考生第15题、第17题不做, 不要求做的题做了也不计分(满分为100分).

一、填空题(共52分)

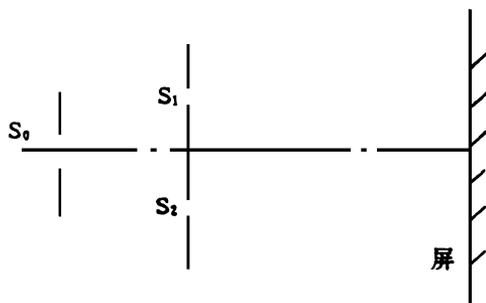
1. (4分) 已知氮气分子的麦克斯韦速率分布曲线如图, 试在该图上定性画出相同温度下氢气分子的速率分布曲线



2. (4分) 某光栅的光栅常数为 5.0×10^{-4} cm, 光栅周围的介质是空气. 用波长为 5000 \AA 的单色光正入射到此光栅上, 可发现谱线中的第四级刚开始发生缺级现象. 那么在用波长为 6000 \AA 的单色光正入射到此光栅上时, 最多可出现的光谱线共_____条

3. (5分) 杨氏双缝实验装置如图, 当用单色自然光照射缝源 S_0 时, 在屏上可得到一组明暗相间的条纹. 今在 S_0 处贴放一偏振片 P , 使其通振方向与缝 S_0 平行; 在 S_1 、 S_2 处各贴放一个相同的半波片 Q_1 、 Q_2 , 并使其中一个半波片的光轴与缝平行, 另一个半波片的光轴与缝垂直. 不计 P 、 Q_1 及 Q_2 对光的吸收, 则与原干涉图样相比, 屏上条纹位置及强度的变化情况是_____

4. (4分) 用一架出射孔径为 D 的凹形抛物物反射面镜将波长为 λ 的单色激光束射向月

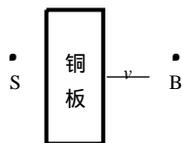


球表面, 由于圆孔衍射, 可近似认为光束的全部能量平均地分布在月球表面形成的爱里斑上, 在爱里斑区域内有一直径为 d 的平面全反射镜. 已知地球表面到月球表面的距离为 L , 则平面镜反射的能量与原发射束的能量之比为_____ (略去地球大气的吸收损耗)

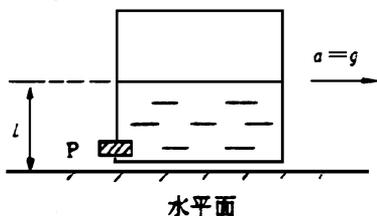
5. (4分) 运动的带电粒子可向四周发射出电磁波, 当带电粒子在某均匀介质中的匀速直线运动速度大于该电磁波在此介质中的传播速度时, 这种电磁波称为切仑柯夫辐射. 将带电粒子视为波的点辐射源, 则由惠更斯原理可知, 切仑柯夫辐射的波前的几何形状为_____面

6. (6分) 声波在空气中的传播速度为 u_1 , 在铜板中的传播速度为 u_2 . 设频率为 ν_0 的声波从图中静止的波源 S 发出, 经空气传播到以速度 $v < u_1$ 向前运动的平行铜板, 在铜板的正前方有一静止的接收者 B , 则 S 接收到的由铜板反射回的声波频率 $\nu_1 =$ _____, B 接收到的透射声波频率

$v_2 =$ _____ (SB与 v 平行)

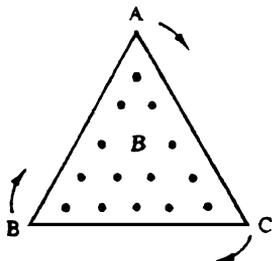


7. (4分) 如图所示, 静止的立方体形水平放置的箱内装有一半容积的水, 将箱底左下角的小孔 P 打开时, 水以 v_0 速率向外流出. 今使水箱水平朝右以 $a = g$ 的加速度运动, 待箱中的水达到稳定状态时打开小孔 P, 水将以 $v =$ _____ 的速率相对水箱向外流出. 设外界和水箱内气体压强几乎始终相同.

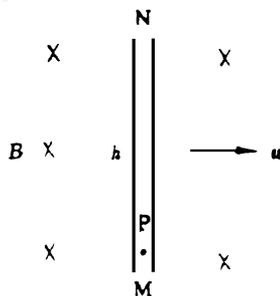


8. (6分) 图中边长为 a 的等边三角形 ABC 区域内有匀强磁场 B , 方向垂直纸面朝外, 边长也为 a 的等边三角形导体框架 ABC 在 $t = 0$ 时恰好与磁场区域的边界重合, 而后以周期 T 绕其中心沿顺时针方向匀角速转动. 于是在框架 ABC 中有感应电流. 规定电流按 A—B—C—A 方向流动时电流强度取为正, 反向流动时取为负. 设框架 ABC 的电阻为 R , 则从 $t = 0$ 到 $t_1 = T/6$ 时间内的平均电流强度 $\bar{I}_1 =$ _____ 从 $t = 0$ 到 $t_2 = T/2$ 时间内的平均电流强度 $\bar{I}_2 =$ _____

9. (5分) 设在讨论的空间范围内有匀强

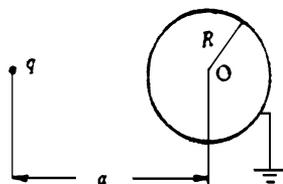


磁场 B 如图, 方向垂直纸面朝里. 在纸平面上有一长为 h 的光滑绝缘空心细管 MN, 管的 M 端内有一质量为 m 、带电量为 $q > 0$ 的小球 P. 开始时 P 相对管静止. 而后如图所示, 管带着 P 朝垂直于管的长度方向始终以匀速度 u 运动. 那么, 小球 P 从 N 端离开管后, 在磁场中作圆运动的半径为 $R =$ _____ 在此不必考虑重力及各种阻力.



10. (5分) 用氢原子玻尔半径 R_1 、电子电量绝对值 e 及真空介电常数 ϵ_0 表述氢原子的结合能 $\Delta E =$ _____

11. (5分) 真空中, 在半径为 R 的接地金属球外, 与球心 O 相距为 a ($a > R$) 处, 置一点电荷 q , 不计接地导线上电荷的影响, 则金属球表面上的电荷总量为 $q =$ _____



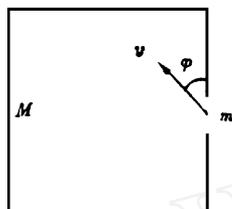
二、论证题(共20分)

12. (10分) 质量为 M 的刚性均匀正方形框架, 在某边的中点开一个小缺口, 缺口对质量分布的影响可以忽略. 将框架静止地放在以纸平面为代表的光滑水平面上后, 令质量为 m 的刚性小球在此水平面上从缺口处以速度 v 进入框内, 图中标志 v 方向的角 $\varphi = 45^\circ$; 设小球与框架发生的碰撞均为无摩擦力的完全弹性碰撞, 试证:

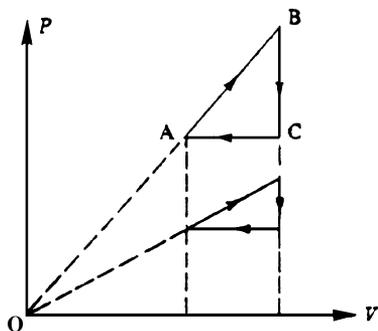
(1) 小球必将通过缺口离开框架;

(2) 若框架每边长为 a , 则小球从进入框架到离开框架, 相对水平面的位移为

$$\frac{2\sqrt{2} am v}{(M+m)v}$$



13. (10分) 等容热容量为常量的某理想气体的两个循环过程曲线如图所示, 图中的两条斜直线均过 PV 坐标面的原点 O , 其余各直线或与 P 轴平行或与 V 轴平行. 试证: 这两个循环过程的效率相同

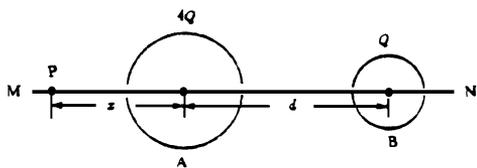
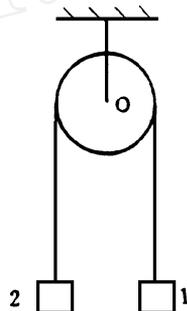


三、求解题 (共30分)

14. (15分) 如右上图系统, 质量为 $2m$ 的匀质圆盘形滑轮可绕过中心 O 并与盘面垂直的水平固定光滑轴转动, 转轴半径线度可忽略, 物体 1、2 的质量分别为 m 和 $2m$, 它们由轻质不可伸长的细绳绕过滑轮挂在两侧. 细绳与滑轮间的摩擦系数处处相同, 记为 μ . 开始时, 滑轮与两物体均处于静止状态, 而后若 $\mu = 0$, 则滑轮不会转动; 若 $\mu > 0$, 但较小时, 滑轮将会转动, 同时滑轮与绳之间有相对滑动; 当 μ 达到某临界值 μ_0 时, 滑轮与绳之间的相对滑动刚好消失, 试求 μ_0 值

15. (15分) 两个固定的均匀带电球面 A、B 的球心间距 d 远大于 A、B 的半径, A 的带

电量为 $4Q$ ($Q > 0$), B 的带电量为 Q . 由两球心确定的直线记为 MN, 在 MN 与球面相交处均开出一个足够小的孔, 随小孔挖去的电荷量可忽略不计. 如图所示, 将一带负电的质点 P 静止地放在 A 球面的左侧某处, 假设 P 被释放后恰能穿经三个小孔越过 B 球面的球心, 试确定开始时 P 与 A 球面球心的距离 x .



四、实验题 (共18分)

16. (5分) 有五对接线柱, 每一对之间分别接有: 1.5V 干电池、电阻、电容、二极管及阻值比前述电阻阻值小很多的电感. 请用万用电表判断每对接线柱之间是什么元件? 简要说明步骤及原理

17. (5分) 采用电流表外接、电压表和被测元件并联的电路测量二极管正向伏安特性. 电流表量程为 3mA , 内阻为 10Ω ; 电压表量程为 0.75V , 内阻为 $2.5\text{k}\Omega$. 假设电表内阻值均为准确值, 电流表示值误差限 (等于基本误差限) 为 0.045mA , 电压表的示值误差限 (等于基本误差限) 为 0.0075V . 6组读数如下表所示, 用方格纸画出二极管正向伏安特性曲线

| 电压表示值(V) | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 200 | 0 400 | 0 500 | 0 600 | 0 620 | 0 640 |
| 电流表示值(mA) | | | | | |
| 0 08 | 0 16 | 0 25 | 0 74 | 1 45 | 2 90 |

18. (8分) 用上述表按同一电路接法测量某一金属膜电阻 R , 5次读数值见下表 求出

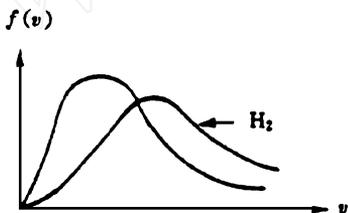
被测电阻值 R 和测量结果的误差限值(或不确定度).

| 电压表示值(V) | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--|
| 0 000 | 0 135 | 0 180 | 0 245 | 0 750 | |
| 电流表示值(mA) | | | | | |
| 0 00 | 0 10 | 0 15 | 0 20 | 0 60 | |

答案及参考解法

一、填空题(共52分)

1. (4分)



简要说明: $v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$
 且 $f(v_p) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{2kT}{m}\right) \cdot e^{-\frac{m}{2kT} \cdot \frac{2kT}{m}}$
 $= \frac{4}{e} \sqrt{\frac{m}{\pi}} \cdot \left(\frac{m}{2kT}\right)^{1/2}$

又 $m_{N_2} > m_{H_2}$
 $(v_p)_{N_2} < (v_p)_{H_2}$
 $(f(v_p))_{N_2} > (f(v_p))_{H_2}$

由此定性给出同温度下氢气分子速率分布曲线如图示

2. (4分) 13

简要说明: 由光栅方程 $d \sin \theta = k\lambda$ 得

$$\sin \theta = \frac{k\lambda}{d}$$

$$|\sin \theta| \leq 1, \quad -1 \leq \frac{k\lambda}{d} \leq 1$$

入射光 $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ 时, 解得 $k = 8, 2$

8.2 由于缺级情况与入射光的波长无关, 所以当用波长 $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ 的光入射时仍应该是第四级缺级, 同时第八级也应缺级 这样总共 17条谱线由于 $\pm 4, \pm 8$ 缺级, 故只能出现 13

条

3. (5分) 条纹平移半个条纹间距(或明暗相反), 同时强度减半

简要说明: 在 S_0 后放偏振片 P 后, 自然光入射后变成光振动方向与缝平行的偏振光, 且强度减半; 此线偏振光对于 S_1, S_2 后放置的半波片 Q_1, Q_2 而言, 一个为 e 光, 一个为 o 光, 故通过半波片后要附加上 π 的相位差, 这引起屏上条纹平移半个条纹间距(或明暗相反).

同时由于自然光变成线偏振光后强度减半, 故屏上条纹强度减半

4. (4分) $D^2 d^2 / 5.96 \lambda^2$

简要说明: 爱里斑角半径为 $\theta \approx 1.22 \frac{\lambda}{D}$,

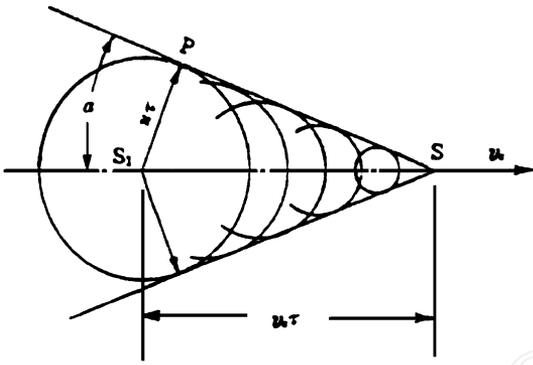
故射到月球的爱里斑半径为 $R \approx 1.22 \frac{\lambda L}{D}$, 由题中假设知爱里斑中光能平均分布, 所以反射光能与发射光能之比即为反射镜面积与爱里斑面积之比:

$$\frac{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}{\pi \cdot R^2} = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{\left(1.22 \frac{\lambda L}{D}\right)^2}$$

$$= \frac{D^2 d^2}{5.96 \lambda^2 L^2}$$

5. (4分) 圆锥

简要说明: 带电粒子在媒质中运动, 其速度为 v_s , 该媒质中的光速为 u (u 小于真空中光速 c), 根据惠更斯原理, 波前应由各子波波阵面的包络面构成 如图示, 在 $v_s > u$ 时,



波前的几何形状为圆锥面

6. (6分) $v_1 = \frac{u_1 - v}{u_1 + v} v_0, v_2 = v_0$

简要说明: 波源 S 静止, 以速度 v 运动的铜板左侧接收到的声波频率为

$$v = \frac{u_1 - v}{u_1} v_0 \quad (1)$$

S 接收到的运动的铜板上反射回的声波频率为

$$v_1 = \frac{u_1}{u_1 + v} v \quad (2)$$

B 处接收到的运动的铜板前方发射的声波频率为 (声波在铜板中传播, 虽然速度改变了, 但频率不变)

$$v_2 = \frac{u_1}{u_1 - v} v \quad (3)$$

由(1)(2)得

$$v_1 = \frac{u_1 - v}{u_1 + v} v_0$$

由(1)(3)得:

$$v_2 = v_0$$

7. (4分) $\sqrt{2} v_0$

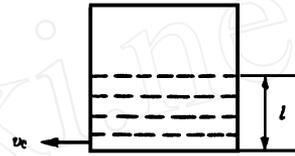
简要说明: 水箱静止时, 如图(1)示, 由机械能守恒易知

$$v_0 = \sqrt{2gl}$$

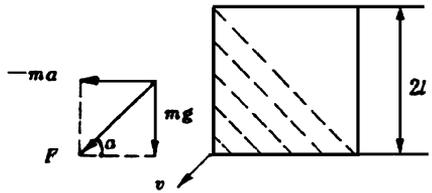
当水箱向右加速运动时, 以水箱为参考系其受一向左的惯性力, 大小为 $ma = mg$. 此时水箱中水受力状态及分布如图(2)所示 水箱中水受合力 F , 大小为 $\sqrt{2}mg$, 方向与水平夹角 $a = 45^\circ$, 图中虚线为与 F 垂直的液体等压强线 此时水箱中的水可认为是在 $g =$

$\sqrt{2}g$ 的力场中从高度 $h = \sqrt{2}l$ 处下落 仍由机械能守恒, 水流出小孔 P 的速率为

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(\sqrt{2}g)(\sqrt{2}l)} = \sqrt{2}v_0$$



(1)



8. (6分) $\sqrt{3}Ba^2/2RT; \frac{1}{3}I_1 = Ba^2/2\sqrt{3}RT$

简要说明:

$t = 0$ 到 $t_1 = T/6$ 时间内, ABC 中 A、B、C 分别转到 1, 2, 3 处, 这一时间间隔内线圈中磁通变化为:

$$\begin{aligned} \Delta\Phi &= -\frac{1}{3}B \cdot S \\ &= -\frac{1}{3}B \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a^2\right) \\ &= -\frac{\sqrt{3}}{12}a^2B \end{aligned}$$

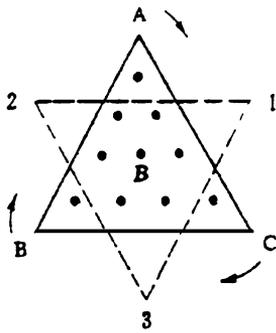
$$\bar{\mathbf{E}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{12}a^2B}{\frac{T}{6}}$$

$$= \frac{\sqrt{3}Ba^2}{2T}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{\mathbf{E}}}{R} = \frac{\sqrt{3}Ba^2}{2RT} > 0$$

其流动方向与题中规定的正方向一致

同理, $t = 0$ 到 $t_2 = T/2$ 时间内, 线圈中磁通变化仍为 $\Delta\Phi$ 即 $\Delta\Phi = \Delta\Phi$, 但 $\Delta t = \frac{T}{2} =$



11. (5分) $-\frac{R}{a}q$

简要说明: 因为金属球处于静电平衡, 所以是等势体, 即 $U_{球心} = U_{球} = 0$ 而

$$U_{球心} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = 0$$

$$q = -\frac{R}{a}q$$

$3\Delta t$

$$\bar{I}_2 = \frac{1}{3}\bar{I}_1 = \frac{B a^2}{2\sqrt{3}RT} > 0$$

其流动方向与题中规定的正方向一致

9. (5分) $\frac{m u}{qB} \sqrt{1 + \frac{2qBh}{m u}}$

简要说明: 带电小球 P 以 u 运动后, 受与 u, B 垂直的洛伦兹力, 由 M 指向 N 方向, 此力将使小球 P 在管中加速 h 距离

$$f = q u B, a = f/m = q u B / m$$

小球离开 N 点时相对管 MN 的速度大小为

$$v^2 = 2ah = \frac{2quBh}{m}$$

其方向与 u 垂直, 故小球离开 N 点进入磁场时, 其相对于磁场的速度大小为

$$v_{总}^2 = v^2 + u^2$$

$$v_{总} = u \sqrt{1 + \frac{2qBh}{m u}}$$

$$R = \frac{m v_{总}}{qB} = \frac{m u}{qB} \sqrt{1 + \frac{2qBh}{m u}}$$

10. (5分) $e^2/8\pi\epsilon_0 R_1$

简要说明: 对基态氢原子

$$E_1 = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_1} \quad (1)$$

$$\frac{m v^2}{R_1} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_1^2} \quad (2)$$

由(1)(2):

$$E_1 = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 R_1}$$

$$\Delta E = E - E_1 = 0 - \left(-\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 R_1}\right)$$

$$= \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 R_1}$$

二、论证题(共20分)

12. (10分)

证: (1) 小球与框架总是发生弹性碰撞, 相对框架而言相当于小球是作镜面反射 又小球以 45° 入射, 它相对于框架的运动轨道为一个边长等于 $\frac{\sqrt{2}}{2}a$ 的内接正四边形, 因此小球恰能通过缺口离开框架

(2) 因为小球与框架系统所受合外力为零, 整个运动过程中系统动量守恒, 所以其质心 C 的动量就是小球的初动量 $M u$, 质心的速度 $v_c = \frac{m u}{M + m}$.

小球在框架内运动时间 $T = (4 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot$

$a)/v = 2\sqrt{2} a/v$, 此时间内系统质心 C 相对水平面的位移为:

$$S = v_c T = \frac{m v}{M + m} T$$

$$= 2\sqrt{2} a m v / (M + m) v$$

而小球相对于水平面的位移与系统质心 C 位移相同, 也为 S .

13. (10分)

证一: 考虑循环 ABCA, 其中 AB 过程为多方过程, 过程方程为

$$P V^{-1} = K \quad (1)$$

上式中 K 为直线 AB 斜率 在整个循环中, 只有 AB 段吸热:

$$Q_{吸} = \Delta E + A = \nu C_V (T_B - T_A) + \int_{V_A}^{V_B} P dV \quad (2)$$

由(1)式及理想气体状态方程

$$PV = \nu RT \quad (3)$$

得:

$$T = \frac{KV^2}{\nu R} \quad (4)$$

将(1), (4)代入(2)中得:

$$\begin{aligned} Q_{吸} &= \frac{KC_V}{R}(V_B^2 - V_A^2) + \frac{K}{2}(V_B^2 - V_A^2) \\ &= K\left(\frac{C_V}{R} + \frac{1}{2}\right)(V_B^2 - V_A^2) \end{aligned} \quad (5)$$

循环过程中系统对外做功为:

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2}(P_B - P_A)(V_B - V_A) \\ &= \frac{K}{2}(V_B - V_A)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

由(5), (6)

$$\begin{aligned} \eta = \frac{W}{Q_{吸}} &= \frac{\frac{K}{2}(V_B - V_A)^2}{K\left(\frac{C_V}{R} + \frac{1}{2}\right)(V_B^2 - V_A^2)} \\ &= \frac{V_B - V_A}{\left(\frac{2C_V}{R} + 1\right)(V_B + V_A)} \end{aligned} \quad (7)$$

由(7)式知, η 与 AB 段的斜率 K 值无关, 故图中所示两个循环虽然 K 值不同, 但 η 却相同

证二: 考虑循环 $ABCA$, AB 过程为多方过程, 方程为 $PV^{-1} = K$, K 为 AB 斜率 对于 $n = -1$ 的多方过程, 其摩尔热容量为:

$$C = C_V \left(\frac{\gamma - n}{1 - n}\right) = \frac{C_V}{2}(\gamma + 1), \gamma = C_p/C_V$$

C 是与 K 无关的常量 AB 过程吸热

$$Q_{吸} = \nu C(T_B - T_A) \quad (1)$$

又由理想气体状态方程 $PV = \nu RT$ 及过程方程 $PV^{-1} = K$ 得

$$T = KV^2/\nu R \quad (2)$$

由(1), (2)得:

$$Q_{吸} = \frac{CK}{R}(V_B^2 - V_A^2) \quad (3)$$

而

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2}(P_B - P_A)(V_B - V_A) \\ &= \frac{1}{2}K(V_B - V_A)^2 \end{aligned} \quad (4)$$

由(3) (4)得

$$\eta = \frac{W}{Q_{吸}} = \frac{R(V_B - V_A)}{2C(V_B + V_A)} \quad (5)$$

由(5)式知, η 与 K 无关; 故图示两循环虽然 K 值不同, 但 η 却相同

三、求解题(共30分)

14. (15分)

解: 对物体1, 2受力分析如图上部所示, 由牛顿第二定律及刚体转动定律有:

$$T_1 - mg = ma \quad (1)$$

$$2mg - T_2 = 2ma \quad (2)$$

$$T_2R - T_1R = mR^2\beta \quad (3)$$

$$a = \beta R \quad (4)$$

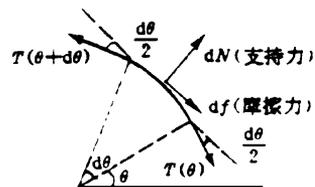
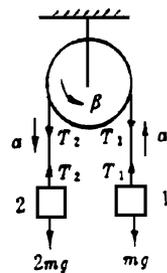
对与滑轮接触的绳元作受力分析如图下部所示:

$$\begin{aligned} df &= T(\theta + d\theta) \cos \frac{d\theta}{2} - T(\theta) \cos \frac{d\theta}{2} \\ &= dT \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} dN &= T(\theta + d\theta) \sin \frac{d\theta}{2} + T(\theta) \sin \frac{d\theta}{2} \\ &= T d\theta \end{aligned} \quad (6)$$

当 μ 达到临界值 μ_0 时: $df = \mu_0 dN$ (7)

由(5) (6) (7)式得 $dT = \mu_0 T(\theta) d\theta$

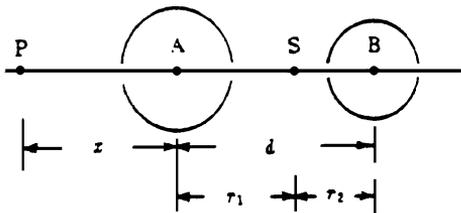


积分
$$\frac{T_2}{T_1} \frac{dT}{T(\theta)} = \int_0^\pi \mu_0 d\theta$$

得: $T_2 = T_1 e^{\mu_0 \pi}$ (8)

由(1)-(4), (8)式得: $\mu_0 = \frac{1}{\pi} \ln \frac{6}{5}$

15. (15分)



解: P 能达到 B 球心的必要条件是能达到 A、B 之间的库仑力平衡点 S, 如图所示; 对力平衡点 S 有:

$$\frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} \quad (1)$$

$$r_1 + r_2 = d \quad (2)$$

如果质点 P 从静止开始, 达到 S 时, 也刚好静止, 则 P 在出发点和 S 点, 应有相同的静电势能, 即:

$$\begin{aligned} \frac{4Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 x} + \frac{Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 (x+d)} \\ = \frac{4Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 r_2} \end{aligned} \quad (3)$$

由(1)(2)(3)得:

$$x = \frac{2}{9}(\sqrt{10} - 1)d, \quad r_1 = \frac{2}{3}d, \quad r_2 = \frac{1}{3}d$$

如果 P 点在 B 球心处的电势能 W_B 小于在 S 处的电势能 W_S , 则 P 点到达 B 球心时将具有一定的动能, 可以越过 B 球球心

$$W_B = \frac{4Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 d} + \frac{Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 R_B}$$

$$= \frac{-Qq}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4}{d} + \frac{1}{R_B} \right)$$

$$W_S = \frac{4Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{Q(-q)}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

$$= \frac{-Qq}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

$$= \frac{-Qq}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{9}{d}$$

因 $R_B \ll d$ 故有 $\frac{4}{d} + \frac{1}{R_B} > \frac{9}{d}$ 即 $W_B < W_S$, 故质点 P 必能越过 B 球心

四、实验题(共18分)

16. (5分)

解: 用万用表电压档测每一对接线柱, 若有电压示数, 说明被测元件为干电池; 对其它四对接线柱, 用万用表欧姆档正反两次测量, 若两次测量结果不同, 则被测元件为二极管; 若两次测量数值相同, 则无穷大阻值的是电容; 阻值接近零的为低阻电感; 阻值为中间值的元件为电阻

17. (5分)

解: 因为电流表外接, 故测得电流大于实际流经二极管的电流, 所以应对测得电流数据进行修正 设流经电流表、电压表和二极管的电流分别为 I_A , I_V 和 I_D

则

$$I_A = I_V + I_D = \frac{U}{R_V} + I_D$$

$$I_D = I_A - \frac{U}{R_V}, \quad R_V = 2.5 \text{ k}\Omega$$

由以上公式对测得数据修正后列数据表如下:

| | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U (V) | 0.200 | 0.400 | 0.500 | 0.600 | 0.620 | 0.640 |
| I_A (mA) | 0.08 | 0.16 | 0.25 | 0.74 | 1.45 | 2.90 |
| I_D (mA) | 0 | 0 | 0.05 | 0.50 | 1.20 | 2.64 |

根据上表 U 及 I_D 作图, 曲线如图示(见下页).

18. (8分)

解: 由给出的5组实验数据来看, 前面4组数据与电表量程比较都偏小, 而第5组数据接近电压表量程, 故用第5组数据来计算电阻值可以较为合理地减小误差 即:

$$R = \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{R_V} \right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{0.60 \times 10^{-3}}{0.75} - \frac{1}{2500} \right)^{-1} = 2500 \Omega$$

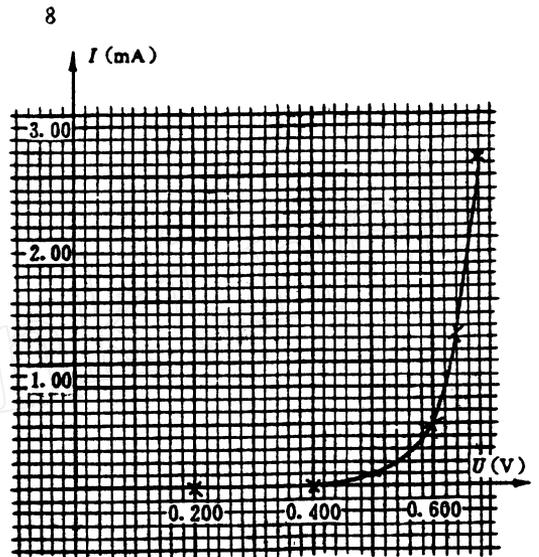
$$\frac{\Delta R}{R} = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial U} \Delta U \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I} \Delta I \right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U} \right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I} \right)^2} / \left(1 - \frac{U}{IR_V} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\left(\frac{0.0075}{0.75}\right)^2 + \left(\frac{0.045}{0.6}\right)^2} \\
 &\quad / \left(1 - \frac{0.75}{0.6 \times 2.5}\right) \\
 &= \sqrt{0.01^2 + 0.075^2} / 0.5 \doteq 0.15 \\
 R &= (2.5 \pm 0.38) \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

或:

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta R}{R} &= \frac{1}{R} \left(\left| \frac{\partial R}{\partial U} \Delta U \right| + \left| \frac{\partial R}{\partial I} \Delta I \right| \right) \\
 &= \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \right) / \left(1 - \frac{U}{IR_v} \right) \\
 &= (0.01 + 0.075) / 0.5 \\
 &= 0.17 \\
 R &= (2.5 \pm 0.43) \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$



〔北京高教学会物理研究会供稿
解答补详: 清华大学 管曙光〕