第 1 章 质点运动学

填空题

1.描述质点运动的 4 个基本物理量分别是________________。

【解题过程】描述质点运动的四个基本物理量是位置矢量、位移矢量、速度矢量和加速度矢量。

2.质点运动学的两类基本问题是：（1）________________；（2）________________。

【解题过程】第一类，已知质点的运动方程，求质点在任意时刻的速度和加速度。第二类，已知质点的加速度（或速度）随时间变化的规律和初始条件（$t=0$时刻的位置$\vec{r}_0$和速度$\vec{v}_0$），求质点在任意时刻的速度和运动方程。

3.对于运动学第（1）类问题，我们通常根据

描述运动的基本物理量的__________，采用________方法求解；对于运动学第（2）类问题，我们通常根据已知的__________，采用_________方法求解。

【解题过程】运动方程，微分法，加速度或速度随时间变化的规律和初始条件，积分法。

4.已知某质点作一直线运动的加速度随时间变化的函数$a_x = a(t)$和$t = 0$时刻质点的位置x_0和初速度v_0，则计算质点任意瞬时速度的表达式为_______________，质点任意瞬时位置的表达式为_________。

【解题过程】由$a_x(t) = \frac{dv}{dt} = a(t)$，分离变量积分得$\int_{v_0}^{v} dv = \int_0^t a(t)dt$，即得质点任意瞬时速度的表达式为$v = v_0 + \int_0^t a(t)dt$。

由 $v=\dfrac{dx}{dt}=v_0+\int_0^t a(t)dt$，分离变量积分得 $\int_{x_0}^{x}dx=\int_0^t\left(v_0+\int_0^t a(t)dt\right)dt$，即得质点任意瞬时位置的表达式为

$$x=x_0+v_0t+\int_0^t\left(\int_0^t a(t)dt\right)dt$$。

5.在经典物理中，时间和空间是__________，时间间隔和空间间隔与_________的选择无关。伽利略相对运动的位置变换式是____________；速度变换式是____________。

【解题过程】彼此独立的，参考系，$\vec{r}'=\vec{r}-\overrightarrow{OO'}=\vec{r}-\vec{u}t$，$\vec{v}'=\vec{v}-\vec{u}$。

综合练习题

1.某人在绝壁顶以水平初速度 v_0 向山外射出一发子弹。取枪口所在位置为原点，水平向前（v_0 方向）为 x 轴，竖直向下为 y 轴。以发射时刻为计时零点。求：（1）子弹在 t 时刻

的位置坐标；（2）子弹的轨迹方程；（3）t时刻子弹的速度、切向加速度和法向加速度。

【解题过程】（1）子弹在t时刻的位置坐标为

$\vec{r} = v_0 t\hat{i} + \frac{1}{2}gt^2\hat{j}$。

（2）子弹的参数方程为$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$，消去参数$t$可得其轨迹方程为$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$，故轨迹为抛物线。

（3）子弹的速度为$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_0\hat{i} + gt\hat{j}$，夹角$\theta = \arctan\frac{gt}{v_0}$，则切向加速度为

$a_\tau = g\sin\theta = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}}$，法向加速度为

$a_n = g\cos\theta = \dfrac{gv_0}{\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}}$。

2.一质点在 xOy 平面内作曲线运动。已知 $\vec{a} = 2\hat{i} + 36t^2\hat{j}$（SI），$r_0 = 0$，$v_0 = 0$。求：

（1）此质点的运动方程；（2）此质点的轨迹方程；（3）此质点的切向加速度的大小。

【解题过程】（1）由 $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt} = 2\hat{i} + 36t^2\hat{j}$，

分离变量积分得 $\int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} d\vec{v} = \int_0^t \left(2\hat{i} + 36t^2\hat{j}\right)dt$，

则 $\vec{v} = 2t\hat{i} + 12t^3\hat{j}$。

再由 $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt} = 2t\hat{i} + 12t^3\hat{j}$，分离变量积分得 $\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} d\vec{r} = \int_0^t \left(2t\hat{i} + 12t^3\hat{j}\right)dt$，则可得质点的运动方程为 $\vec{r} = t^2\hat{i} + 3t^4\hat{j}$。

（2）该质点的参数方程为 $\begin{cases} x = t^2 \\ y = 3t^4 \end{cases}$，消去参

数 t 得质点的轨迹方程为 $y=3x^2$。

（3）质点的速率为 $v=\sqrt{(2t)^2+(12t^3)^2}$，

故质点的切向加速度的大小为

$$a_\tau=\frac{dv}{dt}=\frac{8t+864t^5}{2\sqrt{(2t)^2+(12t^3)^2}}=\frac{2+216t^4}{\sqrt{1+36t^4}}$$ 。

3.一质点作半径为 0.1m 的圆周运动，已知运动方程为 $\theta=2-4t^3$（SI）。求：（1）2s 时质点运动的加速度的大小；（2）当质点的加速度与半径成 45° 时，角位置 θ 的取值。

【解题过程】 $\omega=\dfrac{d\theta}{dt}=-12t^2$，

$\alpha=\dfrac{d\omega}{dt}=-24t$。由线量与角量的关系可得

$a_\tau=R\alpha=-2.4t$，$a_n=R\omega^2=14.4t^4$。

（1）当 $t=2s$ 时，$a_\tau=-4.8m/s^2$，

$a_n=230.4m/s^2$，加速度的大小为

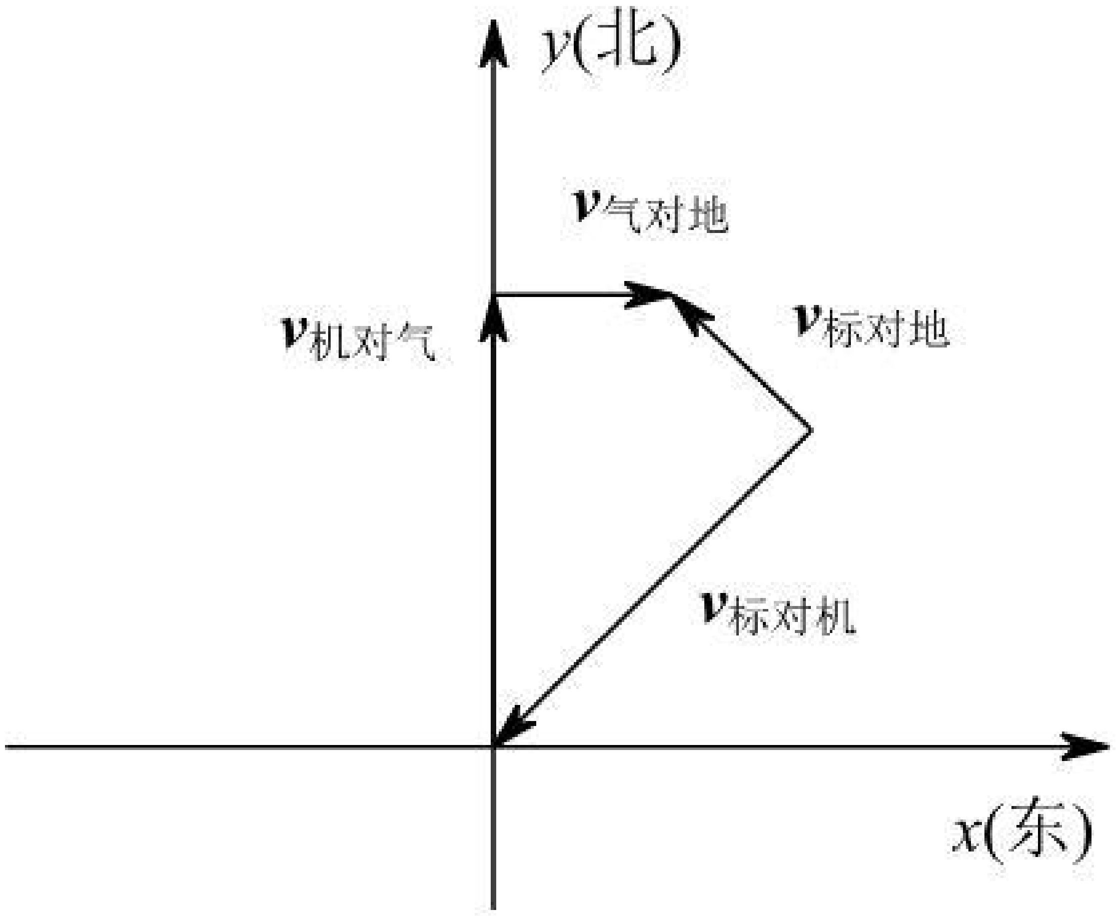
$$a=\sqrt{a_\tau^2+a_n^2}=\sqrt{4.8^2+230.4^2}=230.5m/s^2$$

（2）当质点的加速度与半径成45°时，

$a_\tau=a_n$，即$2.4t=14.4t^4$，解得$t^3=\dfrac{1}{6}$，故

$\theta=2-4\times\dfrac{1}{6}=1.33rad$ 。

4.一架飞机在速率$u=150km/h$的西风中行驶，机头指向正北，相对于空气的航速为$750km/h$。飞机中雷达员在荧屏上发现一目标正相对于飞机从东北方向以$950km/h$的速率逼近飞机。求目标相对于地面的速度。



【解题过程】由题画出矢量图如图所示。

$\vec{v}_{标对机}=-950\cos45^{\circ}\widehat{i}-950\sin45^{\circ}\widehat{j}$，

$\vec{v}_{机对气}=750\widehat{j}$，$\vec{v}_{气对地}=150\widehat{i}$，故

$$\vec{v}_{标对地}=\vec{v}_{标对机}+\vec{v}_{机对气}+\vec{v}_{气对地}$$
$$=-950\cos45^{\circ}\widehat{i}-950\sin45^{\circ}\widehat{j}+750\widehat{j}+150\widehat{i}$$
$$=-521.65\widehat{i}+78.35\widehat{j}$$

其大小为

$$v_{标对地}=\sqrt{(-521.65)^2+(78.35)^2}$$

$=527.5m/s$，

方向为$\theta=\arctan\dfrac{78.35}{521.65}=8.53^{\circ}$，即西偏东$8.53^{\circ}$。

第 2 章 力与运动

填空题

1.牛顿定律只适用于__________参考系。

【解题过程】牛顿定律只适用于惯性参考系，对非惯性系不适用。

2.质量是物质的__________；经典物理中，质量与运动___________。

【解题过程】质量是物质的固有属性，与物体的运动无关，不会因运动而变化。

3.直角坐标系下，质点的牛顿第二定律的三个分量微分表达式是_____；_____；_____。自然坐标系下，质点的牛顿第二定律的两个分量微分表达式是_____；_____。

【解题过程】对于质点在三维空间的运动，直角坐标系下有

$$\sum F_x = ma_x = m\frac{dv_x}{dt} = m\frac{d^2x}{dt^2},$$

$$\sum F_y = ma_y = m\frac{dv_y}{dt} = m\frac{d^2 y}{dt^2},$$

$$\sum F_z = ma_z = m\frac{dv_z}{dt} = m\frac{d^2 z}{dt^2}。$$

自然坐标系下有

$$\sum F_\tau = ma_\tau = m\frac{dv}{dt} = m\frac{d^2 s}{dt^2},$$

$$\sum F_n = ma_n = m\frac{v^2}{\rho}。$$

4.牛顿定律的三个重要性质：_____性，_____性，和_____性。

【解题过程】矢量性，瞬时性，叠加性。

5.在高速运动领域和微观运动领域，牛顿定律__________。

【解题过程】牛顿第二定律只适用于质点运动速度远小于光速的情形，只用于与宏观物体运动，对高速运动领域和微观运动领域，牛顿定律不适用。

综合练习题

1.行进中的电气列车，每千克受到的阻力大小与车速的关系为$F=-\left(2.5+0.5v^2\right)\times10^{-2}$（SI）。当车速为25m/s时关闭电门，求列车再运行多长的距离后车速减至10m/s?

【解题过程】由牛顿第二定律可知，总阻力

$$F_{总}=ma=m\frac{dv}{dt}$$

单位质量所受阻力为

$$F=\frac{F_{总}}{m}=\frac{dv}{dt}=-\left(2.5+0.5v^2\right)\times10^{-2}$$

由$\dfrac{dv}{dt}=\dfrac{dv}{dx}\cdot\dfrac{dx}{dt}=v\dfrac{dv}{dx}$

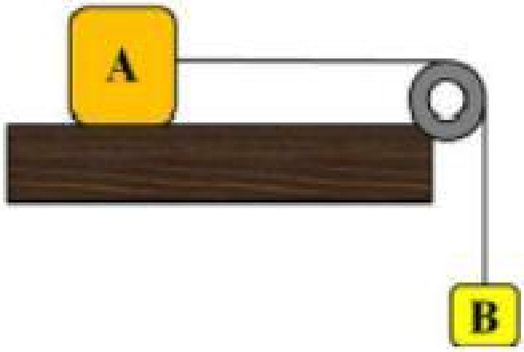
$=-\left(2.5+0.5v^2\right)\times10^{-2}$，

分离变量积分得

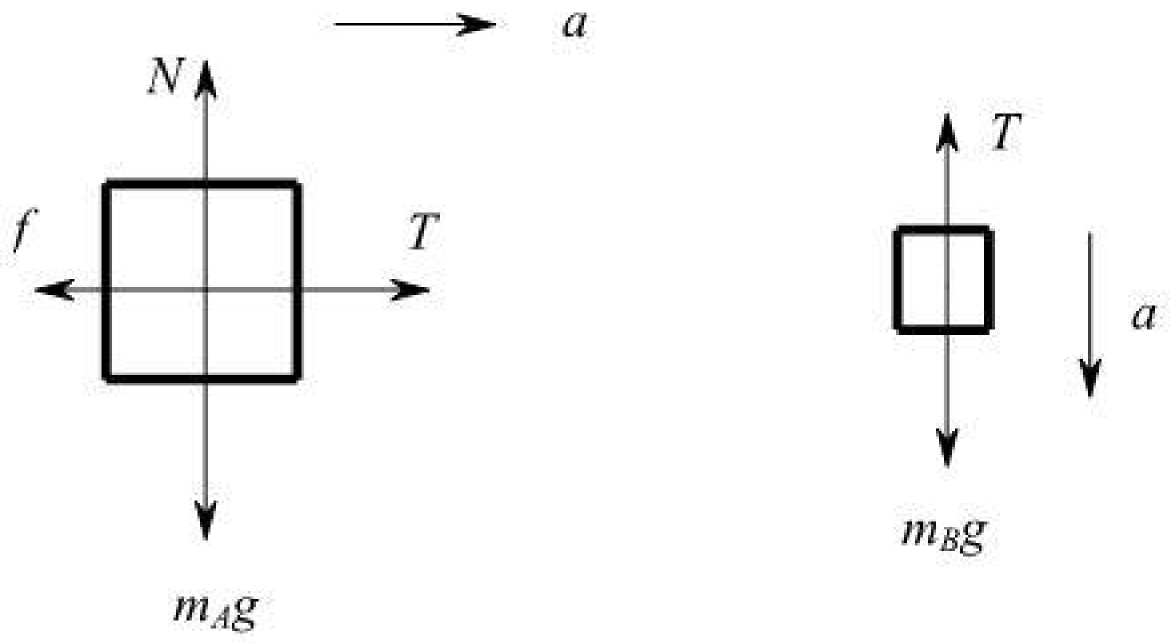
$$\int_{25}^{10}\frac{vdv}{-\left(2.5+0.5v^2\right)\times10^{-2}}=\int_0^x dx，$$

解得 $x=179m$。

2.如图示装置，滑块 A 与桌面的动摩擦系数为 0.2，A 的质量为 25kg，B 的质量为 15kg。A、B 用一个跨过光滑轻滑轮的轻绳连接。系统初始时静止。求起动后 3s 内 B 下降的距离。



【解题过程】以 A、B 为研究对象，受力分析如图所示。运用牛顿第二定律有：



对 A：$\begin{cases} T-\mu N=m_A a \\ N=m_A g \end{cases}$，

对 B：$m_B g-T=m_B a$。

解得 $a=\dfrac{m_B g-m_A g\mu}{m_A+m_B}$

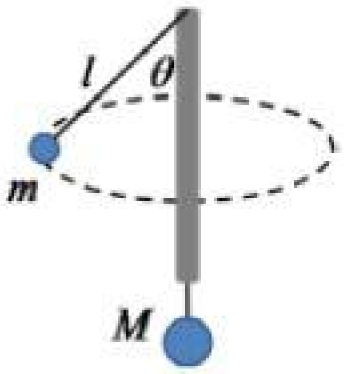
$=\dfrac{15\times 9.8-25\times 9.8\times 0.2}{25+15}=2.45m/s^2$。

B 作由静止开始的匀加速直线运动，故起动后 3s 内下降的距离为：

$\Delta x=\dfrac{1}{2}at^2=\dfrac{1}{2}\times 2.45\times 3^2=11.025m$。

3.一细绳穿过一个光滑的、不动的细管，两端分别拴着质量为 m 和 M 的小球。当小球 m 绕管子的几何轴转动时，m 到管口的绳子长为 l，绳与竖直方向的夹角为 θ，如图所示。细管的半径可以忽略。求小球的向心力。并证明 $\cos\theta=\dfrac{m}{M}$，以及小球的转动周期

$T=2\pi\sqrt{\dfrac{ml}{Mg}}$。



【解题过程】设绳子的拉力为 T，对于小球 m 根据牛顿第二定律有

$$\begin{cases}T\cos\theta=mg\\T\sin\theta=m\omega^2 l\sin\theta\end{cases},$$

对于小球 M 有 $T=Mg$，联立各式解得

$\omega=\sqrt{\dfrac{Mg}{ml}}$，$\cos\theta=\dfrac{m}{M}$，小球的向心力即绳子的拉力 T 在水平方向上的分力为 $T\sin\theta=Mg\sqrt{1-\dfrac{m^2}{M^2}}$。小球的转动周期为

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{Mg}}$$ 。

第 3 章 能量和功 机械能守恒定律

填空题

1.能量存在于物质的一切运动形式中，例如______。（列举出 5 种不同运动形式的能量）

【解题过程】对应机械运动的机械能、对应电磁运动的电磁能、化学运动的化学能、热运动的热能、核反应的核能。

2.通过力进行能量转移被说成是力对物体做了功。因此，功是______。

【解题过程】通过力作用在物体上，把能量转移给物体或从物体转移出来的能量的量度。

3.质点系内力作功之和与______有关。

【解题过程】质点间的相对位移或相对运动路径。

4.保守力作功的特点是______；保守力作功等于其相关势能______。

【解题过程】保守力做功与物体移动的具体路径和过程无关，只由两个物体的相对位置决定。保守力做功等于其相关势能增量的负值。

5.对于一个力学系统来说，机械能守恒的条件是______。

【解题过程】只有保守力作用的孤立系统。

综合练习题

1.质量为m的质点在外力作用下，其运动方程为$\vec{r}=A\cos\omega t\vec{i}+B\sin\omega t\vec{j}$式中$A$、$B$、$\omega$都是正的常量。求：外力在$t=0$到$t=\pi/2\omega$这段时间内所作的功。

【解题过程】由题知

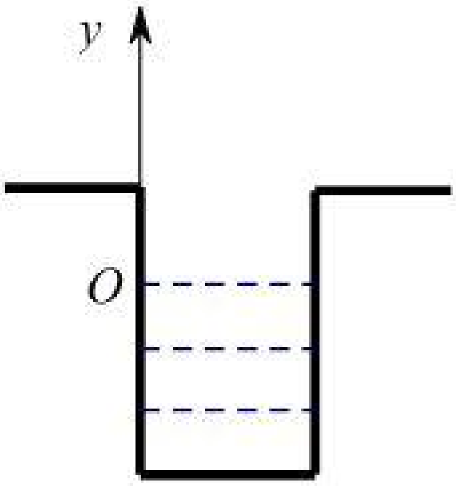
$$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=-A\omega\sin\omega t\vec{i}+B\omega\cos\omega t\vec{j},$$

故$\vec{v}_1=B\omega\vec{j}$，$\vec{v}_2=-A\omega\vec{i}$。

由动能定理得这段时间内力所做的功为

$$W=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}m\omega^2\left(A^2-B^2\right)。$$

2.一人从 10m 深的井中提水，起始时桶中装有 10kg 的水，桶的质量为 1kg，由于水桶漏水，每升高 1m 要漏去 0.2kg 的水，求水桶匀速地从井中提到井口，人所作的功。



【解题过程】设井中水面为坐标原点，轴竖直向上。依题意，当桶提升高度为 y 时，桶中水的质量 $m=m_0-0.2y=10-0.2y$。匀速提升时，外力 $F=\left(10-0.2y\right)g+g$，故做功

$$A=\int_0^{10}Fdy=\int_0^{10}\left[(10-0.2y)g+g\right]dy$$

$=980J$。

3.一质量为 m 的陨石从距地面高 h 处由静止开始落向地面，设地球质量为 M，半径为 R，忽略空气阻力。求：（1）陨石下落过程中，万有引力的功是多少？（2）陨石落地的速度多大？

【解题过程】（1）选取无穷远处为势能零点，只有万有引力做功，由 $A_{保}=-\Delta E_p$，则

$$A=G\frac{Mm}{R}-G\frac{mM}{R+h}$$

（2）由动能定理：$A=\frac{1}{2}mv^2-0$，可得

$$v=\sqrt{2GM\left(\frac{1}{R}\right)-\frac{1}{R+h}}=\sqrt{\frac{2GMh}{R(R+h)}}$$。

4.某弹簧不遵守胡克定律，若施力 F，则相应伸长 x，力与伸长的关系为

$F=52.8x+38.4x^2$（SI）。求：（1）将弹簧从定长 $x_1=0.50\text{m}$ 拉伸到定长 $x_2=1.00\text{m}$ 时外力所需作的功；（2）将弹簧横放在水平光滑桌面上，一端固定，另一端系一个质量为 2.17kg 的物体，然后将弹簧拉伸到一定长 $x_2=1.00\text{m}$，再将物体由静止释放，求当弹簧回到 $x_1=0.50\text{m}$ 时，物体的速率。

【解题过程】（1）外力做的功 $A=\int\vec{F}\cdot d\vec{x}=\int_{x_1}^{x_2}\left(52.8x+38.4x^2\right)dx=31J$ 。

（2）由动能定理

$$A=\int_1^{0.5}\left(52.8x+38.4x^2\right)(-dx)$$

$$=\frac{1}{2}mv^2-0$$

$$v=\sqrt{\frac{2A}{m}}=5.34m/s$$ 。

第 4 章 动量 动量守恒

填空题

1.质点的动量的定义是______；质点的动量的时间变化率等于______。

【解题过程】 一个质量为 m，运动速度为 $\vec{v}$ 的质点的动量定义为 $\vec{p}=m\vec{v}$，质点的动量的时间变化率等于质点所受合力。

2.质点冲量的定义是______；质点的冲量等于质点动量的______。

【解题过程】

$$\vec{I}=\int d\vec{I}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}dt=\int_{\vec{p}_1}^{\vec{p}_2}d\vec{p}$$

$$=\vec{p}_2-\vec{p}_1=\Delta\vec{p}$$

质点合力的冲量等于质点动量的增量。

3.质心的位置矢量是质点系内各点位置矢量的加权平均值，其权重由______决定；质心运动定理的数学表达式为______；它表明质点

系的运动可以用_____的运动来表示。

【解题过程】质量；$\vec{F}=\sum_{i}\vec{F}_{i外}=M\vec{a}_C$；一个总质量集中于质心，所有质点所受外力的矢量和也作用于该质心上的等效质点。

4.质点系中一对内力的冲量_____，质点系动量变化的原因在于_____。

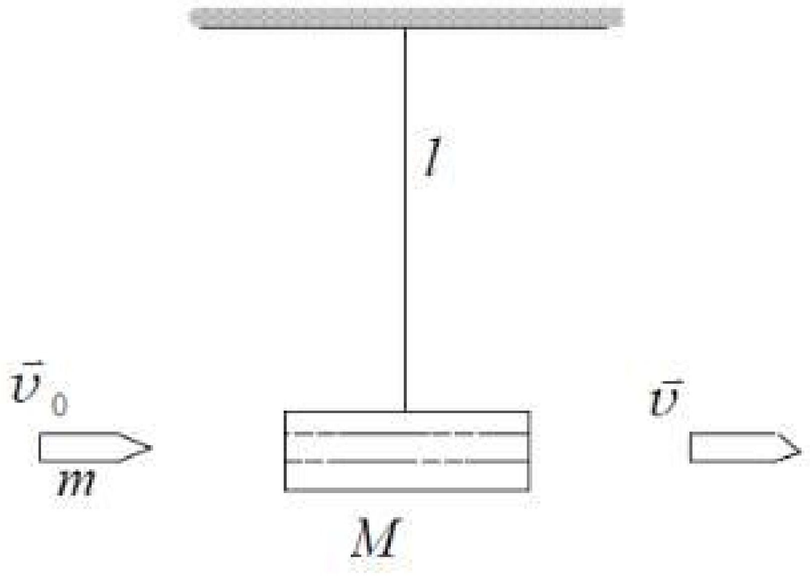
【解题过程】为零，质点系所受合外力的冲量。

5.一质点系动量守恒的条件是_____。

【解题过程】如果没有外力作用于质点系，或者对于孤立质点系，系统总动量不会发生变化。

综合练习题

1.质量为 $M=1.5kg$ 的物体，用一根长为 $l=1.25m$ 的细绳悬挂在天花板上。今有一质量为 $m=10g$ 的子弹以 $v_0=500m/s$ 的水平速度射穿物体，刚穿出物体时子弹的速度大小 $v=30m/s$，设穿透时间极短。求：（1）子弹刚穿出时绳中张力的大小；（2）子弹在穿透过程中所受的冲量。



【解题过程】（1）因穿透时间极短，故可认为物体未离开平衡位置。因此，作用于子弹、物体系统上的外力均在竖直方向，故系统在水平方向动量守恒。令子弹穿出时物体的水

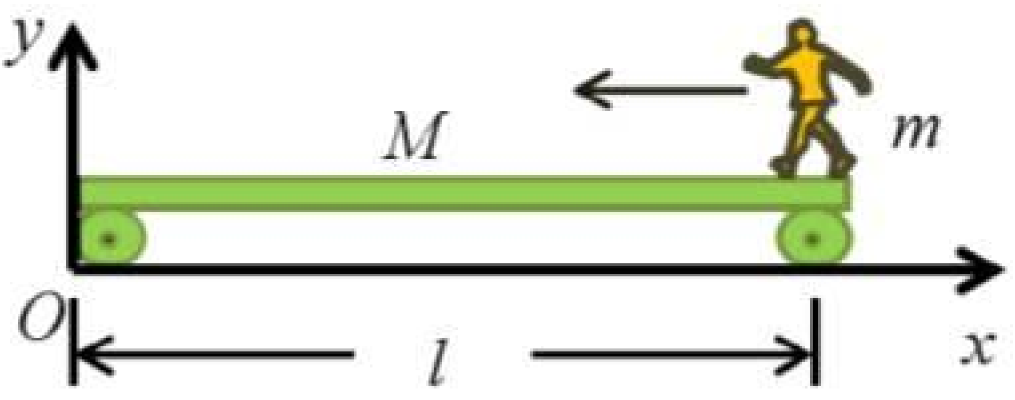
平速度为v'，有$mv_0 = mv + Mv'$，解得

$$v' = \frac{mv_0 - mv}{M} = 3.13m/s$$。

绳中张力为$T = Mg + \frac{Mv'^2}{l} = 26.5N$。

（2）$I = \Delta p = mv - mv_0 = -4.7\left(N \cdot s\right)$,（设子弹速度方向为正方向，负号表示冲量方向与正方向相反）

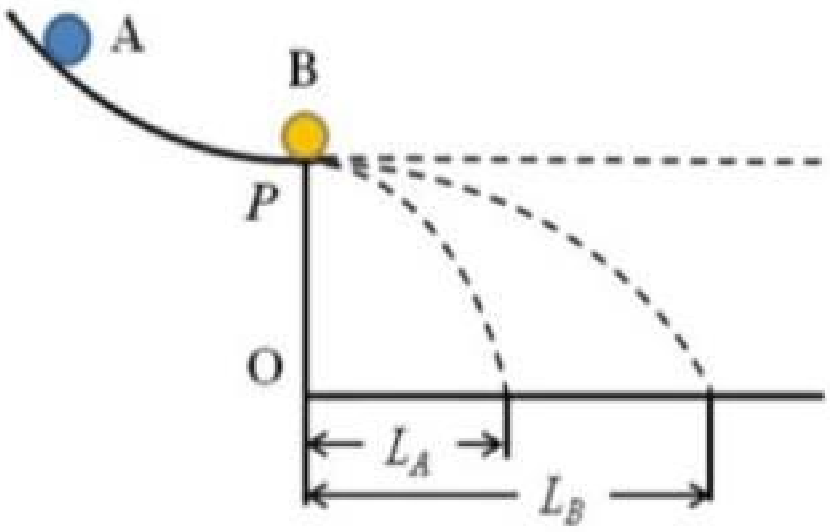
2.如图有一人站在小车的尾部，人的质量为m，小车的质量为M，长为l，初始时人和车都相对于地面静止。当人从小车的一端走到另一端时，求小车在这一过程中相对于地面移动的距离。



【解题过程】当人从车的一端走到另一端，人和车构成的系统动量守恒，设此过程中人、车移动的距离分别为x_1、x_2，规定人的速度方向为正方向，由系统动量守恒定律可得：$mv_1 - Mv_2 = 0$，由于人和车的运动时间相等，所以有 $m\frac{x_1}{t} - M\frac{x_2}{t} = 0$，即 $mx_1 - Mx_2 = 0$，又 $x_1 + x_2 = l$，解得 $x_2 = \frac{ml}{M+m}$。

3.如图所示，质量为m_A的小球 A 沿光滑的弧形轨道滑下，与放在轨道端点 P 处（该处轨道的切线为水平的）的静止小球 B 发生弹性正碰撞，小球 B 的质量为m_B，A、B 两小球碰撞后同时落在水平地面上。如果 A、B

两球的落地点距 P 点正下方 O 点的距离之比 $L_A/L_B=2/5$，求两小球的质量比 m_A/m_B。



【解题过程】 A、B 两球发生弹性碰撞，由水平方向动量守恒与机械能守恒，得

$$\begin{cases} m_A v_{A0} = m_A v_A + m_B v_B \\ \frac{1}{2}m_A v_{A0}^2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \end{cases}$$，联立解得

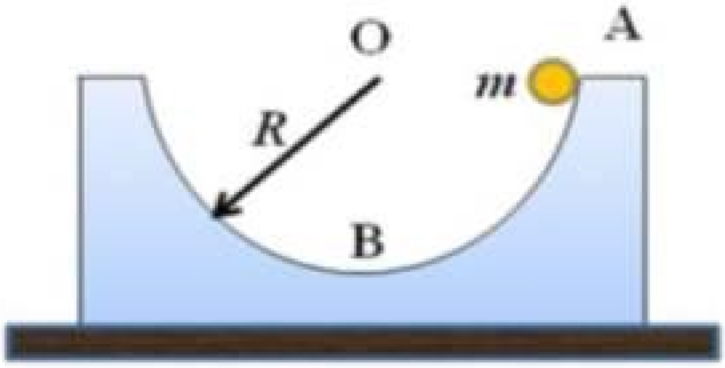
$$v_A = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B}v_{A0}，\quad v_B = \frac{2m_A}{m_A + m_B}v_{A0}。$$

由于二球同时落地，所以 $v_A>0$，$m_A>m_B$

且 $L_A/v_A = L_B/v_B$,所以 $\frac{v_A}{v_B} = \frac{L_A}{L_B} = \frac{2}{5}$,

$\frac{m_A - m_B}{2m_A} = \frac{2}{5}$，解得 $\frac{m_A}{m_B} = 5$。

4.如图所示，一质量为 m 的小球，从内壁为半球形的容器边缘点 A 滑下，设容器的质量为 M ，半径为 R ，内壁光滑，并放置在摩擦可忽略的水平桌面上。开始时小球和容器都处于静止状态。当小球沿内壁滑到容器底部的点 B 时，请求解此刻小球和容器的速度以及小球受到的向上支持力。



【解题过程】（1）设此刻小球和容器的速度分别为 v_1、v_2，小球 A 处静止释放到 B 点

的过程，由动能定理得：

$$mgR=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}Mv_2^2,$$

由动量守恒可得：$mv_1=Mv_2$，

联立解得 $v_1=\sqrt{\frac{2MgR}{m+M}}$，$v_2=\frac{m}{M}\sqrt{\frac{2MgR}{m+M}}$。

（2）由于小球相对于地面运动的轨迹比较复杂，可改为以容器为参考系（非惯性系）。在容器底部时，小球相对于容器的速度为

$$v_1'=v_1-\left(-v_2\right)=v_1+v_2=\sqrt{\left(\frac{m+M}{M}\right)2gR}。$$

在容器底部，小球所受惯性力为零，其法向运动方程为 $F_N-mg=\frac{mv_1'^2}{R}$，则小球此时所受到的支持力为 $F_N=mg\left(3+\frac{2m}{M}\right)$。

大物 B 第一次网上作业

判断题

1.质点作圆周运动，它的加速度一定与速度垂直。

【解题过程】匀速圆周运动时，加速度才与速度垂直，故（F）。

2.平均速率等于平均速度的大小。

【解题过程】一般情况下，由于$\left|\Delta\vec{r}\right| \neq \Delta s$，所以$\bar{v} \neq \left|\vec{\bar{v}}\right|$。故（F）。

3.一质点沿直线运动，其速度与时间成反比，则其加速度与速度成正比。

【解题过程】由题知$v=\dfrac{k}{t}$，故$a=\dfrac{dv}{dt}=-\dfrac{k}{t^2}=-\dfrac{v}{t}$，所以加速度与速度成正比，（T）。

4.圆锥摆运动过程中，加速度保持不变。

【解题过程】圆锥摆运动过程中，加速度方向时刻变化，故（F）。

5.物体可以具有恒定的加速度和变化的速率。

【解题过程】如抛体运动，加速度恒定，但速率变化，故（T）。

6.质点作任意曲线运动，若某一时刻法向加速度为零，则切向加速度也为零。

【解题过程】在物体运动曲线的拐点处，法向加速度为零，但切向加速度不一定为零，故（F）。

7.匀速率圆周运动时，加速度保持不变。

【解题过程】匀速率圆周运动时，加速度方向在时刻变化，故（F）。

8.运动物体速率不变时，速度可以变化。

【解题过程】匀速率圆周运动，速率不变，但速度方向时刻变化，故（T）。

9.物体作曲线运动时，切向加速度必不为零。

【解题过程】若物体作匀速曲线运动，则切向加速度为零。（T）

10.物体作曲线运动时，若为匀速率运动，则总加速度必为零。

【解题过程】物体作匀速率曲线运动时，切向加速度为零，但法向加速度必不为零，故总加速度为$\vec{a}=\vec{a}_n$。（F）

选择题

1.一条河在某一段直线岸边同侧 A、B 两个码头，相距 1km。甲、乙两人需要从码头 A 到码头 B，再立即由 B 返回。甲划船前去，船相对河水的速度为 4km/h；而乙沿岸步行，步行速度也为 4km/h。如河水流速为 2km/h，方向从 A 到 B，则（　　）

A 甲比乙早 10 分钟回到 A

B 甲比乙晚 10 分钟回到 A

C 甲比乙早 2 分钟回到 A

D 甲和乙同时回到 A

【解题过程】 $t_{甲}=\frac{1}{4+2}+\frac{1}{4-2}=\frac{2}{3}$ ，$t_{乙}=\frac{1}{4}+\frac{1}{4}=\frac{1}{2}$，故甲比乙晚 10 分钟回到 A，选（B）。

2.质点沿半径为 R 的圆周作匀速率运动，每 T 秒转一圈。在 $2T$ 时间间隔中，其平均速度大小与平均速率大小分别为（　　）

A、$2\pi R/T$ ，0　　B、$2\pi R/T$ ，$2\pi R/T$

C、0，$2\pi R/T$　　D、0，0

【解题过程】平均速度大小 $\left|\vec{v}\right|=\left|\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}\right|=0$，平均速率大小 $\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{4\pi R}{2T}=\frac{2\pi R}{T}$，选（C）。

3.对于沿曲线运动的物体，以下几种说法中哪一种是正确的（　　）

A 物体的加速度为恒矢量，它一定作匀变速率运动

B 法向加速度必不为零（拐点处除外）

C 切向加速度必不为零

D 若物体作匀速率运动，其总加速度必为零

E 由于速度沿切线方向，法向分速度必为零，因此法向加速度必为零

【解题过程】物体作抛体运动时，加速度恒定，在加速度方向上速度是均匀变化的，但合成速度不是均匀变化的，故（A）错；只有质点的法向加速度不恒等于零时，质点作曲线运动，故（B）正确；因物体在作匀速率曲线运动时，切向加速度为零，故（C）错；物体在作匀速圆周运动时切向加速度为零，但法向加速度不为零，故（D）错；对于非圆周

运动，法向分速度不为零，法向加速度也不为零，故（E）错；选（B）。

4.如图所示，湖中有一小船，有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖中的船向岸边运动。设该人以匀速率v_0收绳，绳不伸长、湖水静止，则小船的运动是（　　）

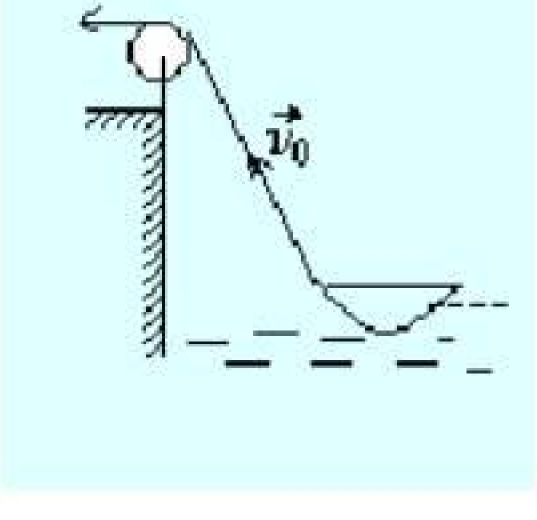
A 匀减速运动

B 变加速运动

C 匀速直线运动

D 匀加速运动

E 变减速运动



【解题过程】人匀速拉绳子，v_0一定。船水

平运动，速度为v_1，可以分解为：沿绳子方向的速度v和垂直于绳子方向的速度,（绳子与水平方向夹角为θ），则$v=\dfrac{v_0}{\cos\theta}$，随着$\theta$增大，$v$增大。故小船作变加速运动，选（B）。

5.一运动质点在某瞬时位于矢径$\vec{r}\left(x,y\right)$的端点处，其速度大小为（　　）

A $\dfrac{d\vec{r}}{dt}$　　　　B $\dfrac{d\left|\vec{r}\right|}{dt}$

C $\dfrac{dr}{dt}$　　　　D $\sqrt{\left(\dfrac{dx}{dt}\right)^2+\left(\dfrac{dy}{dt}\right)^2}$

【解题过程】由题知质点的速度为$\vec{v}=\dfrac{d\vec{r}}{dt}=\dfrac{dx}{dt}\hat{i}+\dfrac{dy}{dt}\hat{j}$，其大小为$\left|\vec{v}\right|=\sqrt{\left(\dfrac{dx}{dt}\right)^2+\left(\dfrac{dy}{dt}\right)^2}$。选D。

6.下列说法中，哪一个是正确的？

A 物体加速度越大，则速度越大

B 一质点在某时刻的瞬时速度是 2m/s，说明它在此后 1s 内一定要经过 2m 的路程

C 物体作曲线运动时，有可能在某时刻的法向加速度为零

D 斜向上抛的物体，在最高点处的速度最小，加速度最大

【解题过程】因速度和加速度的方向未知，故无法判断，（B）错。抛体运动的加速度恒等于 $\vec{g}$，故（D）错；只有在加速度的反向与速度的方向一致时，才有加速度越大，速度越大，故（A）错。选（C）。

7.下列说法哪一条正确？

A 加速度恒定不变时，物体运动方向也不变

B 不管加速度如何，平均速率表达式总可以

写成（v_1、v_2分别为初、末速率）$\overline{v}=\dfrac{v_1+v_2}{2}$

C 平均速率等于平均速度的大小

D 运动物体速率不变时，速度可以变化

【解题过程】加速度恒定不变时，意味着速度的大小和方向的变化是恒定的，不是物体运动方向不变。平均速率不等于平均速度的大小。若速率的变化是线性的（加速度恒定）平均速率表达式才可以写成$\overline{v}=\dfrac{1}{2}\left(v_1+v_2\right)$，否则不可以。只有运动物体速率不变时，速度可以发生变化是正确的。故选（D）。

8.一质点在平面上运动，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$a$、$b$为常量），则该质点作（　　）

A 一般曲线运动

B 匀速直线运动

C 变速直线运动

D 抛物线运动

【解题过程】由题知 $\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=2at\vec{i}+2bt\vec{j}$，

则 $\vec{v}$ 随 t 变化，质点作变速运动。又由

$\begin{cases} x=at^2 \\ y=bt^2 \end{cases}$ 得：$y=\frac{b}{a}x$，故质点的轨迹为一

直线。该质点作变速直线运动，选 C。

9.质点作曲线运动，$\vec{r}$ 表示位置矢量，$\vec{v}$ 表示

速度，$\vec{a}$ 表示加速度，s 表示路程，a_t 表示

切向加速度，下列表达式中，（1）$\frac{dv}{dt}=a$（2）

$\frac{dr}{dt}=v$（3）$\frac{ds}{dt}=v$（4）$\left|\frac{d\vec{v}}{dt}\right|=a_t$

A 只有（3）是对的

B 只有（2）是对的

C 只有（2）、（4）是对的

D 只有（1）、（4）是对的

【解题过程】因 $\left|\frac{d\vec{v}}{dt}\right| = a$， $v = \left|\frac{d\vec{r}}{dt}\right| = \frac{ds}{dt}$，

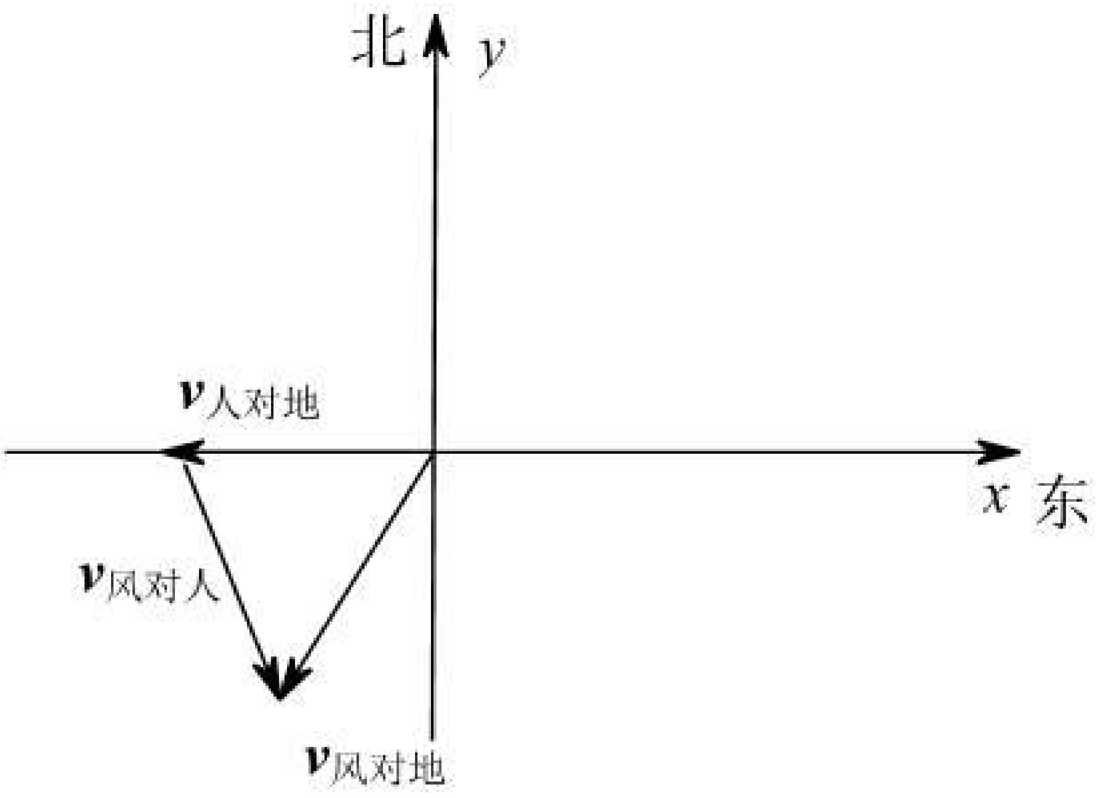
$a_\tau = \frac{dv}{dt}$，故只有（3）是对的，选（A）。

10.某人骑自行车以速率 v 向西行驶，今有风以相同速率从北偏东 30° 方向吹来，试问人感到风从哪个方向吹来？

A 南偏东 30°　　B 北偏东 30°

C 西偏南 30°　　D 北偏西 30°

【解题过程】建立如图所示坐标系。



由图可见：$\vec{v}_{人对地} = -v\vec{i}$，

$\vec{v}_{风对地}=-v\sin 30^{\circ}\hat{i}-v\cos 30^{\circ}\hat{j}$。

由相对速度公式，风相对于人的速度为：

$\vec{v}_{风对人}=\vec{v}_{风对地}+\vec{v}_{地对人}=\vec{v}_{风对地}-\vec{v}_{人对地}$

$=-v\sin 30^{\circ}\hat{i}-v\cos 30^{\circ}\hat{j}+v\hat{i}=\dfrac{1}{2}v\hat{i}-\dfrac{\sqrt{3}}{2}v\hat{j}$

则 $\theta=\arctan\left(-\dfrac{\sqrt{3}}{2}v\Big/\dfrac{1}{2}v\right)=-60^{\circ}$，即人感到风是从北偏西$30^{\circ}$吹来的。选（D）。

11.一飞机相对空气的速度大小为 200km/h，风速为 56km/h，方向从西向东。地面雷达站测得飞机速度大小为 192km/h，方向是(　　)

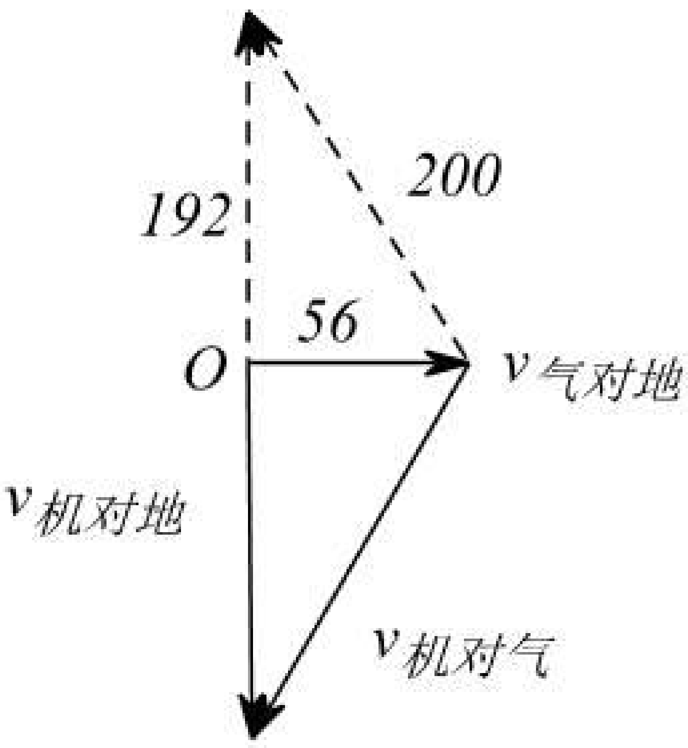
A 西偏北16.3°　　　B 南偏西16.3°

C 向正南或向正北　　D 东偏南16.3°

E 北偏东16.3°

【解题过程】由题知$\vec{v}_{机对地}=\vec{v}_{机对气}+\vec{v}_{气对地}$，根据此向量的三角形法则作出对应矢量三

角形，如图所示。又因$56^2+192^2=200^2$，所以$\vec{v}_{机对地}\perp\vec{v}_{气对地}$，所以飞机往正南方向或正北方向飞行。选（C）。

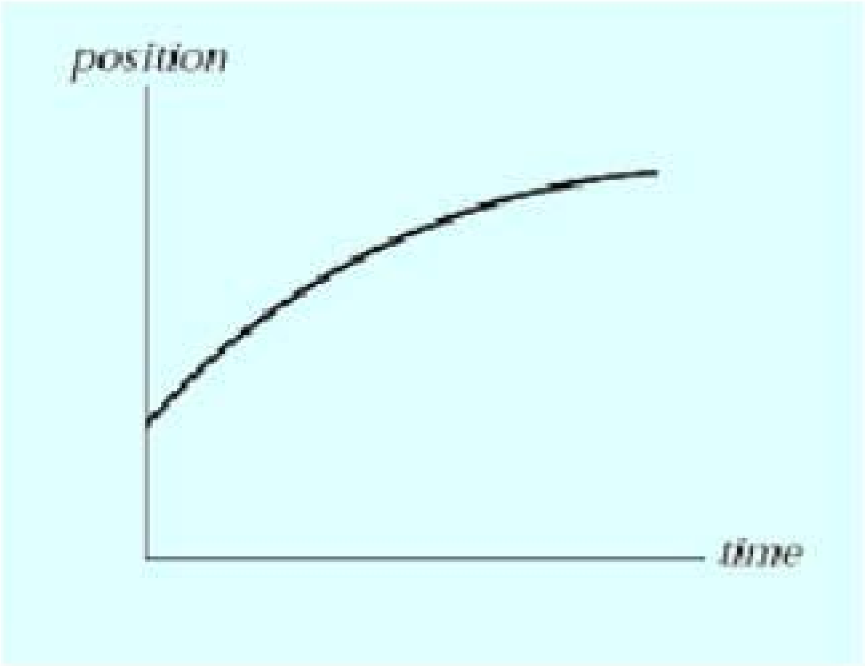


12.一列火车沿着一条长直轨道运行，如图所示，曲线显示了火车的位置时间关系。这个曲线图说明这列火车（　　）

A 以恒定速度运行　　B 始终在减速

C 始终在加速

D 部分时间在加速，部分时间在减速



【解题过程】位置时间曲线上的某点的切线的斜率就表示该时刻质点运动速度。由图可知，该火车已知在减速。选（B）。

13. 某质点作直线运动的运动学方程为 $x = 3t - 5t^3 + 6$（SI），则该质点作（　　）

A 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向

B 变加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向

C 变加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向

D 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向

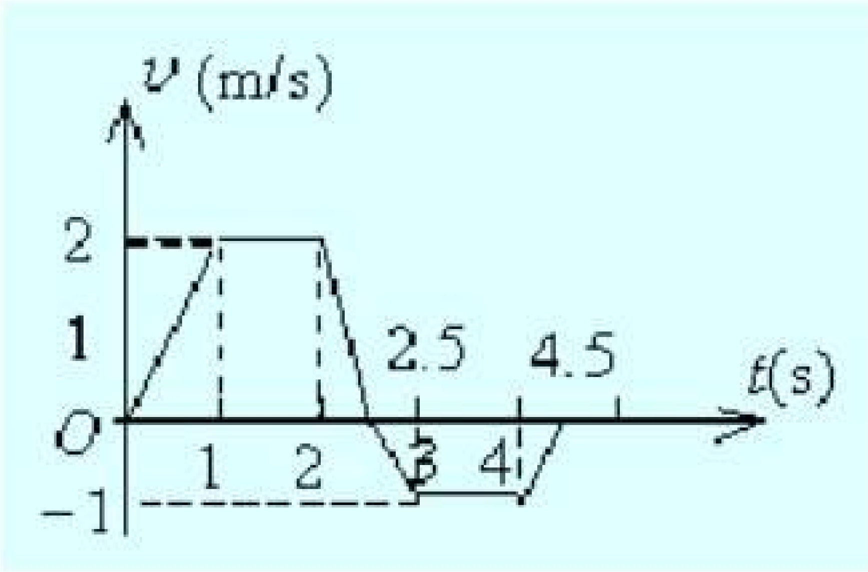
【解题过程】 $v = \frac{dx}{dt} = 3 - 15t^2$，$a = \frac{dv}{dt} = -30t$，故该质点作变加速直线运

动，加速度沿 x 轴负方向，选（B）。

14.一质点沿 x 轴作直线运动，其 $v-t$ 曲线如图所示，如 $t=0$ 时，质点位于坐标原点，则 $t=4.5s$ 时，质点在 x 轴上的位置为（　　）

A $2m$　　　　B $-2m$　　　　C $-5m$

D 0　　　　E $5m$



【解题过程】质点在 x 轴上的位置即为这段时间内 $v-t$ 图曲线下的面积的代数和。

$$x=\int_0^{4.5} vdt=\frac{1}{2}(1+2.5)\times 2-\frac{1}{2}(1+2)\times 1$$

$=2(m)$，故选（A）。

15.以下五种运动形式中，$\vec{a}$ 保持不变的运动是（　　）

A 单摆的运动

B 抛体运动

C 圆锥摆运动

D 行星的椭圆轨道运动、

E 匀速率圆周运动

【解题过程】单摆运动、匀速率圆周运动、行星的椭圆轨道运动、圆锥摆运动加速度的方向均时刻变化，只有抛体运动其加速度恒为$\vec{g}$，故选（B）。

大物 B 第二次网上作业

判断题

1.外力和保守内力都不做功，系统的机械能守恒。

【解题过程】若非保守内力做功，系统的机械能不守恒，故 F。

2.外力对一个系统做的功为零，则该系统的机械能和动量必然同时守恒。

【解题过程】若非保守内力做功不为零，则系统机械能不守恒。故 F。

3.作用力的功与反作用力的功必等值异号。

【解题过程】作用力和反作用力作用于不同的两个物体上，两个物体的位移不一定相等，故 F。

4.作用力和反作用力大小相等、方向相反，所以两者所做的功的代数和必然为零。

【解题过程】作用力和反作用力的功的代数

和不一定等于零，而是等于其中一个质点所受内力沿着该质点相对于另一个质点所移动的路径所做的功，故 F。

5.系统不受外力的作用，则它的机械能和动量都守恒。

【解题过程】系统虽不受外力作用，但若非保守内力不为零，则机械能不守恒。故 F。

6.保守力做正功时，系统内相应的势能增加。

【解题过程】保守力的功等于对应系统的势能增量的负值，故保守力做正功，势能减小，F。

7.作用于一个物体的摩擦力只能作负功。

【解题过程】当人走路时，摩擦力向前，位移也向前，摩擦力做正功，故 F。

8.合外力对物体做的功等于物体动能的增量，而且其中某一分力的功可以大于动能的增量。

【解题过程】考查质点的动能定理，某一分力的功可以大于动能的增量，T。

9.物体的动量不变，动能也不变。

【解题过程】动能为标量$E_k=\dfrac{1}{2}mv^2$，动量是矢量$\vec{p}=m\vec{v}$，动能与动量之间的矢量的大小关系为$E_k=\dfrac{p^2}{2m}$，故 T。

10.系统的动量守恒，机械能也一定守恒。

【解题过程】如果没有外力作用于质点系，或者对于孤立质点系，系统动量守恒。对于只有保守力作用的孤立系统，系统机械能守恒。故若系统动量守恒，则系统所受合外力为零，但非保守内力情况不确定，故机械能不一定守恒，故 F。

11.物体速率不变，则物体所受合外力一定为零。

【解题过程】当物体作匀速曲线运动时，速率不变，但所受合外力不为零，故 F。

12.甲对乙作正功，则乙必对甲做负功。

【解题过程】当甲对乙作正功时，甲可以静止。当人前进时，地给人的摩擦力对人作正功，但人对地不做功。当两人互推向后时，两人做的都是正功。故 F。

13.用细绳系一小球，使之在竖直平面内作圆周运动，当小球运动到最高点时，绳子的拉力可能为零。

【解题过程】在竖直平面内作圆周运动，在最高点，合外力提供向心力，所以小球可能受到重力和绳子的拉力，也可能只受到重力，故 T。

14.有一几何形状规则的刚体，其质心用 C 表示，则 C 一定在刚体上。

【解题过程】若刚体的几何形状规则，但质

量不均匀分布，其质心不一定在刚体上，故F。

15.用细绳系一小球，使之在竖直平面内作圆周运动，当小球运动到最高点时，小球可能处于受力平衡状态。

【解题过程】在竖直平面内作圆周运动，在最高点，合外力提供向心力，所以小球可能受到重力和绳子的拉力，也可能只受到重力，故F。

16.合力一定大于分力。

【解题过程】若分力方向不同，合力不一定大于分力。故F。

17.物体的动量变化，动能也一定变化。

【解题过程】动能为标量$E_k=\dfrac{1}{2}mv^2$，动量是矢量$\vec{p}=m\vec{v}$，若物体作匀速曲线运动，动量在时刻变化，但动能不变，故F。

18.不受外力，而内力都是保守力的系统，其动量和机械能必然同时守恒。

【解题过程】不受外力作用，则动量守恒；如果不受外力且非保守内力不做功，则机械能守恒，故 T。

19.合外力为零，系统的机械能守恒。

【解题过程】合外力为零，但若非保守内力不为零，则机械能不守恒。故 F。

20.摩擦力总是阻碍物体间的相对运动，它的方向总是与物体的运动方向相反。

【解题过程】摩擦力总是阻碍物体之间的相对运动，其方向和相对运动或相对运动趋势方向相反，和运动方向可能相同，也可能成一定夹角，故 F。

21.系统所受的外力矢量和为零，内力都是保守力，则机械能和动量都守恒。

【解题过程】根据机械能守恒和动量守恒条

件知 T。

22.外力对一个系统作的功为零，则该系统的机械能和动量必然同时守恒。

【解题过程】外力对系统做功为零，若非保守内力做功不为零，则系统的机械能不守恒，故 F。

23.内力不改变系统的总机械能。

【解题过程】如果内力为非保守内力，则机械能改变，故 F。

24.质点组机械能的改变与保守内力无关。

【解题过程】保守内力不改变质点组的总机械能，故 T。

25.一对作用力和反作用力做功之和与参考系的选取无关。

【解题过程】一对作用力和反作用力做功之和等于其中一个质点所受作用力沿着该质点相对于另一个质点所移动的路径所做的

功，故一对作用力和反作用力做功之和与质点的相对位移或相对运动路径有关，与参考系的选取无关，故 T。

26.只有保守力作用的系统，动能与势能之和保持不变。

【解题过程】只有保守力作用的系统，机械能守恒，故 T。

27.在任何相等的时间内，物体动量的增量总是相等的运动一定是匀速圆周运动。

【解题过程】物体作匀速圆周运动，所受合外力方向不断变化，合力为变力，故在任何相等的时间内，合外力的冲量都不相等，物体动量的增量不相等，故 F。

28.不受外力作用的系统，其动量和机械能必然同时守恒。

【解题过程】若系统不受外力，但非保守内力不为零，则机械能不守恒，故 F。

29.当质点沿任一闭合路径运动一周，作用于它的某种力所做的功为零，则这种力称为保守力。

【解题过程】保守力的功与物体运动所经过的路径无关，只与物体的初末位置有关，故如果质点沿闭合路径绕行一周，所做功为零，则此力为保守力，故 T。

30.外力的冲量是零，外力的功一定为零。

【解题过程】由动量定理得 $\vec{I}=m\vec{v}_2-m\vec{v}_1$，若外力的冲量是零，则 $v_1=v_2$，故外力的功 $W=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$ 也一定为零，故 T。

选择题

1.质量为 m 的一艘宇宙飞船关闭发动机返回地球时，可认为该飞船只在地球的引力场中运动。已知地球质量为 M，万有引力恒量

为G，则当它从地球中心R_1处下降到R_2处时，飞船增加的动能应等于（　　）

A $2\frac{GMm}{R_2}$

B $GMm\frac{R_1-R_2}{R_1^2}$

C $GMm\frac{R_1-R_2}{R_1^2R_2^2}$

D $GMm\frac{R_1-R_2}{R_1R_2}$

E $\frac{GMm}{R_2^2}$

【解题过程】选飞船和地球为系统，忽略其他星球的影响，只有保守内力作功，系统机械能守恒：$E_{k1}-G\frac{mM}{R_1}=E_{k2}-G\frac{mM}{R_2}$，飞

船的动能增量为

$$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = G\frac{mM}{R_2} - G\frac{mM}{R_1}$$

$$= GMm\frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2}$$

选 D。

2.一质点在几个外力同时作用下运动时，下述哪种说法正确？

A 质点的动量改变时，质点的动能一定改变

B 外力的功为零，外力的冲量一定为零

C 外力的冲量是零，外力的功一定为零

D 质点的动能不变时，质点的动量也一定不变

【解题过程】 由质点的动量定理知 $\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}dt = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$，质点的动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$，由质点的动能定理知

$$\int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{r}=\frac{1}{2}mv_b^2-\frac{1}{2}mv_a^2。$$

（A）当质点动量改变时，即速度改变，若速度大小不变只是方向改变，则质点的动能不变，故错误。（B）外力的功为零时，质点速度可能大小相等方向不同，由质点的动量知外力的冲量不一定为零，故错误。（C）外力的冲量为零时，质点的速度不变，故由动能定理知外力做的功一定为零，故正确。（D）质点的动能不变时，速度可能大小不变但方向改变，此时动量改变，故错误。选 C。

3.作为相互作用的一对滑动摩擦力，当分别作用在有相对滑动的两物体上时，它们做功之和（　　）

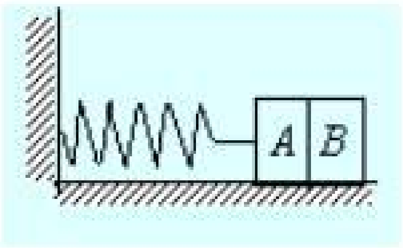
A 恒为负　　　B 恒为零

C 可能为正、为负或为零

D 恒为正

【解题过程】一对滑动摩擦力做功之和可能为正、可能为负，也可能为零。选 C。

4.一水平放置的轻弹簧，劲度系数为k，其一端固定，另一端系一质量为m的滑块 A，A 旁又有一质量相同的滑块 B，如图所示。设两滑块与桌面间无摩擦。若用外力将 A、B 一起推压使弹簧压缩量为d而静止，然后撤销外力，则 B 离开时的速度为（　　）



A $d\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　　　　B 0

C $d\sqrt{\dfrac{2k}{m}}$　　　　D $d\sqrt{\dfrac{k}{2m}}$

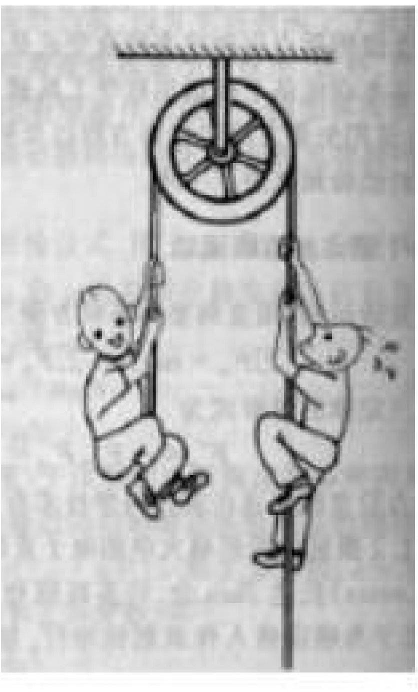
【解题过程】弹簧到达原长时刻的速度即为 B 离开时的速度，根据机械能守恒：

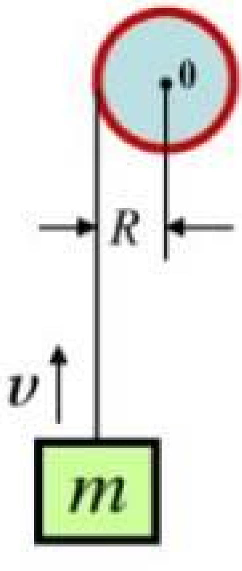
$\frac{1}{2}kd^2=\frac{1}{2}(2m)v^2$，解得 $v=d\sqrt{\frac{k}{2m}}$，选D。

5.体重、身高相同的甲乙两人，分别用双手握住跨过无摩擦轻滑轮的绳子各一端。他们从同一高度由初速为零向上爬，经过一定时间，甲相对绳子的速率是乙相对绳子速率的两倍，则到达顶点的情况是（　　）

A 乙先到达　　　　B 同时到达

C 谁先到达不能确定　　D 甲先到达





【解题过程】以滑轮轴为参考点，把甲乙、滑轮和绳看作一系统，合外力矩为零，系统角动量守恒。设甲乙质量分别为 m_1、m_2，

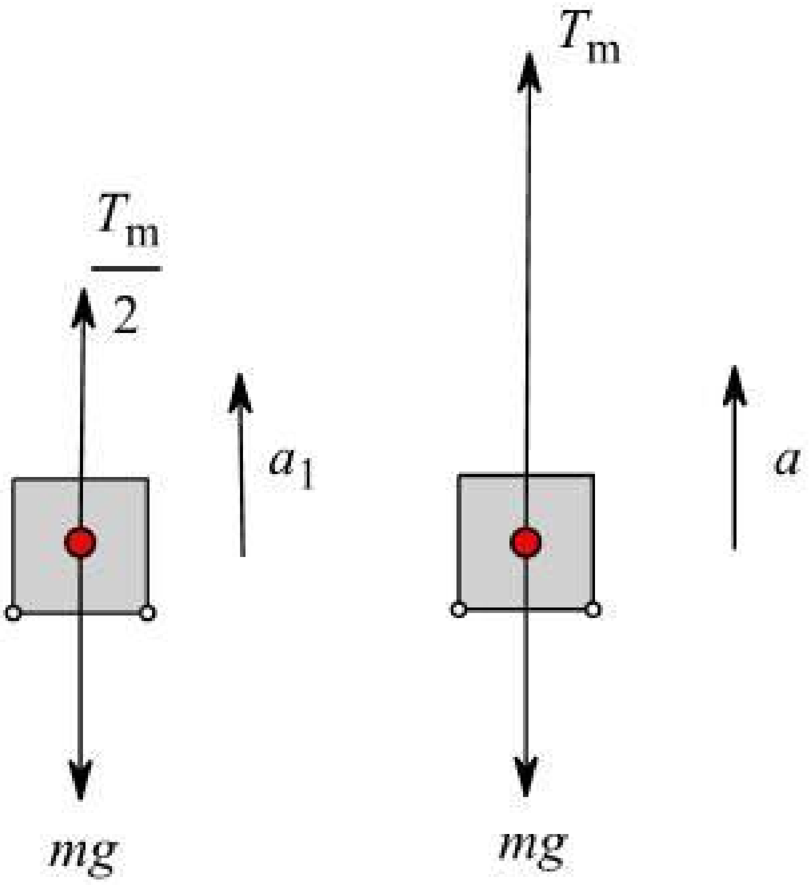
当 $m_1 = m_2$ 时，由 $m_1 v_1 R = m_2 v_2 R$，得 $v_1 = v_2$，同时到达。故选 B。

6.在升降机天花板上拴有轻绳，其下端系一重物，当升降机以加速度 a_1 上升时，绳中的张力正好等于绳子所能承受的最大张力的一半，问升降机以多大加速度上升时，绳子刚好被拉断？

A $2\left(a_1 + g\right)$　　B $2a_1$

C $2a_1 + g$　　D $a_1 + g$

【解题过程】以重物为研究对象。在地面参考系中以竖直向上为正方向。设绳所能承受的最大张力为 T_m，绳刚好被拉断时，升降机的加速度为 a。重物受力如图所示：



由牛顿第二定律列方程$\begin{cases}\dfrac{T_m}{2}-mg=ma_1\\ T_m-mg=ma\end{cases}$解得$a=2a_1+g$。选 C。

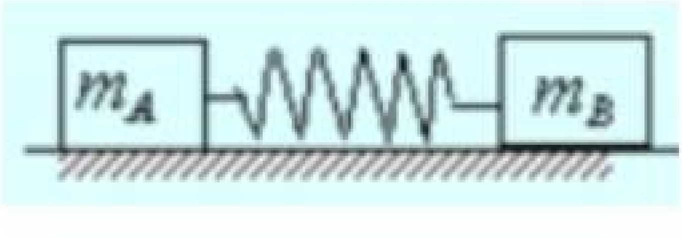
7.升降机内地板上放有物体 A，其上再放另一物体 B，二者的质量分别为M_A、M_B。当升降机以加速度a向下加速运动时（$a<g$），物体 A 对升降机地板的压力在数值上等于（　　）

A $M_A g$　　B $(M_A+M_B)(g-a)$　　C $(M_A+M_B)(g+a)$　　D $(M_A+M_B)g$

【解题过程】由牛顿定律可知 $(M_A+M_B)g-N=(M_A+M_B)a$，

解得 $N=(M_A+M_B)(g-a)$，选 B。

8.A、B 两木块质量分别为 m_A 和 m_B，且 $m_B=2m_A$，两者用一轻弹簧连接后静止于光滑水平桌面上，如图所示。若用外力将两木块压近使弹簧被压缩，然后将外力撤去，则此后两木块运动动能之比 E_{KA}/E_{KB} 为（　）



A 2　　B $\sqrt{2}$　　C $\sqrt{2}/2$　　D $1/2$

【**解题过程**】以 m_A、m_B 和弹簧为研究对象，系统水平方向所受外力为零，由动量守恒有：$m_A\vec{v}_A+m_B\vec{v}_B=0$，式中 $\vec{v}_A$ 和 $\vec{v}_B$ 为撤去外力后的速度。

写成标量式为 $m_Av_A-m_Bv_B=0$，

所以 $\dfrac{v_A}{v_B}=\dfrac{m_B}{m_A}=2$，

于是动能之比为

$E_{KA}/E_{KB}=\dfrac{1}{2}m_Av_A^2\Big/\dfrac{1}{2}m_Bv_B^2=2$，选 A。

9.三个质点 A、B、C 构成的系统，在运动过程中分别受到外力 $\vec{F}_A$、$\vec{F}_B$、$\vec{F}_C$ 的作用，在两个相对作匀速直线运动的惯性参照系 S 和 S' 中，观测由这三个质点组成的质点系的运动。若在 S 系中，质点系运动过程中动量守恒、机械能也守恒，则在 S' 系中（　　）

A 系统的动量守恒，机械能一定不守恒

B 系统的动量守恒，机械能也一定守恒

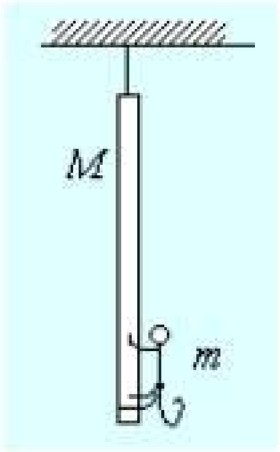
C 系统的动量、机械能都不一定守恒

D 系统的机械能守恒，动量不一定守恒

E 系统的动量守恒，机械能不一定守恒

【解题过程】根据系统动量守恒和机械能守恒的条件知，在 S' 系中动量守恒，但机械能是否守恒不能确定，选 E。

10.一只质量为 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为（　　）



A $\dfrac{M-m}{M}g$　　B $\dfrac{M+m}{M}g$

C $\dfrac{m}{M}g$　　D g　　E $\dfrac{M+m}{M-m}g$

【解题过程】猴子离地面距离不变处于平衡状态，故猴子受到直杆对它向上的摩擦力等于它的重力即 $f=mg$。由牛顿第三定律知直杆受到向下的摩擦力为 mg，直杆又受到自身的重力 Mg，所以受到的合力为 $F=mg+Mg$，加速度为 $a=\dfrac{F}{M}=\left(\dfrac{M+m}{M}\right)g$。选 B。

11.质量分别为 m_A 和 m_B（$m_A>m_B$）、速度分别为 $\vec{v}_A$ 和 $\vec{v}_B$（$v_A>v_B$）的两质点 A 和 B，受到相同的冲量作用，则（　　）

AA 的动量增量的绝对值比 B 的大

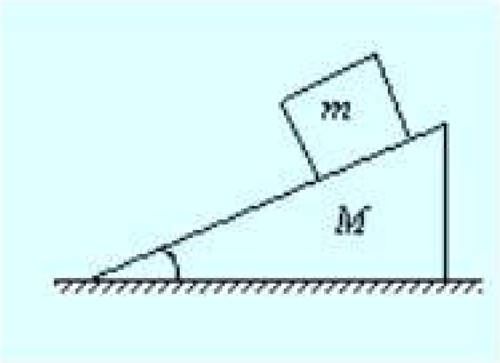
BA、B 的动量增量相等

CA 的动量增量的绝对值比 B 的小

DA、B 的速度增量相等

【解题过程】由动量定理知冲量的大小等于动量增量的大小，故 A、B 两质点受的冲量相同，则动量的增量也相同，选 B。

12.一质量为 M 的斜面原来静止于水平光滑平面上，将一质量为 m 的木块轻轻放于斜面上，如图。如果此后木块能静止于斜面上，则斜面将（　　）



A 向右加速运动

B 向右匀速运动

C 向左加速运动

D 保持静止

【解题过程】将木块和斜面看作一个系统，那么这个系统在水平方向上所受的力为零，因此，斜面将保持静止，选 D。

13.质量为 20g 的子弹沿 X 轴正向以 500m/s 的速率射入一木块后，与木块一起仍沿 X 轴正向以 50m/s 的速率前进，在此过程中木块所受冲量的大小为（　　）

A $10N\cdot s$　　　　B $-9N\cdot s$

C $9N\cdot s$　　　　D $-10N\cdot s$

【解题过程】$\vec{I}=\Delta\vec{p}$，此过程中水平方向上动量守恒，$0.02\times500=\left(0.02+m\right)\times50$，所以 $m\times50=0.02\times\left(500-50\right)=9$，故此过程中木块所受冲量大小为 $9N\cdot s$，选 C。

14.机枪每分钟可射出质量为 20g 的子弹 900 颗，子弹射出的速率为 800m/s,则射击时的平均反冲力大小为（　　）

A240N　　　　　　B16N　　　　　　C0.267N

D14400N

【解题过程】由动量定理：$\bar{\vec{F}}=\dfrac{m\vec{v}-m\vec{v}_0}{\Delta t}$，

$\bar{F}=\dfrac{900\times 20\times 10^{-3}\times 800}{60}=240N$，选 A。

15.一辆汽车从静止出发，在平直公路上加速前进的过程中，如果发动机的功率一定，阻力大小不变，那么，下面哪一个说法是正确的？（　　）

A 汽车的加速度不断减小

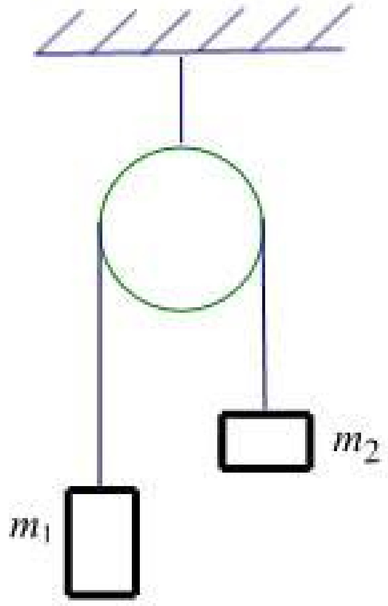
B 汽车的加速度与它的速度成正比

C 汽车的加速度是不变的

D 汽车的加速度与它的速度成反比

【解题过程】发动机的功率恒定，阻力不变，根据牛顿第二定律有 $\dfrac{p}{v}-f=ma$，因汽车在加速前行，故加速度减小，选 A。

16.如图所示，一轻绳跨过一个定滑轮，两端各系一质量分别为 m_1 和 m_2 的重物，且 $m_1 > m_2$。滑轮质量及轴上摩擦均不计，此时重物的加速度的大小为 a 。今用一竖直向下的恒力 $F = m_1 g$ 代替质量为 m_1 的物体，可得质量为 m_2 的重物的加速度为 a' 的大小，则（　　）



A $a' > a$　　B 不能确定　　C $a' < a$　　D $a' = a$

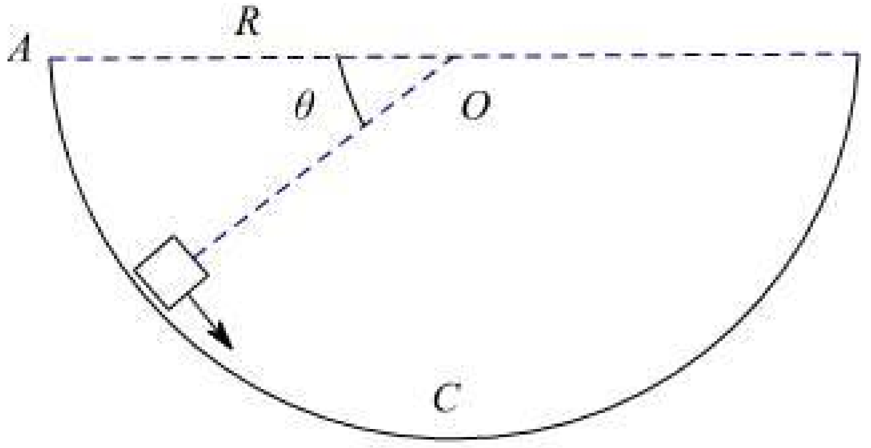
【解题过程】以两个重物为研究对象：当两个物体都加速运动时，设绳中拉力为 T，则

$$\begin{cases} m_1 g - T = m_1 a \\ T - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$，解得 $a=\dfrac{m_1-m_2}{m_1+m_2}g$。

若用一竖直向下的恒力代替质量为 m_1 的物体，以 m_2 为研究对象，则 $m_1 g - m_2 g = m_2 a'$，

解得 $a'=\dfrac{m_1-m_2}{m_2}$。故 $a'>a$，选 A。

17.如图所示，假设物体沿着竖直面上圆弧形轨道下滑，轨道是光滑的，在从 A 至 C 的下滑过程中，下面哪个说法是正确的？（　　）



A 它的合外力大小变化，方向永远指向圆心

B 它的加速度大小不变，方向永远指向圆心

C 它的合外力大小不变

D 轨道支持力的大小不断增加

E 它的速率均匀增加

【解题过程】按法向和切向分解：

$$N = mg\sin\theta + m\frac{v^2}{R},$$

故 $\theta\uparrow \Rightarrow \sin\theta\uparrow \Rightarrow v\uparrow \Rightarrow N\uparrow$，选 D。

18.人造地球卫星，绕地球作椭圆轨道运动，地球在椭圆的一个焦点上，则卫星的（　　）

A 对地心的角动量守恒，动能不守恒

B 动量守恒，动能不守恒

C 对地心的角动量不守恒，动能守恒

D 动量不守恒，动能守恒

【解题过程】卫星在椭圆轨道上运动时，所受地球的万有引力对地心的力矩为零，根据角动量守恒定律，卫星对地心的角动量应守恒。将卫星与地球构成一系统，系统只有万

有引力做功，万有引力是保守力，故系统机械能守恒。故选 A。

19.在惯性系 S 和对 S 作等速直线运动的 S' 中讨论一个质点系的运动时，下列的各种论述（1）质点系在 S 系中若动量守恒，则在 S' 系中动量也一定守恒。（2）质点系在 S 系中若机械能守恒，则在 S' 系中机械能也一定守恒。（3）质点系在 S 系中若动量守恒，在 S' 系中动量不一定守恒。（4）质点系在 S 系中若机械能守恒，在 S' 系中机械能不一定守恒。（5）质点系在 S 系中若动量守恒，机械能也守恒，则在 S' 系中动量一定守恒，机械能也一定守恒。（6）质点系在 S 系中若动量守恒，机械能也守恒，则在 S' 系中动量不一定守恒，机械能也不一定守恒。中只有（　　）

A（2）、（3）正确，其他都不正确

B（3）、（4）、（6）正确，其他都不正确

C（2）、（3）、（6）正确，其他都不正确

D（1）、（4）、（5）正确，其他都不正确

E（1）、（2）、（5）正确，其他都不正确

【解题过程】选 D。

20.在水平冰面上以一定速度向东行驶的炮车，向东南（斜向上）方向发射一炮弹，对于炮车和炮弹这一系统，在此过程中（忽略冰面摩擦力及空气阻力）（　　）

A 总动量在炮身前进的方向上的分量守恒，其它方向动量不守恒

B 总动量在水平面上任意方向的分量守恒，竖直方向分量不守恒

C 总动量守恒

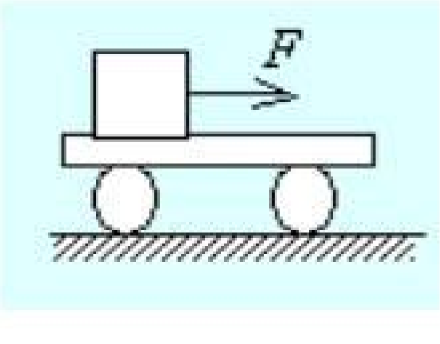
D 总动量在任何方向的分量均不守恒

【解题过程】以炮车和炮弹系统为研究对象，由于忽略冰面摩擦、空气阻力，水平面内任意方向不受外力，系统总动量在水平面内任

意方向的分量守恒。

由于斜向上发射炮弹时炮车要“后坐”，给冰面很大冲力，竖直方向上冰面对炮车的反作用力不能忽略不计，所以系统总动量竖直分量不守恒。选 B。

21.如图，在光滑水平地面上放着一辆小车，车上左端放着一只箱子，今用同样的水平恒力 $\vec{F}$ 拉箱子，使它由小车的左端达到右端，一次小车被固定在水平地面上，另一次小车没有固定。试以水平地面为参照系，判断下列结论中正确的是（　　）



A 在两种情况下，由于摩擦而产生的热相等

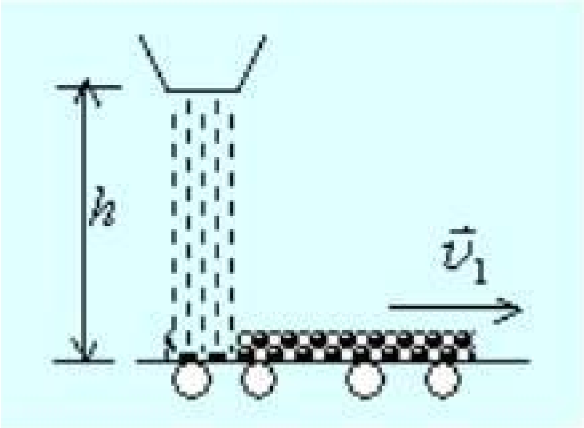
B 在两种情况下拉力 $\vec{F}$ 做的功相等

C 在两种情况下，箱子获得的动能相等

D 在两种情况下，摩擦力对箱子做的功相等

【解题过程】选 A。

22.如图所示，砂子从 $h=0.8m$ 高处下落到以 3m/s 的速率水平向右运动的传送带上。取重力加速度 $g=10m/s^2$。传送带给予刚落到传送带上的砂子的作用力的方向为（　　）



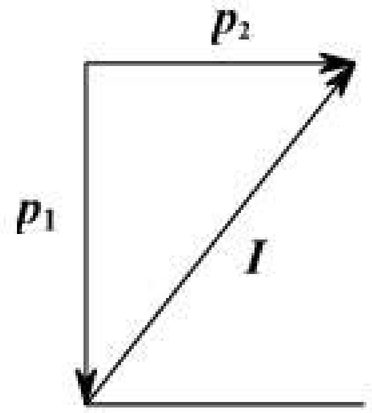
A 与水平夹角 37° 向下

B 与水平夹角 53° 向上

C 与水平夹角 53° 向下

D 与水平夹角 37° 向上

【解题过程】选砂子为研究对象，根据动量定理$\vec{I}=\vec{p}_2-\vec{p}_1$，作矢量图如图所示。



传送带给予砂子的作用力方向就是冲量的方向，$\theta=\arctan\frac{\sqrt{2\times0.8\times10}}{3}=53^{\circ}$选 B。

23.质量为$m=0.5kg$的质点，在Oxy坐标平面内运动，其运动方程为$x=5t$，$y=0.5t^2$（SI），从$t=2s$到$t=4s$这段时间内，外力对质点作的功为（　　）

A3J　　B1.5J　　C-1.5J　　D4.5J

【解题过程】由题知$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=5\hat{i}+t\hat{j}$，故$\vec{v}_1=5\hat{i}+2\hat{j}$，$\vec{v}_2=5\hat{i}+4\hat{j}$。由动能定理得

外力对质点做的功为

$$W=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$$

$$=\frac{1}{2}\times0.5\times(41-29)=3J$$

选 A。

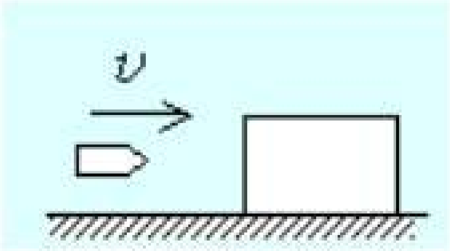
24.速度为 v 的子弹，打穿一块不动的木板后速度变为零，设木板对子弹的阻力是恒定的。那么，当子弹射入木板的深度等于其厚度的一半时，子弹的速度是（　　）

A $\frac{1}{2}v$　　B $\frac{1}{4}v$　　C $\frac{1}{\sqrt{2}}v$　　D $\frac{1}{3}v$

【解题过程】子弹速度为 v 时，恰好能穿透木板，根据动能定理有 $-fd=0-\frac{1}{2}mv^2$，当子弹穿过一半厚度时，有 $-f\frac{d}{2}=\frac{1}{2}mv'^2-\frac{1}{2}mv^2$，解得 $v'=\frac{1}{\sqrt{2}}v$，

选 C。

25.如图所示，子弹射入放在水平光滑地面上静止的木块而不穿出。以地面为参考系，下列说法中正确的说法是（　　）



A 子弹动能的减少等于子弹克服木块阻力所作的功

B 子弹的动能转变为木块的动能

C 子弹克服木块阻力所作的功等于这一过程中产生的热

D 子弹-木块系统的机械能守恒

【解题过程】对子弹应用动能定理 $A_{阻}=\Delta E_{k弹}$，即子弹动能的减少等于子弹克服木块阻力所做的功。由能量守恒定律可知，这一部分能量应等于木块动能增量和这一过程中产生的热能总和。由于耗散阻力的存

在，子弹-木块系统机械能不守恒。故选 A。

26.用一根细线吊一重物，重物质量为 5kg，重物下面再系一根同样的细线，细线只能经受 70N 的拉力。现在突然向下拉一下下面的线。设力最大值为 50N，则（　　）

A 下面的线先断

B 上面的线先断

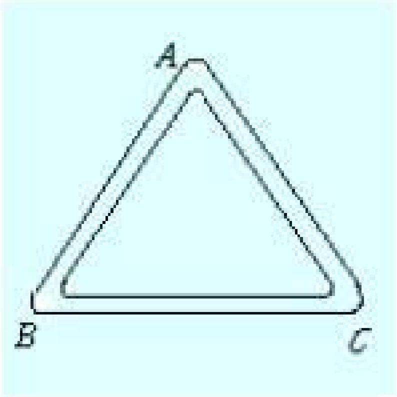
C 两根线都不断

D 两根线一起断

【解题过程】因为是突然用力向下拉一下下面的线，重物的运动状态还来不及改变，保持原来静止状态，因此上面一根线仍然只受到约 50N 的拉力，不会断。下面一根线受到的最大拉力为 50N，也不会断，故选 C。

27.质量为 m 的质点，以不变速率 v 沿图中正三角形 ABC 的水平光滑轨道运动。质点越过 A 角时，轨道作用于质点的冲量的大小为

（　　）

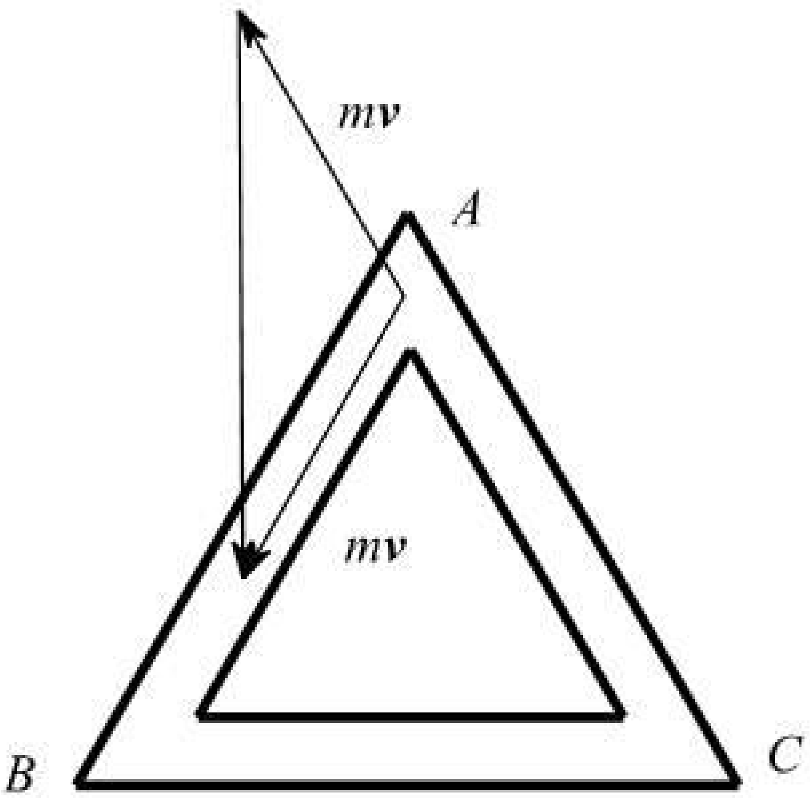


A mv　　B $2mv$　　C $\sqrt{3}mv$　　D $\sqrt{2}mv$

【解题过程】由题知

$$
\begin{aligned}
\left|I\right| &= \left|\vec{p}-\vec{p}_0\right| \\
&= \sqrt{(mv)^2+(mv)^2-2(mv)^2\cos 120^\circ} \\
&= \sqrt{3}mv
\end{aligned}
$$

选 C。



28.对于一个物体系来说，在下列的哪种情况下系统的机械能守恒？（　　）

A 外力和保守内力都不做功

B 外力和非保守内力都不做功

C 合外力为 0

D 合外力不做功

【解题过程】根据机械能守恒定律可知选 B。

29.一炮弹由于特殊原因在水平飞行过程中，突然炸裂成两块，其中一块作自由下落，则另一块着地点（飞行过程中阻力不计）（　　）

A 比原来更近

B 比原来更远

C 条件不足，不能判定

D 仍和原来一样远

【解题过程】炮弹在炸裂时，在水平方向上动量守恒，一块的水平速度变为零，则另一块的水平速度必然将变大，故另一块着地点

比原来更远，选 B。

30.对功的概念有以下几种说法：（1）保守力做正功时，系统内相应的势能增加（2）质点运动经一闭合路径，保守力对质点作的功为零（3）作用力和反作用力大小相等、方向相反，所以两者所做功的代数和必为零

在上述说法中：（　　）

A（1）、（2）是正确的

B 只有（3）是正确的

C（2）、（3）是正确的

D 只有（2）是正确的

【解题过程】（1）不对。因 $A_{保}=-\Delta E_p$，$A_{保}>0$ 时，$\Delta E_p<0$，故保守力做正功时，系统内相应的势能应减小。（2）正确。保守力的定义就是沿任意一封闭回路该力做功为零。（3）不对。作用力和反作用力虽然大

小相等方向相反，但它们作用在两质点发生的位移并不一定大小相等，所以一对力的功的代数和不一定为零。只有两质点的间距不变时，作用力和反作用力功的代数和才为零。选 D。

第 5 章 刚体转动力学

填空题

1.刚体是一个理想模型，是_____的物体。

【解题过程】大小和形状不发生变化。

2.转动惯量是用来描述物体_____的物理量，转动惯量的大小与_____、_____、_____有关。

【解题过程】转动惯性，刚体形状、大小、轴的位置。

3. $\vec{F}=m\vec{a}$ 适用_________问题，$M_z=I\alpha$ 适用_________问题；

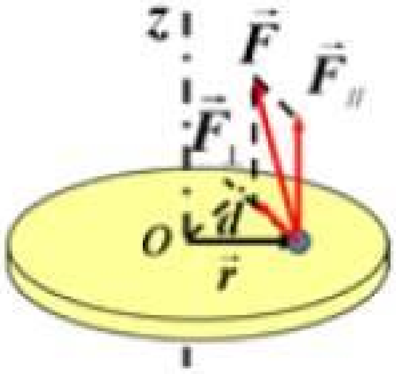
$\vec{F}$ 是_______的原因；M_z 是_______的原因；

m 是_______的量度，I 是________的量度。

【解题过程】质点平动，刚体定轴转动，力 $\vec{F}$ 是引起质点或平动物体运动状态变化的原因，力矩 M_z 是引起转动物体运动状态变

化的原因，质量是惯性大小的量度，转动惯量是刚体转动惯性的量度。

4.如图所示，分力$\vec{F}_{\parallel}$对 O 点的力矩$\vec{M}_1$，其方向_____，效果是_____，分力$\vec{F}_{\perp}$对 O 点的力矩$\vec{M}_2$，其方向_____，效果是_____。



【解题过程】垂直于固定轴z，企图改变轴的方位，平行于z轴，改变绕轴的转动状态。

5.刚体是特殊的质点系。一刚体质量为m，其质心相对点 O 的位置矢量为$\vec{r}_c$；质点m_i所受重力$m_i\vec{g}$，质点m_i相对点 O 的位置矢量为$\vec{r}_i$，质点所受重力对点 O 的重力矩为

__________，刚体所受重力对点 O 的重力矩为__________（选填：$\vec{M}=\vec{r}_i\times m_i\vec{g}$，$\vec{M}=\sum_i \vec{r}_i\times m_i\vec{g}$，$\vec{M}=\vec{r}_c\times m\vec{g}$）

【解题过程】$\vec{M}=\vec{r}_i\times m_i\vec{g}$，

$\vec{M}=\sum_i \vec{r}_i\times m_i\vec{g}$。

综合练习题

1.如图所示，一质量非均匀分布的细杆，长度为L，其线密度与杆长度之间的关系为$\rho=\rho_0+kx$，求杆对 O 点的转动惯量。

【解题过程】$dm=\rho dx=\left(\rho_0+kx\right)dx$，则杆对 O 点的转动惯量为

$$I=\int_0^L x^2 dm=\int_0^L x^2\left(\rho_0+kx\right)dx$$

$=\frac{1}{3}\rho_0 L^3+\frac{1}{4}kL^4$。

2. 力作用在 $\vec{F}=-8\hat{i}+6\hat{j}(N)$ 在位矢为 $\vec{r}=3\hat{i}+4\hat{j}(m)$ 的质点上，（a）求作用在质点上的力对原点的力矩；（b）$\vec{F}$ 和 $\vec{r}$ 方向间的角度。

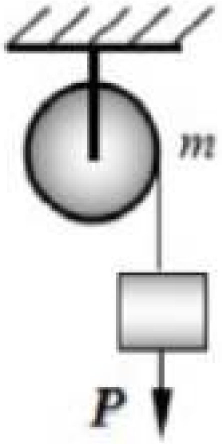
【解题过程】（a）$M=\vec{r}\times\vec{F}$

$=(3\hat{i}+4\hat{j})\times(-8\hat{i}+6\hat{j})=50(N\cdot m)$

（b）由 $M=\vec{r}\times\vec{F}=rF\sin\theta=50$ 得 $\sin\theta=\frac{50}{rF}=\frac{50}{10\times5}=1$，故 $\vec{F}$ 和 $\vec{r}$ 方向间的角度为 90°。

3.一根轻绳绕在有水平转轴的定滑轮上，滑轮半径为 R，对转轴的转动惯量 I，绳下端挂有一质量为 m 物体，质量为物体所受的重力为 P，滑轮的角加速度为 α。现在将物体

去掉，（1）代之以与物体等质量的人，当人相对于绳匀速向上爬时，滑轮的角加速度如何变化；（2）代之以与P相等的力直接向下拉绳，滑轮的角加速度如何变化。



【解题过程】（1）绳下挂有重物时，绳的拉力为T_1，

$$\begin{cases} P-T_1=ma \\ T_1R=I\alpha \end{cases} \Rightarrow \alpha=\frac{T_1R}{I}=\frac{(P-ma)R}{I}$$

以人代替重物后，设绳的速度为v，人相对于绳的速度为u，故人的上升速度为$u-v$。

整个系统对轴的外力矩为：$M=mgR$，角动量为：$L=-m(u-v)R+I\omega$，

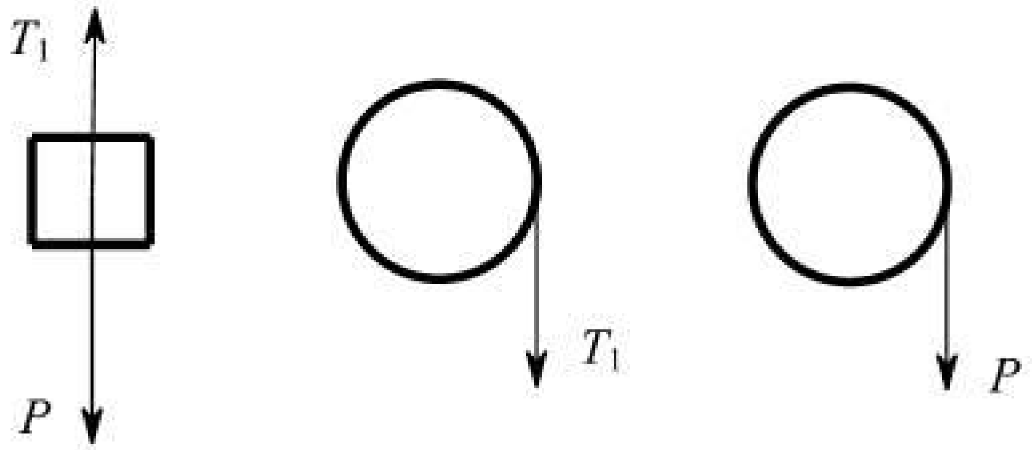
由转动定律可得

$$\frac{dL}{dt}=M\Rightarrow mgR=mR\frac{dv}{dt}-mR\frac{du}{dt}+I\frac{d\omega}{dt}$$

$$\Rightarrow mgR=mRa+I\alpha'\Rightarrow\alpha'=\frac{mR\left(g-a\right)}{I}$$

故 $\alpha=\alpha'$。

（2）受力分析如图所示。

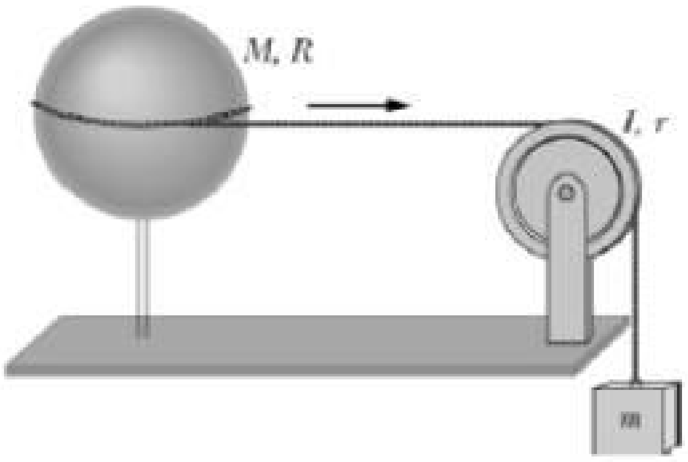


$$\begin{cases}P-T_1=ma\\T_1R=I\alpha\end{cases}\Rightarrow\alpha=\frac{T_1R}{I}=\frac{\left(P-ma\right)R}{I},$$

$$PR=J\alpha'\Rightarrow\alpha'=\frac{PR}{I},$$

故 $\alpha<\alpha'$，则滑轮的角加速度将增大。

4.一质量为M、半径为R的均匀球壳，可绕竖直轴在无摩擦的轴承上转动。一根无质量的绳绕过球壳的赤道，越过一转动惯量为I、半径为r的滑轮连上一质量为m的小物体，忽略滑轮轴上摩擦，绳不伸长，在滑轮上不打滑。求物体由静止开始，下落h时的速率是多少？（用两种方法求解：1 刚体定轴转动定律；2 能量法）



【解题过程】（1）设绳对球壳和物体的拉力分别为T_1和T_2，球壳和圆盘的角加速度分别为β_1和β_2。

根据牛顿定律与刚体定轴转动定律有

$$\begin{cases}(T_2-T_1)r=I_m\beta_2\\ mg-T_2=ma\\ T_1R=I_M\beta_1\end{cases}$$，此外，$a=\beta_1R=\beta_2r$，

其中 $I_m=I$， $I_M=\frac{2}{3}MR^2$，

解得 $a=\dfrac{mg}{m+\frac{2}{3}M+\frac{I}{r^2}}$。

故物体由静止开始下落 h 高度时的速率是

$$v=\sqrt{2ah}=\sqrt{\frac{2mgh}{m+\frac{2}{3}M+\frac{I}{r^2}}}。$$

（2）设物体下落 h 时速率为 v，此时球壳角速度为 ω_1，滑轮角速度为 ω_2。由机械能守恒得

$mgh=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}I_M\omega_1^2+\frac{1}{2}I_m\omega_2^2$，其中 $v=\omega_1R=\omega_2r$，解得 $v=\sqrt{\dfrac{2mgh}{m+\frac{2}{3}M+\frac{I}{r^2}}}$。

大物 B 第三次网上作业

判断题

1.作用力和反作用力对同一轴的力矩之和必为零。

【解题过程】内力成对出现，对同一轴，一对内力的力矩大小相等，方向相反，内力矩之和为零，故 T。

2.一物体正在绕固定光滑轴自由转动，它受热时角速度变小，遇冷时角速度变大。

【解题过程】不受外力故角动量守恒 $L=J\omega$，受热膨胀时，尺寸变大，根据 $J=\int r^2dm$ 可知此时 J 变大，所以 ω 变小。遇冷时情况相反，故 T。

3.质量相等、形状和大小不同的两个刚体，在相同力矩的作用下，它们的角加速度一定相等。

【解题过程】由于刚体的转动惯量不一定相等，故角加速度不一定相等，F。

4.刚体对轴的转动惯量，只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关。

【解题过程】刚体的转动惯量与刚体形状、大小、轴的位置均有关，故 F。

5.对某个定轴而言，内力矩不会改变刚体的角动量。

【解题过程】内力成对出现，对同一轴，一对内力的力矩大小相等，方向相反，内力矩之和为零，故内力矩不会改变刚体的角动量，T。

6.有两个力作用在一个有固定转轴的刚体上，当这两个力对轴的合力矩为零时，它们的合力也一定是零。

【解题过程】一个力对某轴的力矩不仅与该力的大小和方向有关，还与该力的作用点对

该轴的位矢有关，因此两个力对轴的合力矩为零时，它们的合力不一定是零。F。

7.一对作用力和反作用力作功之和与参考系的选取无关。

【解题过程】一对作用力和反作用力作功之和与参考系的选取无关，T。

8.有两个力作用在一个有固定转轴的刚体上，这两个力都平行于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零。

【解题过程】方向与转轴平行的力对该轴不形成力矩，因此，两个力都平行于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零。T。

9.地球在太阳引力作用下沿椭圆轨道绕太阳运动，在运动的过程中对垂直于轨道平面且过太阳的轴的角动量和动量守恒。

【解题过程】由于受到的引力为有心力故地球相对于太阳质心角动量守恒，但动量不守

恒，F。

10.人造地球卫星绕地球作椭圆轨道运动过程中，守恒量是角动量和机械能。

【解题过程】卫星绕地球时只受万有引力，其方向从卫星指向地心，则卫星受合力矩为零，故角动量守恒。卫星在太空中运行，几乎不受外力作用，故机械能守恒。T。

11.质点组总动量的改变与内力无关。

【解题过程】在质点组中内力总是成对出现，它们是作用力和反作用力，由于一对内力的冲量和恒为零，故内力不会改变质点组的总动量，T。

12.一质点作匀速率圆周运动时，它的动量不断改变，对圆心的角动量也不断改变。

【解题过程】作匀速率圆周运动的质点，速度方向不断改变，故动量不断改变，而角动量$L=\vec{r}\times m\vec{v}=mvr$，故角动量不变，F。

13.系统的动量守恒，机械能一定不守恒。

【解题过程】动量守恒要求系统受到的外力的冲量为零，或者在碰撞、爆炸瞬间内力远远大于外力的情况下。而机械能守恒要求系统所受外力所做的功为零，且内力只有保守力。两个守恒定律，一个观察的是力对时间的累积，也就是冲量，另一个观察的是力对空间的积累，也就是功。所以，两者的守恒条件不一致。故系统动量守恒，机械能不一定守恒。F。

14.外力对一个系统做的功为零，则该系统的机械能和动量必然同时守恒。

【解题过程】不能明确系统是否受非保守内力，故无法判断系统的机械能是否守恒，故F。

15.有两个力作用在一个有固定转轴的刚体上，当这两个力的合力为零时，它们对轴的

合力矩也一定是零。

【解题过程】一个力对某轴的力矩不仅与该力的大小和方向有关，还与该力的作用点对该轴的位矢有关，因此，两个力的合力为零时，它们对轴的合力矩不一定为零。F。

选择题

1.质量不同的一个球和一个圆柱体，前者的半径和后者的横截面半径相同。二者放在同一斜面上，从同一高度静止开始无滑动地滚下（圆柱体的轴始终维持水平），则（　　）

A 质量大的先到达底部

B 圆球先到达底部

C 圆柱体先到达底部

D 两者同时到达底部

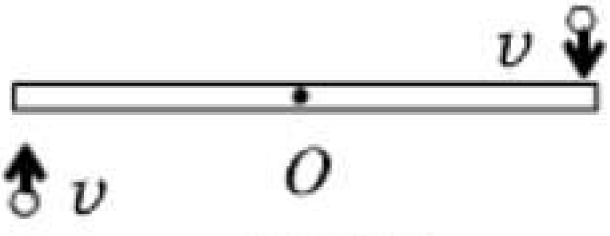
【解题过程】选 B。

2.光滑的水平桌面上，有一长为 $2L$ 、质量为 m 的匀质细杆，可绕过其中点且垂直于杆的

竖直光滑固定轴 O 自由转动，其转动惯量为 $\frac{1}{3}ml^2$，起初杆静止。桌面上有两个质量均为 m 的小球，各自在垂直于杆的方向上，正对着杆的一端，以相同速率相向运动，如图所示。当两小球同时与杆的两个端点发生完全非弹性碰撞后，就与杆粘在一起转动，则这一系统碰撞后的转动角速度应为（　　）

A $\frac{2v}{3L}$　　B $\frac{4v}{5L}$　　C $\frac{8v}{9L}$

D $\frac{12v}{7L}$　　E $\frac{6v}{7L}$



俯视图

【解题过程】将两小球与细杆视为一个系统，碰撞过程中系统所受和外力矩为零，满足角动量守恒。故

$$mvL+mvL=\left[mL^2+mL^2+\frac{1}{12}m(2L)^2\right]\omega$$

解得 $\omega=\dfrac{6v}{7L}$。选 E。

3.一细圆环，对通过环心且垂直于环面的轴的转动惯量为 J_A，而对任一直径为轴的转动惯量为 J_B，则（　　）

A $J_A>J_B$　　　　B $J_A<J_B$

C 无法确定哪个大　　　D $J_A=J_B$

【解题过程】对通过环心且垂直于环面的轴的转动惯量为 $J_A=mR^2$，而对任一直径为轴的转动惯量为 $J_B=\dfrac{mR^2}{2}$，故 $J_A>J_B$，故选 A。

4.一块方板，可以绕通过其一个水平边的光滑固定轴自由转动，最初板自由下垂。今有

一小团黏土，垂直板面撞击方板，并粘在板上。对粘土和方板系统，如果忽略空气阻力，在碰撞中守恒的量是（　　）

A 绕木板转动的角动量

B 动能

C 动量

D 机械能

【解题过程】碰撞过程中，重力的力矩为零，故绕木板转动的角动量守恒，选 A。

5.有两个力作用在一个有固定转轴的刚体上：（1）这两个力都平行于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零；（2）这两个力都垂直于轴作用时，它们对轴的合力矩可能是零；（3）当这两个力的合力为零时，它们对轴的合力矩也一定是零；（4）当这两个而力对轴的合力矩为零时，它们的合力也一定是零。在上述说法中（　　）

A（1）、（2）、（3）都正确，（4）错误

B 只有（1）是正确的

C（1）、（2）、（3）、（4）都正确

D（1）、（2）正确，（3）、（4）错误

【解题过程】（1）只有垂直于轴的力才可能产生平行于轴的力矩，方向与转轴平行的力对该轴不形成力矩。因此两个力都平行于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零。（2）这两个力都垂直于轴作用时，只要力的作用线不与轴相交，每个力对该轴都有力矩，但两个力矩大小相等、方向相反时，它们的合力矩就是零。（3）一个力对某轴的力矩不仅与该力的大小和方向有关，还与该力的作用点对该轴的位矢有关，因此，两个力的合力为零时，它们对轴的合力矩不一定为零。（4）根据与（3）相同的原因，两个力对轴的合力矩为零时，它们的合力不一定是零。选 D。

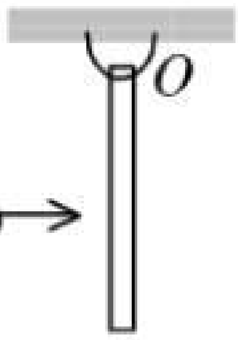
6.如图所示，一匀质细杆可绕通过上端与杆垂直的水平光滑固定轴 O 旋转，初始状态为静止悬挂，现有一个小球自左方水平打击细杆。设小球与细杆之间为非弹性碰撞，则在碰撞过程中对细杆与小球这一系统（　　）

A 只有机械能守恒

B 只有对转轴 O 的角动量守恒

C 机械能、动量和角动量均守恒

D 只有动量守恒



【解题过程】在碰撞时，小球重力过转轴，杆的重力也过轴，外力矩为零，所以角动量守恒。因碰撞时转轴与杆之间有作用力，所以动量不守恒。碰撞是非弹性的，所以机械能也不守恒。选 B。

7.几个力同时作用在一个具有光滑固定转轴的刚体上，如果这几个力的矢量和为零，则此刚体（　　）

A 转速必然不变

B 转速必然改变

C 必然不会转动

D 转速可能不变，也可能改变

【解题过程】这几个力的矢量和为零，但这几个力的力矩的矢量和不一定为零，故转速可能不变，也可能改变，选 D。

8.刚体角动量守恒的充分而必要的条件是（　　）

A 刚体所受合外力矩为零

B 刚体的转动惯量和角速度均保持不变

C 刚体所受的合外力和合外力矩均为零

D 刚体不受外力矩的作用

【解题过程】当质点所受合力矩为零时，质

点角动量守恒，选 A。

9.一炮弹由于特殊原因在水平飞行过程中，突然炸裂成两块，其中一块作自由下落，则另一块着地点（飞行过程中阻力不计）（　　）

A 条件不足，不能判定

B 仍和原来一样远

C 比原来更近

D 比原来更远

【解题过程】炮弹在炸裂时，在水平方向上动量守恒，一块的水平速度变为零，则另一块的水平速度必然将变大，故另一块着地点比原来更远，选 D。

10.关于刚体对轴的转动惯量，下列说法中正确的是（　　）

A 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和轴的位置无关

B 只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质

量的空间分布无关

C 取决于刚体的质量、质量的空间分布和轴的位置

D 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与轴的位置无关

【解题过程】刚体对轴的转动惯量与刚体形状、大小、轴的位置均有关，选 C。

11.一水平圆盘可绕通过其中心的固定竖直轴转动，盘上站着一个人，把人和圆盘取作系统，当此人在盘上随意走动时，若忽略轴的摩擦，此系统（　　）

A 动量、机械能和角动量都不守恒

B 对转轴的角动量守恒

C 机械能守恒

D 动量守恒

E 动量、机械能和角动量都守恒

【解题过程】此系统所受合外力矩为零，人

与盘之间的力为内力，所以角动量守恒。机械能守恒的条件为外力与非保守内力不做功或做功之和为零，显然人与盘之间有摩擦力，即有非保守内力做功，机械能不守恒，动量守恒的条件为合外力为零，转轴不属于系统，转轴与盘之间有作用力，动量不守恒。选 B。

12.关于力矩有以下几种说法：（1）对某个定轴而言，内力矩不会改变刚体的角动量。（2）作用力和反作用力对同一轴的力矩之和必为零。（3）质量相等，形状和大小不同的两个刚体，在相同力矩的作用下，它们的角加速度一定相等。在上述说法中（　　）

A（1）、（2）、（3）都是正确的

B（1）、（2）是正确的

C（2）、（3）是正确的

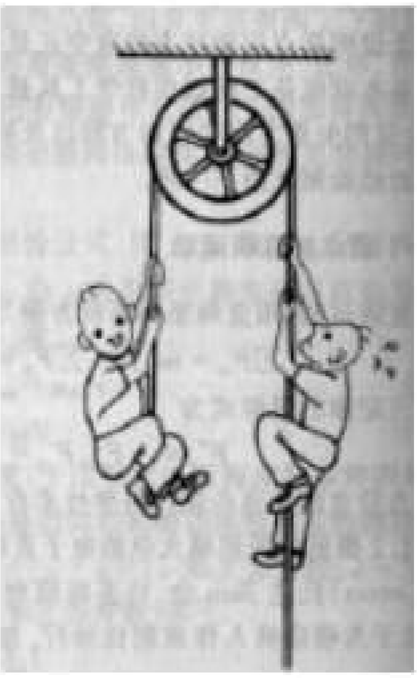
D 只有（2）是正确的

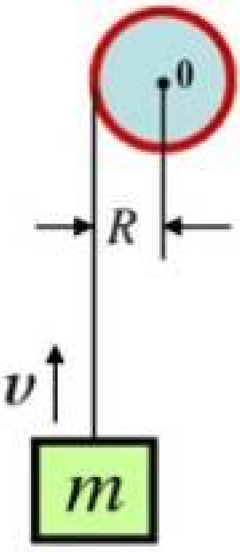
【解题过程】由牛顿第三定律，内力成对出现，一对内力等大、反向且在同一直线上，对同一轴的力矩之和必为零，不会改变刚体对轴的角动量。而质量相等，但形状大小不同的刚体对同轴的转动惯量可能不同，所以在相同的力矩作用下，角加速度不一定相等。所以上述说法中只有（1）（2）正确。选 B。

13.体重、身高相同的甲乙两人，分别用双手握住跨过无摩擦轻滑轮的绳子各一端。他们从同一高度由初速为零向上爬，经过一定时间，甲相对绳子的速率是乙相对绳子速率的两倍，则到达顶点的情况是（　　）

A 乙先到达　　　　　B 同时到达

C 谁先到达不能确定　　D 甲先到达

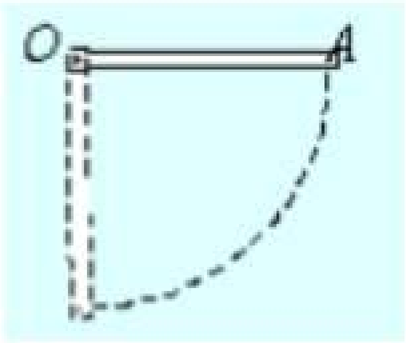




【解题过程】以滑轮轴为参考点，把甲乙、滑轮和绳看作一系统，合外力矩为零，系统角动量守恒。设甲乙质量分别为m_1、m_2，

当$m_1 = m_2$时，由$m_1v_1R = m_2v_2R$，得$v_1 = v_2$，同时到达。故选 B。

14.均匀细棒 OA 可绕通过其一端 O 而与棒垂直的水平固定光滑轴转动，如图所示。今使棒从水平位置由静止开始自由下落，在棒摆动到竖直位置的过程中，下述说法哪一种是正确的？（　　）



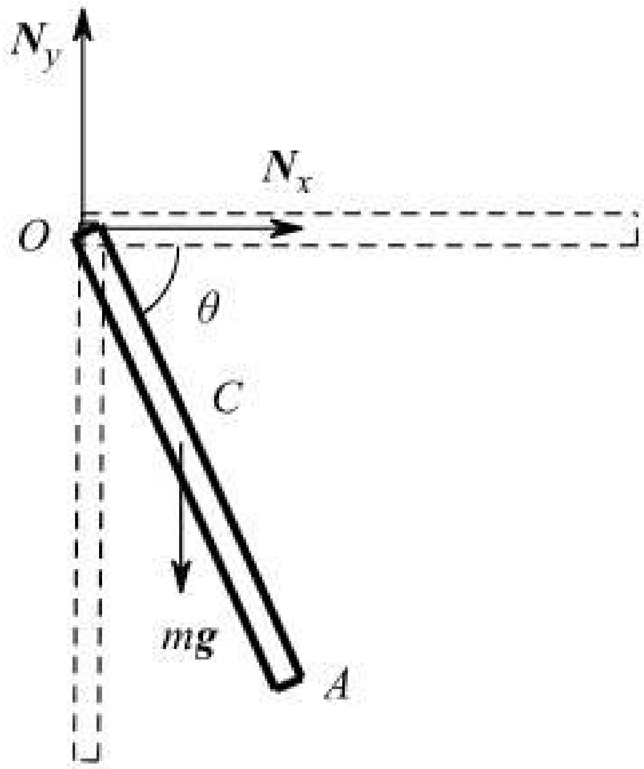
A 角速度从小到大，角加速度从小到大

B 角速度从大到小，角加速度从大到小

C 角速度从小到大，角加速度从大到小

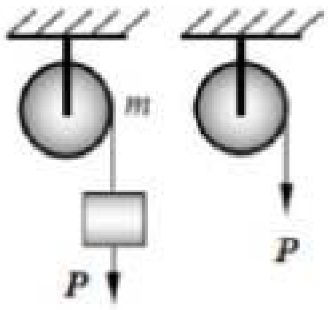
D 角速度从大到小，角加速度从小到大

【解题过程】设棒长l，质量m，对O轴转动惯量为J，在下摆到与水平方向夹角为θ位置时受力如图所示。



由转动定律：$mg\dfrac{l}{2}\cos\theta = J\beta$，在下摆过程中$\theta$增大，角加速度$\beta$减小，角速度$\omega$增大。选 C。

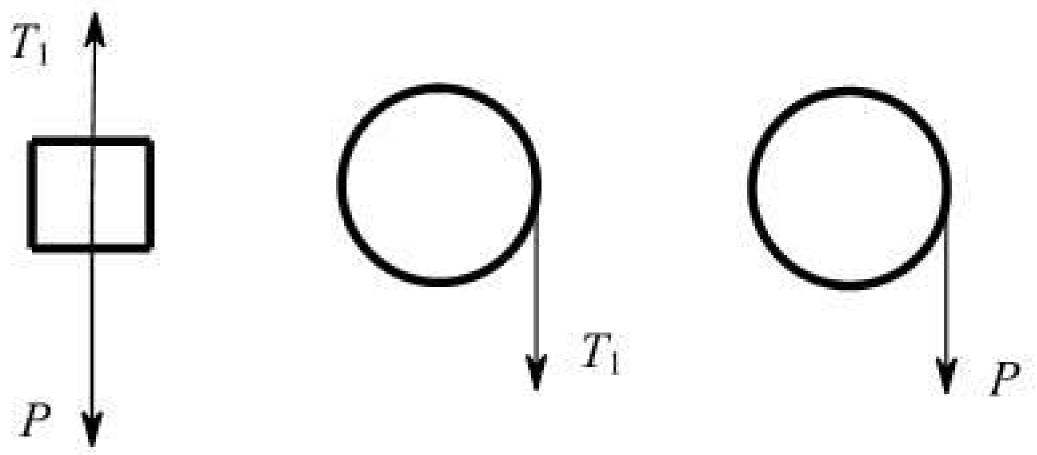
15.一轻绳绕在有水平轴的定滑轮上，滑轮的转动惯量为J，绳下端挂一物体。物体所受重力为P，滑轮的角加速度为β。若将物体去掉而以与P相等的力直接向下拉绳子，滑轮的角加速度β将（　　）



A 变大　　　　　　B 变小

C 不变　　　　　　D 如何变化无法判断

【解题过程】受力分析如图所示。

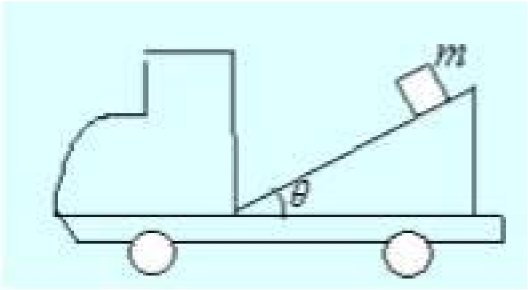


$$\begin{cases} P-T_1=ma \\ T_1R=J\beta_1 \end{cases} \Rightarrow \beta_1=\frac{T_1R}{J}=\frac{(P-ma)R}{J},$$

$$PR=J\beta_2 \Rightarrow \beta_2=\frac{PR}{J}，故$$

$\beta_1<\beta_2$，则滑轮的角加速度将增大。选 A。

16.如图所示，一斜面固定在卡车上，一物块置于该斜面上。在卡车沿水平方向加速启动的过程中，物块在斜面上无相对滑动。此时斜面上摩擦力对物块的冲量的方向（　　）



A 只可能沿斜面向下

B 只可能沿斜面向上

C 是水平向前的

D 沿斜面向上或向下均有可能

【解题过程】卡车加速启动过程中，物块与斜面无相对滑动。则物块与斜面之间是静摩擦力，方向可能沿斜面向上也可能沿斜面向下。所以摩擦力对物块的冲量方向沿斜面向上或向下均有可能，选 D。

17. 一个物体正在绕固定光滑轴自由转动（　　）

A 它受热膨胀或遇冷收缩时，角速度不变

B 它受热时角速度变小，遇冷时角速度变大

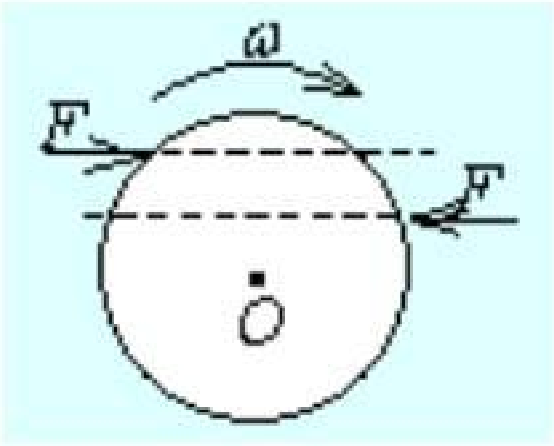
C 它受热或遇冷时，角速度均变大

D 它受热时角速度变大，遇冷时角速度变小

【解题过程】不受外力故角动量守恒 $L=J\omega$，受热膨胀时，尺寸变大，根据 $J=\int r^2 dm$ 可知此时 J 变大，所以 ω 变小。

选 B。

18.一圆盘绕过盘心且与盘面垂直的光滑固定轴 O 以角速度 ω 按图示方向转动。若如图所示的情况那样，将两个大小相等方向相反但不在同一条直线的力 F 沿盘面同时作用到圆盘上，则圆盘的角速度 ω（　　）



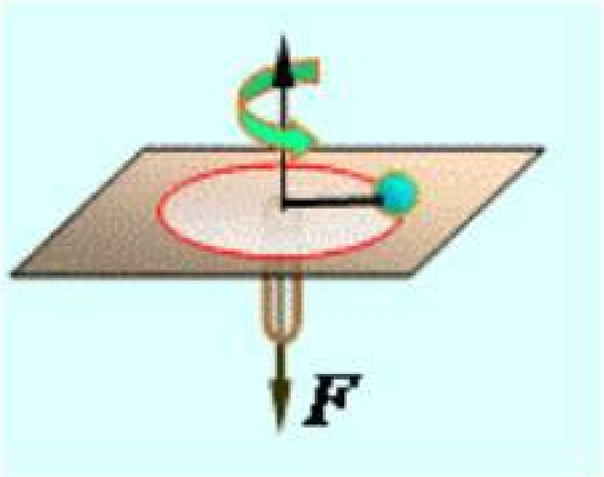
A 不会改变　　　　B 必然增大

C 如何变化，不能确定　　D 必然减少

【解题过程】

$$FR-Fr=J\alpha \Rightarrow \alpha=\frac{F\left(R-r\right)}{J}>0$$，由于 ω 和 α 的方向相同，因此角速度 ω 增大，选 B。

19.绳的一端系一质量为 m 的小球，在光滑的水平桌面上作匀速圆周运动。若从桌面中心孔向下拉绳子，则小球的（　　）



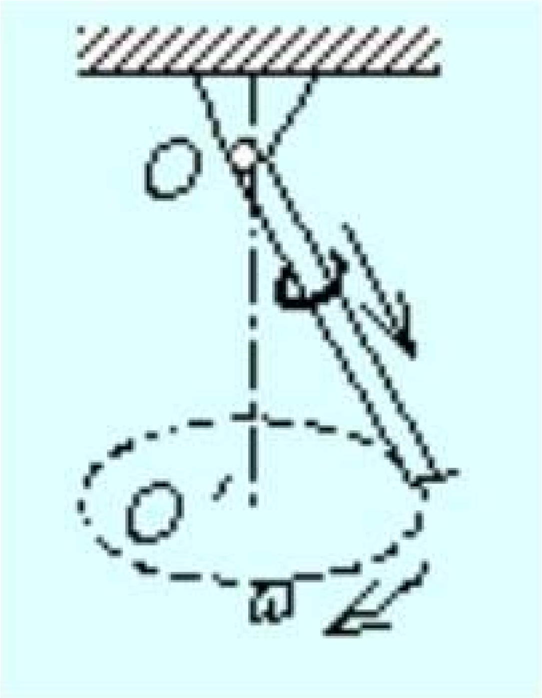
A 动量不变　　B 角动量增加

C 动量减少　　D 角动量不变

【解题过程】从桌面中心孔向下拉绳子，半径 r 减小，故由 $v=r\omega$ 知角速度增加从而动量增加，由于拉力通过力心，故角动量守恒，选 D。

20.如图所示，一光滑细杆上端由光滑铰链固定，杆可绕其上端在任意角度的锥面上绕竖直轴 OO' 作匀角速转动。有一小环套在杆的上端处。开始使杆在一个锥面上运动起来，

而后小环由静止开始沿杆下滑。在小环下滑过程中，小环、杆和地球系统的机械能以及小环加杆对轴 OO' 的角动量这两个量中（　　）



A 机械能不守恒，角动量守恒

B 机械能、角动量都不守恒

C 机械能守恒，角动量不守恒

D 机械能、角动量都守恒

【解题过程】小环和杆在水平方向上没有受到合外力的作用，所以对轴 OO' 角动量守恒，小环、杆和地球系统仅受到重力作用，故机

械能守恒，选 D。

21.一质点作匀速率圆周运动时（　　）

A 它的动量不断改变，对圆心的角动量也不断改变

B 它的动量不变，对圆心的角动量不断改变

C 它的动量不断改变，对圆心的角动量不变

D 它的动量不变，对圆心的角动量也不变

【解题过程】 $\vec{p}=m\vec{v}$，因作匀速率圆周运动的质点速度方向不断改变，故它的动量也不断改变。对圆心的角动量 $\vec{L}=\vec{r}\times m\vec{v}=rmv\sin 90^{\circ}=mvr$ 不变。故选 C。

22.一匀质砂轮半径为 R，质量为 M，绕固定轴转动的角速度为 ω。若此时砂轮的动能等于一质量为 M 的自由落体从高度为 h 的位置落至地面时所具有的动能，那么 h 应等

于（　　）

A $\dfrac{R\omega^2}{Mg}$　　　　B $\dfrac{1}{2}MR^2\omega^2$

C $\dfrac{R^2\omega^2}{4g}$　　　　D $\dfrac{R^2\omega^2}{4M}$

【解题过程】

$Mgh=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{1}{2}MR^2\omega^2\Rightarrow h=\dfrac{R^2\omega^2}{4g}$，选 C。

23.一个圆盘在水平面内绕一竖直固定轴转动的转动惯量为J，初始角速度为ω_0，后来变为$\omega_0/2$。在上述过程中，阻力矩所作的功为（　　）

A $\dfrac{1}{4}J\omega_0^2$　　　　B $-\dfrac{3}{8}J\omega_0^2$

C $-\dfrac{1}{8}J\omega_0^2$　　　　D $-\dfrac{1}{4}J\omega_0^2$

【解题过程】

$$A_f=\frac{1}{2}J\left(\frac{\omega_0}{2}\right)^2-\frac{1}{2}J\omega_0^2=-\frac{3}{8}J\omega_0^2$$，选 B。

24.一均匀细杆原来静止放在光滑的水平面上，现在其一端给予一垂直于杆身的水平方向的打击，此后杆的运动情况是（　　）

A 杆绕其未受打击的端点转动

B 杆沿力的方向平动

C 杆的质心不动，而杆绕质心转动

D 杆的质心沿打击力的方向运动，杆又绕质心转动

【解题过程】根据质点系的牛顿第二定律，质心将会有速度，以质心初始位置为转轴，杆有转动惯量，受到力矩一段时间的作用，有角动量，所以杆将会转起来，选 D。

25.花样滑冰运动员绕通过自身的竖直轴转动，开始时两臂伸开，转动惯量为J_0，角速

度为ω_0。然后她将两臂收回，使转动惯量减少为$\frac{1}{3}J_0$。这时她转动的角速度变为（　　）

A $\frac{1}{\sqrt{3}}\omega_0$　　B $\frac{1}{3}\omega_0$　　C $3\omega_0$　　D $\sqrt{3}\omega_0$

【解题过程】由角动量守恒知$J_0\omega_0=\frac{J_0}{3}\omega$，即角速度变为$\omega=3\omega_0$，选 C。

第 6 章 角动量 角动量守恒定律

填空题

1.角动量是用来描述物体_____物理量，其值不仅与物体本身运动速度有关，还与_____的选择有关。

【解题过程】机械运动量，参考点。

2.质点对某一参考点角动量变化的原因在于_____；质点系对某一参考点角动量变化的原因在于_____。

【解题过程】作用在质点上的合力矩，质点系所受外力矩矢量和（或合外力矩）。

3.一个物体保持平衡的条件是_____和_____；一个系统动量守恒的条件是_____，角动量守恒的条件是_____。

【解题过程】不受力，受到平衡力的作用；不受外力或所受外力的矢量和为零；所受合外力矩为零。

4.力对时间的累积效应称为_____，力矩对时间的累积效应称为_____；前者的效果在于改变系统的_____，后者的效果在于改变系统的______。

【解题过程】冲量，冲量矩，动量，角动量。

综合练习题

1.质量为 m 的质点沿着一条空间曲线运动，该曲线在直角坐标系下的定义式为 $\vec{r}=a\cos\omega t\hat{i}+b\sin\omega t\hat{j}$，其中，$a$、$b$、$\omega$ 均为常数。（1）此质点所受的对原点的力矩 $\vec{M}$ （2）该质点对原点的角动量 $\vec{L}$。

【解题过程】由题意可得质点的速度和加速度分别为

$$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=-a\omega\sin\omega t\hat{i}+b\omega\cos\omega t\hat{j},$$

$$\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}=-a\omega^2\cos\omega t\hat{i}-b\omega^2\sin\omega t\hat{j}。$$

质点所受合力为$\vec{F}=m\vec{a}$，则$\vec{F}$对原点的力矩为

$$\vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$$

$$=\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a\cos\omega t & b\sin\omega t & 0 \\ -ma\omega^2\cos\omega t & -b\omega^2\sin\omega t & 0 \end{vmatrix}$$

$$=0$$

质点对原点的角动量为

$$\vec{L}=\vec{r}\times m\vec{v}$$

$$=\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a\cos\omega t & b\sin\omega t & 0 \\ -ma\omega\sin\omega t & mb\omega\cos\omega t & 0 \end{vmatrix}$$

$$=m\omega ab\hat{k}$$

2.一个能绕固定轴转动的轮子，除受到轴承的恒定摩擦力矩M_r外，还受到恒定外力矩M的作用。若$M=20N\cdot m$，轮子对固定轴

的转动惯量为$I=15kg\cdot m^2$，在$t=10s$内，轮子的角速度由$\omega=0$增大到$10rad\cdot s$，求（1）摩擦力矩M_r；（2）在10s内，轮子转的圈数。

【解题过程】（1）摩擦力矩与外力矩均为恒力矩，所以刚体作匀角加速转动，其加速度为

$$\beta=\frac{\omega-\omega_0}{\Delta t}=\frac{10-0}{10}=1rad/s^2$$

合外力矩为$M_{合}=I\beta=15\times1=15\left(N\cdot m\right)$，

且$M_{合}=M-M_r=20-M_r=15$

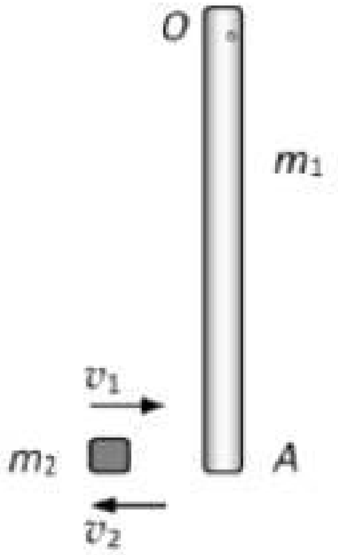
$\Rightarrow M_r=5\left(N\cdot m\right)$。

（2）$\theta-\theta_0=\dfrac{\omega^2-\omega_0^2}{2\beta}=\dfrac{10^2-0^2}{2\times1}=50rad$，

故在10s内，轮子转的圈数为

$$N=\frac{\theta-\theta_0}{2\pi}=\frac{50}{2\times 3.14}=8\text{圈}。$$

3.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，如图所示，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，从侧面与棒的另一端A垂直向碰撞。已知小滑块在碰撞前后的速度分别为$\vec{v}_1$和$\vec{v}_2$，求碰撞后细棒从开始转动到停止的过程所需的时间。



【解题过程】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

力矩远小于滑块的冲力矩。

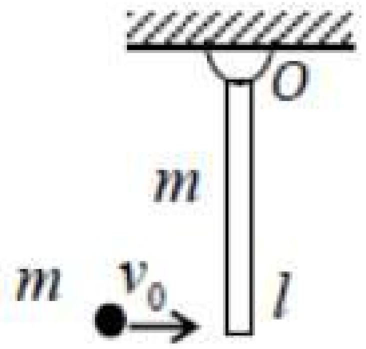
故可认为合外力矩为零，因而系统的角动量守恒，即 $m_2v_1l=-m_2v_2l+\frac{1}{3}m_1l^2\omega$，

碰后棒在转动过程中所受的摩擦力矩为

$$M_f=\int_0^l\left(-\mu g\frac{m_1}{l}x\right)dx=-\frac{1}{2}\mu m_1gl,$$

由角动量定理 $\int_0^t M_f dt=0-\frac{1}{3}m_1l^2\omega$，由以上三式解得 $t=2m_2\frac{v_1+v_2}{\mu m_1g}$。

4.如图，长为 l、质量为 m 的均匀细杆可绕支点 O 自由转动，转动惯量为 $I=\frac{1}{3}ml^2$，开始时静止在竖直位置。现有一质量为 m 粘性球（可粘在细杆上）一定的速度与杆端发生完全非弹性碰撞。若碰后棒的最大偏角为 $\frac{\pi}{3}$，求小球的初速度 v_0。



【解题过程】把粘性球和细杆看作一个系统，粘性球与细杆发生非弹性碰撞，角动量守恒：

$$mv_0 l=\left(\frac{1}{3}ml^2+ml^2\right)\omega，则\ \omega=\frac{3v_0}{4l}。$$

球粘在细杆上后，以球、细杆和地球为系统，机械能守恒：

$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}ml^2+ml^2\right)\left(\frac{3v_0}{4l}\right)^2$$

$$=mgl\left(1-\cos 30^\circ\right)+mg\frac{l}{2}\left(1-\cos 30^\circ\right)$$

解得 $v_0=2\sqrt{\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)gl}$。

第 7 章 机械振动

填空题

1.简谐振动的三个判据分别是______、______、______。

【解题过程】判据 1：若一个机械运动系统所受合力或加速度与系统位移正比反向，即 $\vec{F}=-kx\hat{i}$ 或 $\vec{a}=\frac{d^2x}{dt^2}\hat{i}=-\frac{k}{m}x\hat{i}=-\omega^2x\hat{i}$，则这个系统一定作简谐振动。

判据 2：若机械振动系统位移或任何物理量随时间按余弦（或正弦）规律变化，即 $x(t)=A\cos(\omega t+\phi)$，则这个振动或这个物理量就作简谐振动。

判据 3：机械振动物体的位移或任何物理量随时间变化满足微分方程 $\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}x=0$，

则该物体或物理量一定随时间作简谐振动。

2.描述简谐振动的三个特征量分别是：_____、_____、_____；其中_____由系统本身性质决定；_____由初始条件决定。

【解题过程】角频率、振幅、初相；角频率；振幅、初相。

3.简谐振动的相位表达式为_____，其物理意义是：_____；旋转矢量法中是用_____与_____的夹角来表示任意时刻的振动相位的。

【解题过程】$\omega t+\phi$，描述系统在各时刻运动状态的物理量；旋转矢量 $\vec{A}$，x 轴。

4.以弹簧振子为例，孤立简谐振动系统的弹性势能和动能分别为：_____、_____；任意时刻，简谐振动系统的总机械能为：_____。

【解题过程】$U=\dfrac{1}{2}kA^2\cos^2\left(\omega t+\phi\right)$、

$$K=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\left(\omega t+\phi\right)；\quad E=\frac{1}{2}kA^2\text{。}$$

5.两个同方向同频率的简谐振动的合振幅表达式为____，合振动的初相表达式为_____。

【解题过程】

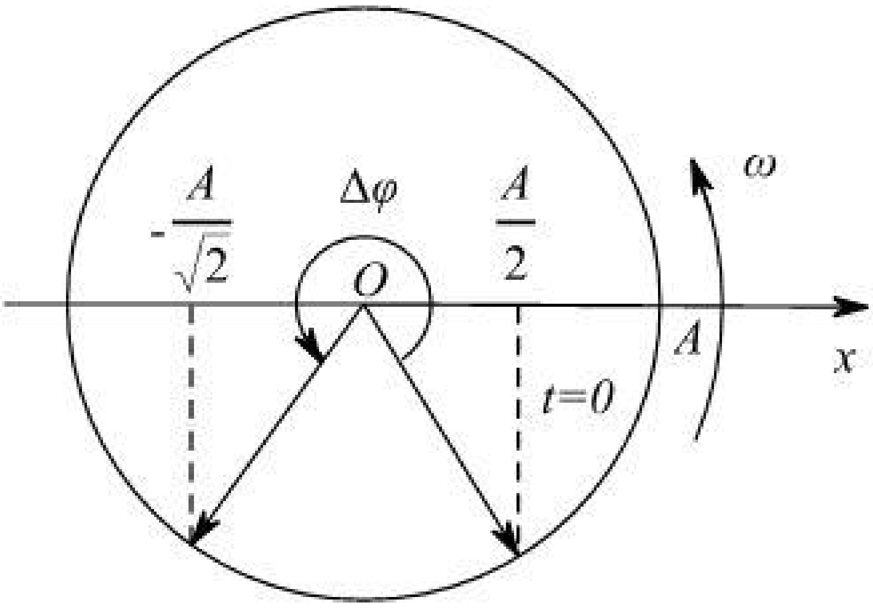
$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\left(\varphi_2-\varphi_1\right)},$$

$$\varphi=\arctan\frac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}\text{。}$$

综合练习题

1.一个质点作简谐振动，振动振幅为 A，圆频率为 $\omega=\dfrac{\pi}{4}$。设 $t=0$ 时质点在 $\dfrac{A}{2}$ 处向正方向运动，经过 Δt 时间（$\Delta t<T$），该质点运动到 $-\dfrac{A}{\sqrt{2}}$ 处且其速度为正，用旋转矢量法（要求画出旋转矢量图）求 Δt。

【解题过程】由题意画出旋转矢量图如图所示。



由旋转矢量图可知质点从 $\dfrac{A}{2}$ 处（速度为正）

运动到$-\dfrac{A}{\sqrt{2}}$处（速度为正）时旋转矢量转

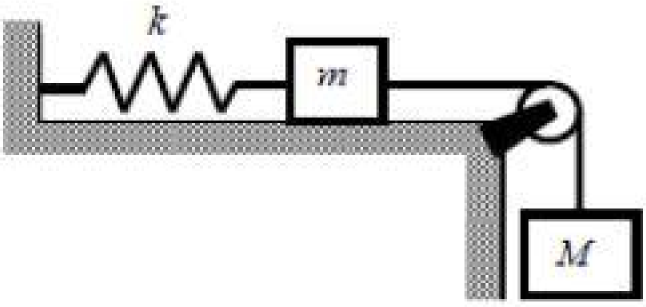
过的角度为$\Delta\varphi=\pi+\dfrac{\pi}{4}+\dfrac{\pi}{3}=\dfrac{19}{12}\pi$

已知旋转矢量的旋转角速度（即质点振动圆

频率）为$\omega=\dfrac{\pi}{4}$，故需要的时间为

$$\Delta t=\frac{\Delta\varphi}{\omega}=\frac{\frac{19}{12}\pi}{\frac{\pi}{4}}=\frac{19}{3}(s)。$$

2.如图所示，一质量为m的滑块与劲度系数为k的弹簧相连，另一质量为$M=3m$的滑块用一根轻绳绕过一个质量可忽略的定滑轮与滑块m连接。$t=0$时弹簧处于原长状态，求滑块M的运动方程。（设M处于平衡位置时为坐标原点，以向下方向为正方向）。



【解题过程】设滑块M所受轻绳的拉力为T_1，其位移为x_1，滑块m所受轻绳的拉力为T_2，其位移为x_2，则

$$\begin{cases} Mg-T_1=Mx_1'' \\ T_2-kx_2=mx_2'' \\ x_1''=x_2''=x'' \\ T_1=T_2=T \\ x_1=x_2=x \end{cases} \Rightarrow Mg-kx=\left(M+m\right)x''\ ,$$

令$y=Mg-kx$，则$y''=-kx''$，代入上式得

$y=-\dfrac{M+m}{k}y''$，故$y''+\left(\dfrac{k}{M+m}\right)y=0$，

令$\omega^2=\dfrac{k}{M+m}=\dfrac{k}{4m}$，则$y''+\omega^2 y=0$，故

$y=A\cos\left(\omega t+\varphi\right)$，

$x\left(t\right)=\dfrac{Mg}{k}-\dfrac{1}{k}A\cos\left(\omega t+\varphi\right)$。

又因$t=0$时$x\left(0\right)=0$，$Mg=A\cos\varphi$；

$t=0$ 时 $v(0)=x'(0)>0$， $x'(0)=\frac{1}{k}A\omega\sin\varphi$；

故 $x(t)=\frac{Mg}{k}-\frac{Mg}{k}\cos\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}t+\pi\right)$。

3.已知三个简谐振动方程为：

$$x_1=6\cos\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right),$$

$$x_2=3\sin\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right),$$

$$x_3=2\cos\left(\pi t-\frac{\pi}{2}\right),$$

求这三个简谐振动的合振动。

【解题过程】

$$x=x_1+x_2+x_3$$

$$=6\cos\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right)+3\sin\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right)+2\cos\left(\pi t-\frac{\pi}{2}\right)$$

$$=6\cos\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right)+3\cos(\pi t)+2\cos\left(\pi t-\frac{\pi}{2}\right)$$

$$=4\cos\left(\pi t+\frac{\pi}{2}\right)+3\cos(\pi t)$$

$$=5\cos\left[\pi t+\arctan\frac{4}{3}\right]$$

（$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2}=\sqrt{4^2+3^2}=5$，

$\varphi=\arctan\dfrac{A_1}{A_2}=\arctan\dfrac{4}{3}$）

第 8 章 机械波

◆ 本章学习目标

1．理解描述波动的基本概念。

2．熟练掌握建立平面简谐行波波函数（波动方程）的方法。

3．掌握波的能量密度，能流密度以及波强的概念。

4．理解波的相干条件，熟练掌握相干波相长和相消的条件和物理意义，。

5． 理解驻波的形成的条件和相关的计算，了解驻波的应用。

◆ 填空题

1. 波动在时间和空间上都表现出周期性，其时间周期 T 由__________________决定；其空间周期由波长 λ 描述，波长 λ 是指沿着波传播方向上________________________相同的相邻两点之间的距离。

【解题过程】波源的性质（周期）；振动状态或相位。

2. 所谓平面简谐行波，“简谐”是指____________________________,“平面”是指______________________________；“行波”是指______________________；许多复杂的波都可以看成是不同_______________的平面简谐行波叠加而成。

【解题过程】波源及波线上各质点的振动是简谐振动；介质中传播的简谐波的波面是平面；波形曲线随时间沿波传播方向移动；频率和振幅。

3．一平面简谐波的表达式 $y= A\cos\omega(t-x/u) = A\cos(\omega t - \omega x/u)$，其中 x/u 表示________________________；

$\omega x/u$ 表示________________________；

y 表示__________________________.

【解题过程】波从坐标原点传至 x 处所需时间；x 处质点比原点处质点滞后的相位；t 时刻 x 处质点离开平衡位置的位移。

4. 一平面简谐波在弹性媒质中传播，在某一时刻，媒质中某质元正处于平衡位置，此时它的动能 ________；势能 ________（选填：最大或最小）。

【解题过程】最大；最大。

5. 波的平均能流密度是：________；用公式表示为：________。

【解题过程】单位时间内通过垂直于波传播方向上单位面积的平均能量；

$$I=\frac{\bar{P}}{\Delta S_{\perp}}=\bar{w}u=\frac{1}{2}\rho A^{2}w^{2}u\text{。}$$

6. 波的叠加原理是：________；波的相干条件是________。

【解题过程】当几列波在空间相遇时，相遇

区域内每一点的振动等于各列波独立传播时在该点引起的振动的矢量和；频率相同、振动方向相同、相位差恒定。

7. 驻波的定义是：____________________。

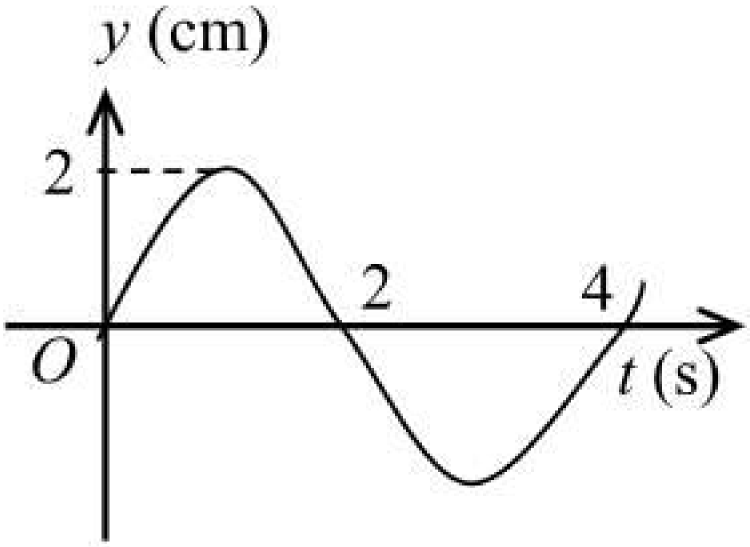
【解题过程】如果两列相干波振幅相同，在同一直线上沿相反方向传播，那么在波相遇的区域内会形成一种特殊的干涉现象，叫做驻波。

◆ 综合练习题

1.一列平面简谐波在媒质中以波速 $u = 5\ \mathrm{m/s}$ 沿 x 轴正向传播，原点 O 处质元的振动曲线如图所示。

(1) 求解并画出 $x = 25\ \mathrm{m}$ 处质元的振动曲线；

(2) 求解并画出 $t = 3\ \mathrm{s}$ 时的波形曲线。



【解题过程】（1）原点 O 处质元的振动方程为

$$y = 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{1}{2}\pi t-\frac{1}{2}\pi\right)m$$

波的表达式为

$$y = 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{1}{2}\pi\left(t-\frac{x}{5}\right)-\frac{1}{2}\pi\right)m$$

$x = 25$ m 处质元的振动方程为

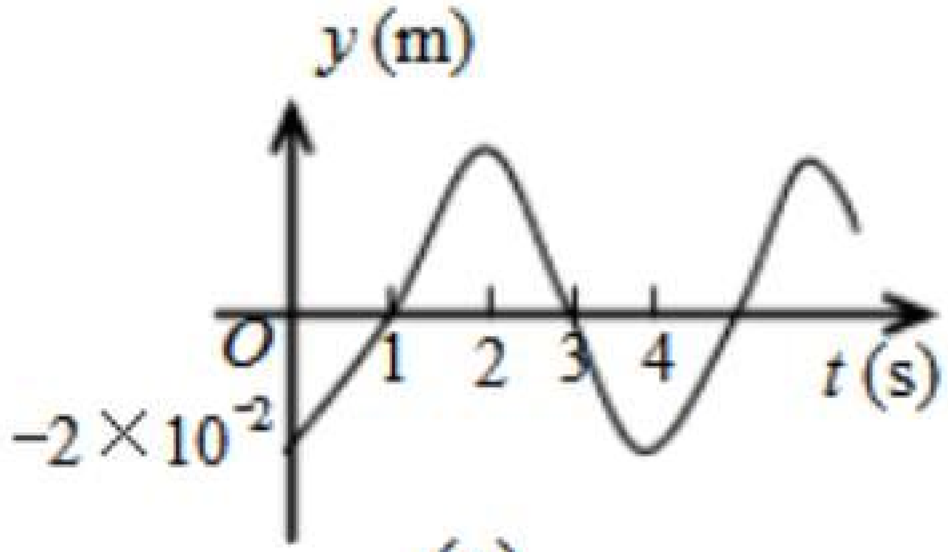
$$y = 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{1}{2}\pi t-\pi\right)m。$$

振动曲线见图（a）。

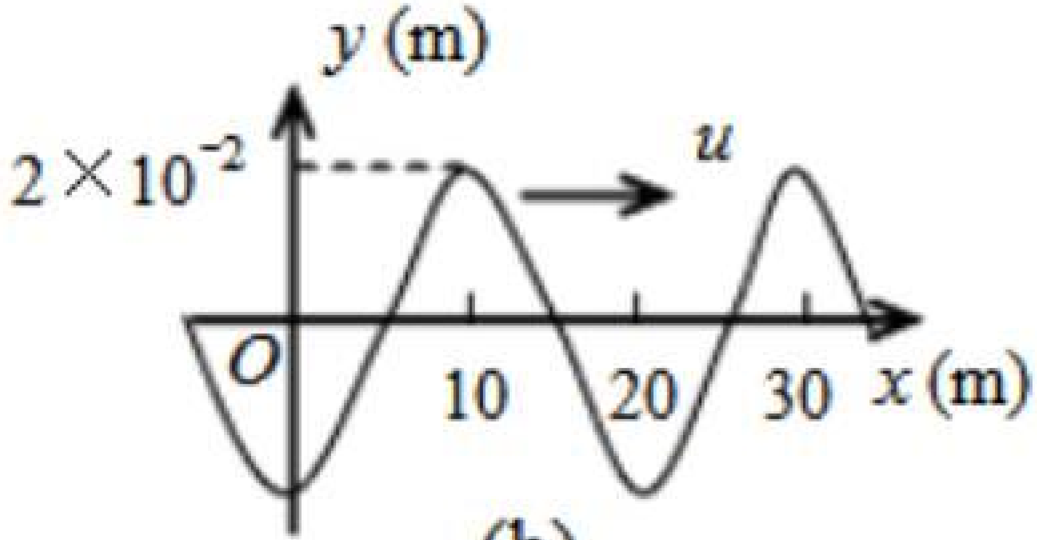
（2）$t = 3$ s 时的波形曲线方程为

$$y = 2\times 10^{-2}\cos\left(\pi - \pi x/10\right)m,$$

波形曲线见图（b）。



(a)



(b)

2. 一平面简谐波沿 Ox 轴正方向传播，波的表达式为 $y = A\cos 2\pi(ft - \frac{x}{\lambda})$，而另一平面简谐波沿 Ox 轴负方向传播，波的表达式为 $y = 2A\cos 2\pi\left(ft + \frac{x}{\lambda}\right)$。求：

（1）$x=\dfrac{\lambda}{4}$处介质质点的合振动方程；

（2）$x=\dfrac{\lambda}{4}$处介质质点的速度表达式。

【解题过程】（1）在$x=\dfrac{\lambda}{4}$处

$$y_1=A\cos\left(2f\pi t-\frac{\pi}{2}\right),$$

$$y_2=2A\cos\left(2f\pi t+\frac{\pi}{2}\right),$$

合振动为

$$y=y_1+y_2=A_{合}\cos\left(2\pi ft+\varphi\right),$$

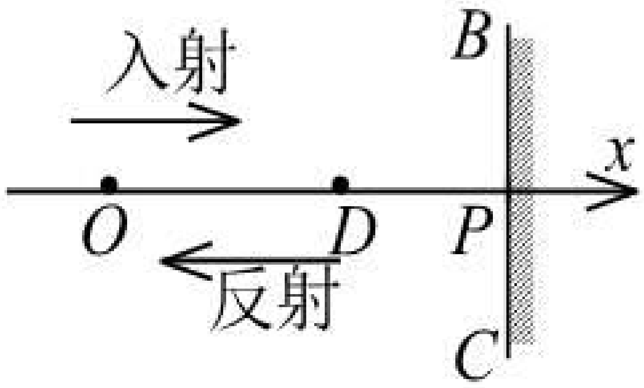
由于y_1、y_2振动反相，故$A_{合}=A$，$\varphi=\dfrac{\pi}{2}$，

所以$y=A\cos\left(2\pi ft+\dfrac{\pi}{2}\right)$。

（2）$v=\dfrac{dy}{dt}=-2\pi fA\sin\left(2\pi ft+\dfrac{\pi}{2}\right)$

$=2\pi fA\cos\left(2\pi ft+\pi\right)$。

3. 如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，BC 为波密媒质的反射面。波由 P 点反射，$\overline{OP}=3\lambda/4$，$\overline{DP}=\lambda/6$。在 $t=0$ 时，O 处质点的合振动是经过平衡位置向负方向运动。求 D 点处入射波与反射波的合振动方程。（设入射波和反射波的振幅皆为 A，频率为 f。）



【解题过程】选 O 点为坐标原点，设入射波的表达式为

$$y_1 = A\cos\left[2\pi\left(ft-\frac{x}{\lambda}\right)+\phi\right]$$

则 $y_{1P} = A\cos\left[2\pi\left(ft-\dfrac{\frac{3}{4}\lambda}{\lambda}\right)+\phi\right]$

$$= A\cos\left(2\pi ft - \frac{3\pi}{2} + \phi\right)$$

$$y_{2P} = A\cos\left(2\pi ft - \frac{3\pi}{2} + \phi + \pi\right)$$

$$= A\cos\left(2\pi ft - \frac{\pi}{2} + \phi\right)$$

则反射波的表达式是

$$y_2 = A\cos\left[2\pi\left(ft + \frac{x - \frac{3}{4}\lambda}{\lambda}\right) - \frac{\pi}{2} + \phi\right]$$

$$= A\cos\left[2\pi\left(ft + \frac{x}{\lambda}\right) + \phi\right]$$

合成波的表达式（驻波）为

$$y = 2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\cos\left(2\pi ft + \phi\right)$$

在 $t = 0$ 时，$x = 0$ 处质点 $y_0 = 0$，$v_0 < 0$，

故 $\phi = \dfrac{1}{2}\pi$

因此，D 点处的合成振动方程为

$$y = 2A\cos\left(2\pi\frac{\frac{3\lambda}{4}-\frac{\lambda}{6}}{\lambda}\right)\cos\left(2\pi ft+\frac{\pi}{2}\right)$$

$$=\sqrt{3}A\sin 2\pi ft$$

4．两列波在一根很长的细绳上传播，它们的波动方程分别为

y_1=0.06cos($\pi x-4\pi t$)(SI)，

y_2=0.06cos($\pi x+4\pi t$)(SI)。

(1)试证明绳子将作驻波式振动，并求波节、波腹的位置；

(2)波腹处的振幅多大? x=1.2m 处振幅多大?

【解题过程】（1）细绳的合振动为

$$y = y_1 + y_2$$

$$= 0.06\cos\left(\pi x - 4\pi t\right) + 0.06\cos\left(\pi x + 4\pi t\right)$$

$$= 0.12\cos\pi x\cos 4\pi t$$

为驻波方程。

波节位置应满足

$$\pi x = \left(k + \frac{1}{2}\right)\pi, k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots,$$

由此解得波节位置

$$x = k + \frac{1}{2}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

波腹位置应满足 $\pi x = k\pi, k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots,$

由此解得波腹位置 $x = k, k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$

（2）波腹处的振幅为 0.12m；在 x =1.2m 处振幅为

$$\left|0.12\cos\pi x\right| = \left|0.12\cos 1.2\pi\right| = 0.097m$$

大物 B 第四次网上作业（7~8 章）

一、判断正误

1.驻波中，相邻的两个波节之间的距离是$\frac{\lambda}{2}$。

【解题过程】驻波中相邻波腹或波节间距为$\frac{\lambda}{2}$，故 T。

2.在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动、振幅不同，相位不同。

【解题过程】驻波是介质的分段振动，相邻波节之间各点振动同相，故 F。

3.当一平面简谐机械波在弹性媒质中传播时，媒质质元的振动动能增大时，媒质质元的振动动能和弹性势能的相位在任一时刻都相同，但二者的数值不相等。

【解题过程】在平面简谐波中，质量元的动能、势能和总机械能都随时间和空间周期性变化，每一时刻动能和势能都具有相等的数

值，故 F。

4.波源不动时，波源的振动周期与波动的周期在数值上是不同的。

【解题过程】F。

5.由波动方程可得波传播路径上任意点的振动方程。

【解题过程】只要将任意点的坐标代入波动方程，就可得到该点的振动方程，故 T。

6.波动方程 $y = A\cos\left(\omega t + 2\pi\dfrac{x}{\lambda} + \varphi\right)$，表示该波向 $-x$ 方向传播。

【解题过程】表示所建 x 轴与波速方向相反，故 T。

7.当机械波在媒质中传播时，一媒质质元的最大变形量发生在媒质质元离开其平衡位置 $\dfrac{\sqrt{2}A}{2}$ 处（A 是振动振幅）.

【解题过程】当机械波在媒质中传播时，一媒质质元的最大变形量发生在媒质质元在其平衡位置处，故 F。

8.一平面简谐波在弹性媒质中传播，在媒质质元从最大位移处回到平衡位置的过程中，它的动能转换成势能。

【解题过程】波的能量变化和振动不一样，在波传播过程中，媒质质元在平衡位置时，动能、势能和总机械能最大。媒质质元在最大位移处，三者均为零。所以波的每个质元都是不断从前一个质元吸收能量，然后传给下一个质元。故 F。

9.简谐振动的动能与势能同相变化。

【解题过程】在简谐振动过程中，系统的动能和势能相互转换，在整个过程中系统的机械能守恒。在波动中，动能和势能同相变化。故 F。

10.一平面简谐波行波，其波速不等于波源的振动速度，也不等于相速。

【解题过程】与质点在各自平衡位置附近振动的速度有完全不同的意义，波速是相位传播的速度，不是质点振动的真实运动速度。故 F。

11.波源振动的速度与波速相同。

【解题过程】与质点在各自平衡位置附近振动的速度有完全不同的意义，波速是相位传播的速度，不是质点振动的真实运动速度。故 F。

12.两列简谐平面波在空间相遇时一定会产生干涉现象。

【解题过程】波的相干条件为：频率相同、振动方向相同、相位差恒定，故 F。

13.简谐振动就是逆时针转动的匀速率圆周运动。

【解题过程】我们可以通过匀速率圆周运动来研究简谐振动，即旋转矢量法，匀速率圆周运动在 x 或 y 方向上的投影均为简谐振动，故 F。

14.孤立简谐振动系统的动能与势能反相变化。

【解题过程】孤立简谐振动，机械能守恒，动能势能反相变化，故 T。

15.在简谐波传播过程中，沿传播方向相距 $\frac{\lambda}{2}$（λ 为波长）的两点的振动速度必定大小相同，而方向相反。

【解题过程】波程差为半个波长，则相位相差为 π，为反相关系，振动速度必定大小相同，方向相反，故 T。

16.在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动，振幅相同，相位相同。

【**解题过程**】在驻波中，两个相邻波节之间各点振动同相，位移同号，但不相等，故 F。

17.由波动方程可得波传播路径上任意点的振动方程。

【**解题过程**】只要将任意点的坐标代入波动方程，就可得到该点的振动方程，故 T。

18.当机械波在媒质中传播时，一媒质质元的最大变形量发生在，媒质质元离开其平衡位置最大位移处。

【**解题过程**】当机械波在媒质中传播时，一媒质质元的最大变形量发生在媒质质元在其平衡位置处，故 F。

19.单摆的运动就是简谐振动。

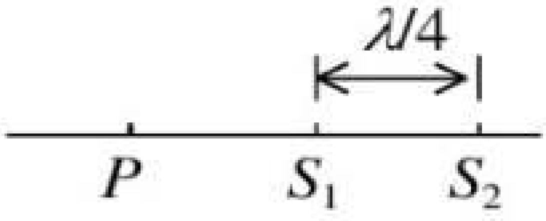
【**解题过程**】单摆的运动不是简谐振动，只有小于 5° 的单摆运动才可近似地看为简谐振动。故 F。

20.在平面简谐行波中，波动介质元的机械能守恒，动能和势能反相变化。

【解题过程】在简谐振动过程中，系统的动能和势能相互转换，在整个过程中系统的机械能守恒。在波动中，动能和势能同相变化。故 F。

二、选择题

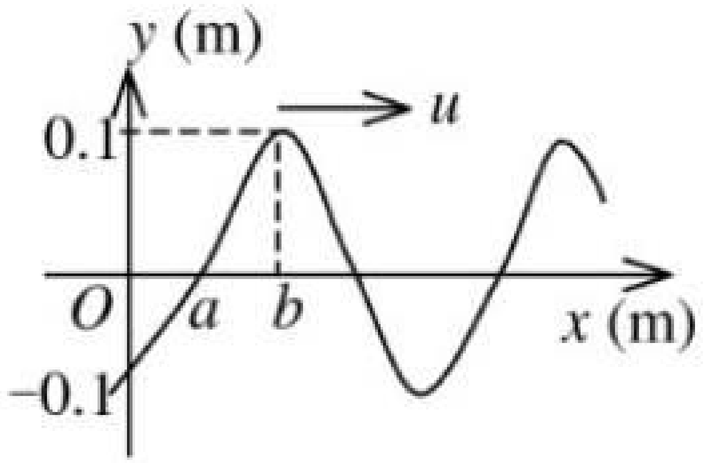
1.两相干波源S_1和S_2相距$\dfrac{\lambda}{4}$，（λ为波长），S_1的相位比S_2的相位超前$\dfrac{1}{2}\pi$，在S_1，S_2的连线上，外侧各点（例如 P 点）两波引起的两谐振动的相位差是：（　　）



A π　　　　B $\dfrac{3}{2}\pi$　　　　C $\dfrac{1}{2}\pi$　　　　D 0

【解题过程】$\Delta\phi=\dfrac{1}{2}\pi+\dfrac{\frac{\lambda}{4}}{\lambda}\times 2\pi=\pi$，选 A。

2. 一平面简谐波的表达式为 $y=0.1\cos(3\pi t-\pi x+\pi)$，$t=0$ 时的波形曲线如图所示，则（　　）



A a、b 两点间相位差为 $\frac{1}{2}\pi$

B 波速为 9m/s

C 波长为 3m

DO 点的振幅为-0.1m

【解题过程】 波动方程的标准形式为 $y=A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$，将表达式改写成标准形式，即

$$y=0.1\cos(3\pi t-\pi x+\pi)$$

$$= 0.1\cos\left[3\pi\left(t - \frac{x}{3}\right) + \pi\right],$$

故 $A = 0.1m$， $\omega = 3\pi$， $\varphi = \pi$，

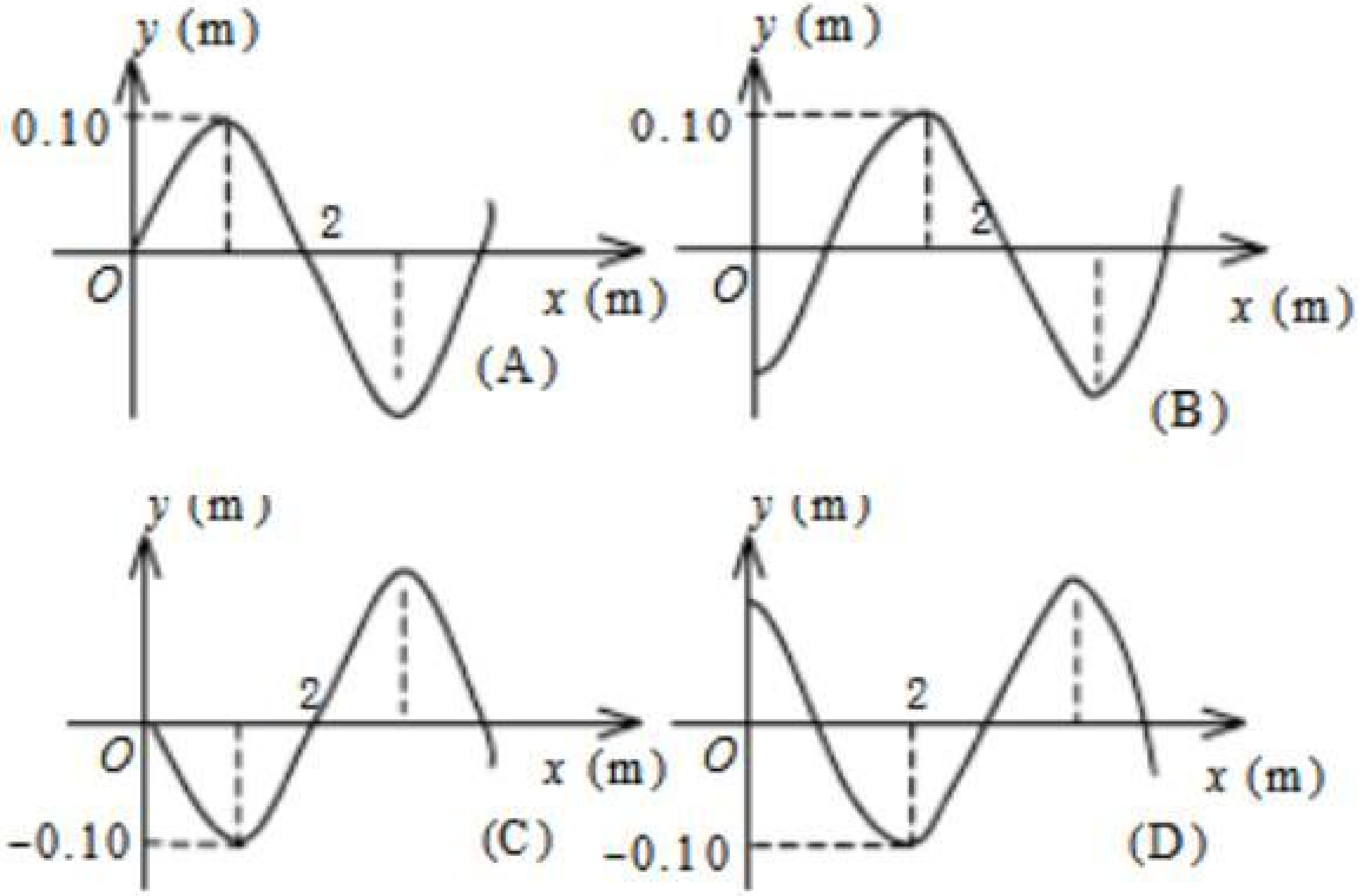
$u = 3m/s$，$\lambda = 2m$，a、b 两点间相位差

为 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}$，故选 A。

3.一平面简谐波沿 Ox 正方向传播，波动表

达式为 $y = 0.10\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{2} - \frac{x}{4}\right) + \frac{\pi}{2}\right]$（SI），

该波在 $t = 0.5s$ 时刻的波形图是（　　）



【解题过程】 $t = 0.5s$ 时

$$y = 0.10\cos\left[2\pi\left(\frac{0.5}{2} - \frac{x}{4}\right) + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$= 0.10\cos\left(\pi - \frac{\pi}{2}x\right),$$

当 $x = 2$ 时， $y = 0.1$； $x = 0$ 时 $y = -0.1$，

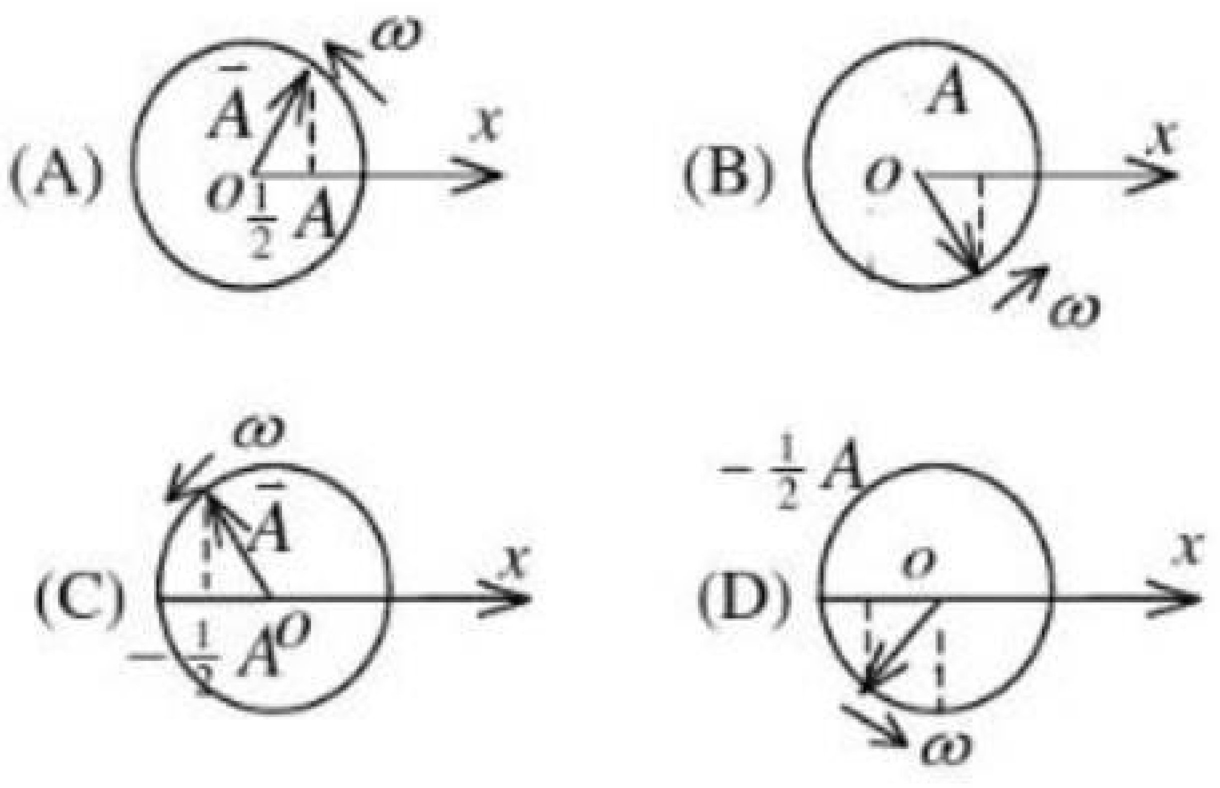
选 B。

4.把单摆摆球从平衡位置向位移正方向拉开，使摆线与竖直方向成一微小角度θ，然后由静止放手任其振动，从放手时开始计时。若用余弦函数表示其运动方程，则该单摆振动的初相为（　　）

A $\frac{\pi}{2}$　　　B θ　　　C 0　　　D π

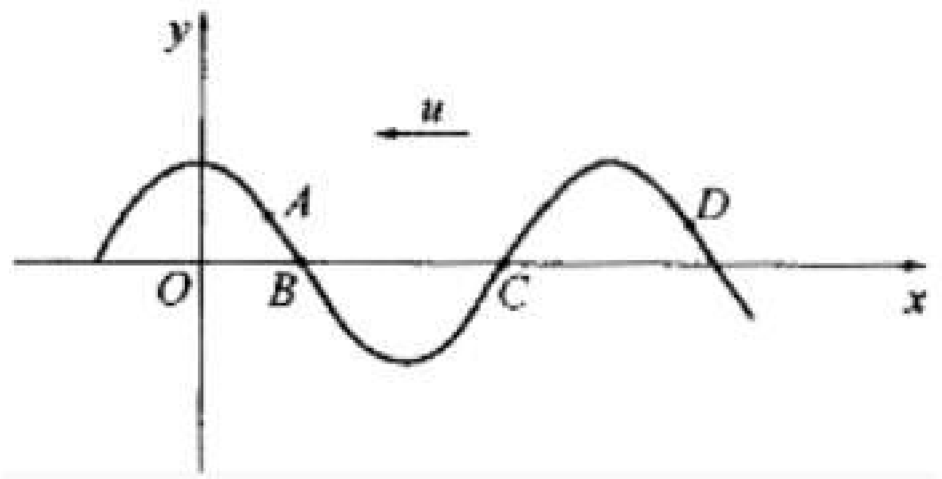
【解题过程】 由已知条件可知初始时刻的位移正向最大，利用旋转矢量图可知，初相相位为 0，选 C。

5.一个质点作简谐振动，振幅为 A，在起始时刻质点的位移为 $A/2$，且向 x 轴的正方向运动，代表此简写振动的旋转矢量图为（　　）



【解题过程】选 B。

6.横波以波速 u 沿 x 轴负方向传播，t 时刻波形曲线如图。则该时刻（　　）



A A 点振动速度大于零

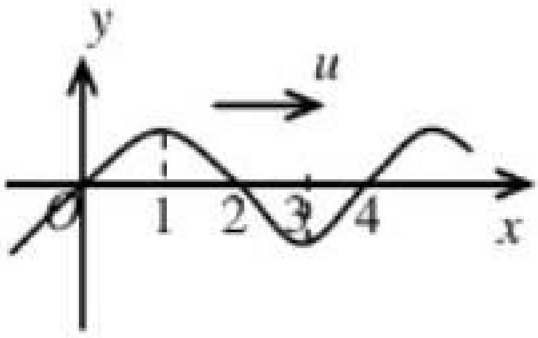
B D 点振动速度小于零

C B 点静止不动

D C 点向下运动

【解题过程】由波形曲线可知 A 点振动速度小于零，D 点振动速度小于零，B 点振动速度小于零，C 点向上运动，故选 B。

7.图示一沿 x 轴正向传播的平面简谐波在 $t=0$ 时刻的波形。若振动以余弦函数表示，且此题各点振动初相取 $-\pi$ 到 π 之间的值，则（　　）



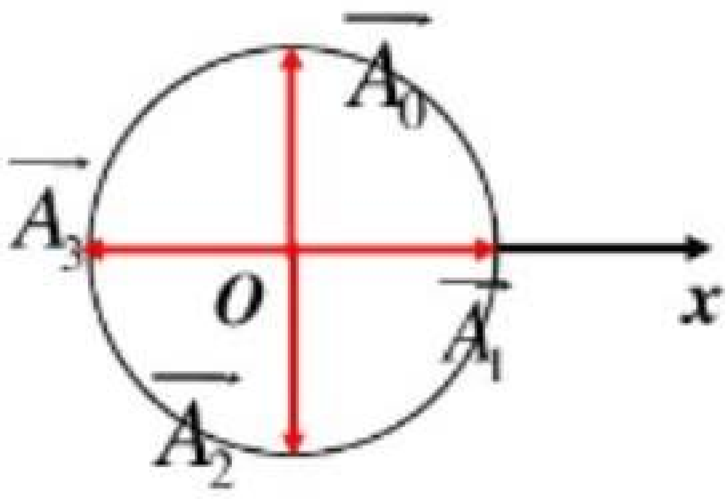
A2 点的初相为 $\varphi_2=0$

B1 点的初相为 $\varphi_1=0$

C0 点的初相为$\varphi_0 = -\frac{1}{2}\pi$

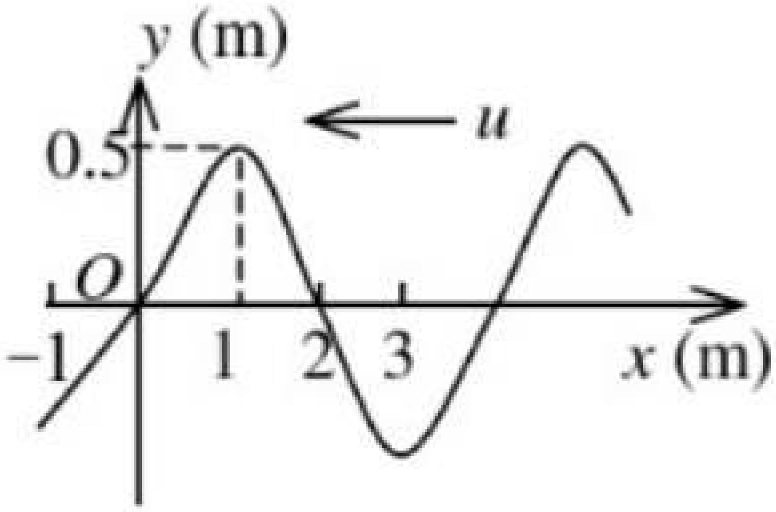
D3 点的初相为$\varphi_3 = 0$

【解题过程】$t = 0$时刻各旋转矢量位置如图所示



$\varphi_0 = \frac{1}{2}\pi$，$\varphi_1 = 0$，$\varphi_2 = -\frac{\pi}{2}$，$\varphi_3 = \pi$，选B。

8. 一沿 x 轴负方向传播的平面简谐波在 $t = 2s$ 时的波形曲线如图所示，已知波速 $u = 1m/s$，则原点 O 的振动方程为（　　）



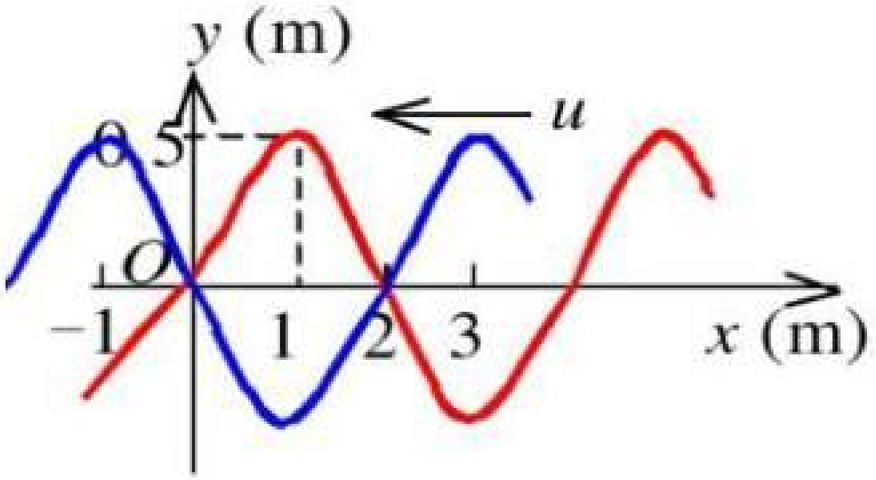
A $y=0.50\cos\left(\frac{1}{2}\pi t+\frac{1}{2}\pi\right)$（SI）

B $y=0.50\cos\left(\frac{1}{2}\pi t-\frac{1}{2}\pi\right)$（SI）

C $y=0.50\cos\left(\pi t+\frac{1}{2}\pi\right)$（SI）

D $y=0.50\cos\left(\frac{1}{4}\pi t+\frac{1}{2}\pi\right)$（SI）

【解题过程】$T=\frac{\lambda}{u}=4s$，$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{1}{2}\pi$，根据波速方向和周期可知$t=0$时波形图为蓝色图形，则初相为$\frac{\pi}{2}$，选 A。



9.在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动（　　）

A 振幅不同，相位不同

B 振幅相同，相位不同

C 振幅不同，相位相同

D 振幅相同，相位相同

【解题过程】在驻波中，相邻波节之间各点振动同相，但振幅不同，选 C。

10.一平面简谐波在弹性媒质中传播，在某一瞬时，媒质中某质元正处于平衡位置，此时它的能量是（　　）

A 动能为零，势能最大

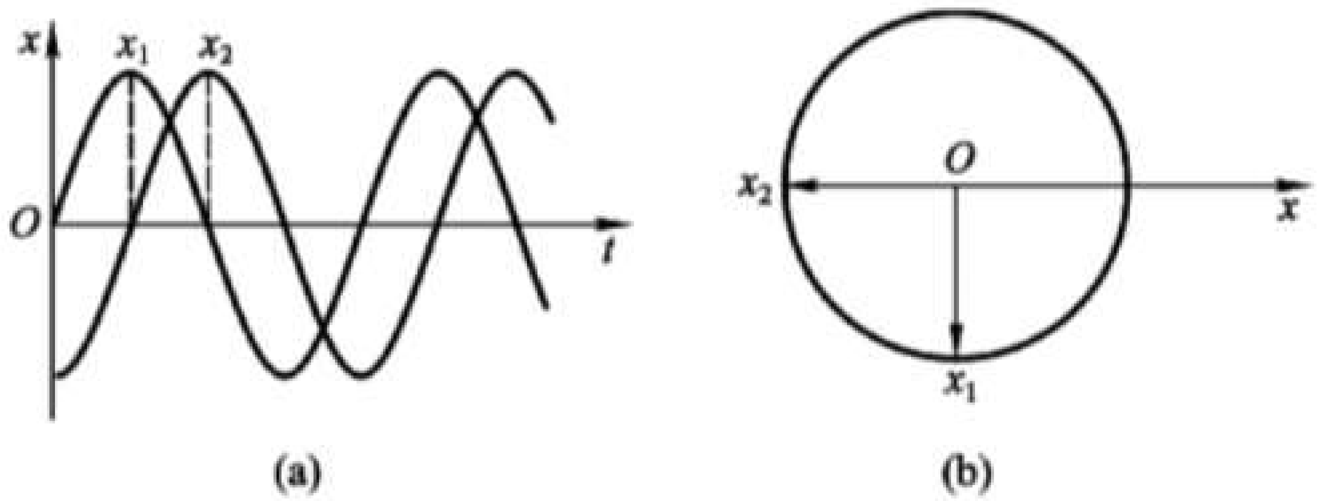
B 动能为零，势能为零

C 动能最大，势能为零

D 动能最大，势能最大

【解题过程】在平面简谐波中，每一时刻动能和势能都相同，在平衡位置时，动能和势能都有最大值，选 D。

11.两个同周期简谐振动曲线如图所示。x_1 的相位比 x_2 的相位（　　）



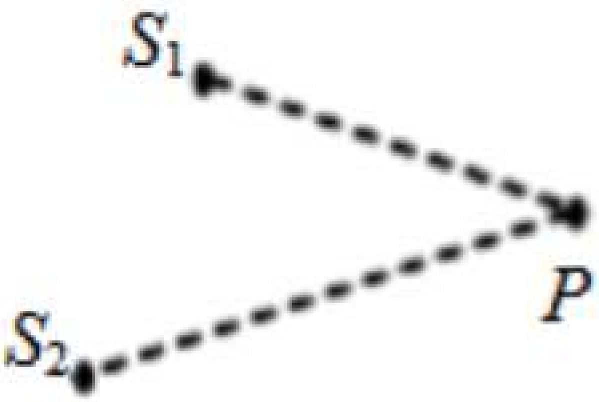
A 落后 $\frac{\pi}{2}$　　　B 超前 $\frac{\pi}{2}$

C 超前 π　　　D 落后 π

【解题过程】由振动曲线图作出相应的旋转矢量图（b），即可得 x_1 的相位比 x_2 的相位超

前$\dfrac{\pi}{2}$，选 B。

12.如图所示，S_1和S_2为两相干波源，它们的振动方向均垂直于图面，发出波长为λ的简谐波，P 点是两列波相遇区域中的一点。已知$\overline{S_1P}=2\lambda$，$\overline{S_2P}=2.2\lambda$，两列波在 P 点发生相消干涉。若$S_1$的振动方程为$y_1=A\cos\left(2\pi t+\dfrac{1}{2}\pi\right)$，则$S_2$的振动方程为（　　）



A $y_2=A\cos\left(2\pi t-\pi\right)$

B $y_2=A\cos\left(2\pi t-\dfrac{1}{2}\pi\right)$

C $y_2 = A\cos\left(2\pi t + \frac{1}{2}\pi\right)$

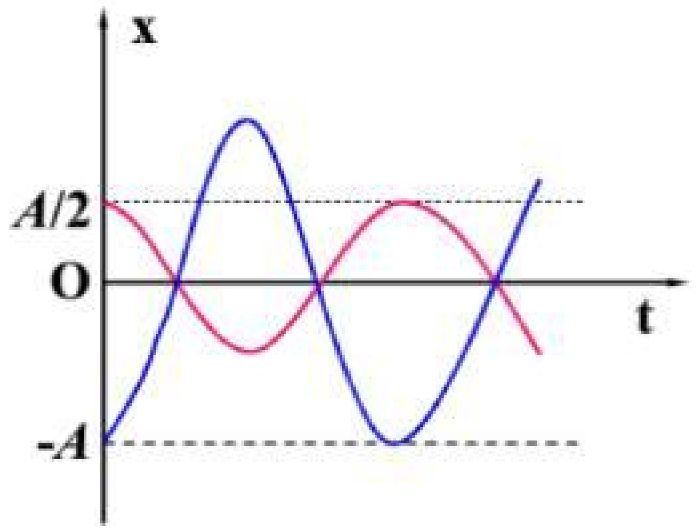
D $y_2 = 2A\cos(2\pi t - 0.1\pi)$

【解题过程】 设 S_2 的振动方程为 $y_2 = A\cos(2\pi t + \varphi_2)$，在 P 点两波的相位差为

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi\frac{S_2P - S_1P}{\lambda}$$
$$= \varphi_2 - \frac{\pi}{2} - 2\pi\frac{2.2\lambda - 2\lambda}{\lambda} = \pi,$$

解得 $\varphi_2 = 1.9\pi$，可记为 $\varphi_2 = -0.1\pi$，选 D。

13.图中所画的是两个简谐振动的振动曲线，若这两个简谐振动可叠加，则合成的余弦振动的初相为（　　）



A $\frac{3}{2}\pi$　　B π　　C 0　　D $\frac{1}{2}\pi$

【解题过程】由图知 $x_1 = \frac{A}{2}\cos\omega t$，

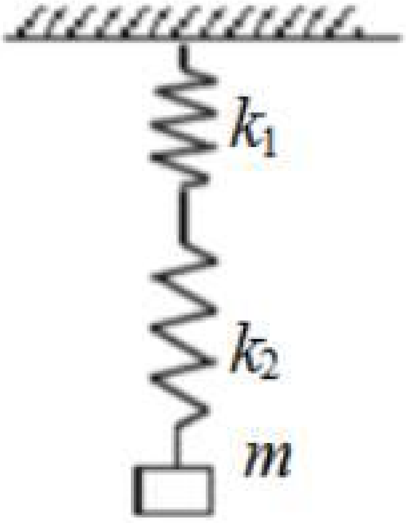
$x_2 = -A\cos\omega t$，所以合振动为

$$x = x_1 + x_2 = \frac{A}{2}\cos\omega t - A\cos\omega t$$

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

故初相为 π，选 B。

14.劲度系数分别为 k_1 和 k_2 的两个轻弹簧串联在一起，斜面挂着质量为 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 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_1+k_2}}$

B $T=2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k_1+k_2}}$

C $T=2\pi\sqrt{\dfrac{m\left(k_1+k_2\right)}{2k_1k_2}}$

D $T=2\pi\sqrt{\dfrac{m\left(k_1+k_2\right)}{k_1k_2}}$

【解题过程】两根弹簧串联，其总劲度系数 $k=\dfrac{k_1k_2}{k_1+k_2}$，根据弹簧振子周期公式 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$，代入 $k=\dfrac{k_1k_2}{k_1+k_2}$ 得

$T=2\pi\sqrt{\dfrac{m\left(k_1+k_2\right)}{2k_1k_2}}$，选 C。

15. 机械波的表达式为 $y=0.03\cos 6\pi\left(t+0.01x\right)$（SI），则（ ）

A 其振幅为 3m

B 其波速为 10m/s

C 波沿 x 轴正向传播

D 其周期为 $\dfrac{1}{3}s$

【解题过程】波动方程的标准形式为 $y=A\cos\left[\omega\left(t-\dfrac{x}{u}\right)+\varphi\right]$，将表达式改写成标准形式，即 $y=0.03\cos 6\pi\left(t+0.01x\right)$

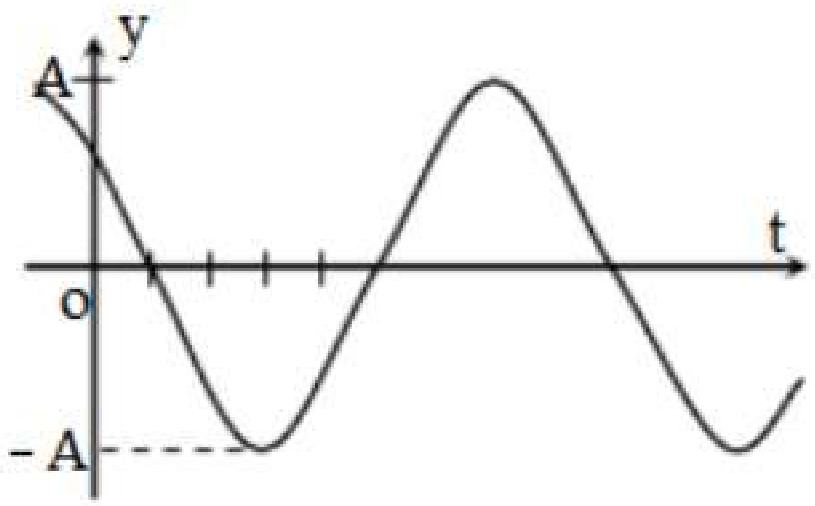
$=0.03\cos 6\pi\left(t+\dfrac{x}{100}\right)$，故 $A=0.03m$，

$u=100m/s$，

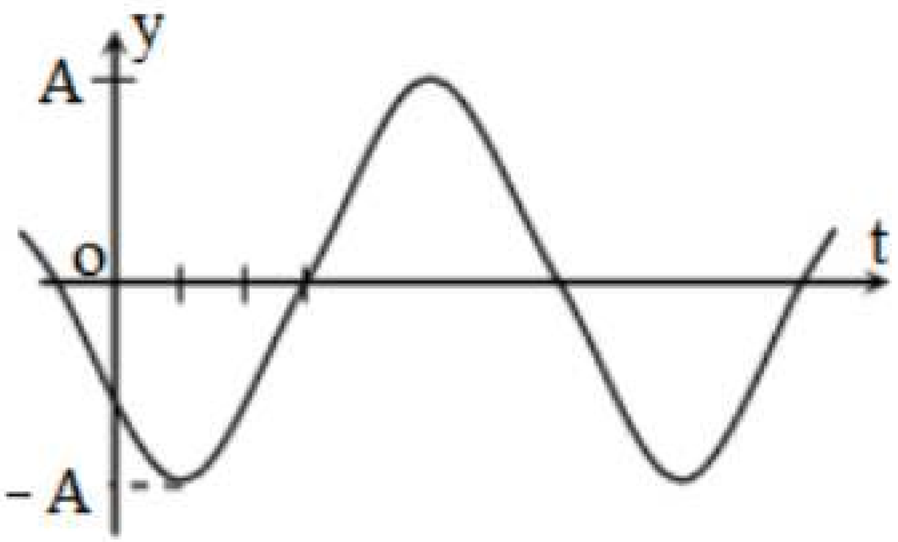
$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{6\pi}=\frac{1}{3}s$，波沿 x 轴负方向传播，

选 D。

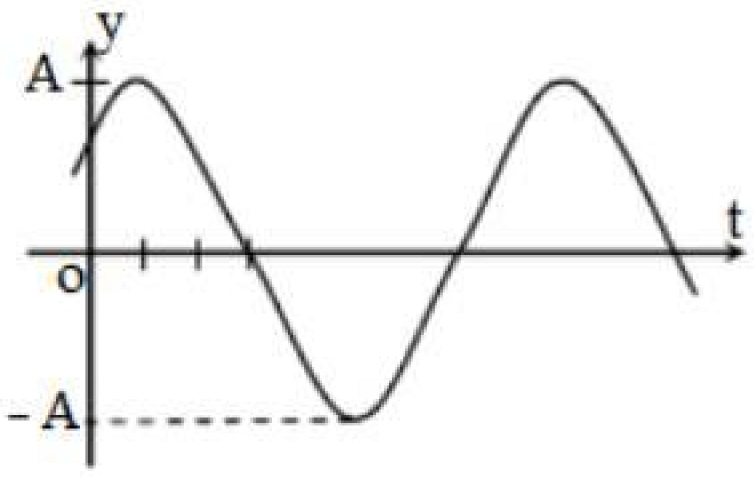
16.已知一质点沿 y 轴作简谐振动，其振动方程为 $y=A\cos\left(\omega t+\frac{3\pi}{4}\right)$，与之对应的振动曲线是（　　）



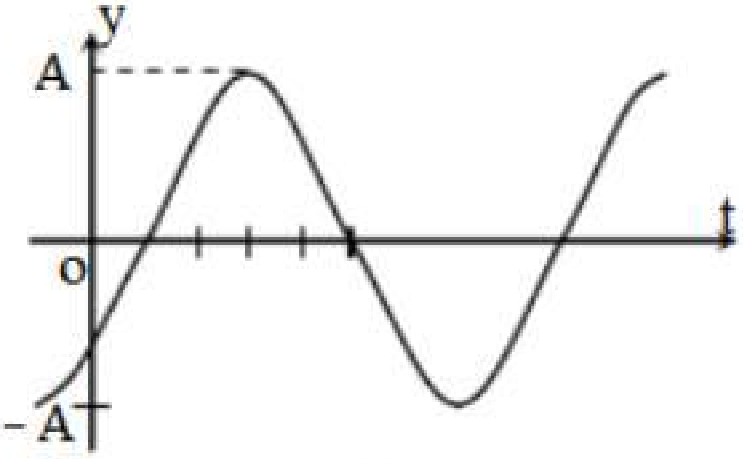
（A）



（B）



（C）



（D）

【解题过程】$t=0$ 时 $y=-\frac{\sqrt{2}}{2}A$；

$t=\frac{T}{4}=\frac{\pi}{2\omega}$ 时 $y=-\frac{\sqrt{2}}{2}A$，选 B。

17.两个质点各自作简谐振动，它们的振幅相同、周期相同。第一个质点的振动方程为 $x_1=A\cos(\omega t+\alpha)$。当第一个质点从相对于其平衡位置的正位移处回到平衡位置时，

第二个质点正在最大正位移处。则第二个质点的振动方程为（　　）

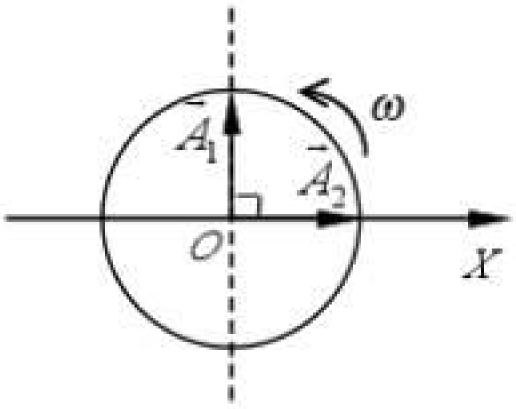
A $x_2 = A\cos\left(\omega t + \alpha - \frac{1}{2}\pi\right)$

B $x_2 = A\cos\left(\omega t + \alpha - \frac{3}{2}\pi\right)$

C $x_2 = A\cos(\omega t + \alpha + \pi)$

D $x_2 = A\cos\left(\omega t + \alpha + \frac{1}{2}\pi\right)$

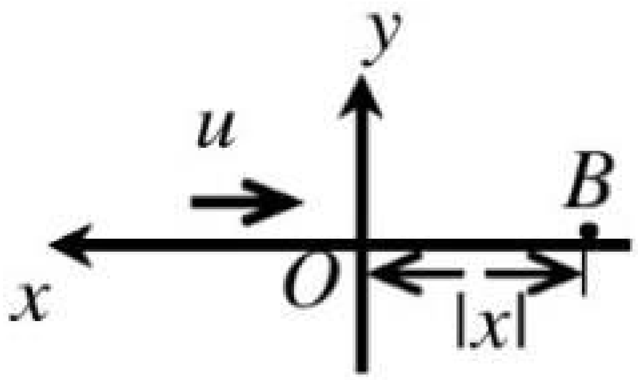
【解题过程】可画出这两个振动的旋转矢量图



可 看 出 这 两 个 振 动 的 相 位 差 为

$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=-\frac{1}{2}\pi$，因此选 A。

18.如图所示，有一平面简谐波沿 x 轴负方向传播，坐标原点 O 的振动规律为 $y=A\cos\left(\omega t+\phi_0\right)$，则 B 点的振动方程为（　　）



A $y=A\cos\left(\omega t-(x/u)+\phi_0\right)$

B $y=A\cos\omega\left[t+(x/u)\right]$

C $y=A\cos\left(\omega\left[t-(x/u)\right]+\phi_0\right)$

D $y=A\cos\left(\omega\left[t+(x/u)\right]+\phi_0\right)$

【解题过程】波向右传播，若向右为沿 x 轴正向，则波动方程为

$y = A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi_0\right]$，现向左为 x 轴正向，则代入 $x=-x$ 可得 B 点的振动方程为

$$y = A\cos\left[\omega\left(t-\frac{-x}{u}\right)+\varphi_0\right]$$

$$= y = A\cos\left(\omega\left[t+\left(x/u\right)\right]+\phi_0\right)$$

选 D。

19.轻弹簧上端固定，下系一质量为 m_1 的物体，稳定后在 m_1 下边又系一质量为 m_2 的物体，于是弹簧又伸长了 Δx 。若将 m_2 移去，并令其振动，则振动周期为（　　）

A $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_1\Delta x}{m_2 g}}$

B $T=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m_1\Delta x}{m_2 g}}$

C $T=2\pi\sqrt{\frac{m_2\Delta x}{(m_1+m_2)g}}$

D $T=2\pi\sqrt{\frac{m_2\Delta x}{m_1 g}}$

【解题过程】设弹簧的劲度系数为k，由题意，$m_2 g=k\cdot\Delta x$，所以$k=\frac{m_2 g}{\Delta x}$。弹簧振子由弹簧和m_1组成，振动周期为

$T=2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}=2\pi\sqrt{\frac{m_1\Delta x}{m_2 g}}$，选A。

20.在下面几种说法中，正确的说法是（　　）

A 波源振动的速度与波速相同

B 波源不动时，波源的振动周期与波动的周期在数值上是不同的

C 在波传播方向上的任一质点的振动相位总

是比波源的相位超前，（按差值不大于π计）

D 在波传播方向上的任一质点振动相位总是比波源的相位滞后（按差值不大于π计）

【解题过程】（A）波源振动的速度与波速完全不同。（B）波动的周期在数值上等于波源的振动周期。（C）（D）中，在波传播方向上，质点振动的相位依次落后，所以任一点的振动相位都落后于波源的相位，所以选 D。

21.在波长为λ的驻波中，两个相邻波腹之间的距离为（　　）

A λ　　B $3\lambda/4$

C $\lambda/2$　　D $\lambda/4$

【解题过程】在驻波中，相邻波节或波腹间距为$\lambda/2$，选 C。

22.在简谐波传播过程中，沿传播方向相距为 $\frac{1}{2}\lambda$（λ 为波长）的两点的振动速度必定（　　）

A 大小不同，方向相同

B 大小不同，而方向相反

C 大小相同，而方向相反

D 大小和方向均相同

【解题过程】波程差为半个波长，则相位相差为 π，为反相关系，振动速度必定大小相同，方向相反，选 C。

23. 若在弦线上的驻波表达式是 $y=0.20\sin 2\pi x\cos 20\pi t$，则形成该驻波的两个反向进行的行波为（　　）

A $y_1=0.10\cos\left[2\pi(10t-x)+0.75\pi\right]$,

$y_2=0.10\cos\left[2\pi(10t+x)+0.75\pi\right]$

B $y_1 = 0.10\cos\left[2\pi(10t - x) + \frac{1}{2}\pi\right]$,

$y_2 = 0.10\cos\left[2\pi(10t + x) + \frac{1}{2}\pi\right]$

C $y_1 = 0.10\cos\left[2\pi(10t - x) + \frac{1}{2}\pi\right]$,

$y_2 = 0.10\cos\left[2\pi(10t + x) - \frac{1}{2}\pi\right]$

D $y_1 = 0.10\cos\left[2\pi(10t - x) - 0.50\pi\right]$,

$y_2 = 0.10\cos\left[2\pi(10t + x) + 0.75\pi\right]$

【解题过程】选 C。

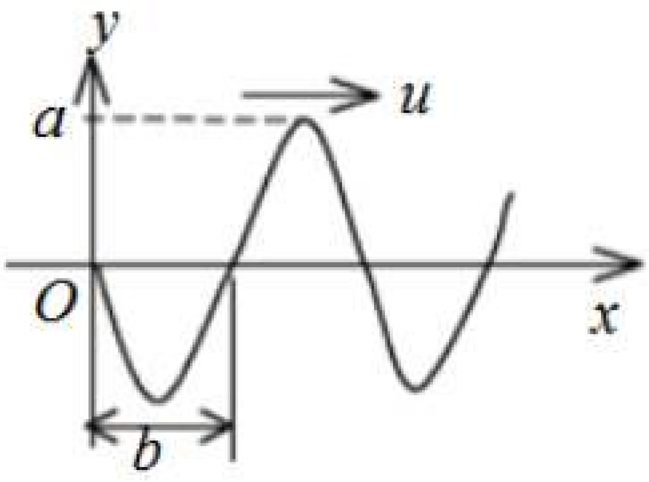
24.一质点作简谐振动，周期为T，当它由平衡位置向x轴正方向运动时，从二分之一最大位移处到最大位移处这段路程所需的时间为（　　）

A $T/4$　　　B $T/8$

C $T/6$　　　D $T/12$

【解题过程】$\dfrac{\Delta\varphi}{2\pi}=\dfrac{\pi/3}{2\pi}=\dfrac{\Delta t}{T}$，解得 $\Delta t=\dfrac{T}{6}$，选 C。

25.一平面简谐波以速度 u 沿 x 轴正方向传播，在 $t=t'$ 时波形曲线如图所示。则坐标原点 O 的振动方程为（　　）



A $y=a\cos\left[\pi\dfrac{u}{b}(t+t')+\dfrac{\pi}{2}\right]$

B $y=a\cos\left[2\pi\dfrac{u}{b}(t-t')-\dfrac{\pi}{2}\right]$

C $y=a\cos\left[\pi\dfrac{u}{b}(t-t')+\dfrac{\pi}{2}\right]$

D $y=a\cos\left[\pi\frac{u}{b}(t-t')-\frac{\pi}{2}\right]$

【解题过程】令波的表达式为

$$y=a\cos\left[2\pi\left(\nu t-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi\right],$$

当 $t=t'$ 时，$y=a\cos\left[2\pi\left(\nu t'-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi\right]$，

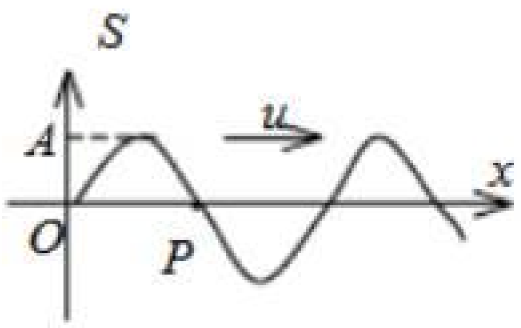
由图知，此时 $x=0$ 处的初相 $2\pi\nu t'+\varphi=-\frac{\pi}{2}$，所以 $\varphi=-\frac{\pi}{2}-2\pi\nu t'$

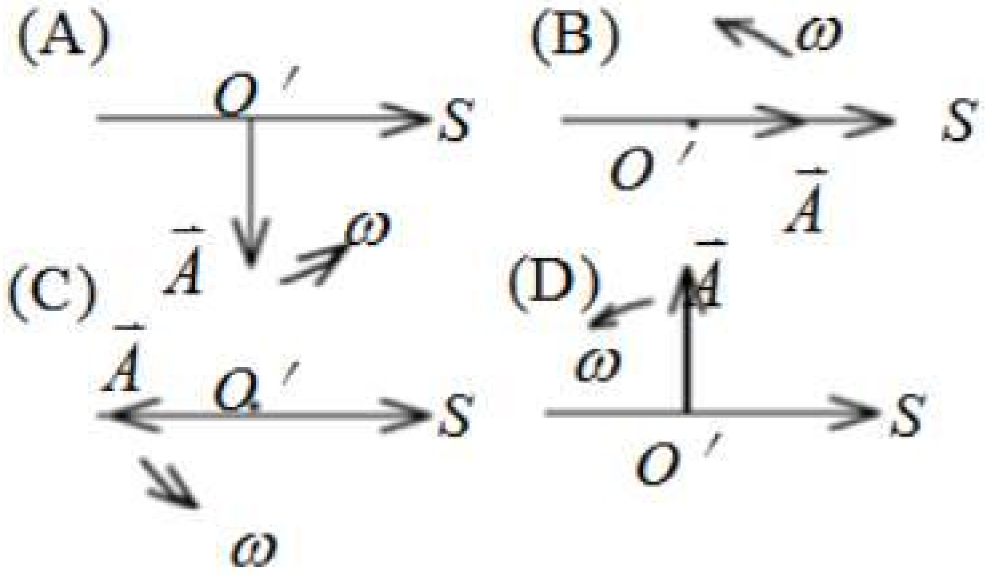
由图得 $\lambda=2b$，$\nu=\frac{u}{\lambda}=\frac{u}{2b}$，故 $x=0$ 处

$$y=a\cos[2\pi\nu t+\varphi]=a\cos\left[\pi\frac{u}{b}(t-t')-\frac{\pi}{2}\right]$$

选 D。

26.一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，$t=0$ 时刻的波形图如图所示，则 P 处质点的振动 a 在 $t=0$ 时刻的旋转矢量图是（　　）





【解题过程】选 A。

27.一弹簧振子作简谐振动，当位移为振幅的一半时，其动能为总能量的（　　）

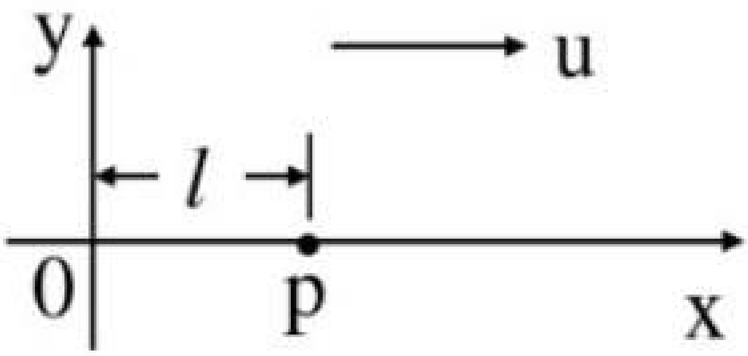
A $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$　　B $\dfrac{3}{4}$　　C $\dfrac{1}{2}$　　DB $\dfrac{1}{4}$

【解题过程】势能 $E_p=\frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2=\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{4}E$，故动能为总能量的$\frac{3}{4}$，选 B。

28.如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正向传播，

已知 P 点的振动方程为 $y = A\cos\left(\omega t + \phi_0\right)$，

则波的表达式为（　　）



A　$y = A\cos\left(\omega\left[t + (x - l)/u\right] + \phi_0\right)$

B　$y = A\cos\omega\left(t - x/u\right)$

C　$y = A\cos\left(\omega\left[t - x/u\right] + \phi_0\right)$

D　$y = A\cos\left(\omega\left[t - (x - l)/u\right] + \phi_0\right)$

【解题过程】 O 点比 P 点振动超前时间

$t' = \dfrac{x - l}{u}$，

故 $y = A\cos\left(\omega\left[t - (x - l)/u\right] + \phi_0\right)$，

选 D。

第 9 章 理想气体系统及其统计分布规律

填空题

1．理想气体的状态方程可以写为 $pV=\mu RT$，其中 μ 表示__________。

【解题过程】气体物质的量。

2.理想气体压强公式可以写为 $p=nkT$，其中 n 表示_____；k 为_____；其数值为______。

【解题过程】气体分子数密度；玻尔兹曼常量；$1.38\times10^{-23}J\cdot K^{-1}$。

3.理想气体的温度公式为_____；该式表明温度是_____。

【解题过程】$\overline{\varepsilon_t}=\dfrac{3}{2}kT$；温度是气体分子平均平动动能的量度。

4.理想气体分子的平均平动动能为_____；理

想气体分子的平均动能为_____；1mol 理想气体的内能为_____；μ 摩尔理想气体的内能为_____。

【解题过程】 $\overline{\varepsilon_t}=\frac{3}{2}kT$；$\overline{\varepsilon_k}=\frac{i}{2}kT$；$E=\frac{i}{2}RT$；$E=\mu\frac{i}{2}RT$。

5.麦克斯韦速率分布函数的定义式为_____，分布函数 $f(v)$ 为_____，其物理意义是_____。

【解题过程】

$$f(v)=\frac{dN}{Ndv}=4\pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}e^{-\frac{mv^2}{2kT}}\cdot v^2；$$

率分布函数；理意义为速率在 v 附近单位速率间隔内的分子数与分子总数的比值，即分子速率在该速率区间内的概率密度。

6.若理想气体系统分子总数为N，则由速率分布函数$f\left(v\right)$可知处于速率$v\sim v+dv$区间的分子数dN为______；速率$v_1\sim v_2$区间的分子数ΔN为______；分子速率处于速率$v_1\sim v_2$区间的概率为______。

【解题过程】 $dN=Nf\left(v\right)dv$；

$\Delta N=\int_{v_1}^{v_2}Nf\left(v\right)dv$；$\int_{v_1}^{v_2}f\left(v\right)dv$。

计算题

1.一容器内储有氧气，其压强$p=1.0atm$，温度$T=300K$，求容器内氧气的（1）分子数密度；（2）分子间的平均距离；（3）分子的平均平动动能；（4）分子的方均根速度。

【解题过程】（1）由$p=nkT$得

$$n=\frac{p}{kT}=\frac{1.01\times10^{5}}{1.38\times10^{-23}\times300}=2.44\times10^{25}m^{-3}$$

（2）由 $V_0=\frac{1}{n}=\frac{4}{3}\pi\left(\frac{\overline{d}}{2}\right)^3$，得分子间的平均距离

$$\overline{d}=\sqrt[3]{\frac{6}{n\pi}}=\sqrt[3]{\frac{6}{3.14\times2.45\times10^{25}}}$$
$$=4.28\times10^{-9}m$$

（3）分子平动平均动能

$$\overline{\varepsilon_t}=\frac{3}{2}kT=1.5\times1.38\times10^{-23}\times300$$
$$=6.21\times10^{-21}J$$

（4）分子的方均根速度

$$\sqrt{\overline{v^2}}=1.73\sqrt{\frac{RT}{M_{mol}}}=482.87m\cdot s^{-1}$$ 。

2.一直某种理想气体，其分子方均根速率为400m/s，当气体压强为 1atm 时，求气体的密

度。

【解题过程】因 $\rho=\dfrac{m}{V}$，由气体方程：

$$pV=\frac{m}{M_{mol}}RT\Rightarrow\rho=\frac{pM_{mol}}{RT},$$

又因 $\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\dfrac{3kT}{m}}=\sqrt{\dfrac{3RT}{M_{mol}}}$，

所以

$$\rho=\frac{3p}{\left(\sqrt{\overline{v^2}}\right)^2}=\frac{3\times1.013\times10^5}{400^2}=1.9kg/m^3$$

3.容器的体积为 $2V_0$，绝热板 C 将其隔为体积相等的 A、B 两个部分，A 内储有 1mol 单原子理想气体，B 内储有 2mol 双原子理想气体，A、B 两部分的压强均为 p_0。（1）求 A、B 两部分气体各自的内能；（2）现抽出绝热板 C，球两种气体混合后达到平衡时的压

强和温度。

【解题过程】（1）由想气体内能公式：

$$E=\nu\frac{i}{2}RT=\frac{i}{2}pV$$

故 $E_A=\frac{3}{2}p_0V_0$，$E_B=\frac{5}{2}p_0V_0$。

（2）初内能 $E_1=\frac{3}{2}p_0V_0+\frac{5}{2}p_0V_0=4p_0V_0$，

末内能 $E_2=\frac{3}{2}RT+2\times\frac{5}{2}RT=\frac{13}{2}RT$

因 $E_1=E_2$，故 $T=\frac{8p_0V_0}{13R}$，

$$p=nkT=\frac{3N_0}{2V_0}kT=\frac{3}{2V_0}RT$$

$$=\frac{3}{2V_0}R\times\frac{8p_0V_0}{13R}=\frac{12}{13}p_0$$ 。

第 10 章 热力学第一定律 卡诺循环

◆ 本章学习目标

1、理解功、热量、内能、准静态过程等概念。

2、理解并掌握热力学第一定律。

3、能分析、计算理想气体在各种等值过程和绝热过程中的功、热量、内能的改变量。

4、能分析、计算卡诺循环以及其他各种循环的效率。

◆ 填空题

1.完成下面表格

热力学过程	过程方程	热力学第一定律	内能增量 ΔE	功 W	热量 Q	摩尔热容 C
等体过程	$V=C$ $\left(\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}\right)$	$Q=W+\Delta E$	$\nu C_{V,m}\left(T_2-T_1\right)$	0	$\nu C_{V,m}\left(T_2-T_1\right)$	$C_{V,m}=\frac{i}{2}R$
等压过程	$p=C$ （$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$）	$Q=W+\Delta E$	$\nu C_{V,m}\left(T_2-T_1\right)$	$p\left(V_2-V_1\right)$	$\nu C_{p,m}\left(T_2-T_1\right)$	$C_{p,m}=\frac{i+2}{2}R$
等温过程	$pV=C$	$Q=W+\Delta E$	0	$\nu RT\ln\frac{V_2}{V_1}$	$\nu RT\ln\frac{V_2}{V_1}$	∞
绝热过程	$pV^{\gamma}=C$	$Q=W+\Delta E$	$\nu C_{V,m}\left(T_2-T_1\right)$	$-\nu C_{V,m}\left(T_2-T_1\right)$	0	0

2. $\begin{cases} \text{热机效率} \quad \eta = \dfrac{W_{净}}{Q_{吸}} = 1 - \dfrac{Q_2}{Q_1} \\ \text{制冷系数} \quad \varepsilon = \dfrac{Q_2}{W} \end{cases}$

$$\begin{cases} \eta = 1 - \dfrac{T_2}{T_1} \\ \varepsilon = \dfrac{T_2}{T_1 - T_2} \end{cases}$$

其中 Q_1 表示______________________________；

Q_2 表示______________________________；

W 表示______________________________；

T_1 表示______________________________；

T_2 表示______________________________。

【解题过程】Q_1 表示向高温热源吸收和放出热量的总和；Q_2 表示向低温热源吸收和放出热量的总和；W 表示外界对工质所作的

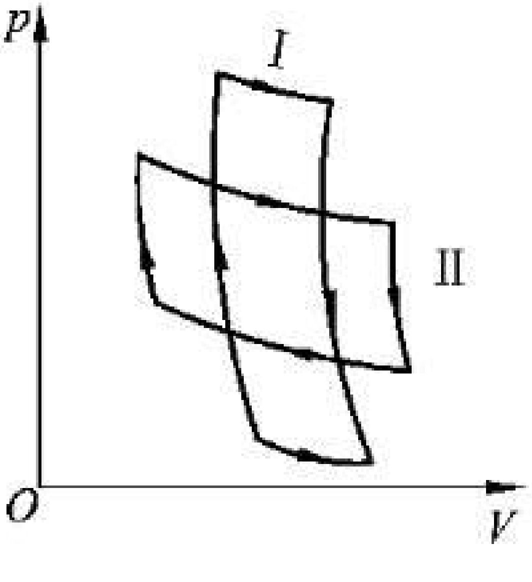
功；T_1 表示高温热源温度；T_2 表示低温热源温度。

3. $p-V$ 图上封闭曲线所包围的面积表示____________；

如果该面积越大，是否效率越高__________。

【解题过程】封闭曲线所包围的面积表示循环过程中所作的净功。由于$\eta=\dfrac{A_{净}}{Q_1}$，$A_{净}$面积越大，效率不一定高，因为η还与吸热Q_1有关。

4.两个卡诺循环如图所示，它们的循环面积相等，试问：



它们吸热和放热的差值是否相同__________；

对外作的净功是否相同__________；效率是

否相同__________。

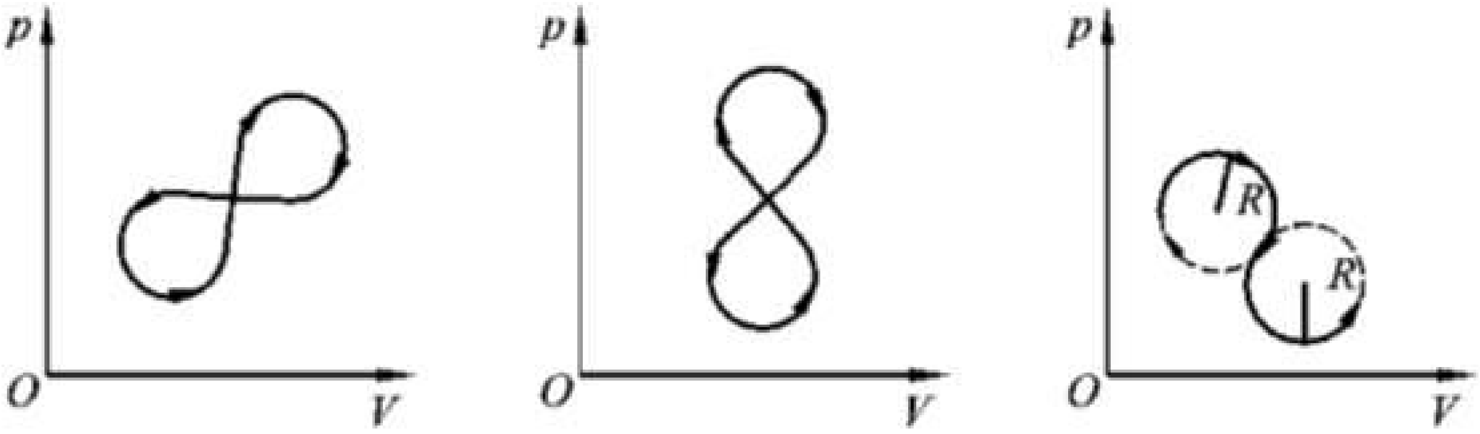
【解题过程】由于卡诺循环曲线所围的面积相等，系统对外所作的净功相等，也就是吸热和放热的差值相等。但效率不相同。

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$，$\eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1'}$，$T_1 > T_1'$，$T_2 < T_2'$，

$\frac{T_2}{T_1} < \frac{T_2'}{T_1'}$，所以$\eta > \eta'$。

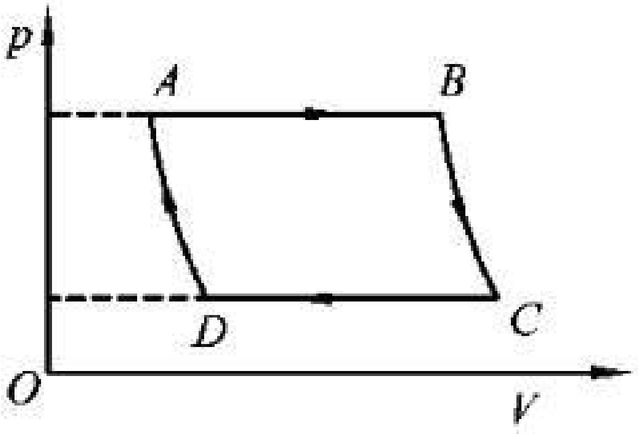
◆ 计算题

1.如图所示，有三个循环过程，指出每一循环过程所作的功是正的、负的，还是零，说明理由.



【解题过程】各图中所表示的循环过程作功都为 0,。因为各图中整个循环分两部分，各部分面积大小相等，而循环方向一个为逆时针，另一个为顺时针，整个循环过程作功为 0。

2.如图所示是一理想气体所经历的循环过程，其中 AB 和 CD 是等压过程，BC 和 DA 为绝热过程，已知 B 点和 C 点的温度分别为 T_2 和 T_3．求此循环效率．这是卡诺循环吗?



【解题过程】（1）热机效率$\eta = 1 - \dfrac{Q_2}{Q_1}$

AB 等压过程：吸热

$$Q_1 = \frac{M}{M_{mol}} C_p \left(T_B - T_A \right)$$

CD 等压过程：放热

$$Q_2 = \frac{M}{M_{mol}} C_p \left(T_C - T_D \right)$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A} = \frac{T_C \left(1 - T_D / T_C \right)}{T_B \left(1 - T_A / T_B \right)}$$

根据绝热方程可得：

DA 绝热过程： $p_A^{\gamma-1} T_A^{-\gamma} = p_D^{\gamma-1} T_D^{-\gamma}$

BC 绝热过程： $p_B^{\gamma-1} T_B^{-\gamma} = p_C^{\gamma-1} T_C^{-\gamma}$

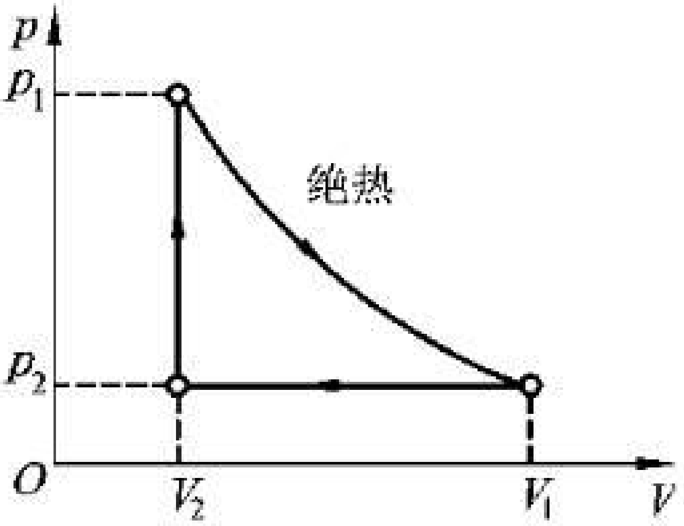
又 $p_A = p_B$， $p_C = p_D$， $\dfrac{T_D}{T_C} = \dfrac{T_A}{T_B}$

所以 $\dfrac{Q_2}{Q_1}=\dfrac{T_C-T_D}{T_B-T_A}=\dfrac{T_C\left(1-T_D/T_C\right)}{T_B\left(1-T_A/T_B\right)}=\dfrac{T_3}{T_2}$，

$\eta=1-\dfrac{Q_2}{Q_1}=1-\dfrac{T_3}{T_2}$。

（2）不是卡诺循环，因为不是工作在两个恒定的热源之间。

3.设有一以理想气体为工质的热机循环，如图所示．试



证其循环效率为 $\eta=1-\gamma\dfrac{\dfrac{V_1}{V_2}-1}{\dfrac{p_1}{p_2}-1}$

【解题过程】等体过程，吸热：

$$Q_1=\mu C_V\left(T_2-T_1\right)=C_V\left(\frac{p_1V_2}{R}-\frac{p_2V_2}{R}\right)$$

绝热过程：$Q_3 = 0$

等压压缩过程，放热：

$$Q_2 = \mu C_p \left(T_2' - T_1' \right)$$

$$\left| Q_2 \right| = \mu C_p \left(T_2' - T_1' \right)$$

$$= C_p \left(\frac{p_2 V_1}{R} - \frac{p_2 V_2}{R} \right)$$

循环效率：

$$\eta = 1 - \frac{\left| Q_2 \right|}{Q_1}$$

$$= 1 - \frac{C_p \left(p_2 V_1 - p_2 V_2 \right)}{C_V \left(p_1 V_2 - p_2 V_2 \right)} 。$$

$$= 1 - \gamma \frac{V_1 / V_2 - 1}{p_1 / p_2 - 1}$$

大物 B 第五次网上作业

一、判断题

1.第二类永动机不可能制成是因为违背了能量守恒定律。

【解题过程】第一类永动机不可能制成是因为违反了能量守恒定律，第二类永动机不可能制成是因为违反了热力学第二定律，故 F。

2.可逆过程一定是平衡过程。

【解题过程】过程是指系统从一个平衡状态向另一个平衡状态变化时经历的全部状态的总和。若系统从一个平衡状态连续经过无数个中间的平衡状态过渡到另一个平衡状态，即过程中系统偏离平衡状态无限小并且随时恢复平衡状态，这样的过程称为准平衡过程或准静态过程。如果系统经历了一个过程后，可沿原过程的路线反向进行，回复到原状态，而且不在外界留下任何影响，则该过程称为可逆过程。故 T。

3.内能是过程量，热量是状态量。

【解题过程】内能是状态量，热量是过程量。故 F。

4.当一个热力学系统处于非平衡态时，是不能用温度的概念来描述的。

【解题过程】温度是对热平衡态系统而言的，不适用于非平衡态，故 T。

5.一物质系统从外界吸收一定的热量，则系统的温度一定升高。

【解题过程】系统的温度可能增加，也可能减少或保持不变，故 F。

6.热力学第一定律表明：对于一个循环过程，外界对系统作的功一定等于系统传给外界的热量。

【解题过程】T。

7.对物体加热也可以不致升高物体的温度。

【解题过程】对一个物体持续加热时，温度是会不断升高的，但是当温度上升到物

体沸点或者熔点时，此时这个物体温度会一直保持不变，故 T。

8.根据热力学第二定律可知：热可以从高温物体传到低温物体，但不能从低温物体传到高温物体。

【解题过程】根据热力学第二定律的表述：热量不可能自发的从低温物体传向高温物体，但是在外界影响的情况下热量也可以从低温传向高温，比如空调，故 F。

9.第一类永动机不可能制成是因为违背了能量守恒定律。

【解题过程】第一类永动机不可能制成是因为违反了能量守恒定律，第二类永动机不可能制成是因为违反了热力学第二定律，故 T。

10.速率分布函数 $f(v)$ 的物理意义为具有速率 v 的分子占总分子数的百分比。

【解题过程】速率分布函数 $f(v)$ 的物理意义为速率分布在 v 附近的单位速率间隔中的

分子数占总分子数的百分比，故 F。

11.在 $p-v$ 图中，一条等温线与一条绝热线可以有两个交点。

【解题过程】假设一条等温线与一条绝热线有两个交点是成立的，则这条等温线与这条绝热线也构成一个可逆循环。此可逆循环的结果是可以制成从单一热源吸热并全部做功的热机，这是违反热力学第二定律的，是不可能实现的，所以这个假设是错误的，即一条等温线与一条绝热线只能有一个交点而不能有两个交点，故 F。

12.热力学第二定律可表述为效率等于 100% 的热机不可能制造成功。

【解题过程】T。

13.理想气体经等压压缩时，内能增加，同时吸热。这样的过程可能发生。

【解题过程】不可能，因为等压压缩时，温度降低，内能减少，外界对系统做正功，则气体放热而不可能吸热，故 F。

14.在 $p-v$ 图上，系统的某一平衡态用一个点来表示。

【解题过程】系统的某一平衡态用一个点来表示，系统的某一平衡过程用一条曲线来表示，故 T。

15.热机的效率都可表示为 $\eta=1-\frac{Q_2}{Q_1}$，式中 Q_2 表示热机循环中工作物质向外放出的热量（绝对值），Q_1 表示从各热源吸收的热量（绝对值）。

【解题过程】T。

16.热力学第二定律说明自动发生的热力学过程总是沿着无序度增加的方向进行。

【解题过程】热力学第二定律的微观意义：一切自然过程总是沿着无序性增大的方向进行，故 T。

17.理想气体的内能从 E_1 增大到 E_2 时，对应于等体、等压、绝热三种过程的吸收的热量相同。

【解题过程】三种过程温度变化相同，吸收热量并不相同，故 F。

18.气体的温度是分子平均平动动能的量度。

【解题过程】由公式$\dfrac{3}{2}kT=\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$可知，气体的温度是气体分子平均平动动能的量度，对个别分子来说它有温度是没有意义的，故 T。

19.在一定容积不变的封闭容器内理想气体分子的平均速率若提高为原来的 2 倍，则温度和压强都提高为原来的 2 倍。

【解题过程】理想气体分子的平均速率$\overline{v}=\sqrt{\dfrac{8kT}{\pi m}}$，如果平均速率提高为原来的 2 倍，则温度为原来的 4 倍；根据理想 气体状态方程：$p=nkT$，分子数密度n不变，那么压强也变为原来的 4 倍，故 F。

20.$\int_{v_1}^{v_2}vf\left(v\right)dv$，表示在速率$v_1\sim v_2$区间内分子的平均速率。

【解题过程】$v_1 \sim v_2$ 区间内分子数为 $\Delta N_{v_1 \sim v_2} = N\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv$，该区间内分子速率之和为 $\int vdN = N\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv$，所以该区间分子的平均速率为

$$\frac{\int vdN}{\Delta N_{v_1 \sim v_2}} = \frac{N\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv}{N\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv} = \frac{\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv},$$

故 F。

21.温度、压强相同的氦气和氧气，它们的分子的平均动能 $\bar{\varepsilon}$ 相等，而平均平动动能 $\bar{w}$ 不等。

【解题过程】由分子平均平动动能 $\bar{w} = \frac{3}{2}kT$ 知若温度相同则 $\bar{w}$ 相等。平均动能 $\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2}kT$，与 i 有关，对于氦气 $i = 3$，对于氧气 $i = 5$，因而 $\bar{\varepsilon}$ 不相等，故 F。

22.摩尔数相同的三种气体：He、N_2、CO_2（均视为刚性分子的理想气体），它们从相同的初态出发，都经历等体吸热过程，若吸取相同的热量，则三者的温度升高相同。

【解题过程】因为$\Delta E=\frac{M}{m}\frac{i}{2}R\Delta T=Q$，若$Q$相同，但自由度不同，故温度改变也不同，故F。

23.热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述是等价的，表明在自然界中与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的。

【解题过程】热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述是等价的，表明在自然界中与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的。开尔文表述指出了功变热的过程是不可逆的，克劳修斯表述指出了热传导的过程是不可逆的，故T。

24.1mol 单原子分子理想气体在定压温度增加ΔT时，内能的增量为

$$\Delta E = C_p \cdot \Delta T = \frac{5}{2} R\Delta T$$ 。

【解题过程】1mol 单原子分子理想气体在定压温度增加ΔT时，内能的增量为

$$\Delta E = C_V \cdot \Delta T = \frac{3}{2} R\Delta T$$，故 F。

25.热力学第一定律只适用于热力学系统的准静态过程。

【解题过程】我们把涉及热运动和机械运动范围的能量守恒定律称为热力学第一定律。无论是准静态过程还是非静态过程均是适用的，只是不同过程的定量化的具体形式不同，故 F。

26.最概然速率是气体速率分布中分子速率的最大值。

【解题过程】最概然速率是最概然速率附近单位速率区间内的分子数最多，故 F。

27.一定量的理想气体处于热动平衡状态时，此热力学系统的不随时间变化的物理量是压强、体积和气体分子运动速率。

【解题过程】.一定量的理想气体处于热动平衡状态时，此热力学系统的不随时间变化的物理量是压强、体积和温度，故 F。

28.系统经过一个正的卡诺循环后，系统本身没有任何变化。

【解题过程】系统经过一个正的卡诺循环后，系统本身没有任何变化，但此时系统对外界做了功，外界是有变化的，故 T。

29.理想气体的内能是温度的单值函数。

【解题过程】气体处于一定状态，它具有确定的温度，因此，对给定的气体就具有一定的内能，理想气体的内能是温度的单值函数，故 T。

30.热力学系统的状态发生变化时，其内能的改变量只决定于初末态的温度而与过程无关。

【解题过程】F。

31.在相同的高温热源和低温热源间工作的一切热机，其效率都相等。

【解题过程】在两个不同温度的恒温热源之间工作的所有热机中，以可逆热机的效率最高。在相同的高温热源和低温热源之间工作的一切可逆机，热效率相等，与其工质无关。在相同的高温热源和低温热源之间工作的一切不可逆机，其热效率低于可逆机的热效率，故 F。

32.理想气体的绝热自由膨胀过程是个平衡过程。

【解题过程】理想气体绝热自由膨胀过程是非准静态过程，除初末态外，系统每一时刻都处于非平衡态，故 F。

33.系统的某一平衡过程可用 $p-v$ 图上的一条曲线来表示。

【解题过程】T。

34.温度的高低反映物质分子运动剧烈程度的不同，从微观上看，每个气体分子运动的快慢决定于气体的温度。

【解题过程】气体的温度无法决定每个气体分子运动的快慢，故 F。

35.两条绝热线不可能相交。

【解题过程】两条绝热线如果能相交，再加上一条等温线就可以组成一个循环，这个循环只在等温过程从单一热源吸热，然后对外做功，显然违反了热力学第二定律，故两条绝热线不可能相交，T。

36.根据热力学第二定律可知：功可以全部转换为热，但热不能全部转换为功。

【解题过程】此表述违反热力学第二定律的开尔文表述，在不引起其他变化的条件下，热量不能完全转变为功，故 F。

37.一切与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的。

【解题过程】T。

38.热量不能从低温物体传向高温物体。

【解题过程】热量可以从低温物体传给高温物体，热量不会自发的由低温物体传向高温物体，故 F。

39.就热源温度而言，提高热机效率的途径是尽量减小高、低温热源的温度差。

【解题过程】就热源温度而言，提高热机效率的途径是尽量增大高、低温热源的温度差。故 F。

40.有两种组成成分和状态不同的理想气体，若它们的平均速率相等，则它们的最概然速率和方均根速率也相等。

【解题过程】根据三种速率的定义可以判断 T。

二、选择题

1.在一容积不变的封闭容器内理想气体分子的平均速率若提高为原来的 2 倍，则（）

A 温度和压强都为原来的 4 倍

B 温度和压强都提高为原来的 2 倍

C 温度为原来的 4 倍，压强为原来的 2 倍

D 温度为原来的 2 倍，压强为原来的 4 倍

【解题过程】理想气体分子的平均速率 $\overline{v}=\sqrt{\dfrac{8kT}{\pi m}}$，如果平均速率提高为原来的 2 倍，则温度为原来的 4 倍；根据理想气体状态方程：$p=nkT$，分子数密度 n 不变，那么压强也变为原来的 4 倍，故选 A。

2.理想气体向真空作绝热膨胀（）

A 膨胀后，温度降低，压强减小

B 膨胀后，温度不变，压强不变

C 膨胀后，温度升高，压强减小

D 膨胀后，温度不变，压强减小

【解题过程】绝热过程 $Q=0$，向真空 $A=0$，所以 $\Delta E=0$，所以温度不变，膨胀后体积增大压强减小，故选 B。

3.三个容器 A、B、C 中装有同种理想气体，其分子数密度 n 相同，而方均根速率之比

为$\left(\overline{v_A^2}\right)^{\frac{1}{2}}:\left(\overline{v_B^2}\right)^{\frac{1}{2}}:\left(\overline{v_C^2}\right)^{\frac{1}{2}}=1:2:4$，则其压强之比$p_A:p_B:p_C$为：（）

A、1:2:4　　B、4:2:1

C、1:4:8　　D、1:4:16

【解题过程】由分子方均根速率公式$\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\frac{3RT}{M}}$，又由物态方程$p=nkT$，所以当三容器中得分子数密度相同时，得$p_A:p_B:p_C=T_A:T_B:T_C=1:4:16$，故选D。

4.1mol 的单原子分子理想气体从状态 A 变为状态 B，如果不知是什么气体，变化过程也不知道，但 A、B 两态的压强、体积和温度都知道，则可求出：

A 气体所作的功

B 气体的质量

C 气体内能的变化

D 气体传给外界的热量

【解题过程】理想气体的内能是状态的单值函数，$\Delta E=\dfrac{i}{2}R\Delta T$ 故选 C。

5.下列各式中哪一式表示气体分子的平均平动动能？（式中 M 为气体的质量，m 为气体分子质量，N 为气体分子总数目，n 为气体分子数密度，N_A 为阿伏伽德罗常量）

A、$\dfrac{3}{2}npV$　　B、$\dfrac{3M}{2M_{mol}}pV$

C、$\dfrac{3m}{2M}pV$　　D、$\dfrac{3M_{mol}}{2M}N_ApV$

【解题过程】

$$\bar{\varepsilon}=\frac{3}{2}kT=\frac{3R}{2N_A}T$$

$$=\frac{3}{2}\frac{pVM_{mol}}{MN_A}=\frac{3pVm}{2M}$$

故选 C。

6.已知氢气与氧气的温度相同，请判断下列说法哪个正确？

A 氧分子的质量比氢分子大，所以氢分子的速率一定比氧分子的速率大

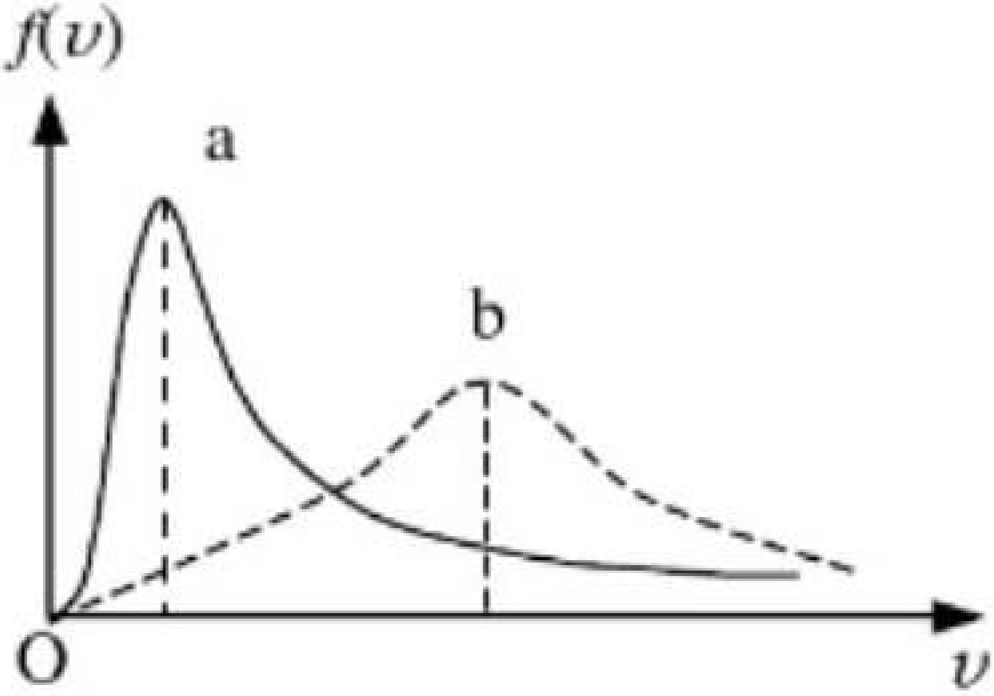
B 氧分子的质量比氢分子大，所以氧气的密度一定大于氢气的密度

C 氧分子的质量比氢分子大，所以氧气的压强一定大于氢气的压强

D 氧分子的质量比氢分子大，所以氢分子的方均根速率一定比氧分子的方均根速率大

【解题过程】由 $p = nkT$ ， $\rho = nm$ ，$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ 知选 D。

7.设图示的两条曲线分别表示在相同温度下氧气和氢气分子的速率分布曲线：令 $\left(v_p\right)_{O_2}$ 和 $\left(v_p\right)_{H_2}$ 分别表示氧气和氢气的最概然速率，则（）



A（A）图 b 表示氧气分子的速率分布曲线；

$\left(v_p\right)_{O_2} / \left(v_p\right)_{H_2} = 4$

B（A）图 b 表示氧气分子的速率分布曲线；

$\left(v_p\right)_{O_2} / \left(v_p\right)_{H_2} = 1/4$

C（A）图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线；$\left(v_p\right)_{O_2} / \left(v_p\right)_{H_2} = 1/4$

D （A）图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线；$\left(v_p\right)_{O_2} / \left(v_p\right)_{H_2} = 4$

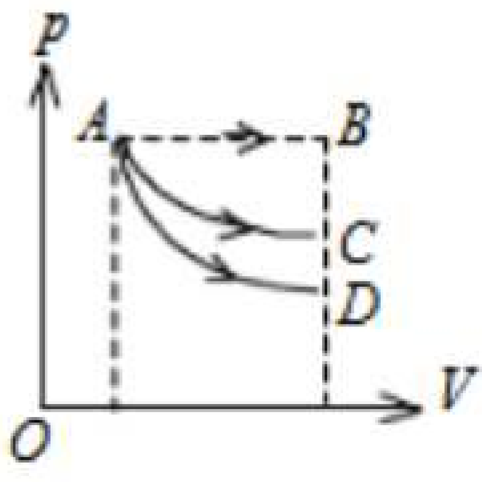
【解题过程】（1）最概然速率$v_p=\sqrt{\frac{2RT}{M_{mol}}}$，同一温度下摩尔质量越大的$v_p$越小，故图中a表示氧气分子的速率分布曲线；

（2）$M_{molO_2}=32\times10^{-3}(kg/mol)$，$M_{molH_2}=2\times10^{-3}(kg/mol)$，得

$$\left(v_p\right)_{O_2}/\left(v_p\right)_{H_2}=\frac{\sqrt{M_{molH_2}}}{\sqrt{M_{molO_2}}}=1/4；$$

故选C。

8.如图所示，一定量的理想气体从体积V_1，膨胀到体积V_2分别经历的过程是：$A\to B$等压过程；$A\to C$等温过程；$A\to D$绝热过程，其中吸热量最多的过程（　）



A 是 $A \to B$　　　　B 是 $A \to C$

C 既是 $A \to B$ 也是 $A \to C$，两过程吸热一样多

D 是 $A \to D$

【解题过程】根据热力学过程的功即过程曲线下的面积，知 $A_{AB} > A_{AC} > A_{AD}$；再由热力学第一定律气体吸热 $Q = A + \Delta E$，AD 过程 $Q = 0$；AC 过程 $Q = A_{AC}$；AB 过程 $Q = A_{AB} + \Delta E_{AB}$，且 $\Delta E_{AB} > 0$。故选 A。

9.1mol 刚性双原子分子理想气体，当温度为 T 时，其内能为（）

A $\frac{3}{2}RT$　　　　B $\frac{3}{2}kT$

C $\frac{5}{2}kT$（式中 R 为普适气体常量，k 为玻尔兹曼常量）

D $\frac{5}{2}RT$

【解题过程】1mol 刚性双原子分子理想气体，当温度为T时，其内能为$\frac{5}{2}RT$，故选D。

10.两个相同的容器，一个盛氢气，一个盛氦气（均视为刚性分子理想气体），开始时它们的压强和温度都相等，现将 6J 热量传给氦气，使之升高到一定温度。若使氢气也升高同样温度，则应向氢气传递热量（ ）

A、10J　　B、12J　　C、6J　　D、5J

【解题过程】当容器体积不变，即为等体过程时系统不做功，根据热力学第一定律$Q=\Delta E+A$，有$Q=\Delta E$，而由理想气体内能公式$\Delta E=\frac{m}{M}\frac{i}{2}R\Delta T$，可知欲使氢气和氦气升高相同的温度，需传递热量$Q_{H_2}:Q_{He}=\left(\frac{m_{H_2}}{M_{H_2}}i_{H_2}\right)\Big/\left(\frac{m_{He}}{M_{He}}i_{He}\right)$，再

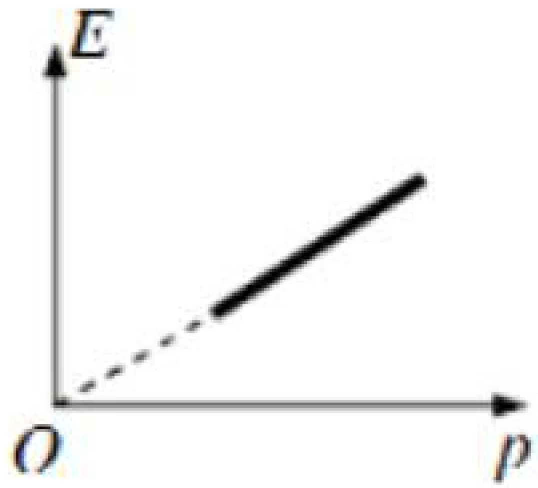
由理想气体物态方程 $pV=\frac{m}{M}RT$，初始时，氢气和氦气具有相同的温度、压强和体积，因而物质的量相同，则 $Q_{H_2}:Q_{He}=\frac{i_{H_2}}{i_{He}}=\frac{5}{3}$，因此选 A。

11.在温度分别为 $327^{\circ}C$ 和 $27^{\circ}C$ 的高温热源和低温热源之间工作的热机，理论上的最大效率为（）

A、25%　B、50%　C、91.74%　D、75%

【解题过程】 $\eta=1-\frac{T_2}{T_1}=1-\frac{300}{600}=50\%$，选 B。

12.在某个过程中，一定量的理想气体的内能 E 随压强 p 的变化关系为一直线（其延长线过 $E-p$ 图的原点），则该过程为（）



A 等压过程　　　　B 绝热过程

C 等温过程　　　　D 等体过程

【解题过程】由图可以看出 $\frac{E}{p}=C$ 恒量，

而 $E=\frac{m}{M}\frac{i}{2}RT=pC\Rightarrow\frac{T}{p}=\frac{2CM}{imR}=$ 恒量，即等体过程，选 D。

13.在相同的高温热源和低温热源间工作的一切热机，（）

A 其效率都相等

B 以不可逆热机效率为最大

C 即使都是可逆的，其效率也会因工作物质不同而异，当工作物质是理想气体时，热机效率最大

D 以可逆热机效率为最大

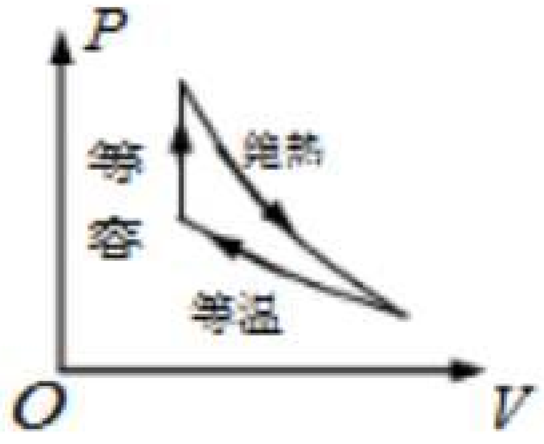
【解题过程】在两个不同温度的恒温热源之间工作的所有热机中，以可逆热机的效率最高。在相同的高温热源和低温热源之间工作的一切可逆机，热效率相等，与其工质无关。在相同的高温热源和低温热源之间工作的一切不可逆机，其热效率低于可逆机的热效率，选 D。

14.一定量某理想气体按 $pV^2=$恒量的规律膨胀，则膨胀后理想气体的温度（）

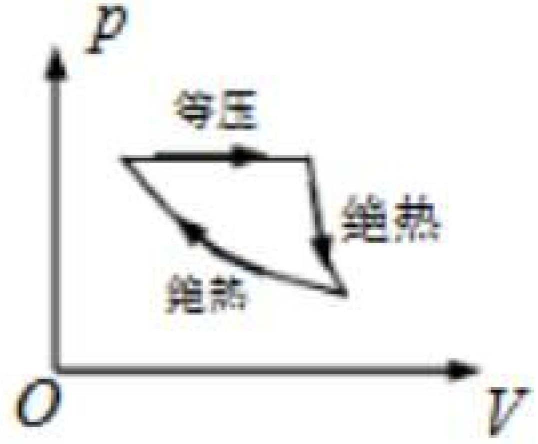
A 将升高　B 不变　C 升高还是降低，不能确定　D 将降低

【解题过程】理想气体按 $pV^2=$恒量的规律膨胀，理想气体的状态方程 $\dfrac{pV}{T}=$常量，$\dfrac{pV^2}{T}=$常量$\cdot V$，所以 $VT=$常量，体积增大温度降低，选 D。

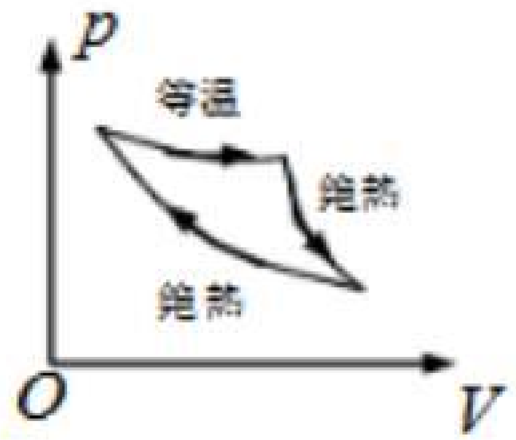
15.所列四图分别表示理想气体的四个设想的循环过程。请选出其中在物理上可能实现的循环过程的图的标号（）



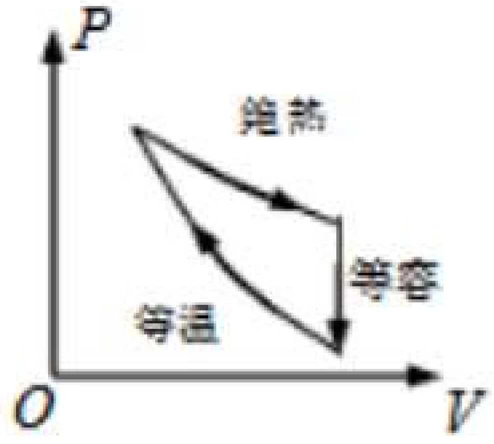
A



B



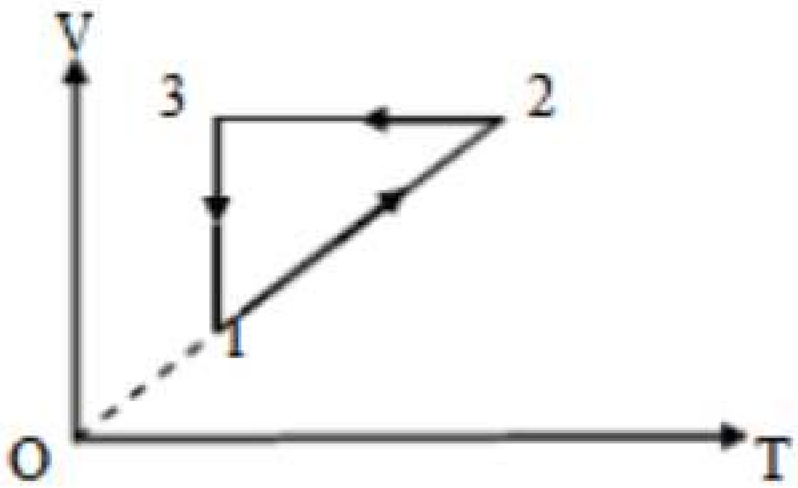
C



D

【解题过程】比较绝热和等温过程的陡峭程度，从而判断哪个图有问题。选 A。

16.一定质量的理想气体完成一循环过程。此过程在$V-T$图中用图线$1\to2\to3\to1$描写。该气体在循环过程中吸热、放热的情况是（）



A 在$1\to2$，$3\to1$过程吸热；在$2\to3$过程放热

B 在$2\to3$过程吸热；在$1\to2$，$3\to1$过程放热

C 在$1\to2$过程吸热；在$2\to3$，$3\to1$过程放热

D 在$2\to3$，$3\to1$过程吸热；在$1\to2$过程放热

【解题过程】$2\to3$过程为等体降温过程，

放热；$3 \to 1$过程为等温压缩过程，放热；故选 C。

17.甲、乙、丙、丁四人讨论热力学问题：甲说："由热力学第一定律可证明任何热机的效率不可能等于 1."乙说："热力学第二定律可表述为效率等于 100%的热机不可能制造成功。"丙说："由热力学第一定律可证明任何卡诺循环的效率都等于$1-\left(T_1/T_2\right)$。"丁说："由热力学第一定律可证明理想气体卡诺热机（可逆的）循环效率等于$1-\left(T_1/T_2\right)$"对以上说法，有如下几种评论，哪种是正确的？（）

A 甲、乙、丙、丁全错

B 甲、乙、丁对，丙错

C 甲、乙、丙、丁全对

D 乙、丁对，甲、丙错

【解题过程】热力学第一定律的数学表达式为$Q=\Delta E+A$，又可以表述为：第一类

永动机不可能实现。第一类永动机是系统从某初态出发，不断地经历状态变化又回到原状态，过程中不需要外界提供能量而能不断对外做功的永动机。即$\Delta E=0$，$Q=0$，$A>0$。因此甲说法错误；由热力学第二定律的卡尔文表述可知，乙说法正确；丙说法和丁说法对比，以及卡诺定理可知，丙说法错误，丁说法正确。选 D。

18.若室内生起炉子后温度从$15^{\circ}C$升高到$27^{\circ}C$，而室内气压不变，则此时室内的分子数减少了（）

A4%　B0.5%　C21%　9%

【解题过程】 $p_1=n_1kT$，　$p_2=n_2kT$，

$$\frac{n_1-n_2}{n_1}=\frac{\frac{p}{kT_1}-\frac{p}{kT_2}}{\frac{p}{kT_1}}=1-\frac{T_1}{T_2}=\frac{12}{288}=4.167\%$$

选 A。

19.质量一定的理想气体，从相同状态出发，分别经历等温过程、等压过程和绝热过程，

使其体积增加一倍。那么气体温度的改变（绝对值）在（）

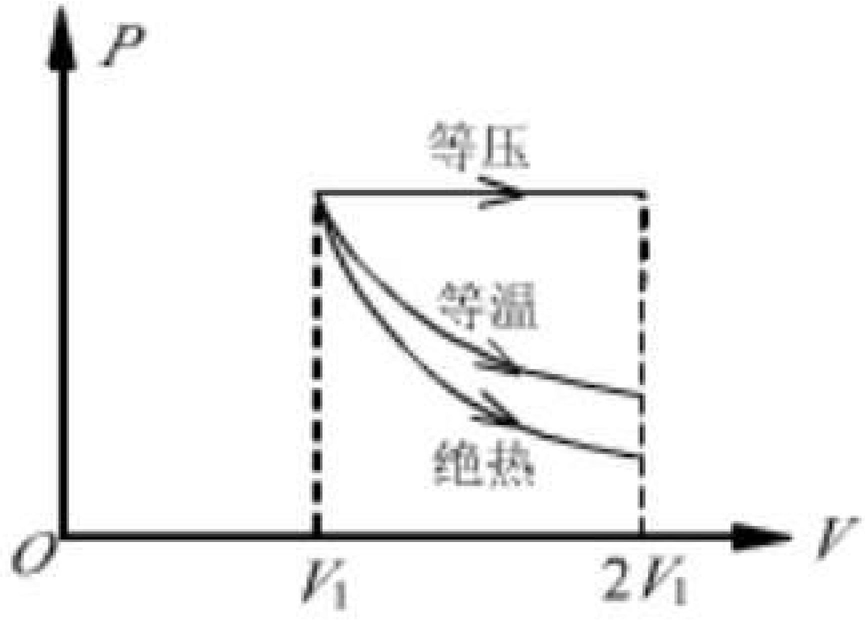
A 等压过程中最大，等温过程中最小

B 等压过程中最大，绝热过程中最小

C 绝热过程中最大，等温过程中最小

D 绝热过程中最大，等压过程中最小

【解题过程】



假设最开始气体温度为T_1，等压过程：末态温度为$2T_1$，$\Delta T = T_1$；

等温过程：末态温度为T_1，$\Delta T = 0$；绝热过程：末态温度为$0 < T_2 < T_1$，$0 < |\Delta T| < T_1$，

所以，气体温度的改变（绝对值）在等压过程中最大，等温过程中最小，选 A。

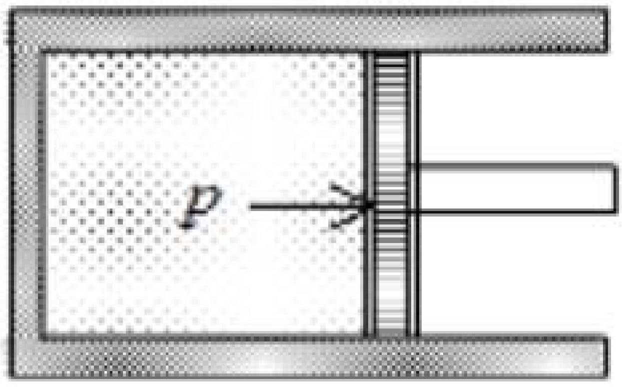
20.在标准状态下体积比为1:2的氧气和氦气（均视为刚性分子理想气体）相混合，混合气体中氧气和氦气的内能之比为（）

A、5:3　B、1:2　C、10:3　D、5:6

【解题过程】 $\nu_{氧}:\nu_{氦}=V_{氧}:V_{氦}=1:2$，

$E_{氧}:E_{氦}=\frac{5}{2}\nu_{氧}RT_0\Big/\frac{3}{2}\nu_{氦}RT_0=5:6$，选 D。

21.如图所示，当气缸中的活塞迅速向外移动从而使气体膨胀时，气体所经历的过程（）



A 不是平衡过程，它不能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示

B 是平衡过程，它能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示

C 是平衡过程，但它不能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示

D 不是平衡过程，但它能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示

【解题过程】从一个平衡态到另一个平衡态所经历的每一中间状态均可近似当作平衡态（无限缓慢）的过程叫做准静态过程，此过程在 $p-V$ 图上表示一条曲线。题目中，活塞迅速移动，变换时间非常短，系统来不及恢复平衡，因此不是准静态过程，自然不能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示，故选 A。

22.两瓶不同种类的理想气体，它们的温度和压强都相同，但体积不同，则单位体积内的气体分子数 n，单位体积内的气体分子的总平动动能（E_k/V）单位体积内的气体质量 ρ，分别有如下关系：（）

A n 不同，（E_k/V）不同，ρ 相同

B n 相同，（E_k/V）相同，ρ 相同

C n 相同，（E_k/V）相同，ρ 不同

D n 不同，（E_k/V）不同，ρ 不同

【解题过程】因为 $p=nkT$，由题意，

T,p 相同所以 n 相同。

因为 $E_k/V=\dfrac{N\frac{3}{2}kT}{V}=n\frac{3}{2}kT$，

而 n,T 均相同，所以 E_k/V 相同。

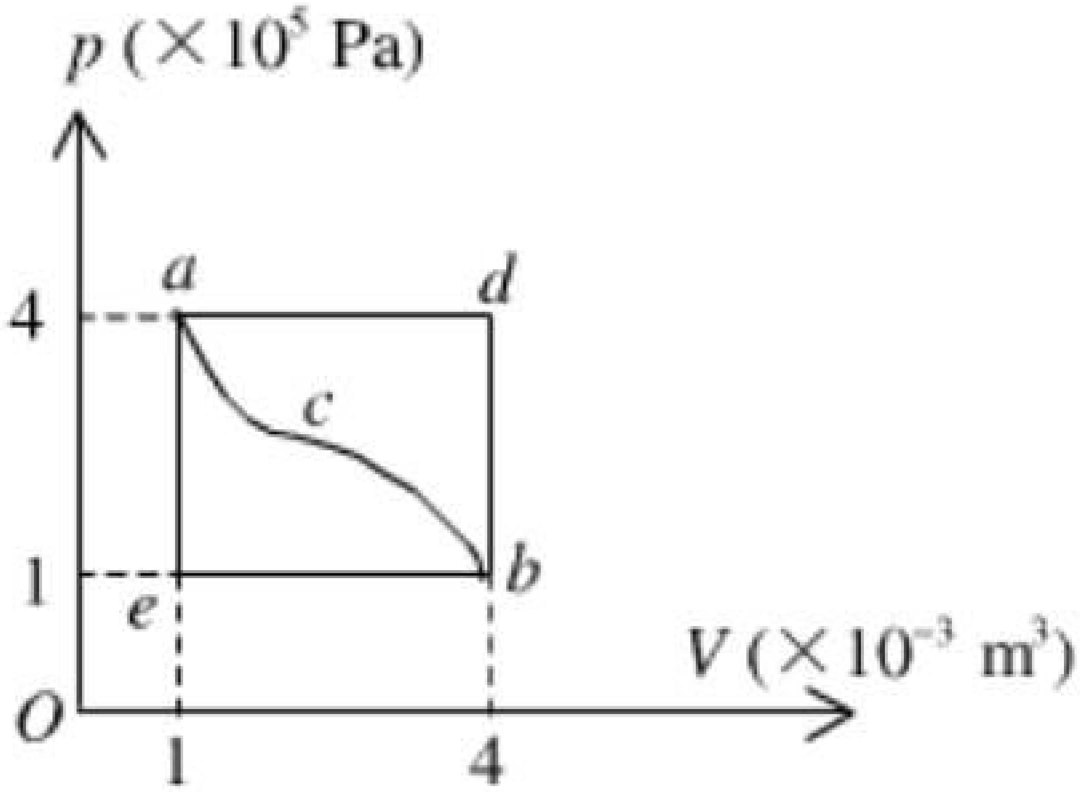
$$pV=\frac{M}{M_{mol}}RT\Rightarrow\rho=\frac{M}{V}=\frac{pM_{mol}}{RT},$$

T,p 相同，而 M_{mol} 不同，所以 ρ 不同。

选 C。

23.一定量的理想气体经历 acb 过程时吸热 500（J）。则经历 acbda 过程时，吸热为（）

A、-400J　B、700J　C、-1200J　D、-700J



【解题过程】理想气体系统的内能是状态量，因此对图示循环过程 acbda，内能增量 $\Delta E=0$，由热力学第一定律 $Q=\Delta E+A$，得 $Q_{acbda}=A=A_{acb}+A_{bd}+A_{da}$,其中 bd 过程为等体过程不做功，即 $A_{bd}=0$。da 为等压过程，由 $p-V$ 图可知 $A_{da}=-1200J$。而对 acb 过程，由图可知 a、b 两点温度相同，即系统内能相同。由热力学第一定律可得 $A_{acb}=Q_{acb}-\Delta E=Q_{acb}=500J$，由此可知 $Q_{acbda}=A_{acb}+A_{bd}+A_{da}=-700J$，故选 D。

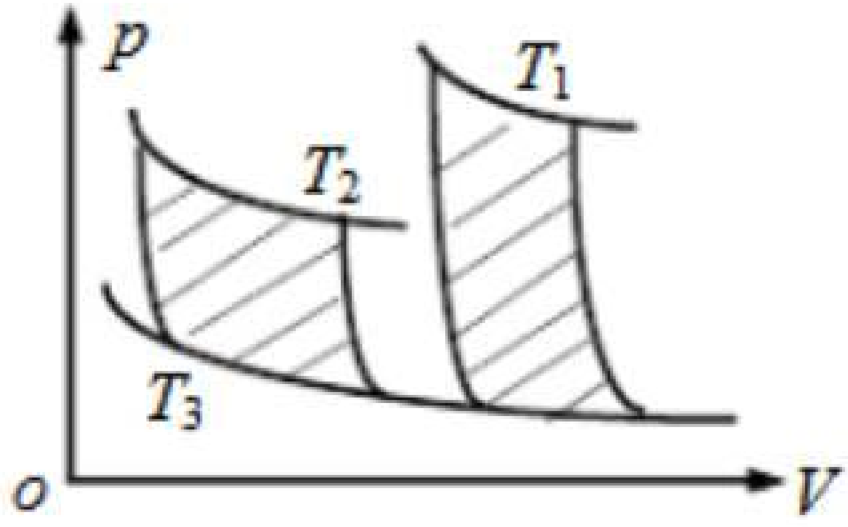
24.若理想气体的体积为V，压强为p，温度为T，一个分子的质量为m，k为玻尔兹曼常量，R为普适气体常量，则该理想气体的分子数为：（）

A、$pV/(RT)$　　B、pV/m

C、$pV/(mT)$　　D、$pV/(kT)$

【解题过程】理想气体状态方程$p=nkT$，其中$n=\dfrac{N}{V}$是气体分子数密度。于是，理想气体的分子数为$N=nV=\dfrac{p}{kT}V$，选 D。

25.两个卡诺热机的循环曲线如图所示，一个工作在温度为T_1与T_3的两个热源之间，另一个工作在温度为T_2与T_3的两个热源之间，已知这两个循环曲线所包围的面积相等。由此可知，（）



A 两个热机相低温热源所放出的热量一定相等

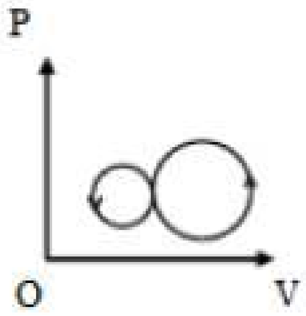
B 两个热机吸收的热量与放出的热量（绝对值）的差值一定相等

C 两个热机从高温热源所吸收的热量一定相等

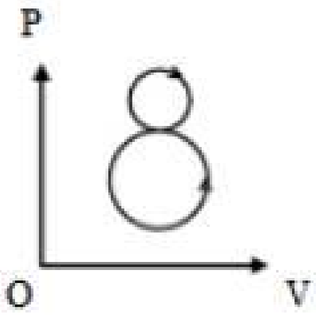
D 两个热机的效率一定相等

【解题过程】循环曲线所包围的面积表示工作物质在整个循环过程中对外做的净功，而循环过程的内能不变，因此工作物质吸收的净热量相等。选 B。

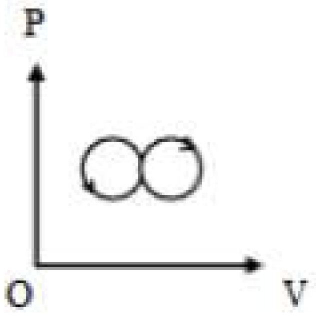
26. 图（a）、（b）、（c）各表示连接在一起的两个循环过程，其中（c）图是两个半径相等的圆构成的两个循环过程，图（a）和（b）则为半径不等的两个圆。那么：（）



图（a）



图（b）



图（c）

A 图（a）总净功为正，图（b）总净功为正，图（c）总净功为负

B 图（a）总净功为负，图（b）总净功为负，图（c）总净功为零

C 图（a）总净功为负，图（b）总净功为负，图（c）总净功为正

D 图（a）总净功为负，图（b）总净功为正，图（c）总净功为零

【解题过程】顺时针为正循环，功为正，逆时针为逆循环，功为负；比较其面积可以判断应选 B。

27．关于温度的意义，有下列几种说法：

（1）气体的温度是分子平均平动动能的量度。（2）气体的温度是大量气体分子热运动的集体表现，具有统计意义。（3）温度的高低反映物质内部分子运动剧烈程度的

不同。（4）从微观上看，气体的温度表示每个气体分子的冷热程度。（）

A（1）、（2）、（4）

B（1）、（3）、（4）

C（2）、（3）、（4）

D（1）、（2）、（3）

【解题过程】气体分子的平均平动动能只与温度有关。温度越高，分子平均平动动能越大，所以温度是气体分子平均平动动能的量度。从某种意义上讲，温度反应了系统内部分子无规则热运动的剧烈程度，这是温度的微观本质。同时，温度和压强一样，也是大量分子热运动的集体表现，也具有统计意义。对个别分子或少量分子而言，评论它们的温度是没有意义的，所以（1）、（2）、（3）正确，选 D。

28.一物质系统从外界吸收一定的热量，则（）

A 系统的温度一定降低

B 系统的温度一定保持不变

C 系统的温度可能升高，也可能降低或保持不变

D 系统的温度一定升高

【解题过程】 选 C。

29.温度、压强相同的氦气和氧气，它们分子的平均动能$\overline{\varepsilon}$和平均平动动能$\overline{w}$有如下关系：

A $\overline{w}$相等，而$\overline{\varepsilon}$不相等

B $\overline{\varepsilon}$和$\overline{w}$都不相等

C $\overline{\varepsilon}$相等，而$\overline{w}$不相等

D $\overline{\varepsilon}$和$\overline{w}$都相等

【解题过程】 由分子平均平动动能$\overline{w}=\frac{3}{2}kT$知若温度相同则$\overline{w}$相等。平均动能$\overline{\varepsilon}=\frac{i}{2}kT$，与$i$有关，对于氦气$i=3$，对于氧气$i=5$，因而$\overline{\varepsilon}$不相等，选 A。

30.一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历三个平衡过程：（1）绝热膨胀到体积$2V$，（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 气体内能增加

B 气体内能减少

C 气体向外界放热

D 气体对外界作正功

【解题过程】内能：$E=\frac{M}{M_{mol}}\frac{i}{2}RT$，绝热膨胀：$dQ=0$，$A>0$；等体变化：$dA=0$，$Q=\Delta E$，$E=\frac{M}{M_{mol}}\frac{i}{2}RT$，$Q>0$；等温压缩：$dE=0,dQ=dA$，$A<0,Q<0$。所以气体向外界放热，选 C。

31.根据热力学第二定律可知：（）

A 一切自发过程都是不可逆的

B 热可以从高温物体传到低温物体，但不能从低温物体传到高温物体

C 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程

D 功可以全部转换为热，但热不能全部转换为功

【解题过程】选 A。

32.一绝热容器被隔板分成两半，一半是真空，另一半是理想气体。若把隔板抽出，气体将进行自由膨胀，达到平衡后（）

A 温度不变，熵不变

B 温度不变，熵增加

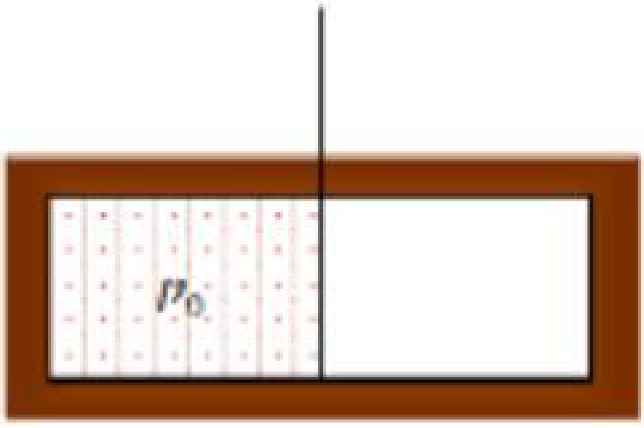
C 温度升高，熵增加

D 温度降低，熵增加

【解题过程】绝热自由膨胀过程，温度不变，根据熵增加原理知熵增加，选 B。

33.如图所示，一绝热密闭的容器，用隔板分成相等的两部分，左边盛有一定量的理想气体，压强为 p_0，右边为真空。今将隔

板抽去，气体自由膨胀，当气体达到平衡时，气体的压强是（$\gamma=\dfrac{C_p}{C_V}$）（）



A $p_0/4$　　B $2p_0$　　C p_0　　D $p_0/2$

【解题过程】 该过程是绝热自由膨胀，$Q=0, A=0$；根据热力学第一定律 $Q=A+\Delta E$ 得 $\Delta E=0$，所以 $T_0=T$；根据状态方程 $pV=\nu RT$ 得 $p_0V_0=pV$；已知 $V=2V_0$，所以 $p=p_0/2$。选 D。

34.对于室温下的双原子分子理想气体，在等压膨胀的情况下，系统对外所作的功与从外界吸收的热量之比 W/Q 等于（）

A、2/3　B、2/5　C、1/2　D、2/7

【解题过程】等压膨胀的情况下，系统对外所作的功 $A=p\left(V_2-V_1\right)=\nu R\Delta T$，从外界吸收的热量 $Q=\nu C_p\Delta T=\frac{7}{2}\nu R\Delta T$，则 $\frac{A}{Q}=\frac{2}{7}$，选 D。

35.设高温热源的热力学温度是低温热源的热力学温度的 n 倍，则理想气体在一次卡诺循环中，传给低温热源的热量是从高温热源吸取热量的（）

A、$\frac{1}{n}$倍　　B、$\frac{n+1}{n}$倍

C、$n-1$倍　　D、n倍

【解题过程】$\frac{Q_{放}}{Q_{吸}}=\frac{T_{低}}{T_{高}}=\frac{1}{n}$，选 A。

36.按照麦克斯韦分子速率分布定律，具有最概然速率的分子 v_F，其动能为：（）

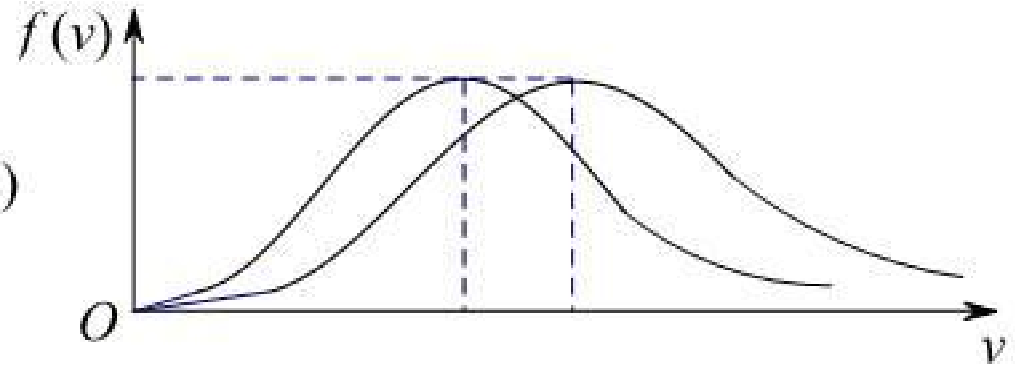
A、kT　B、$\frac{1}{2}RT$　C、$\frac{3}{2}kT$　D、$\frac{3}{2}RT$

【解题过程】 $v_F = \sqrt{\dfrac{2kT}{m}}$，

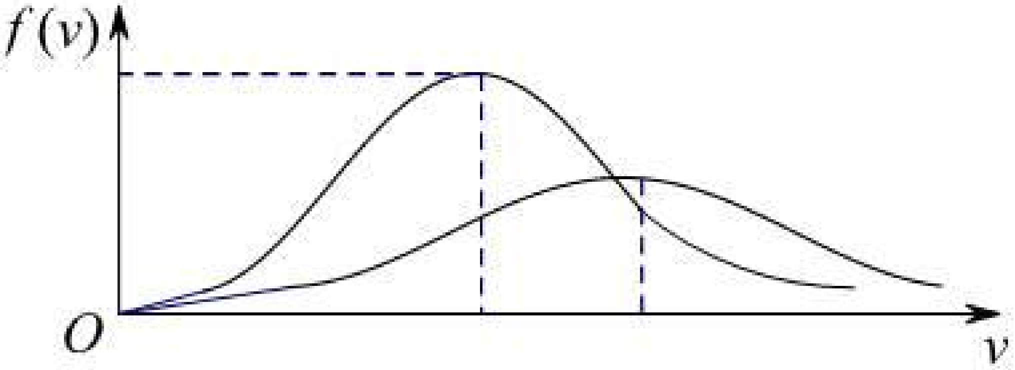
$E_K = \dfrac{1}{2} m v_F^2 = kT$，选 A。

37.下列各图所示的速率分布曲线，哪一图中的两条曲线是同一温度下氮气和氦气的分子速率分布曲线？（）

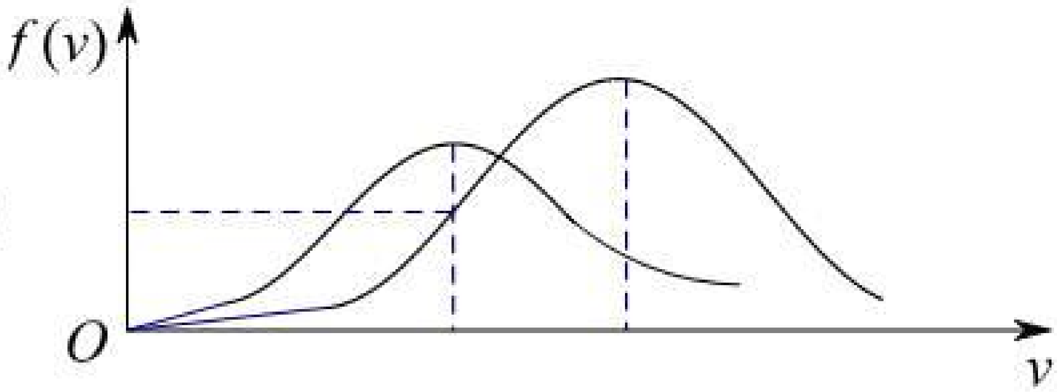
(A)



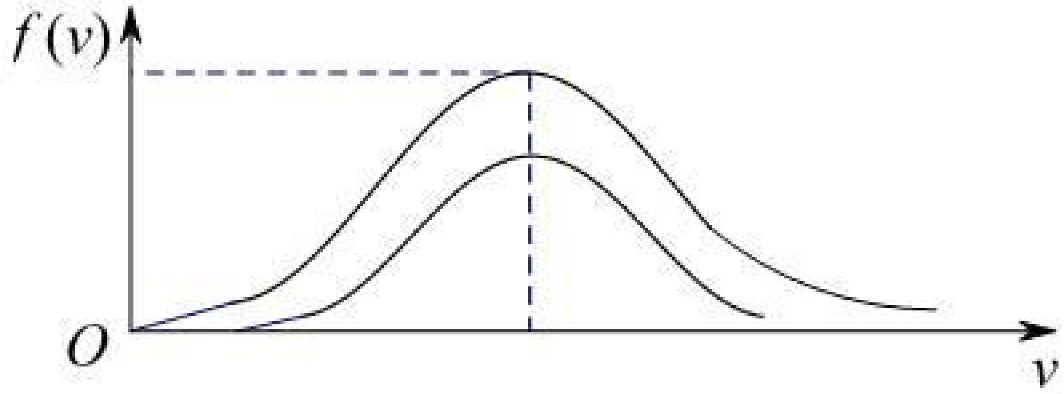
(B)



(C)



(D)



【解题过程】 因最概然速率为 $v_p=\sqrt{\frac{2RT}{M}}$，且 $M_{氮}>M_{氦}$，若温度相同则 $v_{p氮}<v_{p氦}$，

由归一化条件 $\int_0^{\infty} f(v)dv=1$ 知 $f(v)$ 曲线下面积都等于 1，所以（A）（C）（D）均不符合题意，选（B）。

38.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）。同时对外作功 1000（J），这样的设计是（）

A、可以的，符合热力学第一定律

B、不行的，这个热机的效率超过理论值

C、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

D、可以的，符合热力学第二定律

【解题过程】 理论值 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 25\%$

$> \eta = \frac{\Delta W}{Q_{吸}} = \frac{Q_{吸} - Q_{放}}{Q_{吸}}$ 故选 B。

39.用下列两种方法（1）使高温热源的温度 T_1 升高 ΔT；（2）使低温热源的温度 T_2 降低同样的值 ΔT，分别可使卡诺循环的效率升高 $\Delta\eta_1$ 和 $\Delta\eta_2$，两者相比（）

A、$\Delta\eta_1 < \Delta\eta_2$　　B、无法确定哪个大

C、$\Delta\eta_1 = \Delta\eta_2$　　D、$\Delta\eta_1 > \Delta\eta_2$

【解题过程】 由卡诺循环效率公式 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$，有 $\Delta\eta_1 = \eta_1 - \eta = \frac{T_2}{T_1} - \frac{T_2}{T_1 + \Delta T}$，

$\Delta\eta_2 = \eta_2 - \eta = \frac{T_2}{T_1} - \frac{T_2 - \Delta T}{T_1}$，

$$\Delta\eta_1-\Delta\eta_2=\frac{T_2-\Delta T}{T_1}-\frac{T_2}{T_1+\Delta T}<0$$ ，故

选 A。

40.在容积$V=4\times10^{-3}m^3$的容器中，装有压强$p=5\times10^2 Pa$的理想气体，则容器中气体分子的平动动能总和为（）

A、9J　B、3J　C、5J　D、2J

【解题过程】由能量均分定理有一个分子的平均平动动能为$\overline{w}=\frac{3}{2}kT$，则容器中气体分子的平均平动动能总和为

$$\overline{E_t}=N\overline{w}=\frac{M}{\mu}N_A\cdot\frac{3}{2}kT=\frac{3}{2}\frac{M}{\mu}RT$$

$$=\frac{3}{2}pV=\frac{3}{2}\times5\times10^2\times4\times10^{-3}=3J$$

选 B。