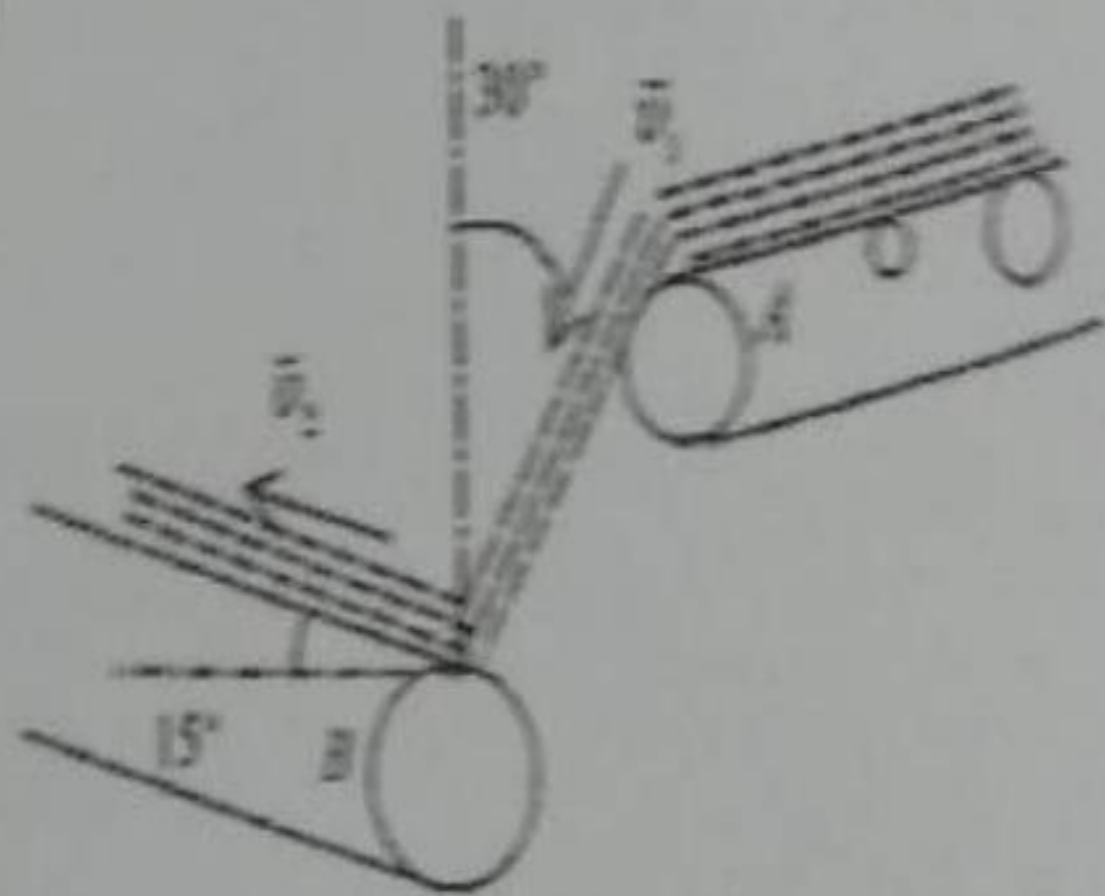


一. 计算题 (共 40 分, 每题 10 分)

1. 矿砂从传送带 A 落到另一传送带 B (如图), 其速度的大小 $v_1 = 4 \text{ m/s}$, 速度方向与竖直方向成 30° 角, 而传送带 B 与水平成 15° 角, 其速度的大小 $v_2 = 2 \text{ m/s}$. 如果传送带的运送量恒定, 设为 $q_m = 2000 \text{ kg/h}$, 求矿砂作用在传送带 B 上的力的大小和方向.



2. 有一质量为 m_1 、长为 l 的均匀细棒，静止平放在滑动摩擦系数为 μ 的水平桌面上，它可绕通过其端点 O 且与桌面垂直的固定光滑轴转动，另有一水平运动的、质量为 m_2 的小滑块，从侧面垂直于棒与棒的另一端 A 相碰撞，设碰撞时间极短，已知小滑块在碰撞前后的速度分别为 \bar{v}_1 和 \bar{v}_2 ，如图所示，求碰撞后从细棒开始转动到停止转动的过程所需的时间。（已知棒绕 O 点的转动惯量 $J = \frac{1}{3} m_1 l^2$ ）



3. 两波在一很长的弦线上传播，其表达式分别为：

$$y_1 = 4.00 \times 10^{-2} \cos \frac{1}{3} \pi (4x - 24t) \text{ (SI)}, \quad y_2 = 4.00 \times 10^{-2} \cos \frac{1}{3} \pi (4x + 24t) \text{ (SI)}$$

求：(1) 两波的频率、波长、波速；

(2) 两波叠加后形成驻波的表达式；

(3) 两波叠加后的节点位置和波腹位置。

4. 一气缸内盛有 1 mol 温度为 27°C ，压强为 1 atm 的氮气(视作刚性双原子分子的理想气体)，先使它等压膨胀到原来体积的两倍，再等体升压使其压强变为 2 atm，最后使它等温膨胀到压强为 1 atm，求：氮气在全部过程中对外作的功，吸的热及其内能的变化。(普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

二. 填空题 (共 30 分)

1. (本题 3 分)

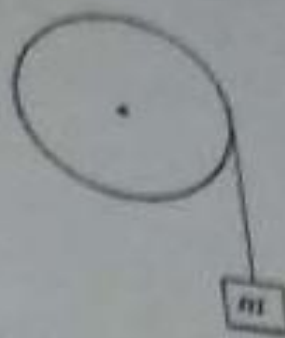
一个质量为 m 的质点, 沿 x 轴作直线运动, 受到的作用力为 $\vec{F} = F_0 \cos \omega t \vec{i}$ (SI)
 $t=0$ 时刻, 质点的位置坐标为 x_0 , 初速度 $\vec{v}_0 = 0$, 则质点的位置坐标和时间的
关系式是 $x =$ _____

2. (本题 4 分)

一个人站在平板车上掷铅球, 人和车总质量为 M , 铅球的质量为 m , 平板车可沿水平、光滑的直轨道移动. 设铅直平面为 xy 平面, x 轴与轨道平行, y 轴正方向竖直向上. 已知未掷球时, 人、车、球皆静止. 球出手时沿斜上方, 它相对于车的初速度在 xy 平面内, 其大小为 v_0 , 方向与 x 轴正向的夹角为 θ , 人在掷球过程中对车无滑动, 则球被抛出之后, 车对地的速度

$\vec{v} =$ _____, 球对地的速度 $\vec{v} =$ _____

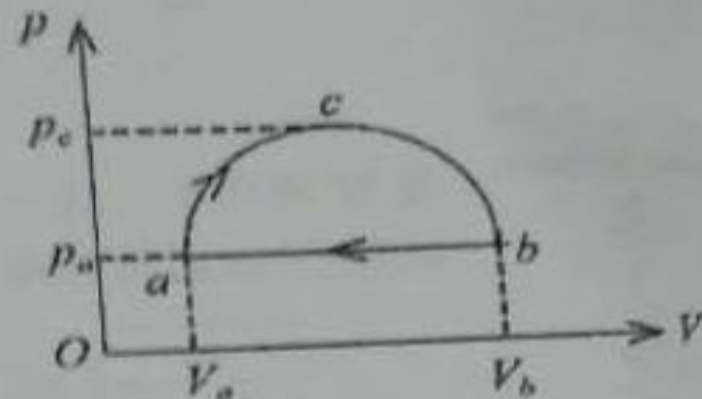
3. (本题 3 分)
 如图所示, 一轻绳绕于半径为 r 的飞轮边缘, 并以质量为 m 的物体挂在绳端, 飞轮对过轮心且与轮面垂直的水平固定轴的转动惯量为 J . 若不计摩擦, 飞轮的角加速度 $\beta =$ _____.



4. (本题 5 分)
 容积为 10 L(升)的盒子以速率 $v = 200 \text{ m/s}$ 匀速运动, 容器中充有质量为 50 g, 温度为 18°C 的氢气. 设盒子突然停止, 气体的全部定向运动的动能都变为气体分子热运动的动能, 容器与外界没有热量交换, 则达到热平衡后: 氢气的温度将增加 _____ K; 氢气的压强将增加 _____ Pa.

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 氢气分子可视为刚性分子.)

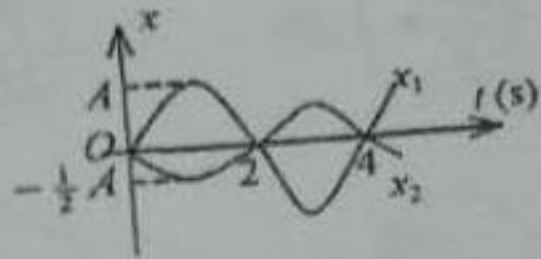
5. (本题 3 分)
 有 ν 摩尔理想气体, 作如图所示的循环过程 $acba$, 其中 acb 为半圆弧, $b-a$ 为等压线, $p_c = 2p_a$. 令气体进行 $a-b$ 的等压过程时吸热 Q_{ab} , 则在此循环过程中气体净吸热量



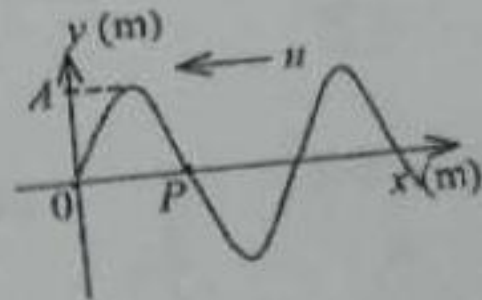
Q _____ Q_{ab} , (填入: $>$, $<$ 或 $=$)

6. (本题 3 分)
由绝热材料包围的容器被隔板隔为两半, 左边是理想气体, 右边真空. 如果把隔板撤去, 气体将进行自由膨胀过程, 达到平衡后气体的压强 _____ (升高、降低或不变).

7. (本题 3 分)
如图所示的是两个简谐振动的振动曲线, 它们合成的余弦振动的初相为 _____.



8. (本题 3 分)
如图所示为一平面简谐波在 $t = 2 \text{ s}$ 时刻的波形图, 该简谐波的表达式是 _____.
(该波的振幅 A 、波速 u 与波长 λ 为已知量)



9. (本题 3 分)
两相干波源 S_1 和 S_2 的振动方程分别是 $y_1 = A \cos(\omega t + \phi)$ 和 $y_2 = A \cos(\omega t + \phi)$. S_1 距 P 点 3 个波长, S_2 距 P 点 4.5 个波长. 设波传播过程中振幅不变, 则两波同

时的合振幅是 _____.

6. 金属导体中的电子，在金属内部作无规则运动，与金属中其它电子碰撞。
 设金属中共有 N 个自由电子，其中电子速率在 u 与 $u+du$ 之间的概率为

$$\frac{dN}{N} = \begin{cases} Au^2 du & 0 \leq u \leq u_m \\ 0 & u > u_m \end{cases}$$

式中 A 为常数，则该电子气电子的平均速率为

- (A) $\frac{A}{3}u_m^3$ (B) $\frac{A}{4}u_m^4$ (C) u_m (D) $\frac{A}{3}u_m^3$

7. 如果卡诺热机的循环曲线所包围的面积从图中的 $abca$ 增大为 $ab'c'da$ ，那么循环 $abca$ 与 $ab'c'da$ 所作的净功和热机效率变化情况是：

- (A) 净功增大，效率提高。
 (B) 净功增大，效率降低。
 (C) 净功和效率都不变。
 (D) 净功增大，效率不变。



8. 劲度系数分别为 k_1 和 k_2 的两个轻弹簧串联在一起, 下面挂着质量为 m 的物体, 构成一个竖挂的弹簧振子, 则该系统的振动周期为

(A) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m(k_1 + k_2)}{2k_1 k_2}}$

(B) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$

(C) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}}$

(D) $T = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{k_1 + k_2}}$



9. 一个质点作简谐振动, 振幅为 A , 在起始时刻质点的位移为 $\frac{1}{2}A$, 且向 x 轴的正方向运动, 代表此简谐振动的旋转矢量图为



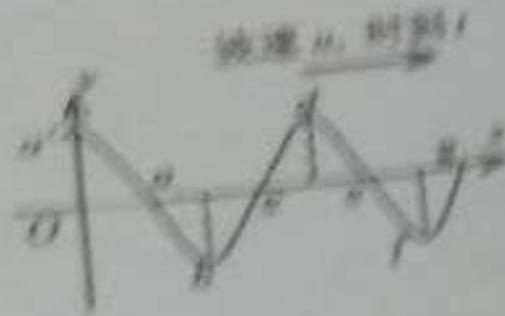
10. 一列机械横波在 t 时刻的波形曲线如图所示, 则该时刻能量为最大值的媒质质元的位置是:

(A) o' , b , d , f .

(B) a , c , e , g .

(C) o' , d .

(D) b , f .



一、计算题 (共 40 分, 每题 10 分)

1.

解: 设在某极短的时间 Δt 内落在传送带 B 上矿砂的质量为 m , 即 $m = q_m \Delta t$, 这时矿砂动量的增量为 (参考附图)

图 2 分

$$\Delta(m\vec{v}) = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

$$|\Delta(m\vec{v})| = m\sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos 75^\circ} = 3.98q_m\Delta t \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

2 分

设传送带作用在矿砂上的力为 \vec{F} , 根据动量定理

$$\vec{F}\Delta t = \Delta(m\vec{v})$$

于是 $|\vec{F}| = |\Delta(m\vec{v})|/\Delta t = 3.98q_m = 2.21 \text{ N}$ 2 分

方向: $\frac{|\Delta(m\vec{v})|}{\sin 75^\circ} = \frac{|m\vec{v}_2|}{\sin \theta}$, $\theta = 29^\circ$ 2 分

由牛顿第三定律, 矿砂作用在传送带 B 上的 (撞击) 力与 \vec{F} 大小相等方向相反, 即等于 2.21 N, 偏离竖直方向 1° , 指向前下方.



2. 解: 对棒和滑块系统, 在碰撞过程中, 由于碰撞时间极短, 所以棒所受的摩擦力矩 \ll 滑块的冲力矩, 故可认为合外力矩为零, 因而系统的角动量守恒, 即

$$m_1v_1l = -m_2v_2l + \frac{1}{3}m_1l^2\omega$$

①

碰后棒在转动过程中所受的摩擦力矩为

$$M_f = \int_0^l -\mu g \frac{m_1l}{l} x \cdot dx = -\frac{1}{2}\mu m_1gl$$

由角动量定理

$$\int_0^t M_f dt = 0 - \frac{1}{3}m_1l^2\omega$$

由①、②和③解得

$$t = 2m_2 \frac{v_1 + v_2}{\mu m_1 g}$$

3. 解: (1) 与波动的标准表达式 $y = A \cos 2\pi(m - x/\lambda)$ 对比可得:

$$v = 4 \text{ Hz}, \quad \lambda = 1.50 \text{ m}, \quad \text{波速 } u = \lambda v = 6.00 \text{ m/s}$$

3 分

$$(2) y = y_1 + y_2 = 4.00 \times 10^{-2} \cos \frac{4\pi x}{3} \cos 8\pi \text{ (SI)}$$

2 分

$$(3) \text{ 节点位置 } 4\pi x/3 = \pm(n\pi + \frac{1}{2}\pi)$$

$$x = \pm 3(n + \frac{1}{2}) \text{ m}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

3 分

$$\text{波腹位置 } 4\pi x/3 = \pm n\pi \quad x = \pm 3n/4 \text{ m}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

2 分

4. 解: 该氮气系统经历的全部过程如图.

设初态的压强为 p_0 , 体积为 V_0 , 温度为 T_0 , 而终态压强为 p_0 , 体积为 V , 温度为 T . 在全部过程中氮气对外所作的功

$$W = W(\text{等压}) + W(\text{等温})$$

1 分

$$W(\text{等压}) = p_0(2V_0 - V_0) = RT_0$$

$$W(\text{等温}) = 4p_0V_0 \ln(2p_0/p_0)$$

2 分

$$= 4p_0V_0 \ln 2 = 4RT_0 \ln 2$$

$$\therefore W = RT_0 + 4RT_0 \ln 2 = RT_0(1 + 4 \ln 2) = 9.41 \times 10^3 \text{ J}$$

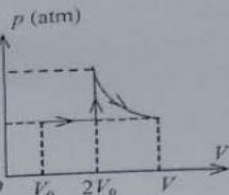
2 分

$$\text{氮气内能改变 } \Delta E = C_V(T - T_0) = \frac{5}{2}R(4T_0 - T_0)$$

3 分

$$= 15RT_0/2 = 1.87 \times 10^4$$

$$\text{氮气在全部过程中吸收的热量 } Q = \Delta E + W = 2.81 \times 10^4 \text{ J.}$$



二、填空题 (共 30 分)

$$1. \frac{F_0}{m\omega^2}(1 - \cos \omega t) + x_0 \text{ (SI)} \quad (3 \text{ 分})$$

$$2. -\frac{mv_0 \cos \theta}{M + m} \vec{i} \quad (2 \text{ 分}), \quad v_0 \cos \theta (1 - \frac{m}{M + m}) \vec{i} + v_0 \sin \theta \vec{j} \quad (2 \text{ 分})$$

$$3. \frac{mg}{\frac{J}{r} + mr} \quad (3 \text{ 分}) \quad 4. 1.93 \quad (3 \text{ 分}), \quad 4.01 \times 10^4 \quad (2 \text{ 分})$$

$$5. < \quad (3 \text{ 分}) \quad 6. \text{ 降低} \quad (3 \text{ 分})$$

$$7. -\frac{\pi}{2} \text{ or } \frac{3\pi}{2} \quad (3 \text{ 分}) \quad 8. y = A \cos[2\pi \frac{u}{\lambda}(t - 2 + \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}] \quad (3 \text{ 分})$$

$$9. 0 \quad (3 \text{ 分})$$

$$2\pi \frac{u}{\lambda}(t-2) + 2\pi \frac{x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}$$

三、选择题 (共 30 分, 每题 3 分)

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
选项	B	C	C	D	D	B	D	C	B	B