



厚德 求真 砺学 笃行

大学物理习题

上册

系班 _____

学号 _____

姓名 _____

西安电子科技大学

目录

第一章 质点运动学.....	1
(一) 确定质点位置的方法、位移、速度、加速度.....	1
(二) 圆周运动.....	4
(三) 相对运动.....	7
第二章 牛顿运动定律.....	10
第三章 动量定理 动量守恒定律.....	13
第四章 功和能.....	16
(一) 功 动能 动能定理.....	16
(二) 功能原理 机械能守恒.....	19
质点动力学习题课.....	22
第五章 刚体力学基础.....	25
(一) 刚体绕定轴转动运动的描述 力矩.....	25
(二) 转动定律 转动惯量.....	28
(三) 角动量.....	31
(四) 刚体力学学习题课.....	34
第六章 机械振动.....	38
(一) 简谐振动.....	38
(二) 简谐振动.....	41
(三) 振动的合成.....	44
第七章 机械波.....	46
(一) 波动方程.....	46
(二) 波的能量 波的干涉.....	49
(三) 驻波 多普勒效应.....	52
(四) 机械波习题课.....	55
第八章 狹义相对论.....	59
(一) 狹义相对论 一.....	59
(二) 狹义相对论 二.....	61
(三) 狹义相对论 三.....	63
附录一 2013年试题及答案.....	
附录二 2014年试题及答案.....	
附录三 习题答案.....	

第一章 质点运动学

(一) 确定质点位置的方法、位移、速度、加速度

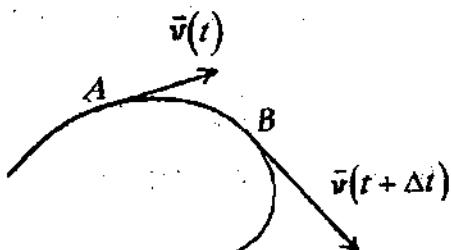
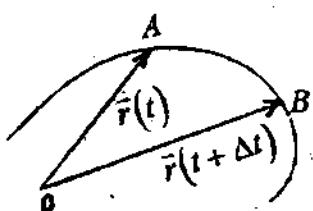
一、填空、选择题

1. 想一想下列两句话是否正确：

(1) 质点作直线运动，位置矢量的方向一定不变；

(2) 质点作圆周运动，位置矢量大小一定不变。

2. $\vec{r}(t)$ 与 $\vec{r}(t + \Delta t)$ 为某质点在不同时刻的位置矢量， $\vec{v}(t)$ 与 $\vec{v}(t + \Delta t)$ 为不同时刻的速度矢量，试在两个图中分别画出 $\Delta \vec{r}$, Δr , Δs 及 $\Delta \vec{v}$, Δv 。



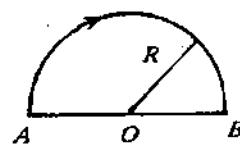
3. 一物体在 1 秒内沿半径 $R = 1\text{m}$ 的圆周上从 A 点运动到 B 点，如图所示，则物体的平均速度是：()

(A) 大小为 $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 方向由 A 指向 B;

(B) 大小为 $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 方向由 B 指向 A;

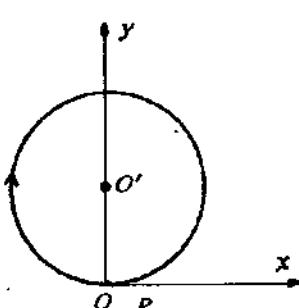
(C) 大小为 $3.14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 方向为 A 点切线方向;

(D) 大小为 $3.14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 方向为 B 点切线方向;



4. 一质点从 P 点出发以匀速率 $1\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 作顺时针转向的圆周运动，圆半径为 1m ，如图。当它走过 $\frac{2}{3}$ 圆周时，走过的路程是 _____; 这段时间平均速度大小为 _____

_____ ; 方向是 _____。



5. 根据瞬时速度矢量 \vec{v} 的定义及其用直角坐标,自然坐标的表示形式,它的大小可表示为: ()

(A) $\frac{d\vec{r}}{dt}$, (B) $\left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right|$ (C) $\frac{ds}{dt}$, (D) $\frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt} + \frac{dz}{dt}$, (E) $\left| \frac{dx}{dt} \hat{i} + \frac{dy}{dt} \hat{j} + \frac{dz}{dt} \hat{k} \right|$,

(F) $\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2$, (G) $\left[\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 \right]^{1/2}$

6. 某质点的运动方程为 $x = 3t - 5t^3 + 6$ (SI), 则该质点作 ()

- (A) 匀加速直线运动, 加速度沿 X 轴正方向。
- (B) 匀加速直线运动, 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) 变加速直线运动, 加速度沿 X 轴负方向。

二、计算题

1. 已知一质点的运动方程为 $\vec{r} = 2\vec{i} + (2 - t^2)\vec{j}$, \vec{r} 、 t 分别以 m 和 s 为单位, 求

- (1) 质点的轨迹方程, 并作图。
- (2) $t = 0$ s 和 $t = 2$ s 时刻的位置矢量。
- (3) $t = 0$ s 到 $t = 2$ s 质点的位移 $\Delta \vec{r} = ?$ 平均速度 $\bar{\vec{v}} = ?$

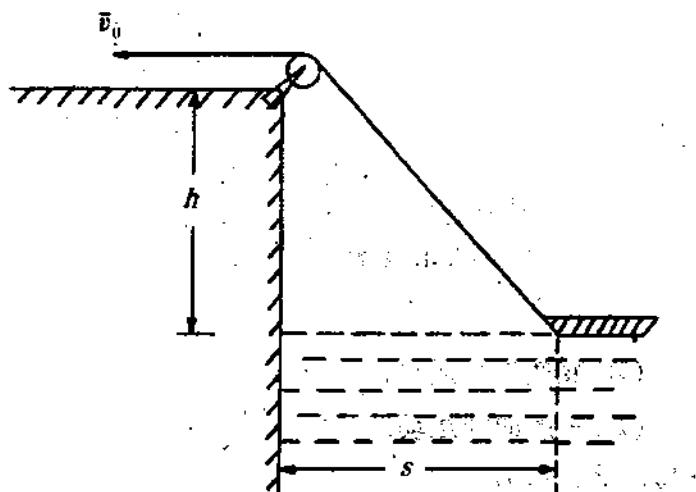
2. 一质点沿 x 轴作直线运动, 其运动方程为

$$x = 3 + 5t + 6t^2 - t^3 \quad (\text{SI})$$

则(1) 质点在 $t = 0$ 时刻的速度 $v_0 =$ _____

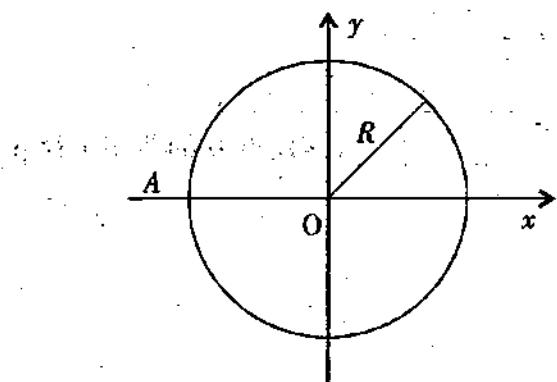
(2) 加速度为零时, 该质点的速度 $v =$ _____

3. 湖中一小船，岸边有人用绳子跨过高出水面 h 的滑轮拉船如图。如用恒定速率 v_0 收绳，计算船行至离岸边 s 处时的速度和加速度。



4. 如图，一质点沿半径 $R = 1\text{m}$ 的圆周运动， $t=0$ 时质点位于 A 点，然后顺时针方向运动，运动方程 $s = \pi t^2 + \pi t$ (SI) 求：

- (1) 质点绕行一周所经历的路径、位移、平均速度和平均速率；
- (2) 质点在 1 秒末的速度。



(二) 圆周运动

一、填空题与选择题

1. 一质点在平面上运动, 已知质点的位置矢量为

$$\vec{r} = at^2 \vec{i} + bt^2 \vec{j} \quad (a, b \text{ 为常数})$$

则质点作:

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

2. 在 x, y 面内有一运动质点其运动方程为

$$\vec{r} = 10\cos 5t \vec{i} + 10\sin 5t \vec{j} \quad (\text{SI})$$

则 t 时刻其速度 $\vec{v} =$ _____; 其切向加速度 $a_t =$ _____; 该质点运动轨迹是 _____。

3. 一质点作如图所示的抛体运动, 忽略空气阻力。

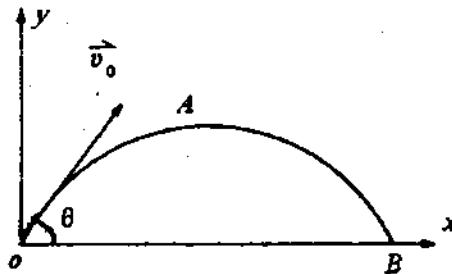
回答:

(A) 量值 $\frac{dv}{dt}$ 是否变化 _____;

(B) 矢量值 $\frac{d\vec{v}}{dt}$ 是否变化 _____;

(C) a_n 是否变化 _____;

(D) 轨道最高点 A 的曲率半径 $\rho_A =$ _____; 落地点 B 的曲率半径 $\rho_B =$ _____。



4. 根据瞬时加速度的定义及其用直角坐标和自然坐标表示形式, 它的大小 $|\vec{a}|$ 可表示为:

$$(A) \frac{dv}{dt}, \quad (B) \left| \frac{d\vec{v}}{dt} \right|, \quad (C) \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}, \quad (D) \left| \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \right|, \quad (E) \frac{d^2 s}{dt^2},$$

$$(F) \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{d^2 z}{dt^2}, \quad (G) \left[\left(\frac{v^2}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{dv}{dt} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad (H) \left[\left(\frac{v^2}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{d^2 s}{dt^2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

二、计算题：

1. 一质点在 $x-y$ 平面上运动, 运动方程为

$$x = 2t, \quad y = 19 - 2t^2 \quad (x, y \text{ 以米计}, t \text{ 以秒计})$$

(1) 图示质点运动轨迹;

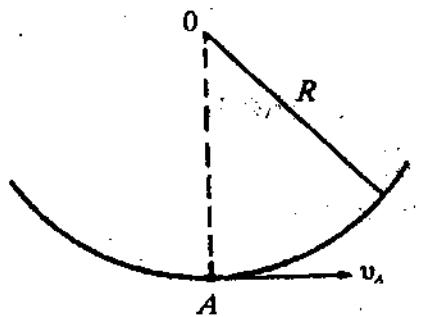
(2) 写出 $t = 1s$ 和 $t = 2s$ 时质点的位置矢量, 并计算 1s 到 2s 间的平均速度;

(3) 求出 2s 末的瞬时速度和瞬时加速度,

(4) 质点何时离原点最近, 并求出相应的距离 r_0 .

2. 质点沿 X 轴运动, 其速度与时间的关系为 $v = 4 + t^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 当 $t = 3s$ 时质点位于 $x = 9\text{m}$ 处, 求质点的运动方程。当 $t = 2s$ 时, 质点的位置在哪里?

3. 如图,飞机绕半径 $r = 1\text{ km}$ 的圆弧在竖直平面内飞行,飞行路程服从 $s(t) = 50 + t^3$ (m) 的规律,飞机飞过最低点 A 时的速率 $v_A = 192 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,求飞机飞过最低点 A 时的切向加速度 a_t ,法向加速度 a_n 和总加速度 \vec{a} 。



4. xy 平面内有一运动质点,其运动方程为 $x = t^2$, $y = 2t$, x, y 以 m 计, t 以 s 计,求质点在 t 时刻

- (1) 速度 $\vec{V} = ?$
- (2) 加速度 $\vec{a} = ?$
- (3) 切向加速度 $a_t = ?$
- 法向加速度 $a_n = ?$

(三) 相对运动

一、填空、选择题

1. 一质点沿半径为 R 的圆周运动, 路程随时间的变化规律为 $S = bt - \frac{1}{2}ct^2$ (SI), 式中 b 、 c 为大于零的常数, 且 $b > (cR)^{1/2}$

(1) 质点运动的切向加速度 $a_t = \underline{\hspace{2cm}}$; 法向加速度 $a_n = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 质点经过 $t = \underline{\hspace{2cm}}$ 时, $a_t = a_n$ 。

2. 质点沿半径 R 作圆周运动, 运动方程为 $\theta = 3 + 2t^2$ (SI), 则 t 时刻质点法向加速度大小 $a_n = \underline{\hspace{2cm}}$, 角加速度 $\beta = \underline{\hspace{2cm}}$, 切向加速度大小 $a_t = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3. 某人骑自行车以速率 v 向正西方向行驶, 遇到由北向南刮的风(设风速大小也为 v) 则他感到风是从 ()

(A) 东北方向吹来, (B) 东南方向吹来,

(C) 西北方向吹来, (D) 西南方向吹来。

4. 在相对地面静止的坐标系内, A、B 两船都以 $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率匀速行驶, A 船沿 x 轴正向, B 船沿 y 轴正向, 今在 A 船上设置与静止坐标系方向相同的坐标系(x, y 方向单位矢用 \vec{i}, \vec{j} 表示), 那么从 A 船看 B 船它相对 A 船的速度(以 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 为单位)为 ()

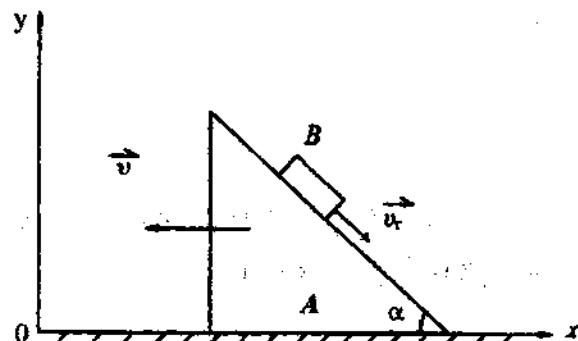
(A) $2\vec{i} + 2\vec{j}$, (B) $-2\vec{i} + 2\vec{j}$, (C) $-2\vec{i} - 2\vec{j}$, (D) $2\vec{i} - 2\vec{j}$

5. 楔形物体 A 的斜面倾角为 α , 可沿水平方向运动, 在斜面上物体 B 沿斜面以 \vec{v} 相对斜面下滑时, 物体 A 的速度为 \vec{v} , 如图, 在固接于地面坐标 oxy 中 B 的速度是

矢量式 $\vec{v}_{B地} = \underline{\hspace{2cm}}$,

分量式 $V_x = \underline{\hspace{2cm}},$

$v_y = \underline{\hspace{2cm}}.$



二、计算题:

1. 有架飞机从 A 处向东飞到 B 处, 然后又向西飞回到 A 处。已知气流相对于地面的速率为 u , AB 之间的距离为 l , 飞机相对于空气的速率 v 保持不变。

(1) 如果 $u=0$ (空气静止), 试证明来回飞行的时间为 $t_0 = \frac{2l}{v}$

(2) 如果气流的速度向东, 证明来回飞行的时间为 $t_1 = \frac{t_0}{1 - \frac{u^2}{v^2}}$

(3) 如果气流的速度向北, 证明来回飞行的时间为 $t_2 = \frac{t_0}{\sqrt{1 + \frac{u^2}{v^2}}}$

2. 某物体运动规律为 $\frac{dv}{dt} = -kv^2 t$, 式中 K 为大于零的常数, 当 $t=0$, 初速度为 v_0 , 则速度

与时间的关系是什么?

3. 一质点在平面上作曲线运动, 其速率 v 与路程 s 的关系为 $v = 1 + s^2$ (sI), 写出切向加速度以路程 s 表示的表达式。

4. 质点沿 X 轴运动, 其加速度和位置的关系是 $a = 2 + 6x^2$ (sI)。如质点在 $x = 0$ 处的速度为 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 求质点在任意坐标 x 处的速度。

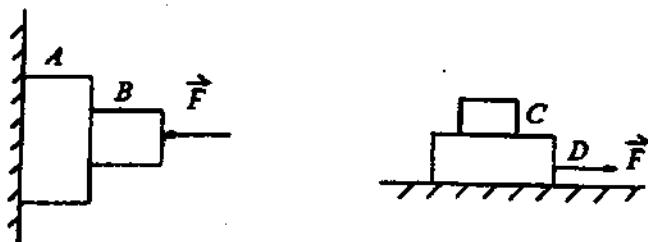
第二章 牛顿运动定律

一、填空题：

1. 分别画出物体 A、B、C、D 的受力图

(1) 被水平力 \vec{F} 压在墙上保持静止的两个方木块 A 和 B。

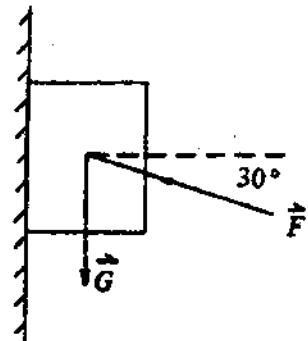
(2) 被水平力 \vec{F} 拉着在水平桌面上一起做匀速运动地木块 C 和 D。



2. 如图所示,用一斜向上的力 \vec{F} (与水平成 30° 角),将一重为 G 的木块压靠在竖直壁面上,如果不论用怎样大的力 F ,都不能使木块向上滑动,则说明木块与壁面间的静摩擦系数 μ 的大小为 ()

(A) $\mu \geq \frac{1}{2}$, (B) $\mu \geq 1/\sqrt{3}$,

(C) $\mu \geq 2\sqrt{3}$ (D) $\mu \geq \sqrt{3}$



3. 一质点质量为 m ,沿半径为 R 的圆周运动,其路程 s 随时间 t 变化的规律为

$$S = bt + \frac{1}{3}ct^3 \quad (\text{SI}) \quad \text{式中 } b, c \text{ 为常数}$$

则质点所受的切向力 $F_t = \dots$; 质点所受的法向力 $F_n = \dots$

4. 一小车沿半径为 R 的弯道作圆运动,运动方程为 $\theta = 3 + 2t^2$ (SI), 则小车所受的向心力 $F_n = \dots$, (设小车的质量为 m_0)

5. 质量为 m 的物体,在力 $F_x = A + Bt$ (SI) 作用下沿 x 正方向运动 (A, B 为常数), 已知 $t = 0$ 时 $x_0 = 0, v_0 = 0$, 则任一时刻:

物体的速度表达式 $v = \dots$

物体的位移表达式 $x = \dots$

6. 一物体质量 $M = 2\text{kg}$, 在合外力 $\vec{F} = (3 + 2t)\hat{i}$ 的作用下, 从静止出发沿水平 x 轴作直

线运动，则当 $t=1s$ 时物体的速度 \vec{v} _____。

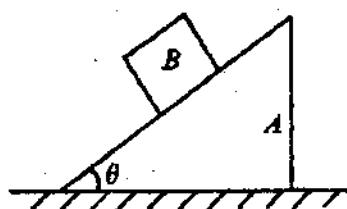
7. 小车以恒定的加速度 \vec{a} 沿一直线运动，车上一竖杆的端点用细线系一质量为 m 的小球，当球相对车静止时，线和杆间的夹角 θ 等于 _____。

二、计算题：

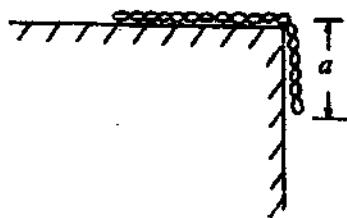
1. 倾角为 θ 的三角形木块 A 放在粗糙地面上，A 的质量为 M ，与地面间的摩擦系数为 μ ，A 上放一质量为 m 的木块 B，设 A、B 间是光滑的。

(1) 作出 A、B 的示力图。

(2) 求 B 下滑时， μ 至少为多大才能使 A 相对地面不动。



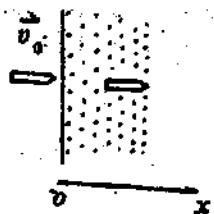
2. 一根匀质链条，质量为 m ，总长度为 l ，一部分放在光滑桌面上，另一部分从桌面边缘下垂，长度为 a ，试求当链条下滑全部离开桌面时，它的速率为多少？(用牛顿定律求解)



3. 质量为 m 的子弹以速度 v_0 水平射入沙土中, 设子弹所受阻力与速度反向, 大小与速度大小成正比, 比例系数为 K , 忽略子弹的重力, 求:

(1) 子弹射入沙土后, 速度的大小随时间变化的函数式。

(2) 子弹进入沙土的最大深度。



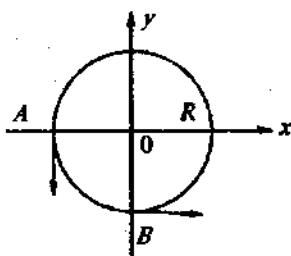
第三章 动量定理 动量守恒定律

一、选择题与填空题：

1. 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 A 点运动到 B 点的过程中：

所受合外力的冲量 $I =$ _____

除重力外其它外力对物体所做的功 $A =$ _____

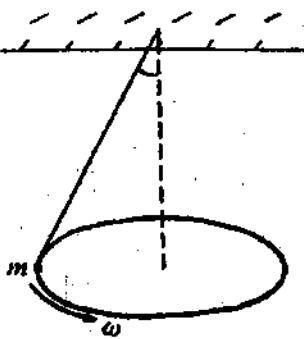


2. 一圆锥摆，质量为 m 的小球在水平面内以角速度 ω 匀速转动，在小球转动一周的过程中：

(1) 小球动量增量的大小等于 _____

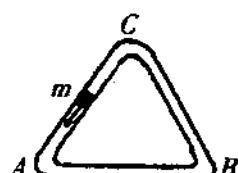
(2) 小球所受重力的冲量的大小等于 _____

(3) 小球所受绳子拉力的冲量大小等于 _____



3. 质量为 m 的质点，沿正三角形 ABC 的水平光滑轨道以匀速率 v 运动，质点越过 A 点时，轨道作用于质点的冲量的大小：()

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



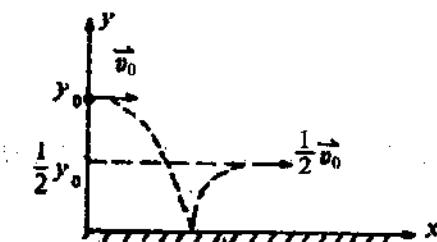
4. 关于质点系动量守恒定律,下列说法中正确的是 ()

- (A) 质点系不受外力作用,且无非保守内力时,动量守恒。
- (B) 质点系所受合外力的冲量的矢量和为零时动量守恒。
- (C) 质点系所受合外力恒等于零,动量守恒。
- (D) 动量守恒定律与所选参照系无关。

5. 质量为 $m = 2\text{kg}$ 的物体,所受合外力沿 x 正方向,且力的大小随时间变化,其规律为: $F = 4 + 6t(\text{N})$, 问当 $t = 0$ 到 $t = 2\text{s}$ 的时间内,力的冲量 $\vec{I} = \underline{\hspace{10em}}$ 。物体动量的增量 $\Delta \vec{P} = \underline{\hspace{10em}}$ 。

6. 质量为 m 的小球自高为 y_0 处沿水平方向以速度 \vec{v}_0 抛出,与地面碰撞后跳起的最大高度为 $\frac{1}{2}y_0$,水平速率为 $\frac{1}{2}\vec{v}_0$,则碰撞过程中(忽略重力)

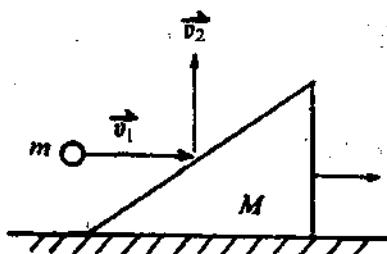
- (1) 地面对小球的垂直冲量的大小为 $\underline{\hspace{10em}}$ 。
- (2) 地面对小球的水平冲量的大小为 $\underline{\hspace{10em}}$ 。



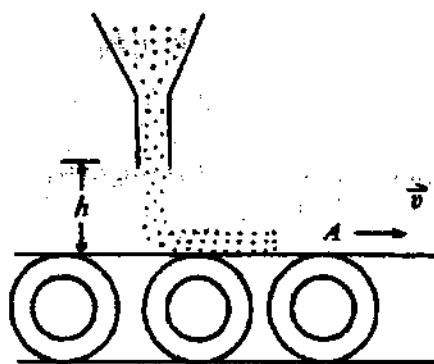
7. 粒子 B 的质量是粒子 A 的质量的 4 倍,开始时 A 粒子的速度为 $3\hat{i} + 4\hat{j}$,粒子 B 的速度为 $2\hat{i} - 7\hat{j}$,由于两者的相互作用,粒子 A 的速度变为 $7\hat{i} - 4\hat{j}$,此时粒子 B 的速度等于 $\underline{\hspace{10em}}$ 。

二、计算题:

1. 如图所示,质量为 M 的滑块正沿着光滑水平地面向右滑动,一质量为 m 的小球水平向右飞行,以速度 \vec{v}_1 (对地)与滑块斜面相碰,碰后竖直向上弹起,速率为 v_2 (对地),若碰撞时间为 Δt ,试计算此过程中滑块对地的平均作用力和滑块速度增量的大小。(m 的重力不忽略)



2. 如图,用传送带 A 输送煤粉,料斗口在 A 上方高 $h = 0.5\text{m}$ 处,煤粉自料斗口自由落在 A 上。设料斗连续卸煤的流量为 $q_m = 40\text{kg/s}$, A 以 $v = 2.0\text{m/s}$ 的水平速度匀速向右移动。求装煤的过程中,煤粉对 A 的作用力的大小和方向。(不计相对传送带静止的煤粉的质量,当煤粉与 A 相互作用时,煤粉对 A 的作用力远大于煤粉的重力)。



3. 质量为 m ,速度为 \vec{v}_0 的小球 A,与另一质量相同的静止小球 B,在光滑水平面上发生弹性碰撞。若碰撞不是对心的,试证明碰撞后两小球的运动方向相互垂直。

第四章 功和能

(一) 功 动能 动能定理

一、选择题与填空题：

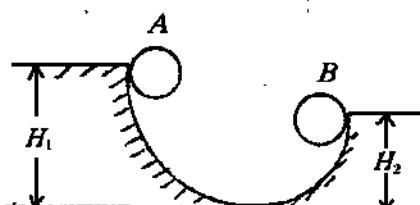
1. 一质点受力 $\vec{F} = 2x^3 \hat{i}$ (sI) 作用，沿 X 轴正方向运动。从 $x=0$ 到 $x=2m$ 的过程中，力 \vec{F} 作功为 _____。

2. 一弹簧，伸长量为 x 时，弹性力的大小为 $F = ax + bx^2$ (sI)，当一外力将弹簧从原长再拉长 l 的过程中，外力所做的功 $A =$ _____。

3. 宇宙飞船关闭发动机返回地球的过程中，可以认为是仅在地球万有引力作用下运动，若用 m 表示飞船的质量， M 表示地球质量， G 表示万有引力常数，则飞船从距地球中心 r_1 处下降到 r_2 处的过程中，动能的增量为 ()

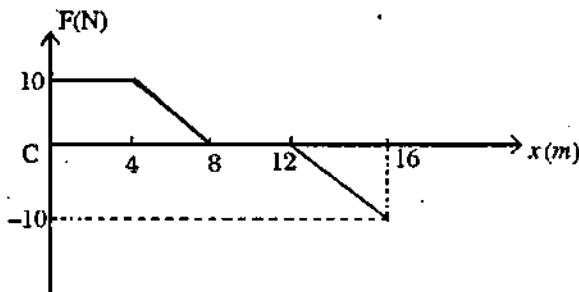
- (A) $\frac{GmM}{r_2^2}$ (B) $\frac{GmM}{r_1^2}$ (C) $GmM \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$ (D) $GmM \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}$

4. 质量为 m 的质点，自 A 点无初速沿图示轨道滑动到 B 点，其速率恰为零。图中 H_1 与 H_2 分别表示 A、B 两点离水平面的高度，则质点在滑动过程中，摩擦力的功为 _____，合力的功为 _____。



5. 质量为 10kg 的物体，在变力 F 作用下沿 X 轴做直线运动，力随坐标 X 的变化如图，物体在 $x=0$ 处速度为 1m/s ，则物体运动到 $x=16\text{m}$ 处，速度的大小为 ()

- (A) $2\sqrt{2}\text{m/s}$ (B) 3m/s (C) 4m/s (D) $\sqrt{17}\text{m/s}$



二、计算题：

1. 一沿 x 轴正方向的力作用在一质量为 3.0kg 的质点上。已知质点的运动方程为：

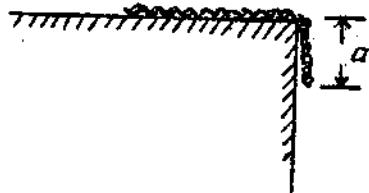
$$x = 3t - 4t^2 + t^3 \text{ (sI)}$$

试求：

- (1) 力在最初 4s 内作的功。
- (2) 在 $t = 1s$ 时，力的瞬时功率。

2. 用铁锤将一铁钉击入木板，设木板对铁钉的阻力与铁钉进入木板内的深度成正比，在铁锤击第一次时，能将铁钉击入木板内 1cm，问击第二次时能击入多深？假定铁锤二次打击铁钉的速度相同。

3. 一根匀质链条，质量为 m ，总长度为 l ，一部分放在一粗糙的桌面上，链条与桌面间的滑动摩擦系数为 μ ，另一部分从桌面边缘下垂，长度为 a ，求当链条下滑全部离开桌面时，摩擦力做多少功？



(二) 功能原理 机械能守恒

一、选择题与填空题：

1. 对功的概念有以下几种说法,正确的是: ()

(A) 保守力做正功,系统内相应的势能增加。

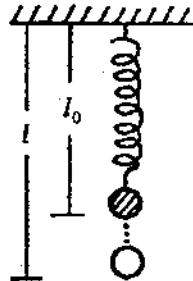
(B) 质点运动经一闭合路径,保守力对质点作的功为零。

(C) 作用力和反作用力大小相等,方向相反,所以二者所作功的代数和必为零。

2. 原长为 l_0 倔强系数为 k 的轻弹簧竖直挂起,下端系一质量为 m 的小球,如图所示。

当小球自弹簧原长处向下运动至弹簧伸长为 l 的过程中:

(A) 重力作功 _____



(B) 重力势能的增量 _____

(C) 弹性势能的增量 _____

(D) 弹性力所做的功 _____

3. 有一人造地球卫星,质量为 m ,在地球表面上空 2 倍于地球半径 R 的高度沿圆轨道运行,用 M 、 R 、引力常数 G 和地球的质量 M 表示:

(1) 卫星的动能为 _____

(2) 卫星的引力势能为 _____

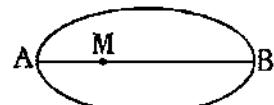
4. 一质点在指向圆心的平方反比力 $\vec{F} = -\frac{k}{r^2}\vec{r}$ 的作用下作半径为 r 的圆周运动(k 是大于零的常数),此质点的速度 $v =$ _____,若取距圆心无穷远处为势能零点,它的势能 $E_p =$ _____,机械能 $E =$ _____。

5. 一人造卫星绕地球作椭圆运动,近日点为 A,远日点为 B,分别距地心为 r_1 和 r_2 ,设卫星的质量为 m ,地球的质量为 M ,则卫星在 A、B 二点处的

万有引力势能之差 $E_{PB} - E_{PA} =$ _____。

动能之差 $E_{KB} - E_{KA} =$ _____。

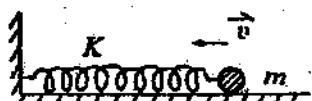
机械能之差 $E_B - E_A =$ _____。



二、计算题：

1. 从地面上以一定角度发射地球卫星，发射速率 v_0 应为多大才能使卫星在距地心半径为 r 的圆轨道上运转？设地球半径为 R_0 。

2. 一特殊弹簧，弹性力 $F = -Kx^3$ ， K 为倔强系数， x 为形变量，现将弹簧水平放置于光滑的水平面上，一端固定，一端与质量为 m 的滑块相连而处于自然状态，今沿弹簧长度方向给滑块一个冲量，使其获得一速度 v ，压缩弹簧，问弹簧被压缩的最大长度为多少？



3. 设两粒子之间的相互作用力为排斥力 f , 其变化规律为 $f = \frac{K}{r^3}$, K 为常数, r 为二者之间的距离。试问:

(1) f 是保守力吗? 为什么?

(2) 若是保守力, 求两粒子相距为 r 时的势能。设无穷远处为零势能位置。

4. 证明物体从地面出发的逃逸速率(即逃脱地球引力所需要的从地面出发的最小速率)为:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

式中 M 、 R 分别为地球的质量和半径, G 为万有引力常数。

一个星体的逃逸速率为光速时, 由于万有引力的作用光子也不能从该星体表面逃离, 该星体就成了一个“黑洞”, 理论证明, 对于这种情况逃逸公式 $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ 仍然正确, 试计算太阳要是成为黑洞它的半径 R 和平均质量密度 ρ 分别为多少? (已知太阳的质量 $M = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ 将计算结果与目前太阳的半径 $R = 7 \times 10^8 \text{ m}$ 和平均质量密度 $\rho = 1.41 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 作一比较)

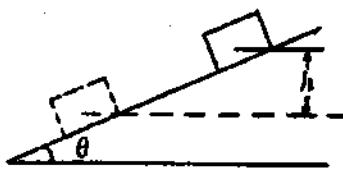
质点动力学习课题

一、选择题与填空题

1. 如图所示,木块 m 沿固定的光滑斜面下滑,当下降 h 高度时,重力的瞬时功率是:

()

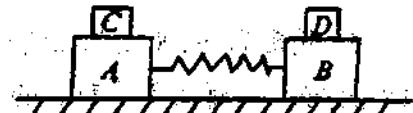
- (A) $mg(2gh)^{\frac{1}{2}}$, (B) $mg\cos\theta(2gh)^{\frac{1}{2}}$ (C) $mgsin\theta(\frac{1}{2}gh)^{\frac{1}{2}}$, (D) $mgsin\theta(2gh)^{\frac{1}{2}}$



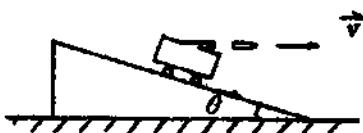
2. 质量分别为 m_1 和 m_2 的物体 A 和 B, 置于光滑桌面上, A 和 B 之间连有一轻弹簧。另有质量为 m_1 和 m_2 的物体 C 和 D 分别置于物体 A 与 B 之上, 且 A 和 C, B 和 D 之间的摩擦系数均不为零。首先用外力沿水平方向相向推压 A 和 B, 使弹簧被压缩, 然后撤掉外力, 则在 A 和 B 弹开的过程中, 对 A、B、C、D 弹簧组成的系统:

()

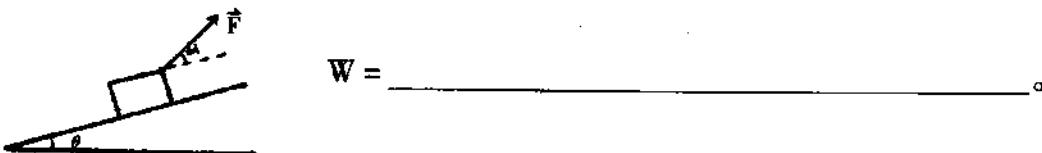
- (A) 动量守恒, 机械能守恒;
 (B) 动量不守恒, 机械能守恒;
 (C) 动量不守恒, 机械能不守恒;
 (D) 动量守恒, 机械能不一定守恒。



3. 有一质量为 M (含炮弹) 的大炮, 在一倾角为 θ 的光滑斜面上下滑, 当它滑到某处速率为 v_0 时, 从炮内沿水平方向射出一质量为 m 的炮弹。欲使炮车在发射炮弹后的瞬时停止滑动, 则炮弹出口速率 $v = \underline{\hspace{10em}}$ 。



4. 如图所示, 一斜面倾角为 θ , 用与斜面成 α 角的恒定力 \vec{F} 将一质量为 m 的物体沿斜面拉升了高度 h , 物体与斜面间的摩擦系数为 μ , 摩擦力在此过程中所作的功



5. 保守力的特点是_____

保守力的功与势能的关系式为_____

二、计算题：

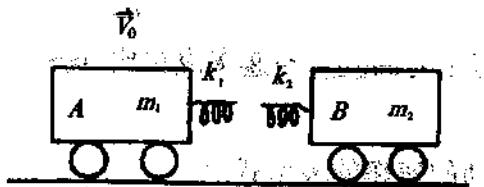
1. 水面上有一质量为 M 的木船, 开始时静止不动, 从岸上以水平速度 v_0 将一质量为 m 的砂袋抛到船上, 然后二者一起运动, 设运动过程中受的阻力与速率成正比, 比例系数为 K , 如砂袋与船的作用时间极短, 试求:

(1) 砂袋抛到船上后, 船和砂袋一起开始运动的速度的表示式。

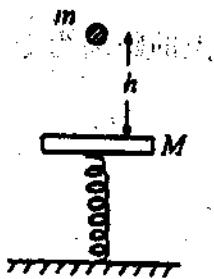
(2) 砂袋与木船从开始一起运动直到静止时所走过和距离。

2. 两个自由质点, 其质量分别为 m_1 和 m_2 , 它们之间的相互作用符合万有引力定律。开始时, 两质点间的距离为 l , 它们都处于静止状态, 试求两质点的距离为 $\frac{1}{2}l$ 时, 两质点的速度各为多少?

3. 如图两个带理想弹簧缓冲器的小车 A 和 B, 质量分别为 m_1 和 m_2 , B 不动, A 以速度 v_0 与 B 碰撞, 若两弹簧的倔强系数分别为 k_1 和 k_2 , 不计摩擦, 求两车相对静止时, 其间的作用力为多大? (弹簧的质量不计)



4. 如图一轻弹簧, 倔强系数 K , 竖直固定在地面上, 试求质量为 m 的小球从钢板上方 h 处自由落下, 与钢板发生弹性碰撞, 则小球从原来钢板位置上升的最大高度为多少? 弹簧能再压缩的长度为多少? 设钢板的质量为 M 。($m < M$)



第五章 刚体力学基础

(一) 刚体绕定轴转动运动的描述 力矩

一、填空、选择题：

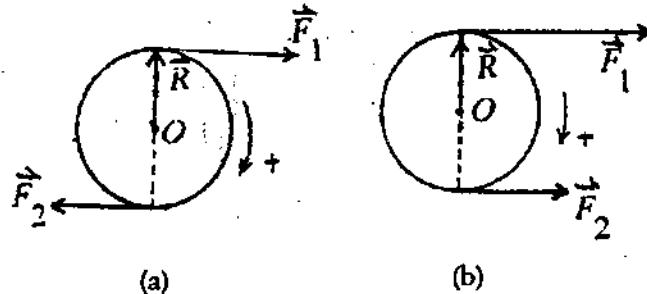
1. 二个恒定的力 \vec{F}_1, \vec{F}_2 ($F_1 > F_2$) 作用在一个可绕固定中心轴 O 转动的圆盘上, 如图 (a), (b) 所示, 则二力对 O 轴的合力矩分别为:

$$\vec{M}_a = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\vec{M}_a = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\vec{M}_b = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$M_b = \underline{\hspace{10cm}}$$



(a)

(b)

2. 刚体绕固定轴作匀加速转动, 角加速度为 β , 初角速度为 ω_0 , 则在刚体上离轴心为 r 处一点在任一时刻的速率 $v = \underline{\hspace{10cm}}$; 切向加速度 $a_t = \underline{\hspace{10cm}}$; 法向加速度 $a_n = \underline{\hspace{10cm}}$, 随时间变化的量是 $\underline{\hspace{10cm}}$ 。

3. 已知一刚体绕定轴转动的运动方程 $\theta = 10 + 8t - 5t^2$ (SI) 则 $t = 0.2\text{s}$ 时, 刚体的角速度为 $\underline{\hspace{10cm}}$; 角加速度为 $\underline{\hspace{10cm}}$, 此时离转轴距离 $r = 0.5\text{m}$ 处质点的速度 $v = \underline{\hspace{10cm}}$, 加速度 $a = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

4. 刚体以每分钟 60 转绕 Z 轴正方向作匀速转动。设这时刚体上一点 P 的位置矢量为 $\vec{r} = 3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$, 单位为 “ 10^{-2}m ”, 若以 “ $10^{-2}\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ” 为速度单位, 则该时刻 P 点速度为:

()

(A) $\vec{v} = 94.2\hat{i} + 125.6\hat{j} + 157.0\hat{k}$

(B) $\vec{v} = -25.1\hat{i} + 18.8\hat{j}$

(C) $\vec{v} = 15.1\hat{i} + 18.8\hat{j}$

(D) $\vec{v} = 31.4\hat{j}$

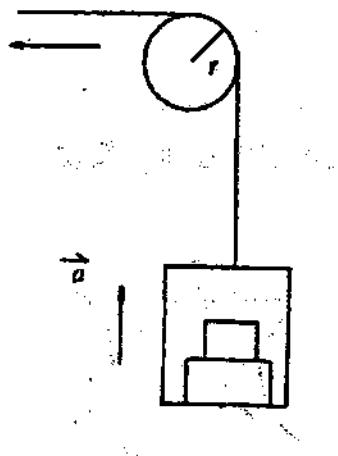
5. 一飞轮匀减速转动, 在 5s 内角速度由 $40\pi\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 减到 $10\pi\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$, 则飞轮在这 5s 内总共转过了 $\underline{\hspace{10cm}}$ 圈, 飞轮再经 $\underline{\hspace{10cm}}$ 的时间才能停止转动。

二、计算题:

1. 如图所示, 一条缆绳绕过定滑轮拉动升降机, 滑轮半径 $r = 0.5\text{m}$, 如果升降机从静止

开始以加速度 $a = 0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 匀加速上升, 求:

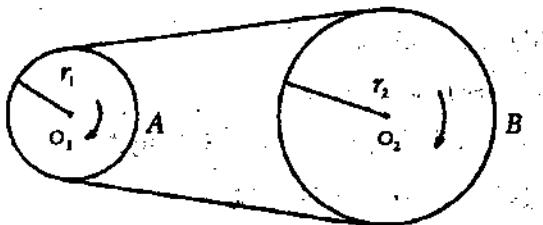
- (1) 滑轮的角加速度;
- (2) 开始上升后, $t = 5\text{s}$ 末滑轮的角速度;
- (3) 在 5s 内滑轮转过的圈数;
- (4) 开始上升后, $t' = 1\text{s}$ 末滑轮边缘上一点的加速度(假设绳与轮无相对滑动)。



2. 一刚体从静止开始以匀角加速度绕定轴转动, 其角加速度为 $0.10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$, 试求从开始转动后多少时间, 刚体上一点的加速度与该点的速度成 45° 角? 此时该点已转过的角度是多少?

3. 如图所示,发电机的皮带轮 A 被汽轮机的皮带轮 B 带动,A 轮和 B 轮的半径分别为 $r_1 = 30\text{cm}$, $r_2 = 75\text{cm}$ 。已知汽轮机在启动后以匀角加速度 $0.8\pi\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$ 转动,两轮与皮带间均无滑动,

- (1) 经过多长时间后发电机的转速为 $600\text{r}/\text{min}$;
- (2) 当汽轮机停止工作后,发电机在 1min 内由 $600\text{r}/\text{min}$ 减到 $300\text{r}/\text{min}$,设减速过程是均匀的,求角加速度及在这 1min 内转过的圈数。



4. 有一质量为 m ,长为 l 的均匀细棒,静止平放在滑动摩擦系数为 μ 的桌面上,它可以绕过其端点 O 且与桌面垂直的固定光滑轴转动,求摩擦力对 O 轴的力矩大小。

(二) 转动定律 转动惯量

一、填空、选择题：

1. 下列各种说法，正确的是 ()

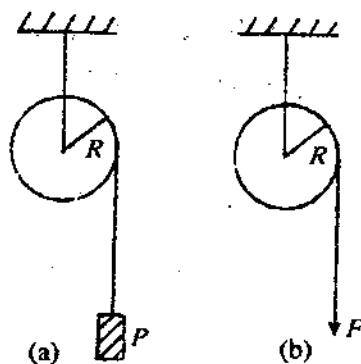
- (A) 作用在刚体上的力越大，刚体转动角加速度越大；
- (B) 作用在刚体上的力矩越大，刚体转动角速度越大；
- (C) 作用在刚体上的力对定轴的力矩越大，刚体绕该轴的角加速度越大；
- (D) 作用在刚体上的合外力为零，刚体保持静止或匀角速转动；
- (E) 作用力和反作用力对同一轴的力矩之和为零。

2. 将一轻绳绕过一滑轮边缘，绳与滑轮之间无滑动，若(a)将重量为 P 的砝码挂在绳端；(b)用一恒力 $F = P$ 向下拉绳端，如图所示，分别用 β_a 和 β_b 表示两种情况下滑轮的角加速度，则

(1) 两滑轮所受力矩方向是_____；滑轮转动方向为_____ ()

(2) β_a 和 β_b 的关系是 ()

- (A) $\beta_a > \beta_b$
- (B) $\beta_a = \beta_b$
- (C) $\beta_a < \beta_b$
- (D) 不能确定。



3. 一根均匀棒长 l ，质量 m ，可绕通过其一端且与其垂直的定轴在铅直面内自由转动，开始时棒静止水平位置，它当自由下摆时，它的初角速度等于_____，初角加速度等于_____。已知均匀棒对于通过其一端垂直于棒的转轴的转动惯量为 $\frac{1}{3}ml^2$ 。

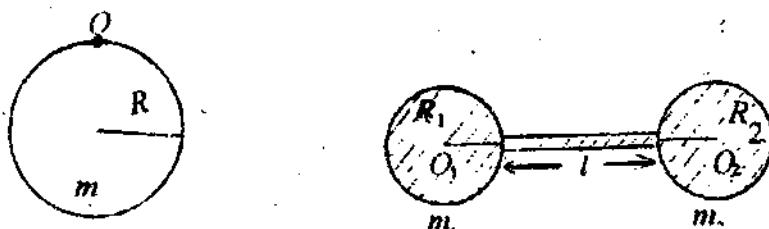
4. 在半径为 R 的定滑轮上跨一细绳，绳的两端分别挂着质量为 m_1 和 m_2 的物体，且 $m_1 > m_2$ 。若滑轮的角加速度为 β ，则两侧绳中的张力分别为 $T_1 =$ _____， $T_2 =$ _____。

5. 由 $2N$ 根质量均为 m 的等长的匀质辐条和质量为 M 的匀质轮圈构成转轮，可绕垂直于转轮平面并通过其中心的转轴转动，若将辐条数目减少为 N 根，又要保持转轮的转动惯量不变，则轮圈质量应为 ()

(A) $\frac{N}{12}m + M$; (B) $\frac{N}{6}m + M$; (C) $\frac{N}{3}m + M$; (D) $\frac{N}{2}m + M$ 。

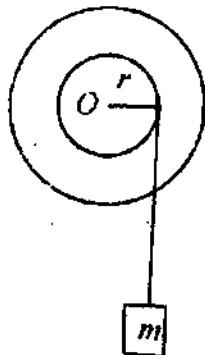
6. 在水平面内,有一质量为 m ,半径为 R 的均质圆环,可绕垂直于平面的 O 轴转动,该圆环对 O 轴的转动惯量 $I_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

在水平面内,有二个匀质圆盘,被一通过盘心的细轻杆连接,此系统可绕垂直于水平面的 O_1 轴(O_1 轴通过一个圆盘的盘心)转动,该系统对 O_1 轴的转动惯量 $I_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



二、计算题:

1. 一质量为 m 物体悬于一条轻绳的一端,绳另一端绕在一轮轴的轴上,如图所示。轴水平且垂直于轮轴面,其半径为 r ,整个装置架在光滑的固定轴承之上。当物体从静止释放后,在时间 t 内下降了一段距离 S 。试求整个轮轴的转动惯量(用 m 、 r 、 t 和 S 表示)。

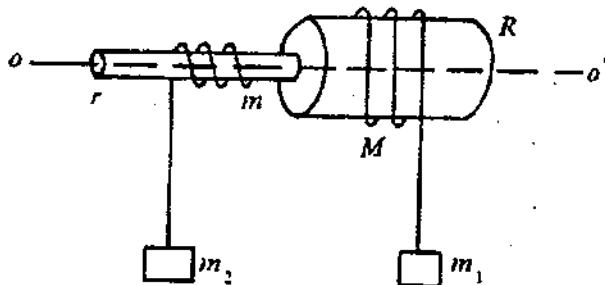


2. 固定在一起的两同轴均匀圆柱体可绕其光滑的水平对称轴 OO' 转动,设大小圆柱体的半径分别为 R , r ,质量分别为 M 和 m ,绕在两柱体上的细绳分别与挂在圆柱体两侧的物体 m_1 和 m_2 相连,如图所示。

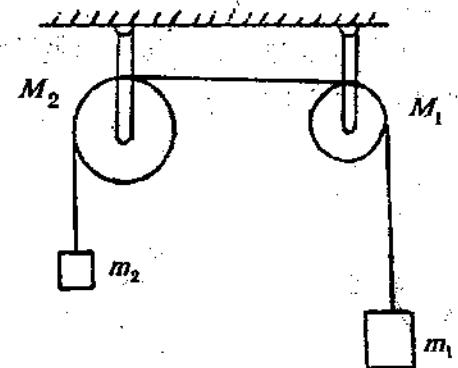
设 $R = 0.2m$, $r = 0.10m$, $m = 4kg$, $M = 10kg$, $m_1 = m_2 = 2kg$,

求:(1)柱体转动时的角加速度;

(2)两侧细绳张力。



3. 在如图所示的装置中,物体的质量 m_1, m_2 , 定滑轮的质量 M_1, M_2 , 半径 R_1, R_2 均为已知,且 $m_1 > m_2$ 。设绳子长度不变,质量不计,绳子与滑轮间不打滑,滑轮轴承处光滑无摩擦阻力,试应用牛顿定律和转动定律写出这一系统的运动方程,并求出物体 m_2 的加速度。

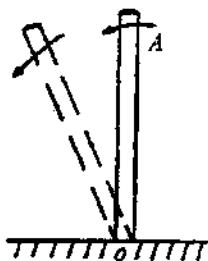
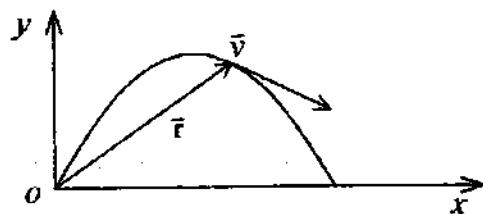


4. 以 $20\text{N} \cdot \text{m}$ 的恒力矩作用在有固定轴的转轮上,在 10s 内该轮的转速由零增大到 100rev/min 。此时移去该力矩,转轮因摩擦力矩的作用又经 100s 而停止。试推算此转轮的转动惯量。

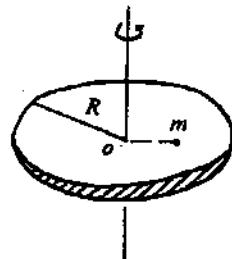
(三) 角动量 角动量定理 角动量守恒定律

一、填空、选择题：

- 力矩的定义式为 _____。系统所受的合外力矩为零，则系统的 _____ 守恒。
- 质量为 m 的质点在斜抛运动中某一瞬时的位置矢量为 \vec{r} ，速度为 \vec{v} ，如图，则该瞬时对 O 点质点的角动量为 _____；所受力矩为 _____。
- 哈雷慧星绕太阳运动的轨道是一个椭圆，它离太阳最近的距离 $r_1 = 8.75 \times 10^{10} \text{ m}$ ，此时它的速率 $v_1 = 5.46 \times 10^4 \text{ m/s}$ ，它离太阳最近时的速率 $v_2 = 9.08 \times 10^2 \text{ m/s}$ ，这时它离太阳的距离 $r_2 =$ _____。
- 如图所示，有一个小块物体，置于一个光滑的水平桌面上，有一绳其一端连结此物体，另一端穿过桌面中心的孔，该物体原以角速度 ω 在距离孔为 R 的圆周上转动，今将绳从小孔缓慢往下拉。则物体 _____。
 (A) 动能不变，动量改变。
 (B) 动量不变，动能改变。
 (C) 角动量不变，动量不变。
 (D) 角动量不变，动能、动量都改变。
- 一根长为 l 质量为 m 的匀质细杆竖立在地面上，如果此杆以下端接地处 O 为轴转动而倒下，如图，则杆的上端 A 到达地面的速率为 _____。

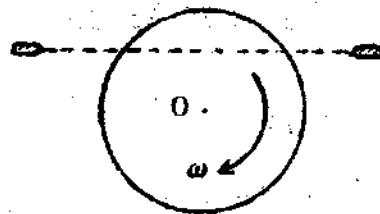


- 匀质圆盘水平放置，可绕过盘心的铅直轴自由转动，圆盘对该轴的转动惯量为 J_0 ，当其转动角速度为 ω_0 时，有一质量为 m 的质点落到圆盘上，并粘在距轴 $\frac{R}{2}$ 处（ R 为圆盘半径）则它们的角速度 $\omega =$ _____。



7. 对一绕固定水平轴 O 匀速转动的圆盘, 沿如图所示的同一水平直线从相反方向射入两颗质量相同、速率相等的子弹, 并留在盘中, 则子弹射入后转盘的角速度是: ()

- (A) 增大; (B) 减少;
(C) 不变; (D) 不能确定。

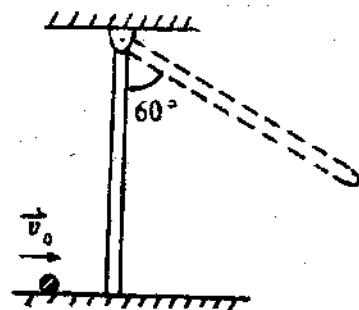


二、计算题:

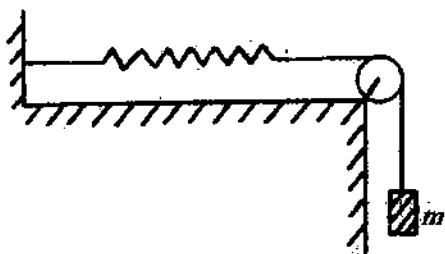
1. 一质量为 m 的小球, 系于轻绳的一端, 绳的另一端穿过光滑水平桌面上的小孔用手拉住, 先使小球以角速度 ω_1 在桌面上做半径为 r_1 的圆周运动, 然后缓慢将绳下拉, 使半径缩小为 r_2 , 求在此过程小球动能的增量。

答: 小球在绳子拉直前做匀速圆周运动, 其向心力由绳子的拉力提供, 即 $F = m\omega^2 r$ 。当绳子拉直后, 小球的速度 $v = \omega r$ 保持不变, 但半径减小为 r_2 , 因此向心力 F 增加, 由能量守恒可知, 小球的动能增加量等于增加的势能, 即 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m\omega_1^2 r_1^2 + \frac{1}{2}m\omega_2^2 r_2^2$ 。

2. 长为 l 质量为 m_0 的细杆可绕垂直于一端的水平轴自由转动。杆原来处于平衡状态。现有一质量为 m 的小球沿光滑水平面飞来, 正好与杆下端相碰(设碰撞为完全弹性碰撞)使杆向上摆到 $\theta = 60^\circ$ 处, 如图所示, 求小球的初速度。

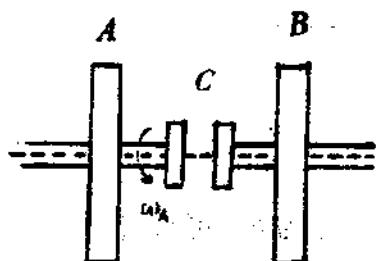


3. 如图,已知滑轮的半径为30cm,转动惯量为 $0.5\text{kg}\cdot\text{m}^2$,弹簧倔强系数 $K=2.0\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$,求质量为60g的物体落下40cm时的速率是多大?设开始时物体静止且弹簧无伸长。



4. 如图所示,A和B两飞轮的轴杆在同一中心线上,设两轮的转动惯量分别为 $J_A = 10\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 和 $J_B = 20\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 。开始时,A轮转速为600rev/min,B轮静止。C为摩擦啮合器,其转动惯量可忽略不计。A、B分别与C的左、右两个组件相连,当C的左右组件啮合时,B轮得到加速度而A轮减速,直到两轮的转速相等为止。设轴光滑,求:

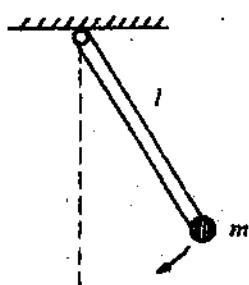
- (1)两轮啮合后的转速n;
- (2)两轮各自所受的冲量矩。



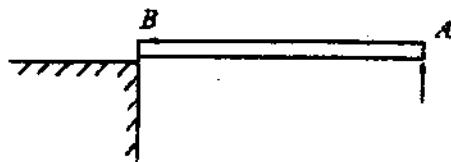
(四) 刚体力学学习课题

一、填空、选择题：

1. 一长为 l 质量可以忽略的细杆，可绕通过一端的水平光滑轴在竖直平面内作定轴转动。在杆的另一端固定一质量为 m 的小球如图所示，现将杆由水平位置无初转速地释放，则杆被释放时的角加速度 $\beta_0 = \dots$ ，杆与水平方向夹角为 60° 时的角加速度 $\beta = \dots$ 。



2. 一质量为 m ，长为 l 的匀质细杆，一端 B 搁在桌子边沿上，另一端 A 用手托住，如图所示，在突然撤手的瞬间：(1)作用在杆上的力对 B 点的力矩 $M = \dots$ ；(2) 杆质心的铅直加速度 $a = \dots$ 。



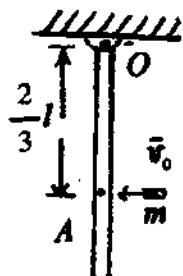
3. 光滑的水平桌面上，有一长为 $2L$ 、质量为 m 的匀质细杆，可绕过其中点且垂直于杆的竖直光滑固定轴 o 自由转动，其转动惯量为 $\frac{1}{3}mL^2$ ，起初杆静止，桌面上有两个质量均为 m 的小球，各自在垂直于杆的方向上，正对着杆的一端，以相同速率 v 相向运动，如图所示，当两小球同时与杆的两个端点发生完全非弹性碰撞后，就与杆粘在一起转动，则这一系统碰撞后的转动角速度应为 ()

- (A) $\frac{2v}{3L}$ (B) $\frac{4v}{5L}$ (C) $\frac{6v}{7L}$
 (D) $\frac{8v}{9L}$ (E) $\frac{12v}{7L}$

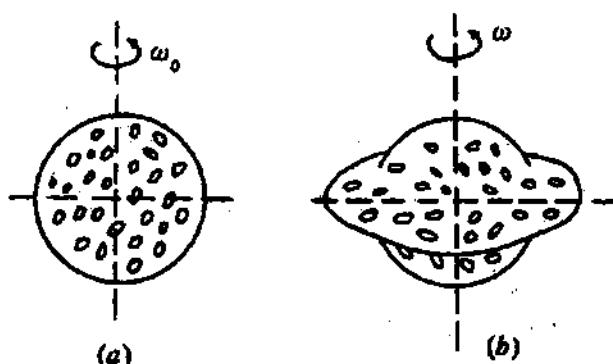


4. 质量为 m 的匀质杆，长为 l ，以角速度 ω 绕过杆中心垂直于杆的固定轴转动，此时杆的动量 $P = \dots$ ；动能 $E_k = \dots$ ；对固定轴的角动量 $L = \dots$ 。

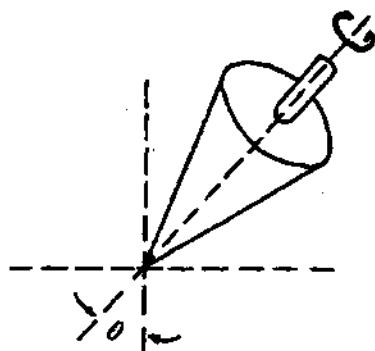
5. 长为 l 、质量为 M 的匀质杆可绕通过杆一端 O 的水平光滑固定轴转动, 转动惯量为 $\frac{1}{3}Ml^2$, 开始时杆竖直下垂, 如图所示, 有一质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 射入杆上 A 点, 并嵌在杆中, $OA = \frac{2}{3}l$, 则子弹射入后瞬间杆的角速度 $\omega =$ _____。



6. 图(a)为一气体云组成的球状孤立天体, 绕通过球心的自转轴转动, 转动惯量为 J_0 , 角速度为 ω_0 。由于气体自身引力的作用, 气体云沿径向坍缩, 经过若干年后变为图(b)所示形状, 此时它的转动动能为原来的 3 倍, 则此时它的自转角速度 $\omega =$ _____; 相对自转轴的转动惯量 $J =$ _____。



7. 一陀螺绕自转轴以角速度 ω 转动, 若自转轴与竖直方向夹角 θ , 则从上往下看, 其进动方向是 = _____; 进动角速度大小与夹角 θ 是否有关 = _____。



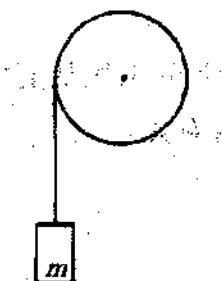
二、计算题：

1. 一飞轮的转动惯量为 J , 在 $t=0$ 时角速度为 ω_0 , 此后飞轮经历制动过程, 阻力矩的大小与角速度 ω 的平方成正比, 比例系数 $K > 0$, 求:

(1) $\omega = \frac{1}{3}\omega_0$ 时, 飞轮的角加速度;

(2) 从开始制动到 $\omega = \frac{1}{3}\omega_0$ 所经历的时间。

2. 质量 $m = 1.1\text{kg}$ 、半径 $r = 0.6\text{m}$ 的匀质圆盘, 可以绕通过其中心且垂直盘面的水平光滑轴转动, 对轴的转动惯量 $J = \frac{1}{2}mr^2$ 。圆盘边缘绕有绳子, 绳子下端挂一质量 $m = 1.0\text{kg}$ 的物体, 如图所示。起初在圆盘上加一恒力矩使物体以速率 $v_0 = 0.6\text{m/s}$ 匀速上升, 如撤去所加力矩, 问经历多少时间圆盘开始作反方向转动。

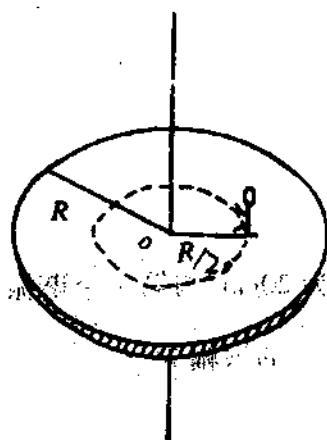


3. 电风扇在开启电源后, 经过 t_1 时间达到了额定转速, 此时相应的角速度为 ω_0 。当关闭电源后, 经过 t_2 时间风扇停转。已知风扇转子的转动惯量为 J , 并假定摩擦阻力矩和电机的电磁力矩均为常量, 试根据已知量推算电机的电磁力矩。

4. 质量为 m , 半径为 R 的圆盘可绕过其中心的竖直光滑轴转动。有一人静止站在距转轴 $\frac{1}{2}R$ 处, 人的质量 $m' = \frac{m}{10}$, 开始($t=0$ 时) 盘载人相对地以 ω_0 匀角速度转动。如此人沿垂直于半径方向相对于盘以速率 V , 其方向与盘转动方向相反作圆周运动, 如图所示, 求:

(1) 圆盘对地的角速度;

(2) 欲使盘静止, 人沿 $\frac{1}{2}R$ 圆周对圆盘的速度 \vec{V} 的大小和方向。

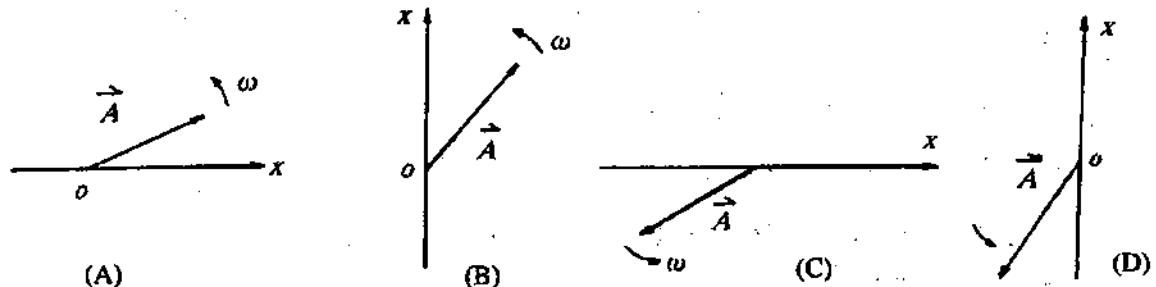


第六章 机械振动

(一) 简谐振动

一、填空、选择题：

1. 一简谐振动，在 $t=0$ 时 $x < 0, v < 0$ ，那么表示简谐振动的旋转矢量图为 ()



2. 一个沿 x 轴作简谐振动的弹簧振子，振幅为 A ，周期为 T ，其振动方程用余弦函数表示，如果在 $t=0$ 时，质点的状态分别是：

- (1) $x_0 = -A$ ；
- (2) 过平衡位置向正向运动；
- (3) 过 $x = \frac{A}{2}$ 处向负向运动；
- (4) 过 $x = \frac{\sqrt{2}}{2}A$ 处和正向运动；

则相应的初相分别为：

$$\varphi_1 = \text{_____}, \varphi_2 = \text{_____}, \varphi_3 = \text{_____}, \varphi_4 = \text{_____}.$$

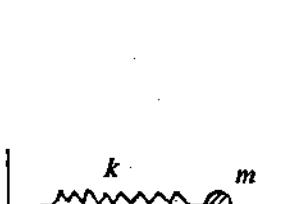
3. 质量为 $10 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 的小球与轻弹簧组成的系统，振动方程为：

$$x = 0.1 \cos(8\pi t + \frac{2}{3}\pi) \quad (\text{SI})$$

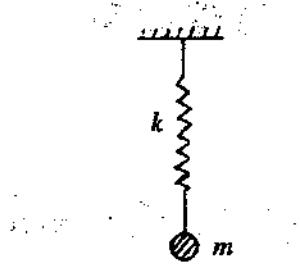
则圆频率 $\omega = \text{_____}$ ，周期 $T = \text{_____}$ ，振幅 $A = \text{_____}$ ，初相 $\varphi = \text{_____}$ ，最大速度 $v_{\max} = \text{_____}$ ，最大加速度 $a_{\max} = \text{_____}$ ，最大回复力 $F = \text{_____}$ ，画出旋转矢量图。

4. 将同一弹簧振子如图(a)、(b)、(c)所示放置。(均不计阻力)则它们的周期关系为
_____()

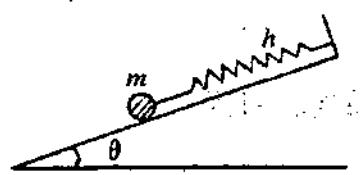
- (A) $T_a = T_b = T_c$
(B) $T_a = T_b > T_c$
(C) $T_a > T_b > T_c$
(D) $T_a < T_b < T_c$



(a)



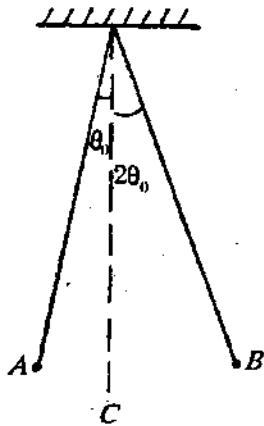
(b)



(c)

5. 一质点作简谐振动,周期 T ,质点由平衡位置到二分之一最大位移处所需最短时间为 _____;由最大位移到二分之一最大位移处所需最短时间为 _____。

6. 两个完全相同的单摆(m, l 均同)A、B,开始时,将单摆 A 向左拉开一小角 θ_0 ,将单摆 B 向右拉开一小角 $2\theta_0$,若将它们同时从静止释放,则它们在 _____ 处相遇,相遇的时间为 _____。



7. 将单摆从平衡位置拉开,使摆线与竖直方向成一微小角度 θ ,然后由静止释放任其振动,从放手开始计时,若用余弦函数表示其运动方程,则该单摆的初位相为 _____ ()

- (A) θ ; (B) 0 ; (C) $\frac{\pi}{2}$; (D) $-\theta$.

二、计算题:

1. 一物体沿 x 轴作谐振动,振幅为 10.0cm,周期为 2.0s。在 $t=0$ 时坐标为 5.0cm,且向 x 轴负方向运动。

- (1) 写出振动方程
 (2) 当物体在 $x = -5.0\text{cm}$ 处向 x 轴负方向运动时, 其振动相位 $(\omega t + \varphi)$ 等于多少?
 (3) 在上述运动状态时, 物体的速度和加速度各是多少?

2. 一质量为 0.2kg 的质点作简谐振动, 其运动方程为 $x = 0.6\sin(5t - \frac{\pi}{2})$ 式中 x 以米计, t 以秒计, 求:

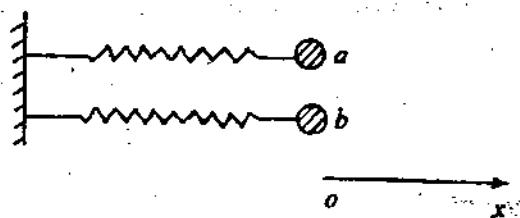
- (1) 振动的振幅、周期;
 (2) 振动质点的初始位置和初始速度;
 (3) 质点在最大位移一半处且向 x 轴正方向运动的时刻, 它所受的力、速度和加速度。

3. 如图两个相同的谐振子 a 和 b , 周期 $T = 2\text{s}$, 将两个振子分别从平衡位置向右拉 5cm , 然后先放开 a , 0.5s 后再放开 b , 以放开 b 为计时起点 ($t=0$), 则两个谐振子的振动方程

$$x_a = \underline{\hspace{10cm}};$$

$$x_b = \underline{\hspace{10cm}}.$$

在同一坐标中, 画出二条振动曲线。

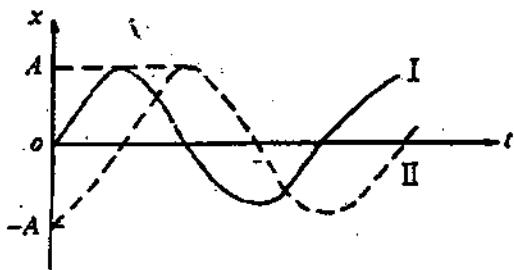


(二) 简谐振动

一、填空、选择题：

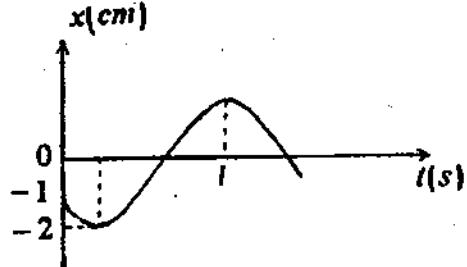
1. 两简谐振动，振动曲线如图所示，(振动方程用余弦函数表示)则两谐振动的初位相

$$\varphi_1 = \dots ; \varphi_2 = \dots$$

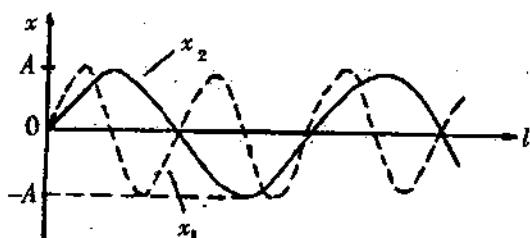


2. 已知某简谐振动的振动曲线如图所示，位移的单位为厘米，时间单位为秒。则此谐振动的振动方程：

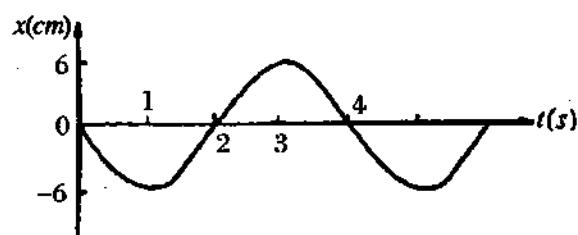
- (A) $x = 2\cos(2\pi t/3 + 2\pi/3)$ cm
- (B) $x = 2\cos(2\pi t/3 - 2\pi/3)$ cm
- (C) $x = 2\cos(4\pi t/3 + 2\pi/3)$ cm
- (D) $x = 2\cos(4\pi t/3 - 2\pi/3)$ cm
- (E) $x = 2\cos(4\pi t/3 - \pi/4)$ cm



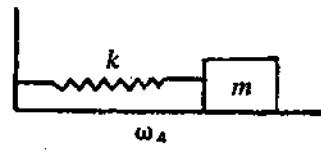
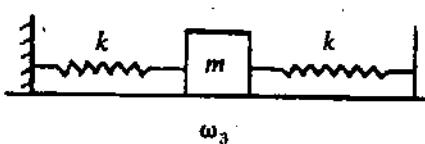
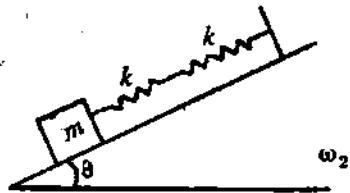
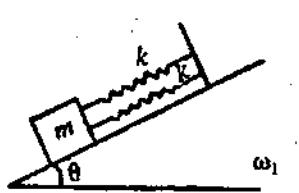
3. 两简谐振动，振动曲线如图所示，两谐振动的频率比 $\nu_1 : \nu_2 = \dots$ ；加速度最大值之比 $a_{1m} : a_{2m} = \dots$ ；初始速率之比 $v_{10} : v_{20} = \dots$ 。



4. 简谐振动的振动曲线如图，试由图确定 $t = 2s$ 时刻质点位移为 \dots ；速度为 \dots 。



5. 倔强系数相同,质量忽略不计的弹簧与一质量为 m 的物体构成如图所示的四个振动系统,各自的固有频率分别为 $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$, 则 ()



(A) $\omega_1 = 0.5\omega_2, \omega_3 = \omega_4;$ (B) $\omega_1 = 0.5\omega_3, \omega_2 = \omega_4;$

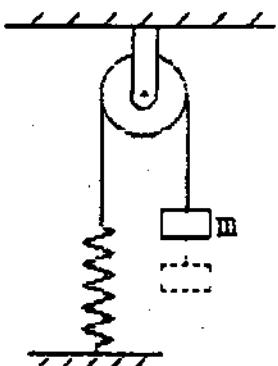
(C) $\omega_1 = \omega_3, \omega_2 = \omega_4;$ (D) $\omega_1 = \omega_3, \omega_2 < \omega_4;$

6. 一质量为 m 的物体挂在倔强系数为 K 的弹簧下, 振动圆频率为 ω , 若将此弹簧分割成二等份。将物体挂在分割后的一根弹簧下, 则振动圆频率为 ()

(A) $2\omega;$ (B) $\sqrt{2}\omega;$ (C) $\frac{\omega}{2};$ (D) $\frac{\omega}{\sqrt{2}}$

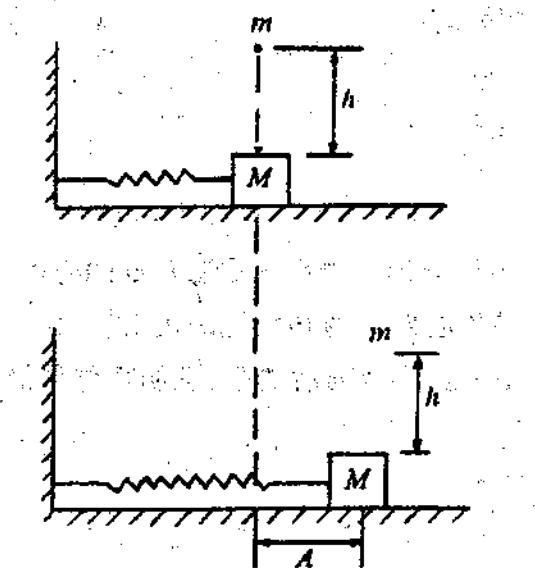
二、计算题:

1. 一定滑轮的半径为 R , 转动惯量为 J , 其上挂一轻绳, 绳的一端系一质量为 m 的物体, 另一端与一固定的轻弹簧相连, 如图所示, 设弹簧的倔强系数为 k , 绳与滑轮间无滑动, 且忽略轴的摩擦力及空气阻力, 现将物体 m 从平衡位置拉下一微小距离后放手, 证明物体作简谐振动, 并求出其角频率。



2. 一质量为 100g 的物体, 以振幅 1cm 作简谐振动, 最大加速度为 $4\text{cm}\cdot\text{s}^{-2}$ 。求:
- (1) 振动的周期;
 - (2) 总能量;
 - (3) 通过平衡位置时的动能;
 - (4) 物体在何处, 动能为其势能的一半。

4. 如图所示, 倔强系数为 K 的轻弹簧和质量为 M 的物体组成水平弹簧振子, 振幅为 A , 有一质量为 m 的粘土, 从高为 h 处自由下落, 正好落在物块 M 上, 试计算下述两种情况:
- (1) M 通过平衡位置时;
 - (2) M 为最大位移时, 振动的周期, 振幅和谐振动能量。



(三) 振动的合成

一、填空、选择题：

1. 一物体同时参与同一直线上两个谐振动

$$x_1 = 0.05 \cos(4\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (SI)}$$

$$x_2 = 0.03 \cos(4\pi t + \frac{2\pi}{3}) \text{ (SI)}$$

合振动振幅为_____。

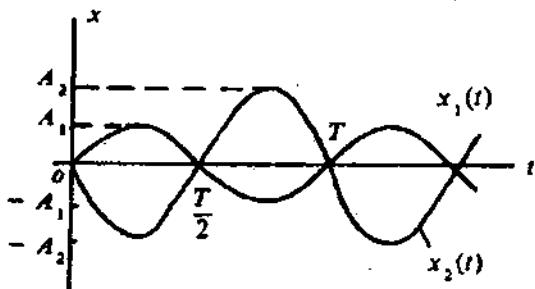
2. 两个同方向同频率的简谐振动，振动表达式为

$$x_1 = 6 \times 10^{-2} \cos(5t + \frac{\pi}{2}) \text{ (SI)}$$

$$x_2 = 2 \times 10^{-2} \sin(\pi - 5t) \text{ (SI)}$$

它们合振动的振幅为_____；初位相为_____。

3. 两个同振动方向的简谐振动振动曲线如图所示，合振动振幅_____，
合振动的振动方程是_____。并在图中画出合振动的振动曲线。



4. 两个同振动方向同频率的谐振动，其合振动振幅为 20cm，与第一个谐振动的位相差
为 $\frac{\pi}{6}$ 。若第一个谐振动的振幅为 $10\sqrt{3}$ cm，则第二个谐振动的振幅为_____，
第一、二两个谐振动的位相差是_____。

5. 下列几个方程，表示质点振动为“拍”现象的是 ()

(A) $y = A \cos(\omega t + \varphi_1) + B \cos(\omega t + \varphi_2)$ (B) $y = A \cos(200t) + B \cos(201t + \varphi)$

(C) $x = A_1 \cos \omega t, \quad y = A_2 \sin(\omega t + \varphi)$ (D) $x = A_1 \cos \omega t, \quad y_2 = A_2 \cos 2\omega t$

6. 两组互为垂直的谐振动为

(1) $\begin{cases} x = a \sin \omega t \\ y = b \cos \omega t \end{cases}$ (2) $\begin{cases} x = a \cos \omega t \\ y = b \sin \omega t \end{cases}$

其合振动_____谐振动(答是或不是)，轨迹方程为_____。
两者区别是_____。

7. 什么是共振? _____。

产生共振的条件是_____。

二、计算题:

1. 两个同振动方向, 同频率的谐振动, 它们的方程为

$$x_1 = 5 \cos \pi t \text{ (cm)} \quad x_2 = 5 \cos(\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ (cm)}$$

如有另一个同振向同频率的谐振动 x_3 , 使得 x_1, x_2 和 x_3 三个谐振动的合振动为零。求第三个谐振动的振动方程。

2. 已知两同振向同频率的简谐振动

$$x_1 = 0.05 \cos(10t + \frac{3}{5}\pi) \text{ (sI)} \quad x_2 = 0.06 \cos(10t + \frac{1}{5}\pi) \text{ (sI)}$$

(1) 求合成振动的振幅和初相位;

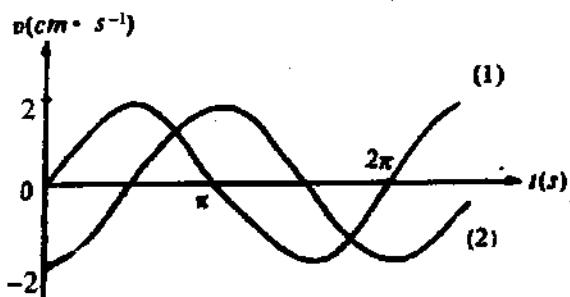
(2) 另有一个同振动方向的谐振动 $x_3 = 0.07 \cos(10t + \varphi)$ (sI) 问 φ 为何值时 $x_1 + x_3$ 的振幅为最大, φ 为何值时 $x_2 + x_3$ 的振幅为最小。

(3) 用旋转矢量图示(1)、(2)的结果。

3. 已知两谐振动 $v - t$ 曲线如图。它们是同振动方向同频率的谐振动。求

(1) 两谐振动的振动方程;

(2) 它们的合振动的振动方程。

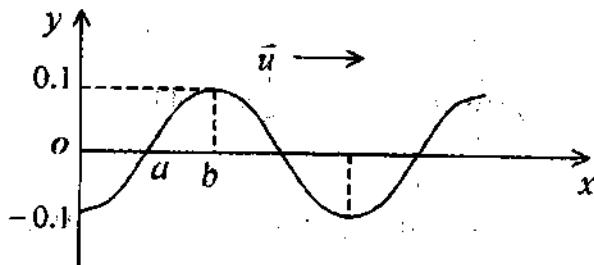


第七章 机械波

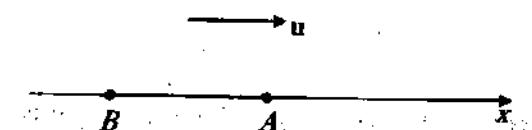
(一) 波动方程:

一、填空、选择题:

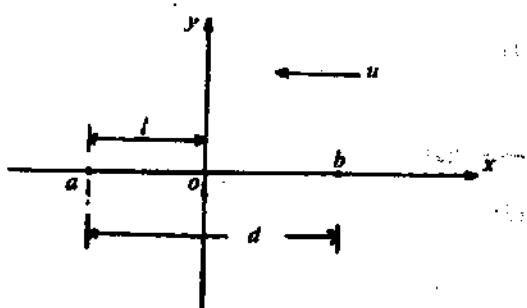
1. 一声波在空气中的波长为 0.250m, 波速 340m/s, 当它进入另一种媒质时, 波长变为 0.790m, 则声波在此媒质中的传播速度是 _____。
2. 一平面简谐波波动方程 $y = 0.1 \cos(3\pi t - \pi x + \pi)$ (SI), $t = 0$ 时刻, 波形曲线如图所示, 则波的振幅 $A =$ _____; 频率 $v =$ _____; 波长 $\lambda =$ _____;
 \circ 点的位相 $\varphi =$ _____; a, b 两点的位相差 $\Delta\varphi_{ab} =$ _____; 波的传播速度 $u =$ _____。



3. 如图所示, 一平面简谐波以 $u = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 向 x 轴正方向传播, 已知 A 点的振动方程 $y_A = 0.03 \cos 4\pi t$ (SI), B 点距 A 点 0.05m, 若以 A 点为坐标原点, 该波的波动方程 $y =$ _____, 以 B 点为坐标原点, 其波动方程是 $y =$ _____。



4. 一平面简谐波在空间传播, 如图所示, 已知 α 点的振动方程 $y_0 = A \cos(\omega t + \varphi)$, 则该简谐波的波动方程 $y =$ _____, b 点的振动方程 $y_b =$ _____。



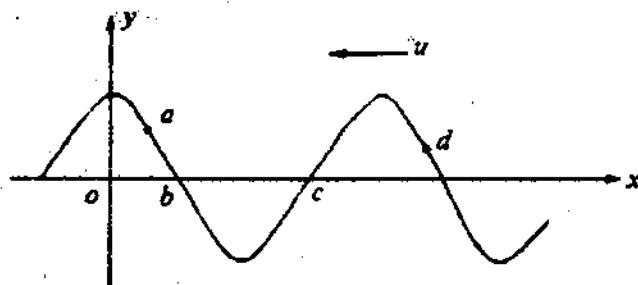
5. 频率为 500Hz 的波, 其速度为 $350 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

(1) 同一时刻, 位相差为 60° 两点间距离是 _____;

(2) 媒质中某一点, 时间间隔为 10^{-3} s 的两个状态, 其位相差为 _____。

6. 波以速度 u 沿 x 轴负方向传播, t 时刻波形如图。则该时刻 ()

- (A) a 点振动速度大于零;
- (B) b 点静止不动;
- (C) c 点向下运动;
- (D) d 点振动速度小于零。



二、计算题:

1. 已知平面余弦波波源的振动周期 $T = \frac{1}{2} \text{ s}$, 所激起的波的波长 $\lambda = 10 \text{ m}$, 振幅为 0.1 m ,

当 $t = 0$ 时, 波源处振动的位移恰为正方向的最大值, 取波源处为原点并设波沿 $+x$ 方向传播, 求:

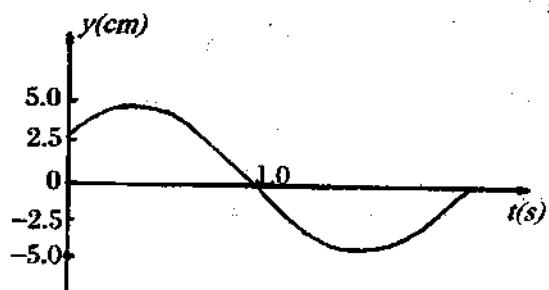
- (1) 此波的方程;
- (2) 沿波传播方向距离波源为 $\frac{1}{2}\lambda$ 处的振动方程;
- (3) 当 $t = \frac{T}{4}$ 时, 画出该时刻的波形曲线。

2. 一波源作简谐振动, 振幅 $A = 0.01\text{m}$, 周期 $T = 0.01\text{s}$, 经平衡位置向正方向运动时作为计时起点。设此振动以速度 $u = 400\text{ms}^{-1}$ 沿直线传播, 求:

- (1) 这波动沿某一波线的方程;
- (2) 距波源为 16m 处的质点的振动方程和初相;
- (3) 距波源为 15m 和 16m 的两质点的周相差是多少?

3. 一平面简谐波以速度 $u = 1.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 沿 x 轴负方向传播, 已知原点的振动曲线如图所示, 求

- (1) 原点的振动方程;
- (2) 波动方程;
- (3) 同一时刻相距 1m 的两点之间的位相差。



(二) 波的能量 波的干涉

一、填空、选择题：

1. 机械波在媒质中传播时, 媒质元的最大形变位移发生在 ()

(A) 最大位移处; (B) 位移为 $\frac{\sqrt{2}}{2}A$ 处;

(C) 平衡位置处; (D) 位移为 $\frac{A}{2}$ 处。

2. 一平面简谐波在弹性媒质中传播, 某一时刻在传播方向上媒质中一质量元在负的最大位移处, 则它的能量是: ()

(A) 动能为零, 势能最大; (B) 动能最大, 势能最大;

(C) 动能最大, 势能为零; (D) 动能零, 势能为零。

3. 平面简谐波在弹性媒质中传播, 在媒质元从平衡位置运动到最大位移处的过程中 ()

(A) 它的动能转换成势能;

(B) 它的势能转换成动能;

(C) 它从相邻一段质元获得能量, 其能量逐渐增大;

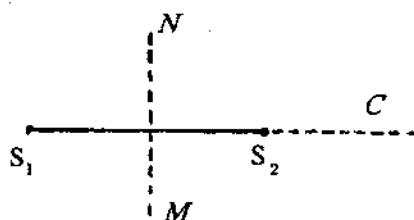
(D) 它将自己的能量传给相邻的质元, 其能量逐渐减小。

4. 功率为 4W 的点波源, 在无吸收各向同性媒质中向外发射球面波, 离波原 2.0m 处波的强度为 _____。

5. 如图所示, S_1, S_2 为两个相干的点波源, 两者相距 $\frac{3}{2}\lambda$ (λ 为波长), 已知 S_1 初位相为 $\frac{\pi}{2}$

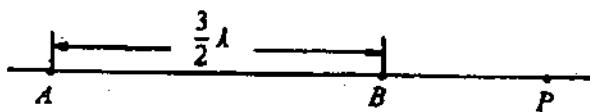
(1) 若使波线 S_2C 上各点由两列波引起的振动均干涉相消, 则 S_2 的初位相为 _____。

(2) 若使 S_1, S_2 连线的中垂线 MN 上各点由两列波引起的振动均干涉相消, 则 S_2 的初位相为 _____。



6. 如图, A、B 为两个同振幅, 同位相的相干波源, 它们在同一媒质中相距 $\frac{3}{2}\lambda$ (λ 为波

长),P 为 AB 连线的延长线上的任意点,则从 A、B 两波源发出的波在 P 点引起的两振动的位相差 $\Delta\phi = \underline{\hspace{2cm}}$; P 点的合振动的振幅 A = $\underline{\hspace{2cm}}$ 。



7. 如图, s_1 和 s_2 为两相干波源,相距 $\frac{1}{4}\lambda$ (λ 为波长), s_1 的位相超前 s_2 的位相 $\frac{\pi}{2}$,若两波在 s_1, s_2 连线上强度相同,均为 I_0 且不随距离变化,则 $s_1 s_2$ 连线上在 s_1 外侧各点的合成波的强度为 $\underline{\hspace{2cm}}$;在 s_2 外侧各点合成波的强度为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。



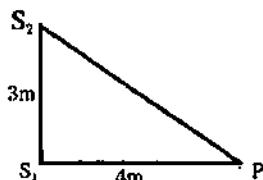
二、计算题:

1. 一平面正弦空气波,沿直径为 10cm 的圆柱形管传播,波的强度为 $18 \times 10^{-3} J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,频率为 300Hz,波速为 $340 m \cdot s^{-1}$ 问:

- (1) 波中平均能量密度和最大能量密度各为多少?
- (2) 每两个相邻的同相面(即相距一个波长的两同相面)之间的波段中有多少能量?

2. 如图, s_1 和 s_2 为两相干波源,频率 $v = 2.5 Hz$,波速均为 $u = 10 m \cdot s^{-1}$,振幅均为 $A = 0.05 m$ 。 s_1, s_2 的初位相分别为 $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = \pi$ 。求:

- (1) 两列波传到 P 点时两波各自在 P 点的振动方程;
- (2) P 点的合振动方程。

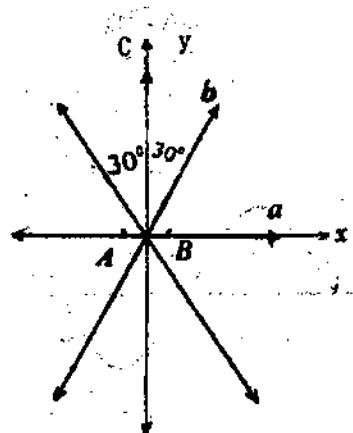


3. A、B 为在垂直于 $x-y$ 面的方向作振动的相干简谐波源, 波的强度均为 I_0 。求下列条件下, 在距离 $>\lambda$ 的 a、b、c 方向上波的强度 I。

(1) A、B 相距 $\frac{\lambda}{2}$, 二波源同相,

(2) A、B 相距 $\frac{\lambda}{2}$, 二波源反相。

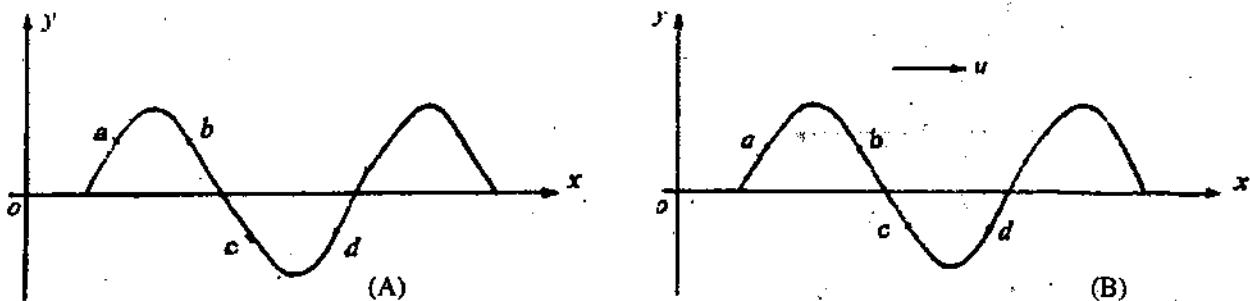
(此题实际上就是波定向发射的基本原理)



(三) 驻波 多普勒效应

一、填空、选择题：

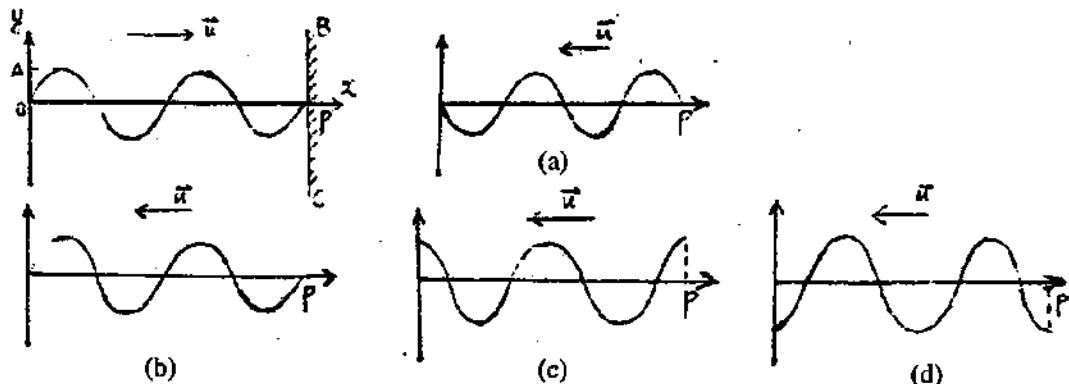
1. 已知驻波在 t 时刻各质点振动到最大位移处；其波形如图(A)所示。一行波在 t 时刻的波形如图(B)所示。在图(B)上注明的 a、b、c、d 四点此时的运动速度的方向，在图(A)上注明 a、b、c、d 四点下时刻的运动速度的方向。（设波为横波）



2. 如果在固定端 $x=0$ 处反射的反射波方程式是 $y_2 = A \cos 2\pi(vt - \frac{x}{\lambda})$ ，设反射波无能量损失，那么入射波的方程式 $y_1 = \underline{\hspace{10cm}}$ ，形成驻波的表达式 $y = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

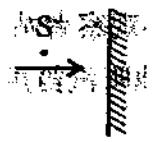
3. 在绳上传播的入射波波动方程 $y_1 = \cos(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda})$ ，入射波在 $x=0$ 处绳端反射，反射端为自由端，设反射波不衰减，则反射波波动方程 $y_2 = \underline{\hspace{10cm}}$ ，形成驻波波动方程 $y = \underline{\hspace{10cm}}$ 。

4. 如图所示，为一向右传播的简谐波在 t 时刻的波形图，BC 为波密介质反射面，波由 P 点反射，则反射波在 t 时刻波形图为 ()



5. 一汽笛发出频率为 1000Hz 的声波，汽笛以 $10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率离开你向一墙壁运动如下图，则你听到的直接从汽笛传来的声波的频率为 $\underline{\hspace{10cm}}$ ，你听到的从墙壁反射回来的声波的频率为 $\underline{\hspace{10cm}}$ 。

回来的声波的频率为 _____ Hz
(空气声速为 $330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)



二、计算题：

1. 设入射波的方程为：

$$y_1 = A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T} \right)$$

在 $x=0$ 处发生反射，反射点为一固定端。设反射时无能量损失，求：

- (1) 反射波的方程式；
- (2) 合成驻波的方程式，波腹和波节的位置。

2. 一弦上的驻波方程为

$$y = 3 \times 10^{-2} \cos 1.6\pi x \cos 550\pi t \quad (\text{SI})$$

- (1) 此驻波为两列传播方向相反，同振幅的相干波迭加而成，求两列波的振幅、波速；
- (2) 相邻两波节间的距离；
- (3) 求 $t = 3 \times 10^{-3} \text{ s}$ 时，位于 $x = 0.625 \text{ m}$ 处质点的振动速度。

3. 一观察者站在铁路旁,听到迎面开来的火车汽笛声的频率为440Hz,当火车驶过他身旁之后,他听汽笛声的频率为392Hz,问火车行驶的速度为多大? 已知空气声速为 $330\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

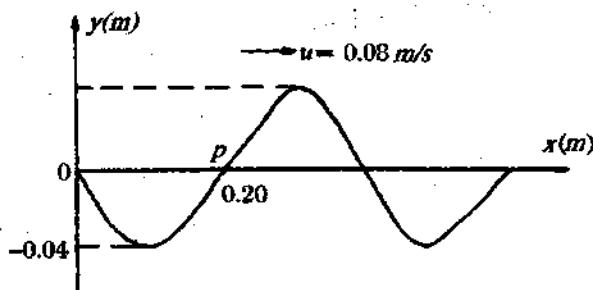
4. 一波源振动频率为2040Hz,以速度 v_s 向墙壁接近,如图,观察者在B点听到拍频为 $\Delta\nu=3\text{Hz}$,求波源移动的速度 v_s 。设声速为 $340\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。



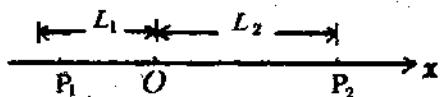
(四) 机械振动和机械波习题课

一、填空、选择题：

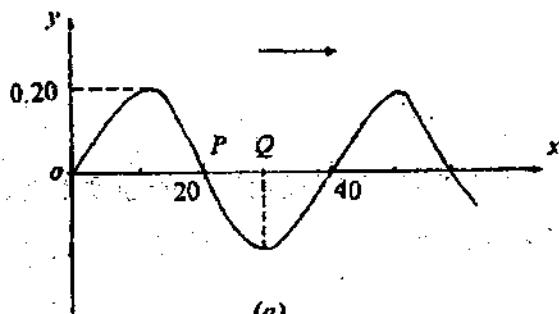
1. 如图所示一平面简谐波在 $t=0$ 时的波形图，则 O 点的振动方程 $y_0 = \underline{\hspace{10cm}}$
 _____，该波的波动方程 $y = \underline{\hspace{10cm}}$ 。



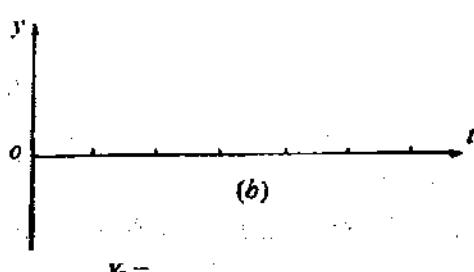
2. 如图所示，一平面简谐波沿 OX 轴正方向传播，波长为 λ ，若 P_1 点处质点的振动方程为 $y_1 = A \cos(2\pi\nu t + \Phi)$ ，则 P_2 点处质点的振动方程为 $\underline{\hspace{10cm}}$ ；与 P_1 点处质点振动状态相同的那些点的位置是 $\underline{\hspace{10cm}}$ 。



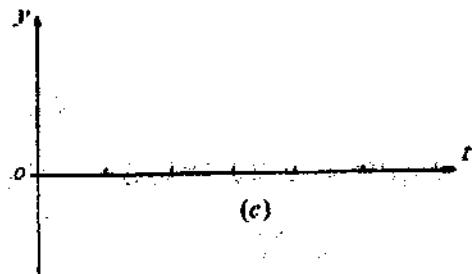
3. 如图为一平面简谐波在 $t=0$ 时刻的波形图，试在图(b)、(c)中画出 p 处质点和 Q 处质点的振动曲线，并写出相应的振动方程。其中波速 $u = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。x, y 以米计，t 以秒计。



(a)



(b)



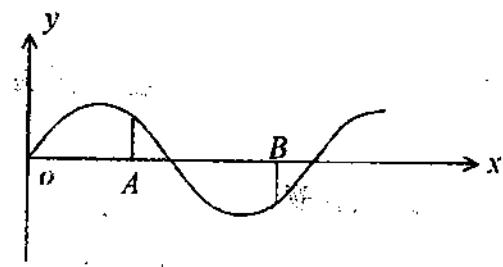
(c)

$$y_p = \underline{\hspace{10cm}}$$

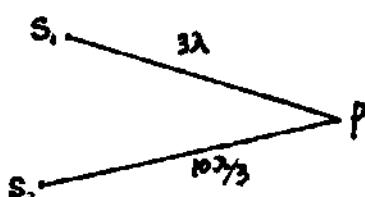
$$y_Q = \underline{\hspace{10cm}}$$

4. 如图为一平面简谐波在 t 时刻的波形曲线, 其中质量元 A、B 的振动位移大小相等 $|y_A| = |y_B|$, 若此时 A 点动能增大, 则

- (A) A 的弹性势能在减少;
- (B) 波沿 x 轴负方向传播;
- (C) B 点振动动能在减少;
- (D) 各质量元的能量密度都不随时间变化。



5. 如图所示, P 点距波源 S_1 和 S_2 的距离分别为 3λ 和 $10\lambda/3$, λ 为两列波在介质中的波长, 若 P 点的合振幅总是极大值, 则两波源应满足的条件是 _____。



6. 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图面, 发出波长为 λ 的简谐波。P 点是两列波相遇区域一点, 已知 $S_1 P = 2\lambda$, $S_2 P = 2.2\lambda$, 两列波在 P 点发生相消干涉, 若 S_1 的振动方程为 $y_1 = A \cos(2\pi t + \frac{\pi}{2})$, 则 S_2 的振动方程为: ()

- (A) $y_2 = A \cos(2\pi t - \frac{\pi}{2})$;
- (B) $y_2 = A \cos(2\pi t - \pi)$;
- (C) $y_2 = A \cos(2\pi t + \frac{\pi}{2})$;
- (D) $y_2 = 2A \cos(2\pi t - 0.1\pi)$;

7. 如果入射波的方程式是

$$y_1 = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right),$$

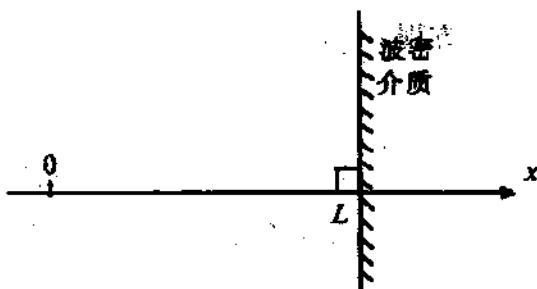
在 $x=0$ 处发生反射后形成驻波, 反射点为波腹, 设反射后波的强度不变, 则反射波的方程式 $y_2 =$ _____; 在 $x=2\lambda/3$ 处质点合振动的振幅等于 _____。

二、计算题:

1. (1) 一列波长为 λ 的平面简谐波沿 x 轴正方向传播。已知在 $x = \frac{\lambda}{2}$ 处振动方程 $y = A \cos \omega t$, 试写出该平面简谐波的波动方程;

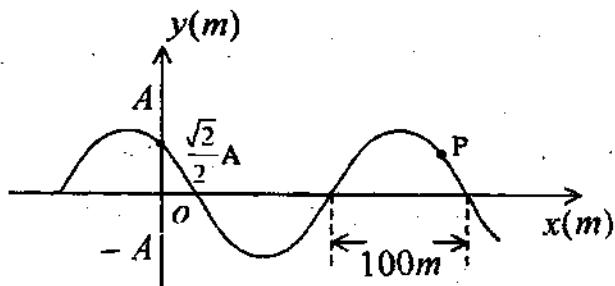
(2) 如果在上述波的波线上 $x = L$ ($L > \frac{1}{2}\lambda$) 处放一和波线相垂直的波密介质反射面, 如图所示, 假设反射波的振幅为 A' , 试证明反射波的方程为

$$y = A' \cos\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{4\pi L}{\lambda}\right)$$

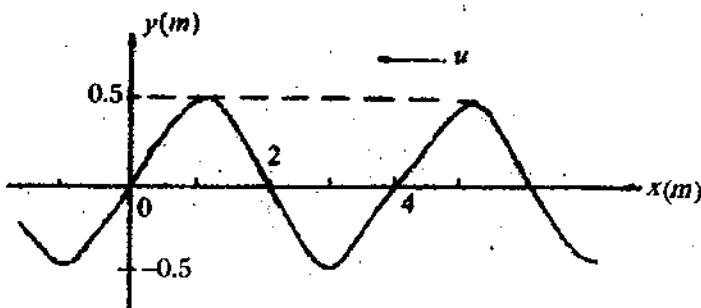


2. 如图为一平面简谐波在 $t=0$ 时刻的波形图。设此简谐波的频率为 250Hz，且此时质点 P 的运动方向向下，求：

- (1) 该波的波动方程;
(2) 在距原点 0 为 100m 处质点的振动方程和振动速度的表示式。



3. 如图为沿 x 轴负方向传播的平面简谐波在 $t = 2\text{s}$ 时刻的波形曲线, 波速 $u = 1.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 求 O 点的振动方程。



4. 绳上的波以波速 $u = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 传播。若绳的两端固定，相距 2m，在绳上形成驻波，且除端点外其间有 3 个波节。设驻波振幅为 0.1m， $t = 0$ 时绳上各点均经过平衡位置。求：

- (1) 形成驻波的两列反向传播的行波的波动方程。
- (2) 驻波的波动方程。

第八章 狹义相对论力学基础

狹义相对论(一)

一、填空、选择题：

1. 相对论的时空变换(即洛伦兹变换)是根据_____和_____导出的。
2. 已知惯性系 S' 相对于惯性系 S 以 $0.5C$ 的速度沿 x 轴负方向运动, 若从 S' 系坐标原点 O' 沿 x 轴正方向发出一光波, 则 S 系中测得此光波的波速为_____。
3. 设 S' 系以速度 v 相对 S 系沿 x 轴正方向运动, 运动中 x' 轴与 x 轴平行。 S' 系中观察者测得光沿 x' 轴正向传播速度为 c (c 为光在真空中传播速度), 则 S 系观察者测得它的速度为： ()

(A) C (B) $C - v$ (C) $\frac{C - v}{1 + v/C}$ (D) $C + v$

二、计算题：

1. S' 系相对 S 系的速率为 $0.8c$, 在 S' 系中观测, 一事件发生在 $t'_1 = 0, x'_1 = 0$ 处, 第二个事件发生在 $t'_2 = 5 \times 10^{-7}$ s, $x'_2 = -120$ m 处, 试求在 S 系中测得两事件的时间和空间坐标。

2. 地面上 A、B 两点相距 100m，一短跑选手由 A 跑到 B 历时 10s，试问在与运动员同方向运动，飞行速度为 $0.6c$ 的飞船 S' 系中观测，这选手由 A 到 B 跑了多少距离？经历多长时间？速度的大小和方向如何？

3. 一宇宙飞船相对地球以 $0.8c$ 的速度飞行，一光脉冲从船尾传到船头。飞船上观察者测得飞船长为 90m，地球上观察者测得光脉冲从船尾发出和到达船头两事件的空间间隔为多少？

狭义相对论(二)

一、填空、选择题：

1. 静止时边长为 50cm 的立方体, 当它沿着与它的一个棱边平行的方向相对于地面以匀速度 $2.4 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 运动时, 在地面上测得它的体积是_____。

2. π^+ 介子是不稳定的粒子, 在它自己的参照系中测得平均寿命是 $2.6 \times 10^{-8} \text{ s}$, 如果它相对实验室以 $0.8c$ 的速度运动, 那么实验室坐标系中测得 π^+ 介子的寿命是_____。

3. 一宇航员要到离地球 5 光年的星球去旅行, 现宇航员希望将这路程缩短为 3 光年, 则他所乘火箭相对于地球速度是: ()

(A) $\frac{1}{2}c$ (B) $\frac{3}{5}c$ (C) $\frac{4}{5}c$ (D) $\frac{9}{10}c$

(c 为真空中光速)

4. 宇宙飞船相对地面以匀速度 v 直线飞行, 某一时刻宇航员从船头部向飞船尾部发出一光讯号, 经 Δt 时间(飞船上的钟)后传到尾部, 则此飞船固有长度为: ()

(A) $c \cdot \Delta t$ (B) $v \cdot \Delta t$ (C) $\frac{c \Delta t}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$ (D) $\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2} c \Delta t$

(c 为真空中光速)

二、计算题：

1. S 系和 S' 系为坐标轴互相平行的两惯性系, S' 系相对 S 系沿 ox 轴正方向运动。一根刚性尺静止在 S' 系与 $o'x'$ 轴成 30° 角, 今在 S 系测得该尺与 ox 轴成 45° , 则 S' 系相对 S 系的速度是多少?

2. 宇宙飞船 A 和 B, 固有长度均为 $l_0 = 100\text{m}$, 沿同一方向匀速飞行, 在飞船 B 上观测到飞船 A 的船头、船尾经过飞船 B 船头的时间间隔为 $(5/3) \times 10^{-7}\text{s}$ 则飞船 B 相对于飞船 A 的速度大小为多少?

3. 一宇宙飞船固有长度 $L_0 = 90\text{m}$, 相对地面以 $v = 0.8c$ 匀速度在一观测站上空飞过, 则观测站测得飞船船身通过观测站时间间隔是多少? 宇航员测得船身通过观测站的时间间隔是多少?

4. 作为一个静止的自由粒子, 中子的平均寿命为 15.5 分钟, 它能自发地转变为一个电子一个质子和一个中微子。问一个中子必须以多大的最小平均速度离开太阳, 才能在转变之前到达地球? 已知地日平均距离为 $1.496 \times 10^{11}\text{m}$ 。

狭义相对论(三)

一、填空、选择题：

1. 在参照系 S 中有两个静止质量都是 m_0 的粒子 A 和 B, 分别以速度 v 沿同一直线相向运动。相碰后合在一起成为一个粒子, 则其静止质量 M_0 的值为: ()

(A) $2m_0$ (B) $2m_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$ (C) $2m_0 / \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$ (D) $\frac{m_0}{2} \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$

2. 一匀质矩形薄板, 在它静止时测其长为 a , 宽为 b , 质量 m_0 , 由此算出板的质量面密度 $\frac{m_0}{ab}$ 。假定薄板沿长度方向以接近光速的 v 作匀速直线运动, 此时再计算该薄板的质量面密度为: ()

$$(A) \frac{m_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}{ab} \quad (B) \frac{m_0}{ab \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

$$(C) \frac{m_0}{a \cdot b [1 - (\frac{v}{c})^2]^{3/2}} \quad (D) \frac{m_0}{a \cdot b [1 - (\frac{v}{c})^2]}$$

3. 匀质细棒静止时质量为 m_0 , 长度 l_0 , 当它沿棒长方向作高速匀速直线运动时, 测得长为 l , 那么棒的运动速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$; 该棒具有的动能 $E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

4. 设电子静止质量为 M_0 , 若将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速), 需作功 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

5. 太阳由于向周围空间辐射能量, 每秒损失了质量 $4 \times 10^9 \text{ kg}$, 求太阳的辐射功率 $W = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

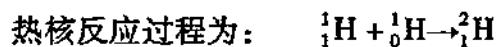
二、计算题：

1. 求一质子和一个中子结合成一个氘核时放出的能量(用焦耳和电子伏特表示)。已知它们的静止质量分别为:

质子 $m_p = 1.67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$;

中子 $m_n = 1.67493 \times 10^{-27} \text{ kg}$;

氘核 $m_D = 3.34359 \times 10^{-27} \text{ kg}$;



2. 粒子的静止质量为 m_0 , 当其动能等于其静能时, 其质量和动量各等于多少?

3. 在实验室参照系中, 某个粒子具有能量 $E = 3.2 \times 10^{-10} \text{ J}$, 动量 $P = 9.4 \times 10^{-19} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 求该粒子的静止质量、速率和在粒子静止的参照系中的能量。