一、选择题（10小题，每小题3分，共30分）

1、一电动小车从静止开始在光滑的直线轨道上行驶。若小车的电动机的功率恒定，那么它所走的路程s与时间t的关系如何（　　　）

A、$s \propto t$　　B、$s \propto t^2$　　C、$s^2 \propto t$　　D、$s^2 \propto t^3$

2、一质点沿半径为R的圆周按规律$s = bt - \frac{1}{2}ct^2$运动，其中b、c是正的常量。在切向加速度与法向加速度的大小相等时，质点运动速度的大小为（　　　）

A、$\sqrt{2CR}$　　B、$\sqrt{CR}$　　C、$\frac{b^2}{c} - \frac{b}{2}\sqrt{\frac{R}{C}}$　　D、$\frac{b^2}{c} + \frac{b}{2}\sqrt{\frac{R}{C}}$

3、在SI制中，一些物理量的量纲如下，其中冲量的量纲为（　　　）

A、MLT^{-1}　　B、MLT^{-2}　　C、ML^2T^{-1}　　D、ML^2T^{-2}

4、一力学系统由两个质点组成，它们之间只有引力作用。若两质点所受外力的矢量和为零，由此可知系统（　　　）。

A、动量和机械能都守恒
B、动量和机械能都不守恒
C、动量守恒，但机械能是否守恒不能断定
D、机械能守恒，但动量是否守恒不能断定

5、地球的质量为m，太阳的质量为M，地心对太阳中心的距离为R，引力常数为G，地球绕太阳转动的轨道角动量大小为（　　　）

A、$m\sqrt{GMR}$　　B、$\sqrt{GMm/R}$　　C、$Mm\sqrt{G/R}$　　D、$\sqrt{GMm/2R}$

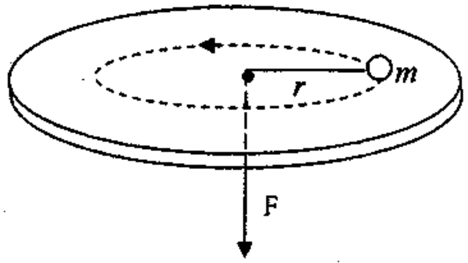
6、如图所示，在水平光滑的圆盘上，有一质量为m的质点，拴在一根穿过圆盘中心光滑小孔的轻绳上。开始时质点离中心的距离为r，并以角速度ω转动。今以均匀速度向下拉绳，将质点拉至离中心$r/2$处时，拉力所作的功为（　　　）

A、$\frac{1}{2}mr^2\omega^2$

B、$\frac{3}{2}mr^2\omega^2$

C、$\frac{5}{2}mr^2\omega^2$

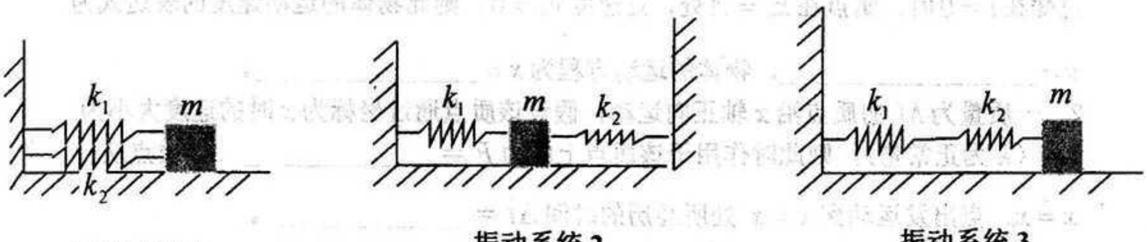
D、$\frac{7}{2}mr^2\omega^2$



7、倔强系数分别为 k_1 和 k_2 的两根弹簧，按图所示的三种方式与物体 m 组成振动系统。如果不计摩擦，那么它们的周期的关系应是（　　）

A、 $T_1 = T_2 \neq T_3$　　B、 $T_2 = T_3 \neq T_1$

C、 $T_1 = T_2 = T_3$　　D、 $T_1 \neq T_2 \neq T_3$

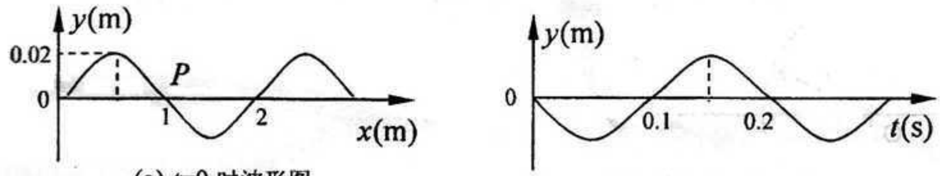


振动系统 1　　振动系统 2　　振动系统 3

8、由图所给的波形图和 P 处质元振动图，可得该简谐波方程为（　　）

A、 $y = 0.02\cos 10\pi\left(t - \dfrac{x}{10}\right)\mathrm{m}$　　B、 $y = 0.02\cos\left[10\pi\left(t + \dfrac{x}{10}\right) - \dfrac{\pi}{2}\right]\mathrm{m}$

C、 $y = 0.02\cos\left(10\pi t - \dfrac{\pi}{2}\right)\mathrm{m}$　　D、 条件不足不能确定

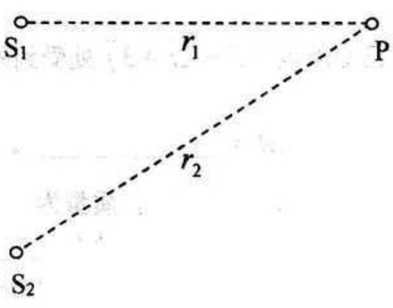


(a) t=0 时波形图　　(b) P 处质元振动图

9、如图所示，s_1, s_2 为两平面波波源，它们的振动方程分别为 $y_1 = 0.3\cos(2\pi t + \dfrac{\pi}{2})\mathrm{cm}$, 和 $y_2 = 0.4\cos(2\pi t + \pi)\mathrm{cm}$, 它们发出的波在 P 点相遇而迭加，图中 $r_1 = 40\mathrm{cm}$, $r_2 = 45\mathrm{cm}$. 如图两波波速都为 $v = 20\mathrm{cm}\cdot\mathrm{s}^{-1}$，那么两波在 P 点叠加后的合振幅为（　　）

A、 0.1cm　　B、0.5cm

C、 0.7cm　　D、以上情况都不是



10、关于功和能量的概念，以下说法中正确的是（　　）

A、 保守力作正功，系统内相应的势能增加

B、 作用力和反作用力大小相等方向相反，所以二者作功的代数和必为零

C、 质点运动经一闭合路径回到初始点，则保守力对质点作的功为零

D、 质点运动经一闭合路径回到初始点，则系统的机械能守恒

二、填空题（10 小题，每小题 3 分，共 30 分）

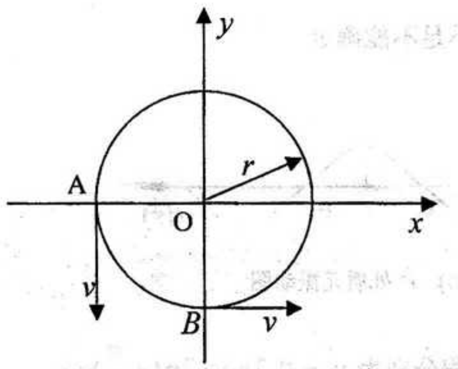
1、质量为m的物体，在力$F=-\omega^2 mx$作用下沿x轴运动，其中ω为正的常系数。

已知在$t=0$时，质点在$x_0=A$处，且速度$v_0=0$，则此物体的运动速度的表达式为

$v=$________________，物体的运动方程为$x=$________________。

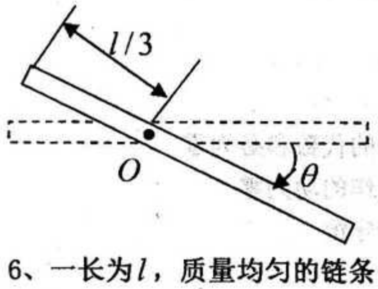
2、一质量为M的质点沿x轴正向运动，假设该质点通过坐标为x时的速度大小为kx（k为正常量），则此时作用于该质点上的力$F=$ ____________，该质点从$x=x_0$ 点出发运动到$x=x_1$处所经历的时间$\Delta t=$ ____________ 。

3、如图所示，质量为m的质点，在竖直平面内作半径为r、速率为v的匀速圆周运动，在由点A运动到点B的过程中，所受合外力的冲量为$\vec{I}=$_________；除重力以外，其它外力对物体所做的功为$W=$_____________。



4、已知质点在$\vec{r}=2\vec{i}+3\vec{j}$处受到外力$\vec{F}=t\vec{i}+t^2\vec{j}$ (SI)，求第 2 秒末的该力相对于原点的力矩$\vec{M}=$______________。

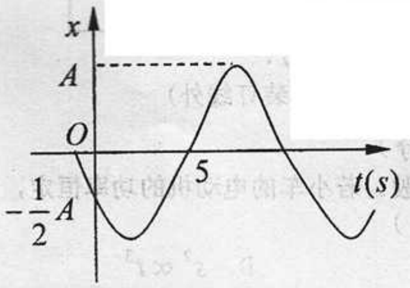
5、如图所示，一根长l，质量为m的匀质细棒可绕通过点 0 的水平光滑轴在竖直平面内转动，则棒的转动惯量$I=$________________；当棒由水平位置静止释放转动到图示的位置时，则其角速度$\omega=$________________。



6、一长为l，质量均匀的链条，放在光滑的水平桌面上，若使其长度的$l/2$悬于桌边下，然后由静止释放，任其滑动，则链条全部离开桌面时的速率为______________。

7、质量 $m = 4\,\text{kg}$ 的小球，任一时刻的矢径 $\vec{r} = (t^2 - 1)\vec{i} + 2t\vec{j}$，则 $t = 3\text{s}$ 时，小球对原点的角动量为 $\vec{L}$ =________________。又从 $t = 0\text{s}$ 到 $t = 3\text{s}$ 的过程中，小球角动量的增量 $\Delta\vec{L}$ =________________。

8、一个简谐振动的振动曲线如图所示．此简谐振动的振动方程为________________。



9、两列波的相干条件是________________________________。如果两列相干波相遇，干涉加强的条件是 $\Delta\varphi$ =________________________________，干涉减弱的条件是 $\Delta\varphi$ =________________________________。

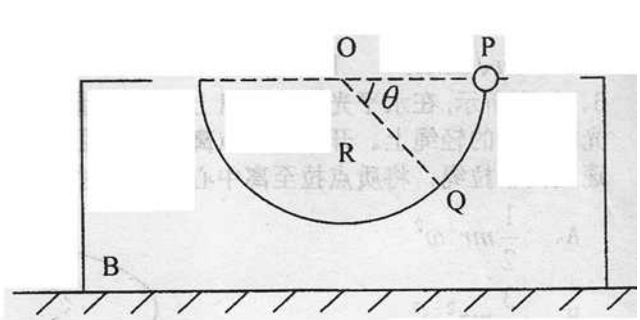
10、狭义相对论的两条基本假设是：________________________________；________________________________。

三、计算题（4 小题，每小题 10 分，共 40 分）

1、如图所示，具有光滑半球形凹槽的物体 B 固定在桌面上。质量为 m 的质点从凹槽的半球面（半径为 R）的上端 P 点自静止开始下滑，当滑至 $\theta = 30°$ 的 Q 点时，试求：

（1）质点在 Q 点的速率；

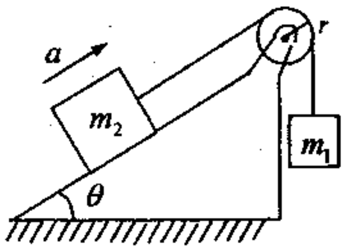
(2)质点在 Q 点对球面的压力 N。



2、一个质量为$m_2=6.0\text{kg}$的物体放在倾角为$\theta=37^\circ$的斜面上，斜面顶端装一滑轮，跨过滑轮的轻绳，一端系于该物体上，并与斜面平行，另一端悬挂一个质量为$m_1=18\text{kg}$的物块。滑轮质量$M=2.0\text{kg}$，其半径为$r=0.1m$，物体与斜面间的摩擦系数为$\mu=0.1$，$\sin37^\circ=0.6$，$\cos37^\circ=0.8$。试求：

(1)物块m_1运动的加速度；

(2)滑轮两边绳子所受的张力。（假定滑轮是均匀圆盘，重力加速度g取10 m/s^2）



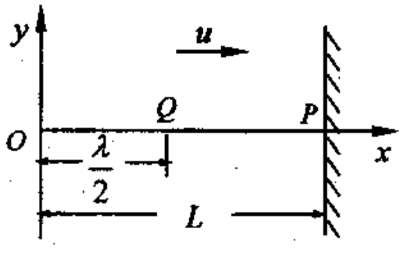
3、如图a所示，有一沿x轴正方向传播的平面简谐波，波的圆频率为ω，振幅A，波长λ，OQ相距半个波长。

(1)已知原点O点的振动曲线，如图b所示，试写出坐标原点的振动方程；

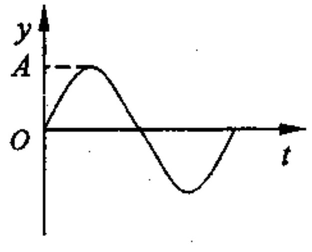
(2)写出沿x正方向传播的波动方程。

(3)当波传到P点时，遇到一反射面使得该平面简谐波反射（有半波损失，无吸收），试写出反射波的波动方程；

(4)若$L=4\lambda$，判断入射波和反射波在Q点的合振动是加强还是减弱。



（a）



（b）

4、北京至上海的距离为1463km，甲乙两列火车分别从北京和上海站相向开出，已知乙车比甲车晚开3.5×10^{-3}s。今有一宇宙飞船以0.9c的速度从北京至上海的上空飞过。试求飞船上的宇航员测得两列火车发车的时间差。若北京站另一列开往上海方向的丙火车发车时间比甲车也晚3.5×10^{-3}s，则宇航员测得甲丙两列火车的发车的时间差又是多少？

一、选择题（10 小题，共 30 分）

1. D　　2. B　　3. A　　4. C　5. A　　6. B　　7. A　　8. B　　9. C　　10. C

二、填空题（10 小题，共 30 分）

1. $v=\omega\sqrt{A^2-x^2}=\omega A\cos(\omega t+\frac{\pi}{2})=-\omega A\sin(\omega t)$，

$x=A\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})=A\cos(\omega t)$

2. Mk^2x，　$\frac{1}{k}\ln\frac{x_1}{x_0}$

3. $\vec{I}=mv\vec{i}+mv\vec{j}$，$W=\frac{1}{2}mv^2-(\frac{1}{2}mv^2+mgr)=-gmr$

4. $2\vec{\mathrm{k}}\ \mathrm{N\cdot m}$

5. $I=\frac{1}{9}ml^2$，　$\omega=\sqrt{3g\sin\theta/l}$

6. $\sqrt{3gl/4}$

7. $-80\vec{\mathrm{k}}\ kg\cdot m^2/s$，$-72\vec{\mathrm{k}}\ kg\cdot m^2/s$

8. $x(t)=A\cos(\frac{\pi}{6}t+\frac{2\pi}{3})$

9. 频率相同、振动方向相同、位相差恒定，　$\Delta\varphi=2k\pi$，$k=0,\pm1,\pm2,\ldots$，

$\Delta\varphi=(2k+1)\pi$，$k=0,\pm1,\pm2,\ldots$

10. 狭义相对性原理，光速不变原理

三、计算题（4 小题，共 40 分）

1、解 （1）用牛顿定律求解：

$$\begin{cases} 法向: N - mg\sin\theta = m\dfrac{v^2}{R};(1) \\ 切向: mg\cos\theta = m\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t};(2) \end{cases}$$ （各 2 分）

由（2）得 $$g\cos\theta = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}s}\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} = v\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}s}$$

$$v\mathrm{d}v = g\cos\theta\mathrm{d}s = g\cos\theta R\mathrm{d}\theta$$

$$\int_0^v v\mathrm{d}v = gR\int_0^\theta \cos\theta\mathrm{d}\theta = gR\sin\theta$$

$$\frac{v^2}{2} = gR\sin\theta \to v = \sqrt{2gR\sin\theta} \to v = \sqrt{gR}$$ （2 分）

（2）用机械能守恒定理求解：

取凹槽最低点为重力势能零点，则有：

$$mgR = \frac{1}{2}mv^2 + mg(R - R\sin\theta) \to v = \sqrt{2gR\sin\theta}$$ （4 分）

（2）由式（1）得

$$N = mg\sin\theta + m\frac{v^2}{R} = mg\sin\theta + m\frac{2gR\sin\theta}{R}$$ （2 分）

$$N = 3mg\sin\theta$$ （2 分）

当 $\theta = 30^\circ$ 时 $N = \dfrac{3}{2}mg = 1.5mg$ （2 分）

2、解：分别对物块 m_1 和 m_2 以及滑轮列动力学方程

$$m_1 g - T_1 = m_1 a$$ （2 分）

$$T_2 - m_2 g\sin37^o - \mu m_2 g\cos37^o = m_2 a$$ （2 分）

$$(T_1 - T_2)r = I\beta = \frac{1}{2}Mr^2\beta$$ （2 分） 其中 $r\beta = a$ （1 分）

得到 $a = \dfrac{m_1 g - m_2 g\sin37^o - \mu m_2 g\cos37^o}{\dfrac{1}{2}M + m_1 + m_2} = 5.568(m/s^2)$ （1 分）

$$T_1 = m_1(g - a) = 79.776\mathrm{N}$$ （1 分）

$$T_2 = m_2 g\sin37^o + \mu m_2 g\cos37^o + m_2 a = 74.208\mathrm{N}$$ （1 分）

3、解① $y_0 = A\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.　　（2 分）

② $y = A\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{2})$.　　（2 分）

③P 点反射后的振动方程 $y_p = A\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}L - \frac{\pi}{2} \pm \pi)$（±π 表示半波损失）　（2 分）

反射波的波动方程

$y_{反} = A\cos[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}L - \frac{2\pi}{\lambda}(L-x) - \frac{\pi}{2} \pm \pi] = A\cos[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}(2L-x) - \frac{\pi}{2} \pm \pi]$.　（2 分）

④ $\Delta\varphi = 4\pi\frac{L-x}{\lambda} \pm \pi = 4\pi\frac{4\lambda - \frac{\lambda}{2}}{\lambda} \pm \pi = 14\pi \pm \pi = \begin{cases} 15\pi \\ 13\pi \end{cases}$　　（2 分）

满足减弱条件，是减弱的（即该点不振动）。.

4、解：

取地面为 S 系，飞船为 S' 系，以北京为 S 系的原点，北京至上海方向为 $x\,(x')$ 轴正向，如图所示。对甲乙两列车，$\Delta t_1 = 3.5\times10^{-3}$s，$\Delta x_1 = 1.463\times10^6 m$　　（2 分）

由时空间隔变换关系式有

$$\Delta t_1' = \frac{\Delta t_1 - \frac{u}{c^2}\Delta x_1}{\sqrt{1-(\frac{u}{c})^2}} = \frac{3.5\times10^{-3} - \frac{0.9}{3\times10^8}\times1.463\times10^6}{\sqrt{1-0.9^2}} = -2.04\times10^{-3}(\mathrm{s}) < 0 \quad （4 分）$$

表明在飞船中的宇航员测得北京站的甲车晚于上海站的乙车 $2.04\times10^{-3}(\mathrm{s})$ 发车，时序发生了颠倒。

对甲丙两列火车，$\Delta t_2 = \Delta t_1 = 3.5\times10^{-3}$s，$\Delta x_2 = 0$　　（2 分）

于是

$$\Delta t_2' = \frac{\Delta t_2}{\sqrt{1-(\frac{u}{c})^2}} = \frac{3.5\times10^{-3}}{\sqrt{1-0.9^2}} = 8.03\times10^{-3}(\mathrm{s}) > 0 \quad （2 分）$$

表明飞船中的宇航员测得丙车仍然是晚于甲车发车，两参照系的时序不变。