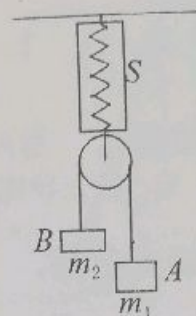


2016 年江西省大学生物理创新竞赛初赛试卷

注意：答案一律写在答题卷上，写在试卷上无效！

一、选择题（每题 3 分，共 30 分）

1. 如图，滑轮、绳子质量及运动中的摩擦阻力都忽略不计，物体 A 的质量 m_1 大于物体 B 的质量 m_2 ，在 A、B 运动过程中弹簧秤 S 的读数是[]



- (A) $(m_1 + m_2)g$. (B) $(m_1 - m_2)g$.
(C) $\frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}g$. (D) $\frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}g$.

2. 在惯性系 K 中，有两件事同时发生在 X 轴相距 100m 的两点，而在另一个惯性系 K' (沿 X 方向相对于 K 系运动) 中测的这两个事件发生的地点相距 2000m，求在 K' 系中测的这两个事件的时间间隔是[]

- (A) 0s (B) $6.7 \times 10^{-6} \text{ s}$
(C) $6.7 \times 10^{-7} \text{ s}$ (D) $6.7 \times 10^{-8} \text{ s}$

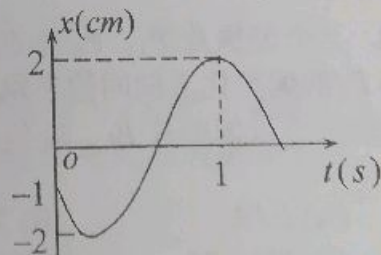
3. 一定量的某种理想气体起始温度为 T ，体积为 V ，该气体在下面循环过程中经过三个平衡过程：(1) 绝热膨胀到体积为 $2V$ ，(2) 等体变化使温度恢复为 T ，(3) 等温压缩到原来体积 V ，则此整个循环过程中：[]

- (A) 气体向外界放热；
(B) 气体对外界作正功；
(C) 气体内能增加；
(D) 气体内能减少。

4. 已知月球上的重力加速度是地球的 $\frac{1}{6}$ ，若一个单摆(只考虑小角度摆动)在地球上的振动周期为 T ，将该单摆拿到月球上去，其振动周期应为[]

- (A) $6T$ (B) $\frac{T}{6}$ (C) $\sqrt{6}T$ (D) $\frac{T}{\sqrt{6}}$

5. 已知某简谐运动的振动曲线如图所示，则此简谐运动的运动方程 (x 的单位为 cm ， t 的单位为 s) 为[]



- (A) $x = 2 \cos(\frac{2}{3}\pi t - \frac{2}{3}\pi)$;
(B) $x = 2 \cos(\frac{2}{3}\pi t + \frac{2}{3}\pi)$;
(C) $x = 2 \cos(\frac{4}{3}\pi t - \frac{2}{3}\pi)$;
(D) $x = 2 \cos(\frac{4}{3}\pi t + \frac{2}{3}\pi)$.

6. 在平行板电容器中充满两种不同的介质, 如图所示, $\epsilon_{r1} > \epsilon_{r2}$ 则在介质 1 和 2 中分别有[]

(A) $D_1 > D_2$ $E_1 = E_2$ (B) $D_1 = D_2$ $E_1 > E_2$

(C) $D_1 = D_2$ $E_1 < E_2$ (D) $D_1 < D_2$ $E_1 = E_2$



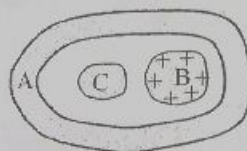
7. 如图所示, 一封闭的导体壳 A 内有两个导体 B 和 C。A、C 不带电, B 带正电, 则 A、B、C 三导体的电势 U_A 、 U_B 、 U_C 的大小关系是[]

(A) $U_B = U_A = U_C$;

(B) $U_B > U_A = U_C$;

(C) $U_B > U_C > U_A$;

(D) $U_B > U_A > U_C$ 。



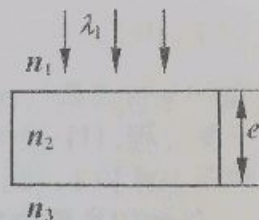
8. 如图所示, 波长为 λ 的平行单色光垂直入射在折射率为 n_2 的薄膜上, 经上下两个表面反射的两束光发生干涉。若薄膜厚度为 e , 而且 $n_1 > n_2 > n_3$, 则两束反射光在相遇点的相位差为[]

(A) $4\pi n_2 e / \lambda$.

(B) $2\pi n_2 e / \lambda$.

(C) $(4\pi n_2 e / \lambda) + \pi$.

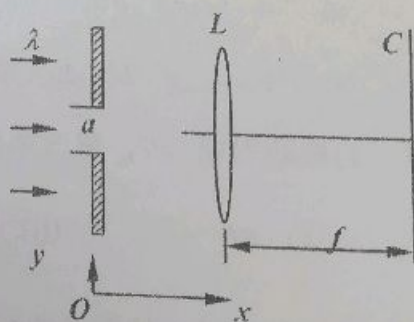
(D) $(2\pi n_2 e / \lambda) - \pi$.



9. 在如图所示的单缝夫琅禾费衍射装置中, 设中央明纹的衍射角范围很小。若使单缝宽度 a 变为原来的 $3/2$, 同时使入射的单色光的波长 λ 变为原来的 $3/4$, 则屏幕 C 上单缝衍射条纹中央明纹的宽度 Δx 将变为原来的 []

(A) $3/4$ 倍. (B) $2/3$ 倍.

(C) $9/8$ 倍. (D) $1/2$ 倍.



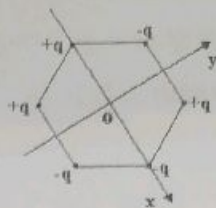
10. 三个偏振片 P_1 , P_2 与 P_3 堆叠在一起, P_1 与 P_3 的偏振化方向相互垂直, P_2 与 P_1 的偏振化方向间的夹角为 30° . 强度为 I_0 的自然光垂直入射于偏振片 P_1 , 并依次透过偏振片 P_1 、 P_2 与 P_3 , 则通过三个偏振片后的光强为 []

(A) $I_0/4$. (B) $3I_0/8$.

(C) $3I_0/32$. (D) $I_0/16$.

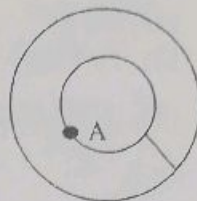
二、填空题（每题 3 分，共 30 分）

1. 边长为 a 的正六角形的六个顶点上放点电荷，如图，则中心 O 点的电场场强为_____；电势为_____。

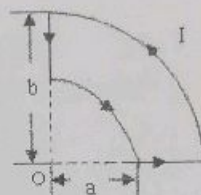


2. 在边长为 a 的正立方体中心有一个电量为 q 的点电荷，则通过该立方体任一面的电场强度通量为_____。

3. 两个同心导体球面，大球面半径为 R_1 电势为 U_1 ，小球面半径为 R_2 ，电势为 U_2 ，现用导线将两球连接在一起如图示，则小球面上 A 点电势为_____。



4. 如图所示的载流导线，电流为 I ，其中的弧形是为以原点 O 为圆心的 $1/4$ 圆弧，则圆心 O 处的 $B=$ _____。

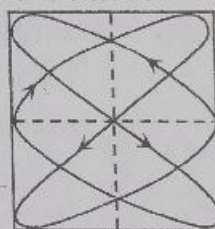


5. 地球的质量为 m ，太阳的质量为 M ，地心与日心的距离为 R ，引力常量为 G ，则地球绕太阳作圆周运动的轨道角动量大小 $L=$ _____。

6. 李萨如图形常用来对于未知频率和相位的测定，如图所示的两个不同频率、

相互垂直的简谐振动合成图像，选水平方向为 x 振动，

竖直方向为 y 振动，则该李萨如图形表明 $T_x:T_y=$ _____。



7. 频率为 100 Hz ，传播速度为 300 m/s 的平面简谐波，波线上距离小于波长的两点振动的相位差为 $\frac{1}{3}\pi$ ，则此两点相距_____。

8. 一列平面简谐波沿 x 轴正向无衰减地传播，波的振幅为 $2 \times 10^{-3}\text{ m}$ ，周期为 0.01 s ，波速为 400 m/s 。当 $t = 0$ 时 x 轴原点处的质元正通过平衡位置向 y 轴正方向运动，则该简谐波的表达式为_____。

9. 若一双缝装置的两个缝分别被折射率为 n_1 和 n_2 的两块厚度均为 e 的透明介质所遮盖，此时由双缝分别到屏上原中央极大所在处的两束光的光程差 $\delta=$ _____。

10. 为使电子的德布罗意波长为 10 nm ，需要的加速电压为_____。

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$ ，基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19}\text{ C}$ ，电子质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31}\text{ kg}$)

三、计算题(每题 10 分,共 40 分。五选四,写在答题卡上,请标明题号,多选不给分)

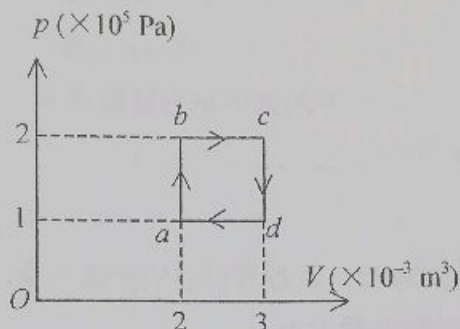
1. 光滑水平面上平放着半径为 R 的固定环,环内的一物体以速率 v_0 开始沿环内侧逆时针方向运动,物体与环内侧的摩擦系数为 μ 。求物体从开始到 t 时刻的路程。

2. 如图所示, $abcda$ 为 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程,求:

(1) 气体循环一次,在吸热过程中从外界共吸收的热量;

(2) 气体循环一次对外做的净功;

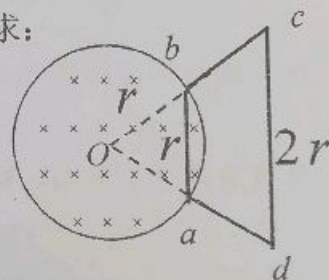
(3) 证明 在 $abcd$ 四态,气体的温度有 $T_a T_c = T_b T_d$ 。



3. 如图所示,半径为 r 的细长螺线管内有 $\frac{dB}{dt} > 0$ 的均匀场,一直导线弯成等腰梯形闭合回路如图放置。已知梯形上底长 r ,下底长 $2r$ 。求:

(1) 各边长的感生电动势;

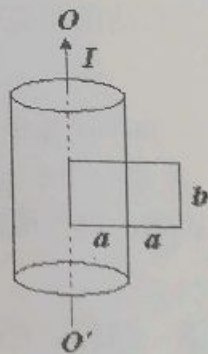
(2) 回路的总电动势?



4. 半径为 a 的无限长载流直圆柱体,通有电流 I ,均匀分布。

(1) 求圆柱体内外的磁场分布。

(2) 有一个矩形面的尺寸为 $(2a \times b)$,如图,其一边过圆柱的轴线 OO' ,求穿过该面的磁通量。



5. 用钠光($\lambda=589.3 \text{ nm}$)垂直照射到某光栅上,测得第三级光谱的衍射角为 60° 。

(1) 若换用另一光源测得其第二级光谱的衍射角为 30° ,求后一光源发光的波长。

(2) 若以白光($400 \text{ nm} - 760 \text{ nm}$)照射在该光栅上,求其第二级光谱的张角。

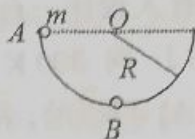
2017年江西省大学生物理创新竞赛初赛试卷

注意：答案一律写在答题卷上，写在试卷上无效！

一、选择题（每题3分，共36分）

1. 一质量为 m 的质点，在半径为 R 的半球形容器中，由静止开始自边缘上的 A 点滑下，到达最低点 B 时，它对容器的正压力为 N 。则质点自 A 滑到 B 的过程中，摩擦力对其作的功为：

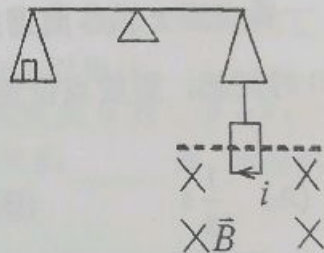
- (A) $\frac{1}{2}R(N-3mg)$ 。 (B) $\frac{1}{2}R(3mg-N)$ 。
(C) $\frac{1}{2}R(N-mg)$ 。 (D) $\frac{1}{2}R(N-2mg)$ 。



2. 有一半径为 R 的水平圆转台，可绕通过其中心的竖直固定光滑轴转动，转动惯量为 J ，开始时转台以匀角速度 ω_0 转动，此时有一质量为 m 的人站在转台中心，随后人沿半径向外跑去，当人到达转台边缘时，转台的角速度为：

- (A) $\frac{J}{J+mR^2}\omega_0$ 。 (B) $\frac{J}{(J+m)R^2}\omega_0$ 。 (C) $\frac{J}{mR^2}\omega_0$ 。 (D) ω_0 。

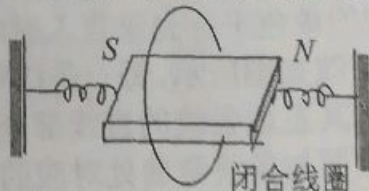
3. 图示一测定水平方向匀强磁场的磁感强度 $\bar{B}$ (方向见图) 的实验装置。位于竖直面内且横边水平的矩形线框是一个多匝的线圈。线框挂在天平的右盘下，框的下端横边位于待测磁场中。线框没有通电时，将天平调节平衡；通电后，由于磁场对线框的作用力而破坏了天平的平衡，须在天平左盘中加砝码 m 才能使天平重新平衡。若待测磁场的磁感强度增为原来的 3 倍，而通过线圈的电流减为原来的 $\frac{1}{2}$ ，磁场和电流方向保持不变，则要使天平重新平衡，其左盘中加的砝码质量应为：



(A) $6m$ 。 (B) $3m/2$ 。 (C) $2m/3$ 。 (D) $m/6$ 。

4. 在如图所示的装置中，当不太长的条形磁铁在闭合线圈内作振动时（忽略空气阻力），

- (A) 振幅会逐渐加大。 (B) 振幅会逐渐减小。
(C) 振幅不变。 (D) 振幅先减小后增大。



5. 两容器分别盛有两种不同的刚性双原子理想气体，若它们的压强和体积相同，则两气体：

- (A) 内能不等，因为它们的分子数可能不同。

(B)内能不等, 因为它们的温度可能不同.

(C)内能不等, 因为它们的质量可能不同.

(D)内能一定相同.

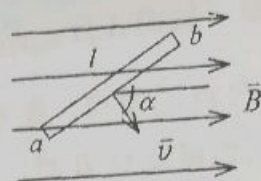
6. 如图, 长度为 l 的直导线 ab 在均匀磁场 $\vec{B}$ 中以速度 $\vec{v}$ 移动, 直导线 ab 中的电动势为

(A) Blv .

(B) $Blv \sin \alpha$.

(C) $Blv \cos \alpha$.

(D) 0.



7. 有人设计一台卡诺热机(可逆的). 每循环一次可从 400 K 的高温热源吸热 1800 J, 向 300 K 的低温热源放热 800 J. 同时对外做功 1000 J, 这样的设计是:

(A) 可以的, 符合热力学第一定律.

(B) 可以的, 符合热力学第二定律.

(C) 不行的, 这个热机的效率超过理论值.

(D) 不行的, 卡诺循环所作的功不能大于向低温热源放出的热量.

8. 一定量的理想气体经历 acb 过程时吸热 500 J.

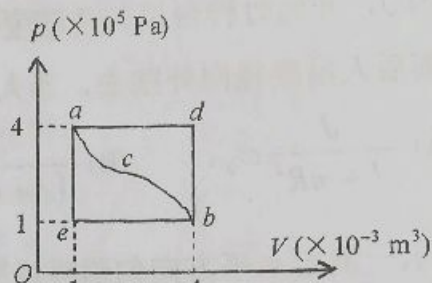
J. 则经历 $acbda$ 过程时, 吸热为:

(A) -1200 J.

(B) -700 J.

(C) -400 J.

(D) 700 J.



9. 一质点沿 x 轴作简谐振动, 振动方程为 $x = 4 \times 10^{-2} \cos(2\pi t + \frac{1}{3}\pi)$ (SI). 从 $t = 0$ 时刻起, 到质点位置在 $x = -2$ cm 处, 且向 x 轴正方向运动的最短时间间隔为:

(A) $\frac{1}{8}$ s

(B) $\frac{1}{6}$ s

(C) $\frac{1}{4}$ s

(D) $\frac{1}{2}$ s

10. 一平面简谐波沿 x 轴负方向传播. 已知 $x = b$ 处质点的振动方程为 $y = A \cos(\omega t + \phi_0)$, 波速为 u , 则波的表达式为:

(A) $y = A \cos[\omega t + \frac{b+x}{u} + \phi_0]$.

(B) $y = A \cos\{\omega[t - \frac{b+x}{u}] + \phi_0\}$.

(C) $y = A \cos\{\omega[t + \frac{x-b}{u}] + \phi_0\}$.

(D) $y = A \cos\{\omega[t + \frac{b-x}{u}] + \phi_0\}$.

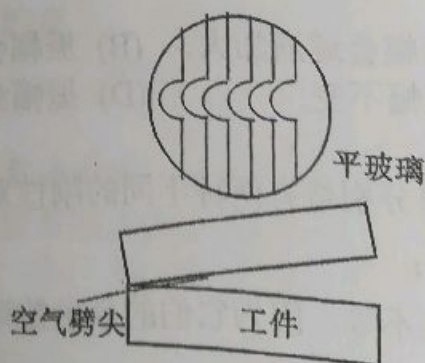
11. 用劈尖干涉法可检测工件表面缺陷, 当波长为 λ 的单色平行光垂直入射时, 若观察到的干涉条纹如图所示, 每一条纹弯曲部分的顶点恰好与其左边条纹的直线部分的连线相切, 则工件表面与条纹弯曲处对应的部分:

(A) 凸起, 且高度为 $\lambda/4$.

(B) 凸起, 且高度为 $\lambda/2$.

(C) 凹陷, 且深度为 $\lambda/2$.

(D) 凹陷, 且深度为 $\lambda/4$.



12. 频率为 100 Hz, 传播速度为 300 m/s 的平面简谐波, 波线上距离小于波长的两点振动的相位差为 $\frac{1}{3}\pi$, 则此两点相距:

- (A) 0.5 m (B) 2.19 m (C) 2.86 m (D) 0.25 m

二、填空题 (每题 3 分, 共 36 分)

1. 质量为 m 的质点在惯性系中, 沿 x 轴正向做直线运动, 设质点通过坐标点为 x 时的速度为 $v = kx$ (k 为常数), 则质点从 $x=x_0$ 处运动到 $x=3x_0$ 处所需的时间 $t =$ _____.

2. 一个质量为 $m=3\text{kg}$ 的质点, 在外力作用下, 运动方程为: $x=5+t^2$, $y=5t-t^2$, 则力在 $t=0$ 到 $t=2$ 秒内作的功为 $A =$ _____.

3. 一只质量为 m 的猴, 原来抓住一根用绳吊在天花板上的质量为 M 的直杆, 悬线突然断开, 小猴则沿杆子竖直向上爬以保持它离地面的高度不变, 此时直杆下落的加速度 $a =$ _____.

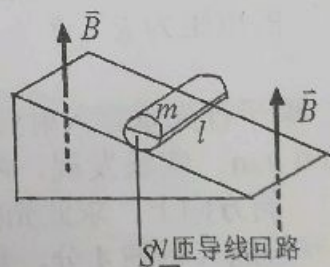
4. 储有氧气的容器以速度 $V=100\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 运动, 假设该容器突然停止, 全部定向运动的动能都变为气体分子热运动的内能, 则容器中的氧气的温度将升高 $\Delta T =$ _____. (氧气视为刚性的理想气体)

5. 已知分子总数为 N , 它们的速率分布函数为 $f(v)$, 则速率分布在区间内的分子的平均速率 $\bar{v} =$ _____.

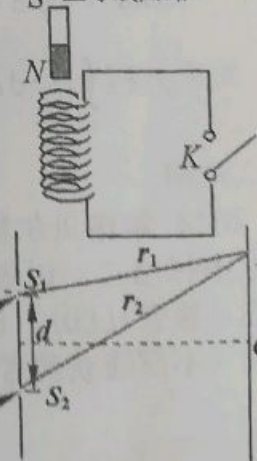
6. 一均匀静电场, 电场强度 $\vec{E} = (400\vec{i} + 600\vec{j}) \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$, 则点 $a(3,2)$ 和点 $b(1,0)$ 之间的电势差 $U_{ab} =$ _____. (点的坐标 x, y 以米计)

7. 一平行板电容器, 充电后与电源保持联接, 然后使两极板间充满相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质, 这时两极板上的电荷是原来的 _____ 倍; 电场强度是原来的 _____ 倍; 电场能量是原来的 _____ 倍.

8. 如图, 在粗糙斜面上放有一长为 l 的木制圆柱, 已知圆柱质量为 m , 其上绕有 N 匝导线, 圆柱体的轴线位于导线回路平面内, 整个装置处于磁感强度大小为 B 、方向竖直向上的均匀磁场中. 如果绕组的平面与斜面平行, 则当通过回路的电流 $I =$ _____ 时, 圆柱体可以稳定在斜面上不滚动.

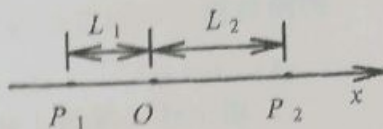


9. 如图所示, 一磁铁竖直地自由落入一螺线管中, 如果开关 K 是断开的, 磁铁在通过螺线管的整个过程中, 下落的平均加速度 _____ 重力加速度; 如果开关 K 是闭合的, 磁铁在通过螺线管的整个过程中, 下落的平均加速度 _____ 重力加速度. (空气阻力不计. 填入大于, 小于或等于)



10. 如图所示, 两缝 S_1 和 S_2 之间的距离为 d , 媒质的折射率为 $n=1$, 平行单色光斜入射到双缝上, 入射角为 θ , 则屏幕上 P 处, 两相干光的光程差为 _____.

11. 一平面简谐波沿 Ox 轴正方向传播, 波长为 λ 。若如图 4 所示, P_1 点处质点的振动方程为 $y_1 = A \cos(2\pi \nu t + \phi)$, 则 P_2 点处质点的振动方程为 $y_2 = A \cos(2\pi \nu t + \phi - \frac{2\pi}{\lambda} L_2)$; 与 P_1 点处质点振动状态相同的那些点的位置是 $x = P_1 + n\lambda$ 。



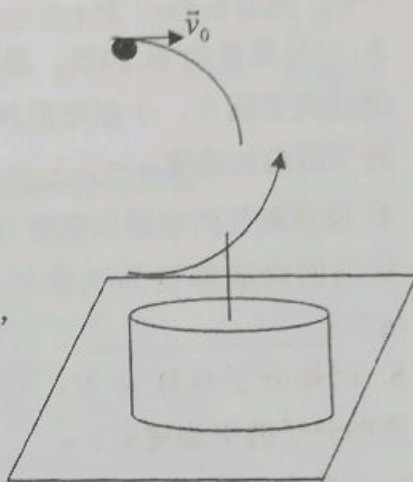
12. 许多星球的温度达到 10^8 K. 在这温度下原子已经不存在了, 而氢核(质子)是存在的. 若把氢核视为理想气体, 则氢核的方均根速率为 $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$; 氢核的平均平动动能是 $\frac{3}{2}kT$ (电子伏特)。

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

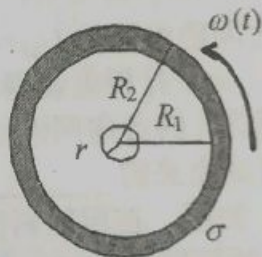
三、计算题 (每题 10 分, 共 40 分)

1. 在光滑的水平面上, 平放有如图所示的固定半圆形屏障, 质量为 m 的滑块以初速度 v_0 沿切线方向进入屏障内, 滑块与屏障间的摩擦系数为 μ 。求滑块通过屏障过程中摩擦力所做的功。

2. 如图所示, 一质量为 m , 半径为 R 的均匀圆柱体, 平放在桌面上。若它与桌面间的滑动摩擦系数为 μ , 在 $t=0$ 时, 使圆柱体获得一个绕轴旋转的角速度 ω , 求到圆柱体停止转动所需时间 t 为多少?



3. 一内外半径分别为 R_1, R_2 的均匀带电平面圆环, 电荷面密度为 σ , 其中心有一半径为 r 的导体小环 ($R_1 \gg r$), 二者同心共面如图。设带电圆环以变角速度 $\omega = \omega(t)$ 绕垂直于环面的中心轴旋转, 导体小环中的感应电流 i 等于多少? 方向如何(已知小环的电阻为 R')?



4. 一束平行光垂直入射到某个光栅上, 该光束有两种波长的光, $\lambda_1 = 440 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$. 实验发现, 两种波长的谱线(不计中央明纹)第二次重合于衍射角 $\varphi = 60^\circ$ 的方向上. 求此光栅的光栅常数 d .

五、问答题 (每题 4 分, 共 8 分)

1. 简述方程 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I + \iint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$ 中各项的意义, 并简述这个方程揭示了什么规律。

2. 2014 年诺贝尔物理学奖被授予了日本科学家赤崎勇、天野浩和美籍日裔科学家中村修二, 以表彰他们在发明一种新型高效节能光源方面的贡献, 即蓝色发光二极管(LED)。试分别写出近 2015、2016、2017 年诺贝尔物理学奖的获奖情况(不需写获奖者姓名, 只需写出获奖原由或贡献)。