

1. (3 分) 一质点在平面上运动, 已知质点位置矢量的表示式为  $\vec{r} = at^2\vec{i} + bt^2\vec{j}$  (其中  $a$ 、 $b$  为常数), 则该质点作

- (A) 抛物线运动; (B) 匀速直线运动;  
(C) 变速直线运动; (D) 一般曲线运动。 [ C ]

$x = at^2, y = bt^2 \rightarrow v_x = 2at, v_y = 2bt$ , 显然是一个变速直线运动。

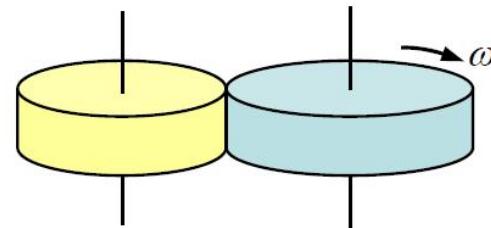
2. (3 分) 一质点同时在几个力的作用下的位移为:  $\Delta\vec{r} = 5\vec{i} + 6\vec{j}$  [SI], 其中一个力是恒力  $\vec{F} = -4\vec{i} + 5\vec{j} + 9\vec{k}$  [SI]。则此力在该位移过程中所作的功为

- (A) 50J; (B) 10J;  
(C) 25J; (D) 75J。 [ B ]

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = -20 + 30 + 0 = 10J$$

3. (3 分) 如图所示, 以一定的角速度  $\omega$  转动的圆柱与静止的另一圆柱的侧面慢慢相接触, 因摩擦而带动, 稳定后以相同的线速度绕各自轴转动, 忽略接触过程中转轴的移动, 在此过程中两圆柱组成的系统的 (这里角动量是指相对于其中任一转轴的角动量)

- (A) 动量守恒, 角动量不守恒;
- (B) 动量守恒, 角动量守恒;
- (C) 动量不守恒, 角动量不守恒;
- (D) 动量不守恒, 角动量守恒。

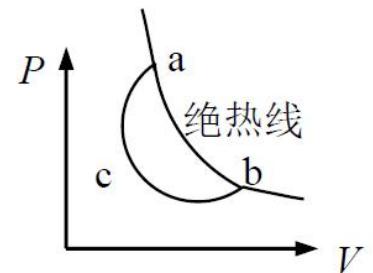


[ A ]

两个圆柱各自绕自身转轴转动, 质心速度为0, 动量守恒, 为0。转轴上是受力的, 比如左侧黄圆柱, 它收到向屏幕内的摩擦力, 转轴会给它向外的力, 这个力对于两圆柱系统是外力, 且其对右边转轴的力矩不为零, 所以角动量不守恒。

4. (3分) 如图所示, 系统经历由  $b \rightarrow c \rightarrow a$  的准静态过程中

- (A) 只吸热, 不放热;
- (B) 只放热, 不吸热;
- (C) 有的阶段吸热, 有的阶段放热, 净吸热为正;
- (D) 有的阶段吸热, 有的阶段放热, 净吸热为负。



[ C ]

考虑 $bcab$ 顺时针循环, 对外做功,  $W > 0$ ;

循环一圈, 内能不变,  $\Delta E = 0$ ;

所以  $Q > 0$ ,  $ab$ 绝热,  $bca$ 吸热。

任何一个正循环不可能单纯吸热, 否则违反热二律的开尔文表述。

一个循环系统有序性不变, 对外做功是输出有序性, 吸热是减少有序性, 放热是增加有序性, 不能没有放热过程。

5. (3分) 设有下列过程:

(1) 用活塞缓慢地压缩绝热容器中的理想气体(设活塞与器壁无摩擦); (2) 用缓慢地旋转的叶片使绝热容器中的水温上升; (3) 冰溶解为水; (4) 一个不受空气阻力及其它摩擦力作用的单摆的摆动。

其中是可逆过程的为

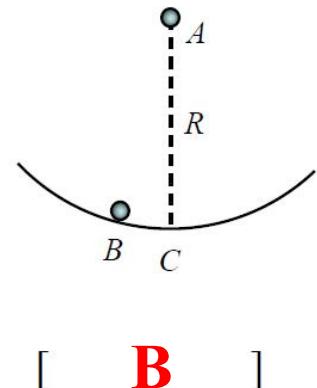
- (A) (1)、(2)、(4); (B) (1)、(2)、(3);  
(C) (1)、(3)、(4); (D) (1)、(4)。

[ D ]

- (1). 是准静态过程，且无摩擦，可逆；
  - (2). 功转热的过程，有序向无序，不可逆；
  - (3). 没有说明是不是等温热传导，不确定；
  - (4). 系统可以自发的，无代价的，往复变化，可逆。

6. (3分) 如图为光滑圆弧形轨道，半径为  $R$ ，在圆心处放置小球  $A$ ，圆心竖直下方  $C$  点旁边放一个与  $A$  完全相同的小球  $B$ ， $B$ 、 $C$  两点非常靠近，现让  $A$ 、 $B$  小球同时运动，则小球到达  $C$  点的情况是

- (A)  $B$  球先到； (B)  $A$  球先到；  
(C) 同时到； (D) 无法判断。



分析B，可发现其受力情况与单摆相同，于是B是在做类似于单摆的简谐运动，B到C的时间是单摆周期的0.25，则

$$t_B = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{R}{g}}$$

A做自由落体运动，有

$$t_A = \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

A先到。

7. (3 分) 在白光垂直照射单缝而产生的衍射图样中, 波长为  $\lambda_1$  的光的第三级明纹与波长为  $\lambda_2$  的光的第四级明纹相重合, 则这两种光的波长之比值  $\lambda_1/\lambda_2$  为

- (A) 3/4;      (B) 4/3;      (C) 7/9;      (D) 9/7。 [ D ]

$$a \sin \theta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} = \frac{7\lambda_1}{2} = \frac{9\lambda_2}{2} \rightarrow \lambda_1/\lambda_2 = 9/7$$

8. (3 分) 用单色光垂直照射光栅, 若遮盖掉其半边的缝, 只留下另一半的缝透光, 则在屏幕上观察到的衍射条纹将发生如下哪种变化

- (A) 条纹间距增大, 条纹宽度不变;  
(B) 条纹间距增大, 条纹宽度增大;  
(C) 条纹间距不变, 条纹宽度不变;  
(D) 条纹间距不变, 条纹宽度增大。

$$d \sin \theta = k \lambda$$
$$d \sin \theta = k' \lambda / N$$

[ D ]

光栅常数d不变, 主极大位置不变, 则间距不变;  
缝数N减少, 主极大间的次级大和极小都减少, 主极大相应变宽。

9. (3 分) 如图所示, 水平桌面上放置 A、B 两物体, 用一根不可伸长的绳索按如图的装置把它们连接起来, O 点与桌面固定, 已知物体 A 的加速度为  $0.5g$  ( $g$  为重力加速度), 则物体 B 的加速度为  $\frac{3}{8}g$ 。



A, B 坐标分别是  $x_A$ 、 $x_B$ , 绳子总长不变:  $3x_A - 4x_B = L$ ,  
对时间求2阶导数, 有  $3\ddot{x}_A = 4\ddot{x}_B$ ,  $\ddot{x}_B = \frac{3}{4}\ddot{x}_A = \frac{3}{8}g$ 。

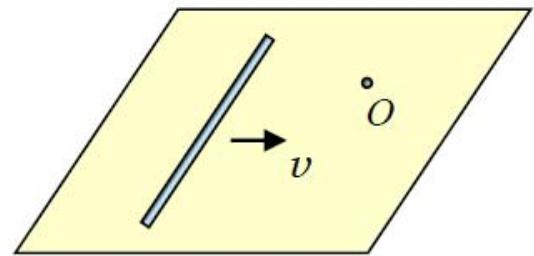
10. (4 分) 如图所示, 一水平悬挂的均匀细棒 AB 质量为  $M$ 。若剪断悬挂棒 B 端的绳子 BC , 则棒 AB 在竖直面内绕过 A 点的固定轴转动。则剪断 BC 瞬间, 细棒质心的加速度为  $3g/4$ ; 竖直杆 AD 对棒作用力的大小为  $Mg/4$ 。(设重力加速度为  $g$ )



设AD上受力为  $T$ , 合外力  $F = Mg - T = Ma_c$ ,

$$Mg \frac{1}{2}l = J_A \alpha = \frac{1}{3}Ml^2 \frac{a_c}{0.5l} \Rightarrow a_c = \frac{3}{4}g, \quad T = \frac{1}{4}Mg$$

11. (3 分) 如图所示, 一质量为  $m$ 、长为  $2l$  匀质细棒, 以与棒长方向相垂直的速度  $v$ , 在光滑水平面内平动时, 与前方一固定支点  $O$  发生完全非弹性碰撞, 碰撞点位于距离棒的一端  $l/2$  处; 则细棒在碰撞后的瞬时, 绕  $O$  点转动的角速度为  $\frac{6v}{7l}$ 。



以O为参考点, 碰撞过程杆只在该点受外力, 力矩为0, 角动量守恒。

$$mv \frac{l}{2} = J_O \omega, \quad J_O = \frac{1}{12} m(2l)^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 \Rightarrow \omega = \frac{6v}{7l}$$

12. (4 分) 2 mol 水蒸汽 (为刚性分子理想气体) 处于平衡状态, 其分子按速率的分布遵从麦克斯韦速率分布函数  $f(v)$ , 其最概然速率为  $v_p$ 、其摩尔质量为  $M_{\text{mol}}$ , 试用所给物理量及符号表示: 水蒸汽系统速率  $v < v_p$  的分子的平均速率为  $\frac{\int_0^{v_p} f(v)v \, dv}{\int_0^{v_p} f(v) \, dv}$ , 该水蒸汽系统的内能为  $3M_{\text{mol}}v_p^2$ 。

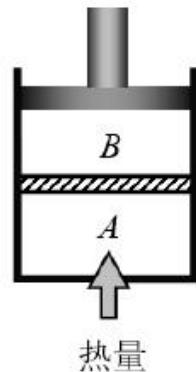
0~ $v_p$  的所有分子的速率和为:  $N \int_0^{v_p} f(v)v \, dv$ , 0~ $v_p$  的总分子数为:  $N \int_0^{v_p} f(v) \, dv$ , 此区间的平均速率为:

$$\frac{\int_0^{v_p} f(v)v \, dv}{\int_0^{v_p} f(v) \, dv};$$

$$E = 3vRT, \quad v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M_{\text{mol}}}} \Rightarrow E = 3M_{\text{mol}}v_p^2.$$

$$\overline{v^2} = \int_0^{\infty} f(v)v^2 \, dv = \frac{3RT}{M_{\text{mol}}} \Rightarrow E = 2M_{\text{mol}} \int_0^{\infty} f(v)v^2 \, dv.$$

13. (3分) 如图所示，气缸的侧壁绝热，上面有一个绝热活塞，底板可自由导热。中间可自由滑动的绝热隔板把汽缸分为 A, B 两室，它们各盛有 1mol 理想氮气。现将 500J 热量由底部缓缓传给气体，最上面的活塞始终保持 1atm 的压强。则 A 室内气体的温度变化了 17.19 K , B 室内气体的温度变化了 0 K。



A是等压吸热过程：

$$Q_A = C_{pm} \Delta T = \frac{7}{2} R \Delta T = 500J \Rightarrow \Delta T = 17.19 \text{ K}$$

B既是绝热又是等压，两条准静态曲线只有一个交点，状态不变， $\Delta T = 0$ 。

14. (3 分) 在一个大气压下, 一导热桶内放有 3.5kg 水和 0.5kg 冰的混合物, 处于温度为 0°C 平衡态, 已知冰的熔化热  $\lambda=334\text{J/g}$ 。将桶置于比 0°C 稍低的房间中使桶内达到水和冰质量相等的平衡态。此过程中冰水混合物的熵变为 -1834 J/K, 冰水混合物、桶和房间的总熵变为 0 J/K。

只需考虑过程中冻成冰的那部分水的熵变, 其冻冰的过程为等温热传导, 是可逆过程, 熵变为:

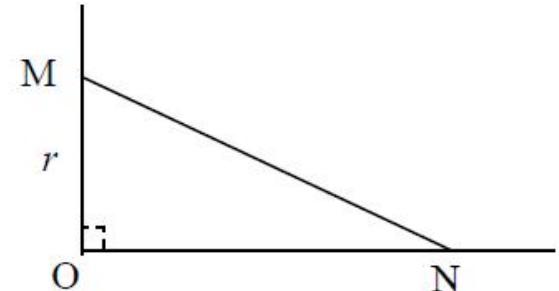
$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{-\lambda m}{T} = \frac{-334 \times 1000 \times (3.5 - 2)}{273.15} = -1834.16 \text{ J/K}$$

其它部分冰和水的状态近似认为没有改变, 熵变是 0。  
可逆过程系统和环境熵变为 0。

15. (4分) 如图所示, O 和 N 为二相干波源 (设初相分别为  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ ), 假设它们能发出向各个方向传播的平面简谐波, 其波长都为  $\lambda=10\text{cm}$ , 其振幅分别为  $A_1=4\text{cm}$ ,  $A_2=3\text{cm}$ ; 已知  $ON=40\text{cm}$ ,  $OM=30\text{cm}$ 。

(1) 设  $\varphi_1=\pi/3$ ,  $\varphi_2=4\pi/3$ , 则 M 点的振幅  $A = \underline{\quad 1 \quad} \text{cm}$ ;

(2) 设  $\varphi_1 = \varphi_2$ , 连线 OM 上 (包括两端点) 因干涉而振幅极大的点的位置有  $r = \underline{\quad 0, 35/3, 30, 75 \quad} \text{cm}$  ( $r$  为离开 O 点的距离, 可以有多个答案)。



$$(1). O \text{ 在 } M \text{ 引起的振动为: } A_1 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} OM + \frac{\pi}{3} \right) = A_1 \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{3} \right)$$

$$N \text{ 在 } M \text{ 引起的振动为: } A_2 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} NM + \frac{4\pi}{3} \right) = A_2 \cos \left( \omega t + \frac{4\pi}{3} \right)$$

用旋转矢量图, 可得  $A = 1 \text{ cm}$ 。

$$(2). A_1 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r \right), A_2 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{r^2 + 1600} \right)$$

$$\text{干涉加强要求 } \sqrt{r^2 + 1600} - r = k\lambda \Rightarrow r = 0, 35/3, 30, 75.$$

16. (3分) 如图所示, 波长  $\lambda=600\text{nm}$  的单色光垂直照射在油膜上, 观察反射光干涉条纹。已知油膜的折射率  $n_1=1.2$ , 玻璃的折射率  $n_2=1.5$ ,  $h=1200\text{nm}$ 。能观察到干涉明条纹的条数为 5; 油膜扩散时, 干涉明条纹的数量 减少 (填增多、减少或不变)

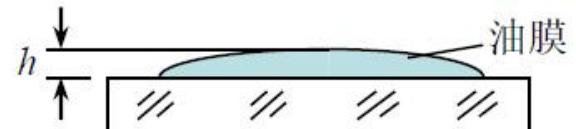
油膜上下表面反射光均有半波损失, 光程差  $2n_1e$ , 膜边缘处为 0 级明纹。膜上最大光程差为  $2n_1h$ , 明纹要求:

$$2n_1e = k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

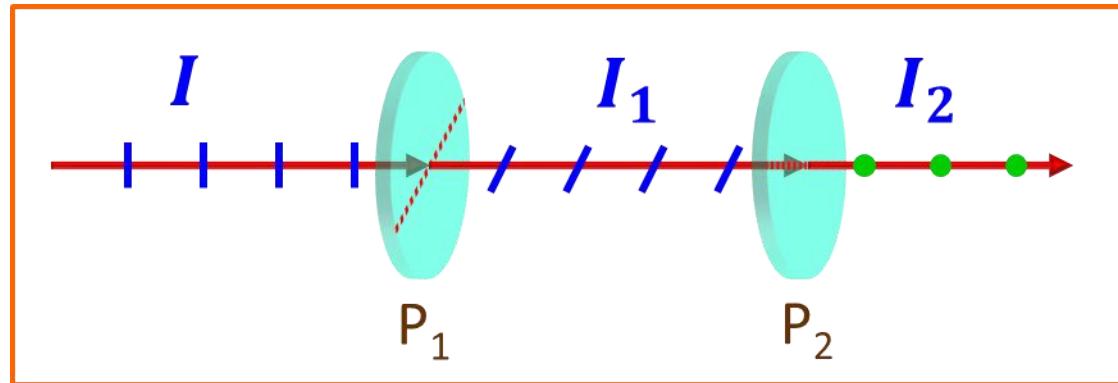
$$2n_1h = k\lambda \Rightarrow k = 4.8 \Rightarrow k_{\max} = 4$$

$\therefore$  可出现 5 条明纹, 从外向里 0, 1, 2, 3, 4 级。

油膜扩散,  $h$  减小, 最大光程差  $2n_1h$  减小, 条纹数量减少。



17. (3分) 要使一束线偏光通过偏振片后，振动方向转  $90^\circ$  至少需要 **2** 块理想偏振片，在此情况下，透射光强最多是原来光强的 **1/4** 倍。

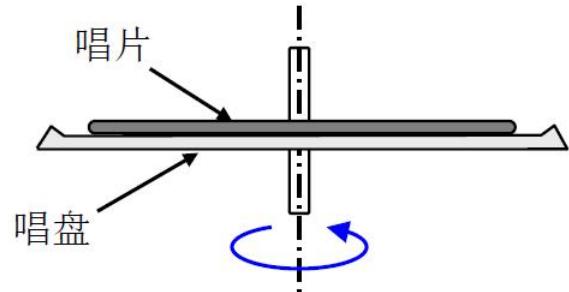


至少需要**2**块。 (1块肯定不行)

第二块偏振片的偏振化方向与初始光的振动方向垂直，设第一块偏振片与初始光的振动方向夹角为 $\theta$ ，则

$$\begin{aligned} I_1 &= I \cos^2 \theta \\ I_2 &= I_1 \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right) = I \cos^2 \theta \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right) \\ &= \frac{1}{4} I \sin^2 2\theta \leq \frac{1}{4} I \end{aligned}$$

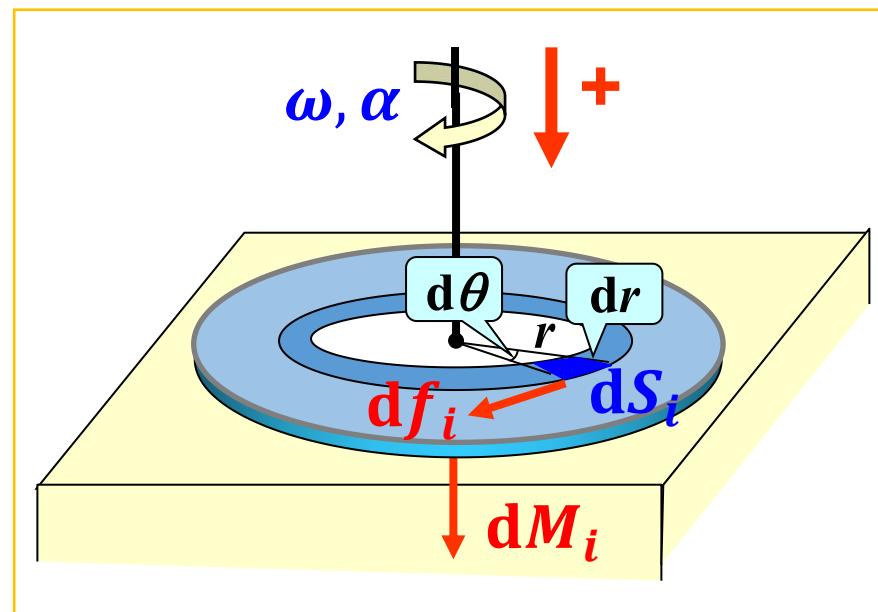
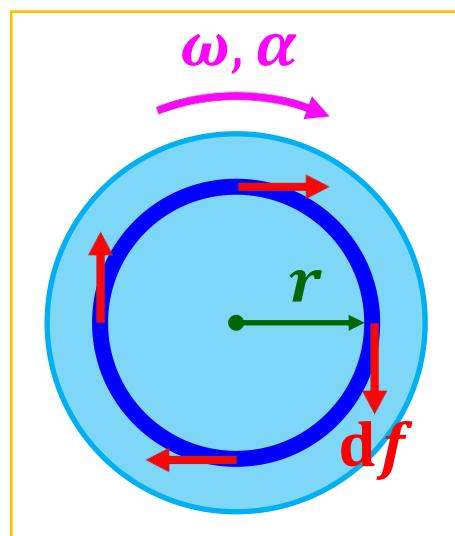
18. (10分) 唱机的转盘绕着通过盘心的固定竖直轴转动，唱片放上去后将受转盘摩擦力的作用而随转盘转动，如图所示。设唱片为半径为  $R$ 、质量为  $m$  的均匀圆盘，唱片和转盘间的摩擦系数为  $\mu_k$ ，转盘以角速度  $\omega$  匀速转动。求：(1)唱片刚被放到唱盘上去时受到的摩擦力矩为多大？(2)唱片达到角速度  $\omega$  需要多长时间？在这段时间内，转盘保持角速度  $\omega$  不变，驱动力矩共做了多少功？唱片获得了多大的动能？

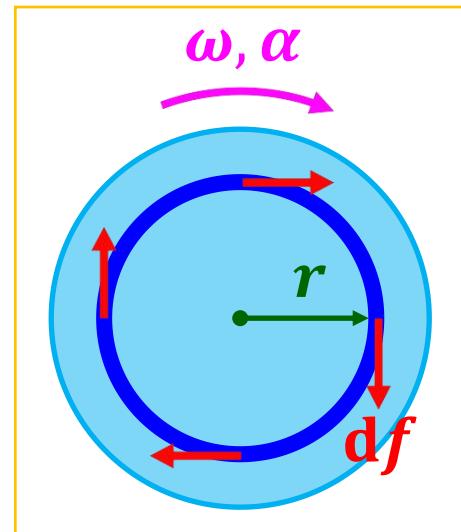
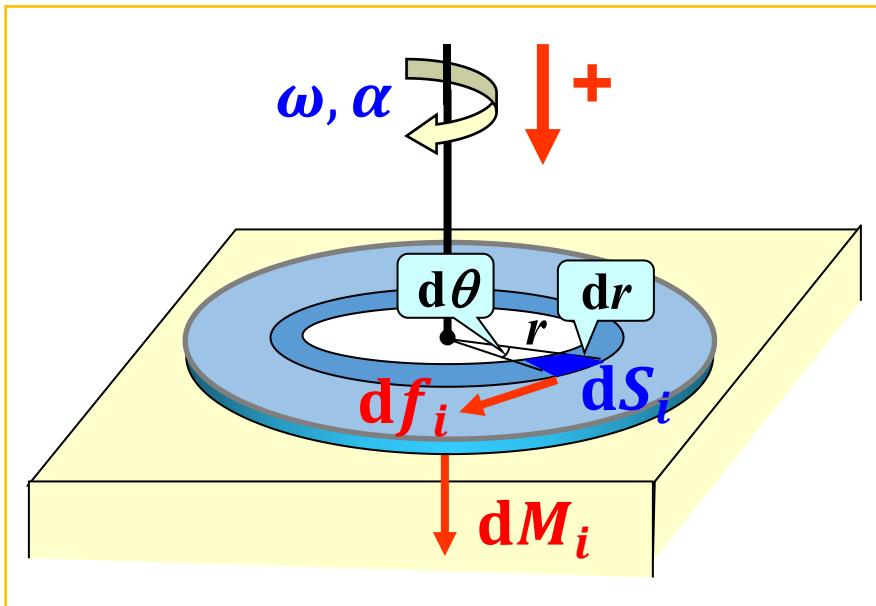


5-14. 唱机的转盘绕着通过盘心的光滑固定竖直轴转动，唱片放上去后将受到转盘摩擦力作用而随转盘转动，如图所示。

设唱片是半径为  $R$ ，质量为  $m$  的均匀圆盘，唱片与转盘之间的摩擦因数为  $\mu_k$ ，转盘以角速度  $\omega$  匀速转动。求：

- (1) 唱片刚放上去时它受到的摩擦力矩是多大？
- (2) 唱片达到角速度  $\omega$  需要多长时间？在这段时间内转盘保持角速度  $\omega$  不变，驱动力矩共做了多少功？唱片获得了多大动能？





解：

$$(1) \text{ 唱片面密度 } \sigma = \frac{m}{\pi R^2},$$

如图微元环提供的摩擦力：  $df = \sigma 2\pi r dr g \mu_k$

对中心产生的力矩：  $dM = r df \Rightarrow$

$$M = \int_0^R \sigma 2\pi r^2 g \mu_k dr = \frac{2}{3} \sigma \pi g \mu_k R^3 = \frac{2}{3} mg \mu_k R$$

(2) 力矩为常数，所以是匀加速转动，且从零开始转，

$$\alpha t = \frac{M}{J} t = \omega \quad \Rightarrow \quad t = \frac{\omega J}{M} = \frac{\omega \cdot \frac{1}{2} m R^2}{\frac{2}{3} m g \mu_k R} = \frac{3 R \omega}{4 \mu_k g}$$

唱片获得动能：

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} m R^2 \right) \omega^2 = \frac{1}{4} m R^2 \omega^2$$

唱片匀加速转动过程中，它与转盘之间一直有摩擦力矩，摩擦力矩对转盘来说是阻力矩，转盘能维持  $\omega$  的转速，是因为驱动力矩。显然驱动力矩的大小等于摩擦力矩，这个力矩作用的时间就是唱片加速转动的时间  $t$ ，作用角度是  $\theta = \omega t$ 。于是，做功为

$$W_{\text{外}} = M \cdot \theta = M \omega t = J \omega^2 = \frac{1}{2} m R^2 \omega^2$$

讨论：

功能原理： $W_{\text{外}} + W_{\text{内}} = \Delta E_k$ ，把唱片和转盘作为系统， $\Delta E_k$ 为系统动能增量，就是唱片获得的动能  $\frac{1}{4}mR^2\omega^2$ ；

$W_{\text{外}}$ 即为驱动力矩的功  $\frac{1}{2}mR^2\omega^2$ ；

$W_{\text{内}}$ 为系统内一对摩擦力的功，

$$\begin{aligned}W_{\text{内}} &= W_{f\text{片对盘}} + W_{f\text{盘对片}} = \\&= -\frac{1}{2}mR^2\omega^2 + \frac{1}{4}mR^2\omega^2 = -\frac{1}{4}mR^2\omega^2\end{aligned}$$

所以，驱动力的功，一部分增加了唱片的动能，一部分用来抵消了系统内一对摩擦力矩的功。

19 (10分) 如图所示是某理想气体循环过程的  $V-T$  图。

已知该气体的定压摩尔热容  $C_{P,m} = 2.5R$ , 定体摩尔热容  $C_{V,m} = 1.5R$ ,  $V_c = 2V_a$ , 且  $ab$  延长线通过原点 0。

- (1) 画出气体循环过程的  $P-V$  图;
- (2) 求循环过程的循环效率。

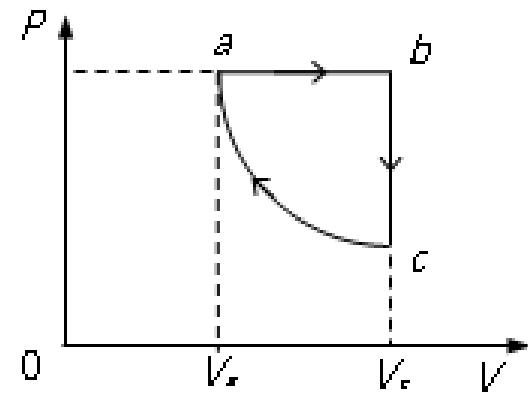
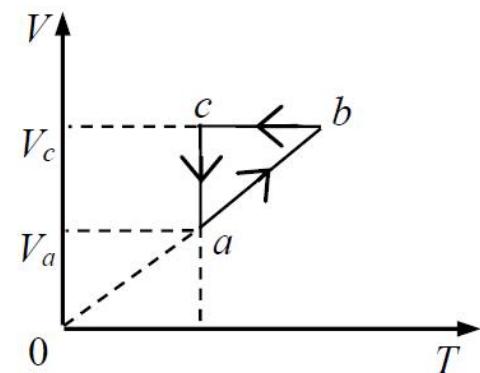
**解:**

- (1)  $pV = \nu RT$
- ab:  $V/T$  为常数, 是等压过程;  
bc: 是等容过程;  
ca: 是等温过程。

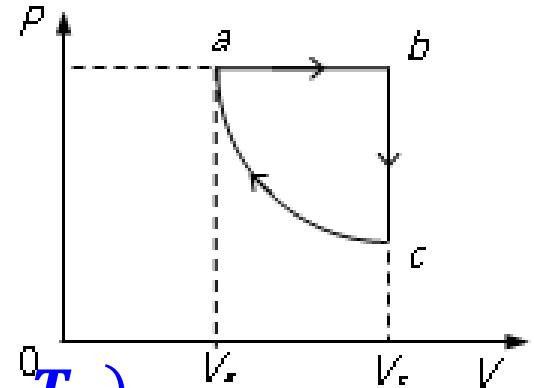
$$p_a = p_b = 2p_c,$$

$$V_b = V_c = 2V_a,$$

$$T_b = 2T_a = 2T_c$$



$$p_a = p_b = 2p_c, \\ V_b = V_c = 2V_a, \\ T_b = 2T_a = 2T_c$$



$$(2) Q_{ab} = vC_{Pm}(T_b - T_a) = 2.5vR(T_b - T_a) \\ = 2.5(p_bV_b - p_aV_a) = 2.5p_aV_a \quad \text{吸热};$$

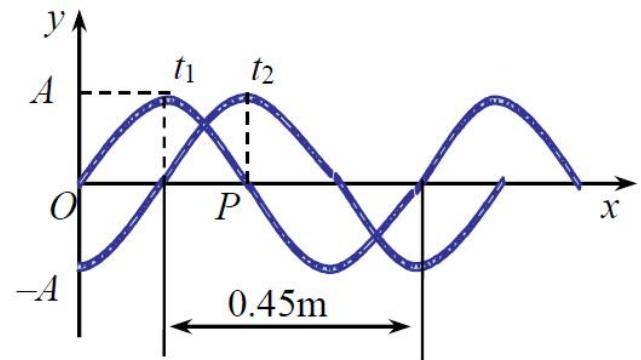
$$Q_{bc} = vC_{Vm}(T_c - T_b) = 1.5vR(T_c - T_b) \\ = 1.5(p_cV_c - p_bV_b) = -1.5p_aV_a \quad \text{放热};$$

$$Q_{ca} = vRT_a \ln\left(\frac{V_a}{V_c}\right) = -p_aV_a \ln 2 \quad \text{放热}.$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{bc} + Q_{ca}|}{Q_{ab}} = 1 - \frac{1.5 + \ln 2}{2.5} = 0.123$$

20. (10 分) 一列沿  $x$  轴正方向传播的平面简谐波在  $t_1=0$  和  $t_2=0.25\text{s}$  时刻的波形曲线如图所示 (此间波向前传播了不到一个波长的距离)。求：

- (1)  $P$  处质元的振动方程；
- (2) 该简谐波的波函数。



2-7. 一列沿  $x$  轴正方向传播的平面简谐波在  $t_1 = 0$  和  $t_2 = 0.25$  s 时刻的波形曲线如图所示。求：(1)  $P$  处质元的振动表达式；(2) 该波的波函数；(3) 画出原点  $O$  处质元的振动曲线。

解：

$$(1) y_P = A \cos(\omega t + \varphi), \quad \frac{3}{4} \lambda = 0.45 \text{ m},$$

$$\therefore \lambda = 0.6 \text{ m};$$

$$\Delta t = 0.25 \text{ s} \text{ 向右传播 } \frac{1}{4} \lambda,$$

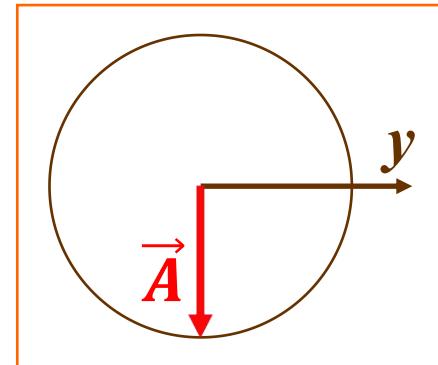
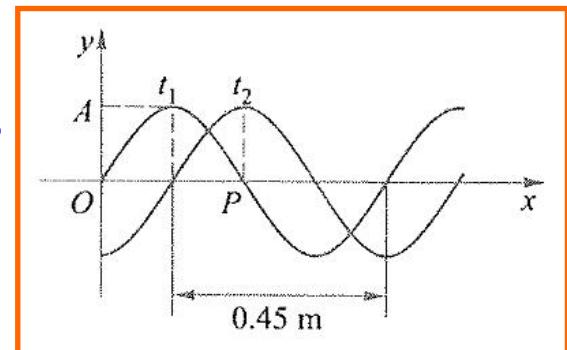
$$\therefore T = 1 \text{ s}, \quad \omega = 2\pi \text{ rad/s}, \quad u = \frac{\lambda}{T} = 0.6 \text{ m/s}$$

$t = 0$  时， $P$  在平衡位置，向  $+y$  移动，

对应如图参考圆，

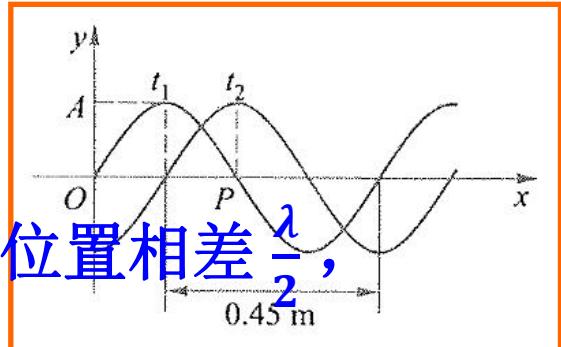
$$\therefore \varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow$$

$$y_P = A \cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (\text{SI})$$



$$y_P = A \cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

(2)  $O$ 点振动与  $P$  点反相 (相位超前  $\pi$ ) , 位置相差  $\frac{\lambda}{2}$ ,



$$\therefore y_0 = A \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$\because$  波向右传,  $O$ 右边  $x$  点的振动在时间上总是落后  $\frac{x}{u}$ ,

$$\therefore \text{各}x\text{ 点的振动为: } y = A \cos\left[2\pi\left(t - \frac{x}{u}\right) + \frac{\pi}{2}\right]$$

此即为波函数:  $y = A \cos\left[2\pi\left(t - \frac{x}{0.6}\right) + \frac{\pi}{2}\right] \quad (\text{SI})$

此式对  $x < 0$  的点也适用。

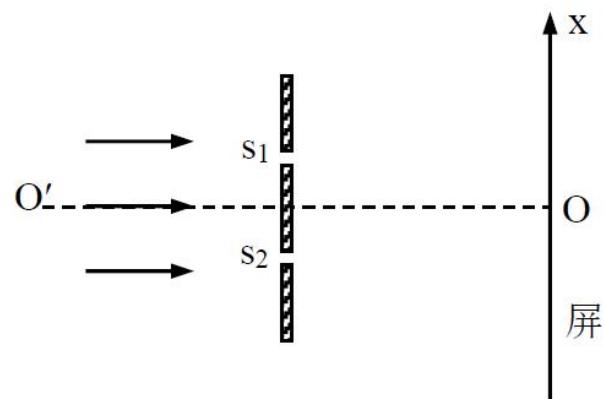
(3)  $O$ 的振动函数为:  $y_0 = A \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right) = -A \sin 2\pi t$

图略

21. (10 分) 波长  $\lambda=6000\text{\AA}$  单色平行光垂直照射在双缝上, 如图所示,  $s_1$ 、 $s_2$  双缝到  $OO'$  连线的距离均为  $d=1.5\text{mm}$ , 双缝至屏的距离  $D=2\text{m}$ , 缝宽比  $d$  小得多。求:

(1) 如果上缝  $s_1$  处覆盖一厚度为  $5\times 10^{-6}\text{m}$ , 折射率为  $n$  的薄膜, 则条纹向什么方向移动? 若发现第 5 级明条纹恰好移到  $O$  点处, 薄膜的折射率是多少?

(2) 若在双缝后放置一主光轴与  $OO'$  连线重合的薄透镜, 并在  $s_1$ 、 $s_2$  中间开一条同样的狭缝, 透镜焦距  $f=1.5\text{m}$ , 求位于透镜焦平面的屏上离中央  $O$  点最近的第一个极小的  $x$  坐标 (只写出正值)。



解：

(1). 在  $s_1$  上加薄膜，增加了  $s_1$  这一路的光程，原先 O 点处的 0 级条纹上移，整体条纹上移。

O 点处两路光程差：

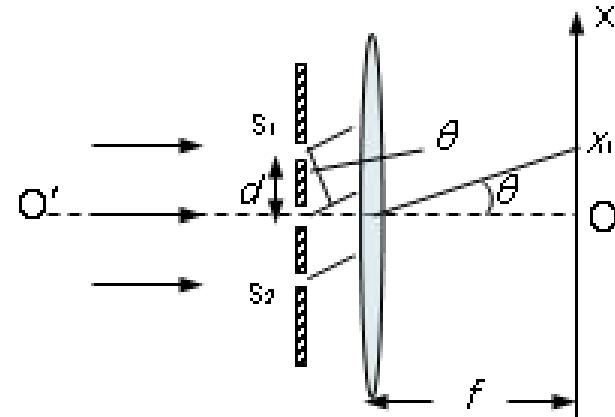
$$\delta = [s_1 O + (n - 1)e] - s_2 O = (n - 1)e = 5\lambda$$

$$n = \frac{5\lambda + e}{e} = 1.6$$

(2). 暗纹要求这三个等效光束相消，  
相邻两缝等效光束的光程差：

$$d \sin \theta = 1 \frac{\lambda}{3}$$

$$x_1 = f \tan \theta = \frac{f \lambda}{3d} = 0.2 \text{ mm}$$



22. (6分) 房间内有一按可逆卡诺循环工作的空调机，在连续工作时，每秒对该机作  $W$  焦耳的功。夏天该机从室内吸热释放至室外以降低室温。已知当室内、室外的温差为  $\Delta T$  时，每秒由室外漏入室内的热量  $Q=A\Delta T$ ， $A$  为一常数。设室外的温度恒定为  $T_1$ ，夏天该机连续工作时，室内能维持的稳定温度  $T_2$  为何值？

9. 房间内有一空调机，该机按可逆卡诺循环工作，在连续工作时，每秒需对该机作 $W$ 焦耳的功。夏天该机从室内吸热释放至室外以降低室温。已知当室内、室外的温差为 $\Delta T$ 时，每秒由室外漏入室内的热量 $Q = A\Delta T$ ， $A$ 为一常数。夏天该机连续工作时，室内能维持的稳定温度 $T_2$ 为何？已知室外的温度恒定为 $T_1$ 。

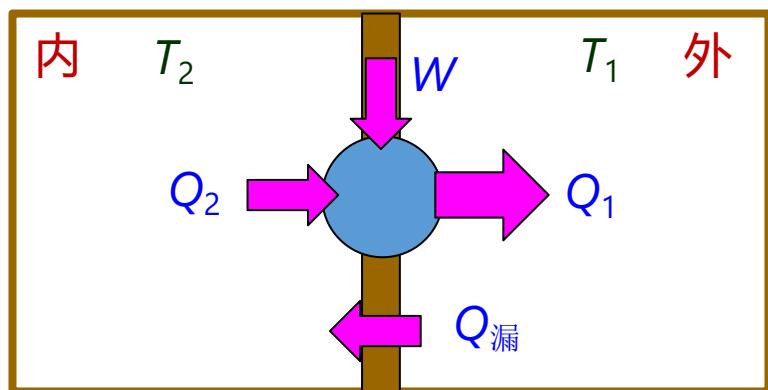
解：(1)由卡诺循环特点可知：

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

稳定时： $Q_2 = Q_{\text{漏}} = A(T_1 - T_2)$

$$Q_2 + W = Q_1$$

$$\frac{\frac{A(T_1 - T_2)}{A(T_1 - T_2) + W}}{\frac{A(T_1 - T_2)}{A(T_1 - T_2) + W}} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = T_1 + \frac{W}{2A} - \sqrt{\frac{W}{A}T_1 + \left(\frac{W}{2A}\right)^2} < T_1$$

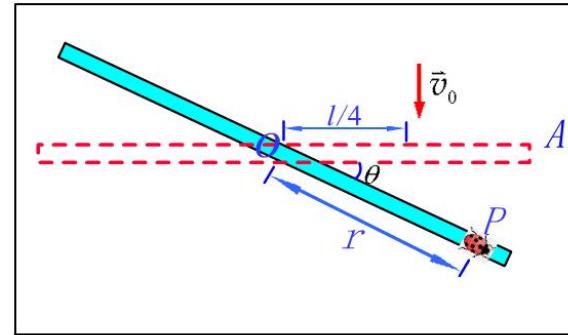
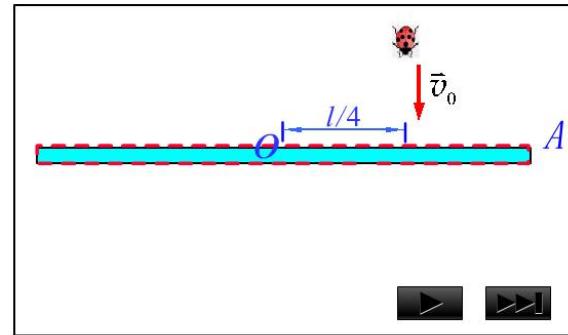


5. 质量很小长度为 $l$ 的均匀细杆，可绕过其中心 $O$ 并与纸面垂直的轴在竖直平面内转动。当细杆静止于水平位置时，有一只小虫以速率 $v_0$ 垂直落在距点 $O$ 为 $l/4$ 处，并背离点 $O$ 向细杆的端点 $A$ 爬行。设小虫与细杆的质量均为 $m$ 。问：欲使细杆以恒定的角速度转动，小虫应以多大速率向细杆端点爬行？

解：小虫与细杆的碰撞视为完全非弹性碰撞，碰撞前后系统角动量守恒

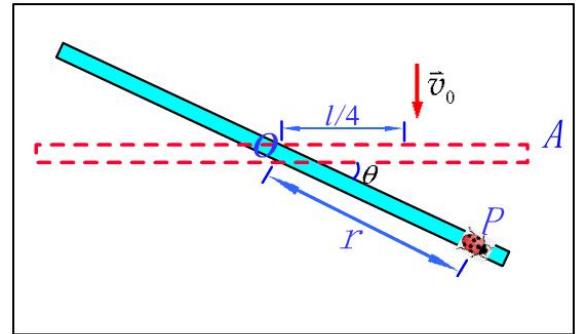
$$mv_0 \frac{l}{4} = \left[ \frac{1}{12} ml^2 + m\left(\frac{l}{4}\right)^2 \right] \omega \quad \omega = \frac{12}{7} \frac{v_0}{l}$$

由角动量定理  $M = \frac{dL}{dt} = \frac{d(J\omega)}{dt} = \omega \frac{dJ}{dt} = mgr \cos \theta$



$$\omega \frac{dJ}{dt} = mgr \cos \theta$$

即



$$mgr \cos \theta = \omega \frac{dJ}{dt} = \omega \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{12} ml^2 + mr^2 \right) = 2\omega mr \frac{dr}{dt}$$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{g \cos \theta}{2\omega}$$

考慮到  $\theta = \omega t$

$$v = \frac{7gl}{24v_0} \cos\left(\frac{12v_0}{7l}t\right)$$

## 5 . 关于可逆过程与不可逆过程的讨论:

指出下列说法的对错, 并说明理由:

- (1) 可逆的热力学过程一定为准静态过程. 对!
- (2) 准静态过程一定是可逆的. 错!
- (3) 不可逆过程就是不能向反方向进行的过程. 错!
- (4) 凡是有摩擦的过程一定是不可逆的. 对!
- (5) 一切自发的过程都是不可逆的. 对!
- (6) 不可逆过程是系统不能恢复到初状态的过程. 错!
- (7) 不可逆过程是外界有变化的过程. 错!
- (8) 不可逆过程一定找不到另一过程使系统和外界同时复原. 对
- (9) 一切与热现象有关的实际过程是不可逆的. 对!

## 6 . 关于热力学第二定律的讨论:

指出下列说法的对错, 并说明理由:

- (1) 热量不能从低温物体向高温物体传递. **错!**
- (2) 一切热机的效率都只能小于一. **对!**
- (3) 功可以完全变为热量, 而热量不能完全变为功. **错!**
- (4) 热量从高温物体向低温物体传递是不可逆的. **对!**
- (5) 不可能从单一热源吸热使之全部变为有用的功. **错!**
- (6) 任何实际热机的效率都总是小于卡诺热机的效率. **对!**
- (7) 有规则运动的能量能够变为无规则运动的能量, 但无规则运动的能量不能变为有规则运动的能量. **错!**
- (8) 在一个孤立系统内, 一切实际过程都向着热力学概率增大的方向进行. **对!**

2. 某容器中装有一定量的某种理想气体，

(1) 若容器内各部分压强相等，此状态是否一定是平衡态？(不一定是)

(2) 若容器内各部分温度相等，此状态是否一定是平衡态？(不一定是) (一定是)

(3) 若容器内各部分压强相等，且容器内各部分分子数密度也相等，此状态是否一定是平衡态？

5. 关于温度的意义有下列几种说法，其中正确的是

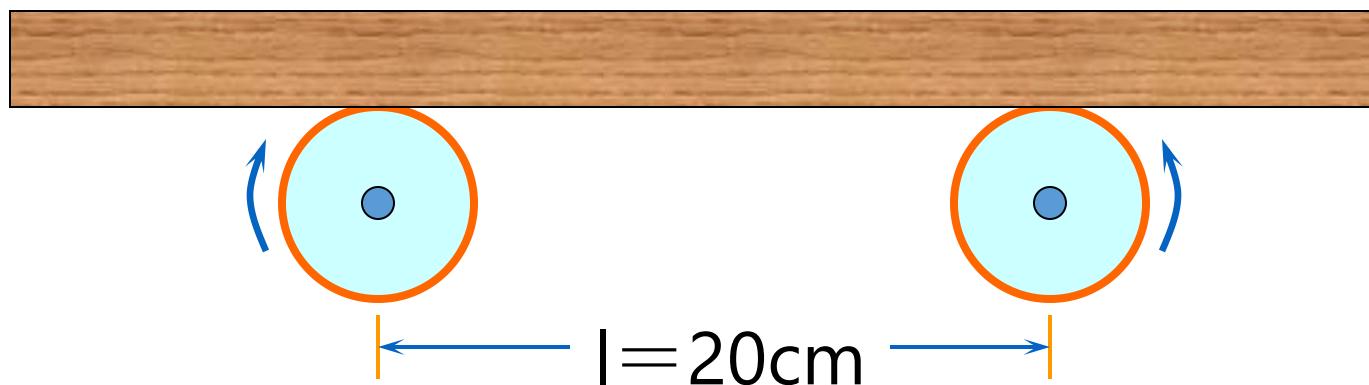
- (1) 气体的温度是分子平均平动动能的量度。
- (2) 气体的温度是大量分子热运动的综合体现，具有统计意义。
- (3) 温度高低，反映物质内部分子运动剧烈程度不同。
- (4) 从微观上看，气体的温度表示每个分子的冷热程度。

- A.(1)(2)(4);      B.(1)(2)(3);      C.(2)(3)(4);      D.(1)(2)(3)(4).

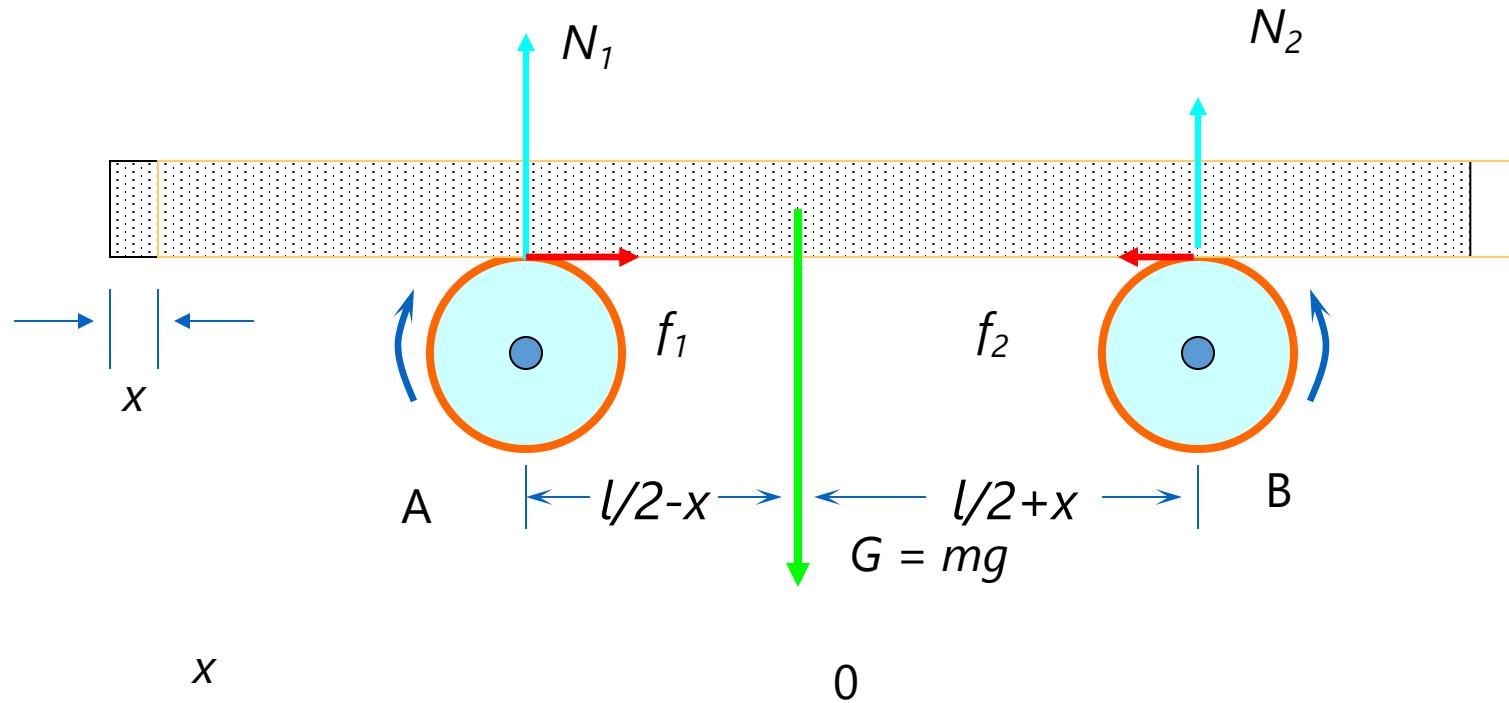
[ **B** ]

## 例题2

如图所示：一块均匀的长木板质量为 $m$ ，对称地平放在相距  $l=20\text{cm}$  的两个滚轴上。滚轴的转动方向如图所示，滚轴表面与木板间的摩擦系数为 $\mu=0.5$ 。今使木板沿水平方向移动一段距离后释放。证明此后木板将做简谐运动，并求其周期。



解：首先进行受力分析



木板在竖直方向受重力 $G$ 和支持力 $N_1$ 和 $N_2$ 作用，处于力矩平衡。

木板在水平方向上受相反方向的摩擦力  $f_1$ 和  $f_2$ 作用。

设坐标原点在 $l/2$ 处：

以右轮B为支点力矩平衡：  $N_A l = mg(l/2 + x)$

得左轮A上的支持力 $N_A$ ：

$$N_A = \frac{l/2 + x}{l} mg$$

以左轮A为支点力矩平衡：  $N_B l = mg(l/2 - x)$

右轮B上的支持力 $N_B$ ：  $N_B = \frac{l/2 - x}{l} mg$

左轮上的摩擦力 $f_1$ :  $f_A = \mu N_A$

右轮上的摩擦力 $f_2$ :  $f_B = \mu N_B$

木板在水平方向所受的合外力  $f$ :

$$f = f_B - f_A = \mu(N_B - N_A)$$

$$= \mu \frac{mg}{l} \left[ \left( \frac{l}{2} - x \right) - \left( \frac{l}{2} + x \right) \right]$$

$$= -2 \frac{\mu mg}{l} x$$

木板在水平方向运动的动力学方程：

$$f = m \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{2\mu mg}{l} x$$

整理得：  $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{2\mu g}{l} x = \boxed{\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0}$

具有简谐运动微分方程的标准形式，所以木板将做简谐振动。

圆频率：  $\omega = \sqrt{\frac{2\mu g}{l}}$ ;

周期：  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2\mu g}} \approx 0.90s$