电气2210

陈志远

大学物理作业册目录

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号_________

第一章 质点运动学

1. 一质点在平面上运动，其运动方程为 $\vec{r}=2t\hat{i}+(19-2t^2)\hat{j}$（SI），（1）求质点的轨迹方程；（2）$t$=2s 时位矢；（3）$t$=2s 时质点的瞬时速度和瞬时加速度；（4）什么时候质点的位矢与速度矢量垂直，此时它们的 x、y 分量各为多少？

x,y,z表达式

(1) $\begin{cases} x=2t \\ y=19-2t^2 \end{cases} \Rightarrow y=19-\frac{x^2}{2}$ (m)

(2) $t=2s$ 时，$\vec{r}_{t=2s}=4\hat{i}+11\hat{j}$

(3) $v=\frac{dr}{dt}=2\hat{i}-4t\hat{j}$

令 $t=2s$ $\therefore v=2\hat{i}-8\hat{j}$ (m/s)

$a=\frac{dv}{dt}=-4j$ (m/s²)

(4) $\cancel{\vec{r}\cdot\vec{a}=0}$

$\cancel{\vec{r}\cdot\vec{a}=-8t\hat{i}\hat{j}+8t^2\hat{j}^2-76\hat{j}^2=0}$

$\cancel{8t^2=76}$

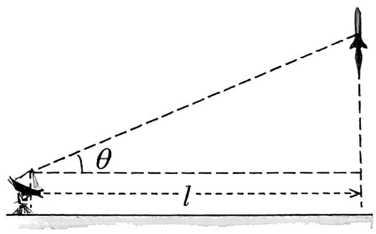
$\vec{r}\cdot\vec{v}=0$

$\therefore t^2=9$

$\because t>0$

$\therefore t=3s$

2. 雷达与火箭发射台的距离为 l，观测沿竖直方向上升的火箭，如图所示，测得 θ 的规律为 $\theta=kt$（k 为常量），求：（1）火箭的运动方程；（2）火箭速度随时间的变化关系；（3）当上升到 $\theta=\pi/6$ 时火箭的速度。



(1) $y=l\tan\theta=l\tan(kt)$

(2) $v=\frac{dy}{dt}=\frac{kl}{\cos^2(kt)}$

(3) 当 $\theta=\frac{\pi}{6}$ 时

$v=\frac{4}{3}lk$

3. 一质点沿 x 轴运动，其加速度 a 与位置坐标 x 的关系为 $a=2+6x^2$ (SI)，如果质点在原点处的速度为零，试求其在任意位置处的速度。

$$a=\frac{dv}{dt}=\frac{dv}{dt}\cdot\frac{dx}{dx}=v\cdot\frac{dv}{dx}$$

$$\therefore \int_0^x (2+6x^2)\,dx=\int_0^v v\,dv$$

$$\therefore v=2\sqrt{(x+x^3)}\ (m/s)$$

4. 粒子沿抛物线轨道 $y=x^2$ 运动，且知 $v_x=3$ m/s。求它在 $x=\frac{2}{3}$ m 处的速率和加速度。

$$dy=2x\cdot dx$$

$$\frac{dy}{dt}=2x\cdot\frac{dx}{dt}=2x\cdot v$$

$$\therefore v_y=2x\cdot v_x=\cancel{2m/s}\ 6x$$

$$\therefore v=\sqrt{3^2+4^2}=5m/s$$

$$v_y=6x$$

$$\Downarrow$$

$$dv_y=6\,dx$$

$$\frac{dv_y}{dt}=6\frac{dx}{dt}$$

$$\therefore a=6v_x=18m/s^2$$

5. 一质点沿半径为 R 的圆周运动，质点所经过的弧长与时间的关系为 $S=bt+\frac{1}{2}ct^2$，其中 b、c 是大于零的常量，求从 $t=0$ 开始到切向加速度与法向加速度大小相等时所经历的时间。

$$V=\frac{ds}{dt}=b+ct$$

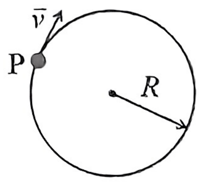
$$a_t=\frac{dv}{dt}=c$$

$$a_n=\frac{v^2}{R}=\frac{(b+ct)^2}{R}$$

令 $a_n=a_t$

$$c=\frac{(b+ct)^2}{R}\to t=\sqrt{\frac{R}{c}}-\frac{b}{c}$$

6. 如图所示，质点 P 在水平面内沿一半径为 R=2m 的圆轨道转动。转动的角速度 ω 与时间 t 的函数关系为 $\omega=kt^2$（k 为常量）。已知 $t=2s$ 时，质点 P 的速度值为 32m/s。试求 $t=1$ s 时，质点 P 的速度与加速度的大小。



$$V=wR=2kt^2$$

当 t=2s时 $V=32m/s$

$\therefore k=\cancel{8}4$

$\therefore w=\cancel{8}4t^2$

$$V=wR=8t^2$$

$$a_t=\frac{dv}{dt}=16t$$

$$a_n=w^2R=32t^4$$

$$\therefore a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}$$

当t=1时

$V=8m/s$ $\quad a=\sqrt{1280}\ m/s^2$

7. 一电梯以 1.2m/s^2 的加速度下降，其中一乘客在电梯开始下降后 0.5s 时用手在离电梯底板 1.5m 高处释放一小球．求此小球落到底板上所需的时间和它对地面下落的距离。

$V_0 = at = 0.6m/s$

$h_1 = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2$

$h_2 = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

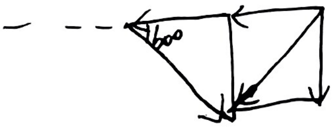
$h_1 = h_2 + 1.5$

$\therefore t = \sqrt{\frac{3}{8.6}} \approx 0.59s$

$\therefore h = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = 2.06m$

5m/s　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　10 m/s

8. 一个人骑车以 18km/h 的速率自东向西行进时，看见雨点垂直下落，当他的速率增至 36km/h 时看见雨点与他前进的方向成 120° 角下落，求雨点对地的速度。



$V_{雨} = V_{人2} + V_2 = 10m/s$

方向：向下偏西30°

专业________________ 姓名_____________ 学号________________________ 序号_________

第二章 运动与力

1. 一个质量为 m 的质点，沿 x 轴作直线运动，受到的作用力为 $\vec{F}=F_0\cos\omega t\hat{i}$ （SI），$t=0$ 时刻，质点的位置坐标为 x_0，初速度 $v_0=0$。求质点的位置坐标 x 和时间 t 的关系式。

$\vec{F}=F_0\cos wt\hat{i}=m\vec{a}$

$\vec{a}=\frac{dv}{dt}$

$\therefore d\vec{v}=\vec{a}\cdot dt=\frac{F_0\cos wt\hat{i}\,dt}{m}$

$\therefore \int_0^v dv=\int_0^t \frac{F_0\cos wt}{m}\hat{i}\,dt$

$\therefore V=\frac{F_0\sin wt}{wm}\hat{i}$

$V=\frac{dx}{dt}$

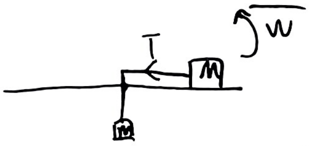
$\therefore dx=V\cdot dt$

$\therefore \int_{x_0}^x dx=\int_0^t \frac{F_0\sin wt}{wm}\hat{i}\,dt$

$X-X_0=-\frac{F_0\cos wt}{w^2m}\hat{i}$

$\therefore X=\left(X_0-\frac{F_0\cos wt}{w^2m}\right)\hat{i}$

2. 水平转台上放置一质量 $M=2\,\text{kg}$ 的小物块，物块与转台间的静摩擦系数 $\mu_s=0.2$，一条光滑的绳子一端系在物块上，另一端则由转台中心处的小孔穿下并悬一质量 $m=0.8\,\text{kg}$ 的物块．转台以角速度 $\omega=4\pi$ rad/s 绕竖直中心轴转动，求：转台上面的物块与转台相对静止时，物块转动半径的最大值 $r_{\max}$ 和最小值 $r_{\min}$。



$F_n=mW^2R$

$\begin{cases} T-\mu_s Mg=MW^2R_{min} \\ T=mg \end{cases}$

$\therefore R_{min}=$ 12.4 mm

$\begin{cases} T+\mu_s Mg=MW^2R_{max} \\ T=mg \end{cases}$

$\therefore R_{max}=$ 37.2 mm

3. 质量为 m 的小球，在水中受到的浮力为 F，当它从静止开始沉降时，受到水的粘滞阻力为 $f=kv$(k 为常数）。若从沉降开始计时，试证明小球在水中竖直沉降的速率 v 与时间 t 的关系为 $v=\frac{mg-F}{k}(1-e^{\frac{-kt}{m}})$。

$$mg-F-kv=ma=m\cdot\frac{dv}{dt}$$

$$\because dt=\frac{m\,dv}{mg-kv-F}$$

$$\int_0^t dt=\int_0^v\frac{m\,dv}{mg-kv-F}=\left[\frac{m}{-k}\ln(mg-kv-F)\right]_0^v$$

$$\therefore v=\frac{mg-F}{k}(1-e^{\frac{-kt}{m}})$$

4. 质量为 m 的质点沿半径为 R 的圆周按规律 $S=v_0t+\frac{1}{2}bt^2$ 运动，其中 S 是路程，t 是时间，v_0、b 均为常量。求 t 时刻作用于质点的切向力和法向力？

$$\frac{ds}{dt}=v=v_0+bt$$

$$\frac{dv}{dt}=\vec{a}_t=b$$

$$\therefore F_t=m\vec{a}_t=mb$$

$$v=v_0+bt$$

$$F_n=m\frac{v^2}{R}=\frac{m(v_0+bt)^2}{R}$$

$$\because F_t=mb$$

$$F_n=\frac{m(v_0+bt)^2}{R}$$

5. 质量为 m 的子弹以速率 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，速度随时间变化的函数式；（2）子弹进入沙土的最大深度。

(1) $f=-kv$

$\cancel{F}$ $f=ma=-kv$

$a=\frac{dv}{dt}$

$\frac{dv}{dt}=\frac{-k}{m}\cdot v$

$\frac{1}{v}\cdot dv=\frac{-k}{m}\cdot dt$

$\int_{v_0}^{v}\frac{1}{v}dv=\int_0^t\frac{-k}{m}dt$

$[\ln v]_{v_0}^{v}=\frac{-kt}{m}$

$\ln v-\ln v_0=\frac{-kt}{m}$

$\ln v=\ln v_0-\frac{kt}{m}$

$v=e^{(\ln v_0-\frac{kt}{m})}=v_0 e^{\frac{-kt}{m}}$

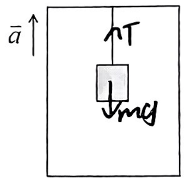
(2) $v=\frac{ds}{dt}=v_0\cdot e^{\frac{-kt}{m}}$

$\therefore \int_0^s ds=\int_0^t v_0\cdot e^{\frac{-kt}{m}}dt$

$\therefore s=\frac{mv_0}{K}(1-e^{\frac{-kt}{m}})$

$\therefore s_{max}=\frac{mv_0}{K}$

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 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？



$T_1-mg=ma$

$T_1=mg+ma$

$T_2=2T_1 \cancel{=2mg+ma=ma_2}$

$\cancel{a_2=a+2g}$

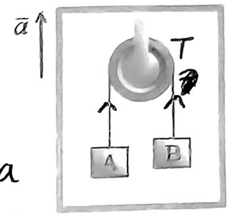
$\frac{T_2}{2}-mg=ma$

$T_2=2mg+ma$

$T_2-mg=ma_2$

$\therefore a_2=2a+g$

7. 升降机内有一装置（如图所示）。轻滑轮两边分别悬挂 A、B 两物体，它们的质量分别为 m_A 和 m_B（$m_B=2m_A$）。若不计绳及滑轮质量，不计轴承处摩擦，当升降机以加速度 a 上升时，求物体 A 和 B 的加速度 a_A 和 a_B。



设向上为正方向

A: $a_{A地}=a_{A机}+a_{机地}$

B: $a_{B地}=a_{B机}+a_{机地}$

$a_{机地}=a$

$a_{A机}=-a_{B机}$

~~$T-(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a$~~

~~$\therefore T=(m_A+m_B)(a+g)=3m_A(a+g)=\frac{3}{2}m_B(a+g)$~~

~~$T-m_Ag=m_Aa_A$~~

~~$3m_Aa+3m_Ag-m_Ag=m_Aa_A$~~

~~$2m_Ag+3m_Aa=m_Aa_A$~~

~~$\therefore a_A=2g+3a$~~

~~$T-m_Bg=m_Ba_B$~~

~~$a_B=\frac{3}{2}a+\frac{3}{2}g-g=\frac{3}{2}a+\frac{g}{2}$~~

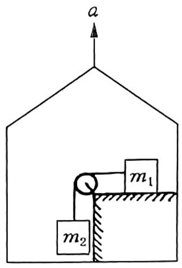
$T-m_Ag=m_Aa_{A地}$

$T-m_Bg=m_Ba_{B地}$

$$\begin{cases} T-m_Ag=m_Aa+m_Aa_{A机} \\ T-m_Bg=m_Ba+m_Ba_{B机} \end{cases}$$

$\therefore a_A=\frac{g+4a}{3}$，$a_B=\frac{2a-g}{3}$

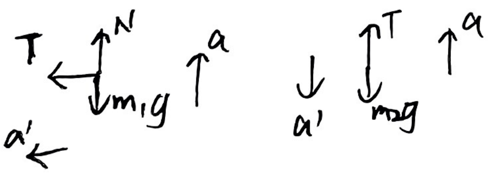
8. 升降机内有两物体，质量分别为 m_1、m_2，且 $m_2=2m_1$，用细绳连接，跨过滑轮，绳子不可伸长，滑轮质量及一切摩擦都忽略不计。当升降机以匀加速 $a=g/2$ 上升时，求：（1）m_1 和 m_2 相对升降机的加速度；（2）在地面上观察 m_1、m_2 的加速度各为多少？



(1) 向下为正

m_1:

m_2:



对 m_1:

$T=m_1a'$ ①

对 m_2:

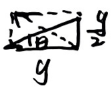
$a_{2地}=a'-a$

$\therefore m_2a_2=m_2a'-m_2a$ ②

$T-m_2g=m_2a_2$ ③

由①②③得：$a'=g$

(2) $a_1=\sqrt{a^2+a'^2}=\frac{\sqrt{5}}{2}g$



$\tan\theta=\frac{1}{2}$

$\therefore \theta=\arctan\frac{1}{2}$，左偏上 θ 度

$a_2=a'-a=\frac{g}{2}$，向下

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号________

第三章 动量与角动量

1、某物体的质量为5kg，作用某物体上的力 F 与时间的关系为 $F=3+6t$（SI）。在0到5s的时间间隔内，这个力作用在物体上的冲量大小为多少？若物体的初速度大小为2m/s，方向与力 F 的方向相同，求在5s末物体速度的大小。

(1) $Fdt=(3+6t)dt$

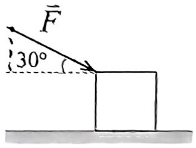
$\int_0^5 F\,dt=\int_0^5 (3+6t)dt$

$=90\ Ns$

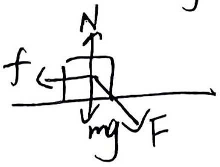
(2) $I=mV-mV_0$

$\therefore$ ~~V_0~~ $V=20m/s$

2. 物体质量为1kg，与水平桌面间的摩擦系数 $\mu=0.2$。对物体施以 $F=10t$（SI）的力（t 表示时刻），力的方向保持一定（如图所示）。$t=0$ 时物体静止，$t=3$ s时它的速度大小为多少？（设最大静摩擦力等于滑动摩擦力）



$m=1kg$ $\theta=30°$



$N=mg+F\sin\theta$

$f=\mu N$

~~$Fdt=10t\,dt$~~

~~$I=\int_0^3 Fdt=\int_0^3 10t\,dt=[5t^2]_0^3=45Ns$~~

$F_合=$ ~~F~~ $F\cos\theta-f$

$F\cos\theta>\mu N$

$\therefore 5(\sqrt{3}-\mu)t_0>\mu mg$

$\therefore t_0>\frac{0.2g}{5(\sqrt{3}-0.2)}$

$\therefore I=\int_{t_0}^{t}(F\cos\theta-f)dt\approx 28.8N\cdot s$

$\therefore I=mV-mV_0$

$\therefore V=28.8\ m/s$

分i和j方向

3. 两球在光滑的水平桌面上运动，球 1 的质量为 m_1，球 2 的质量为 m_2（$m_2=2m_1$）。用直角坐标 OXY 描述其运动，球 1 一开始的速度为 $\vec{v}_1=2\vec{i}+6\vec{j}$（$\vec{i}$、$\vec{j}$ 分别为 x 和 y 方向的单位矢量）。试分析：（1）若碰撞前球 2 的速度为 $\vec{v}_2=2\vec{i}-2\vec{j}$，碰撞后质量为球 1 的球速度为 $\vec{v}_1'=4\vec{j}$，求碰撞后球 2 的速度；（2）若碰撞后球 1 静止，而球 2 以碰撞前的速率沿原运动方向的反方向弹回，碰撞前球 2 的速度又等于多少？

(1) ~~$\vec{v_1}+\vec{v_2}=\vec{v_1'}+\vec{v_2'}$~~

∴ ~~$\vec{v_2}$~~ 　　∴ $\vec{v_2'}=3\vec{i}-\vec{j}$

在i方向上:

$m_1\vec{v}_{1i}+m_2\vec{v}_{2i}=m_1\vec{v}'_{1i}+m_2\vec{v}'_{2i}$

∴ $\vec{v}'_{2i}=3\vec{i}$

在j方向上

$m_1\vec{v}_{1j}+m_2\vec{v}_{2j}=m_1\vec{v}'_{1j}+m_2\vec{v}'_{2j}$

∴ $\vec{v}'_{2j}=-\vec{j}$

(2) 设~~碰~~碰撞前速度: $\vec{v_2}=a\vec{i}+b\vec{j}$

在i方向上:

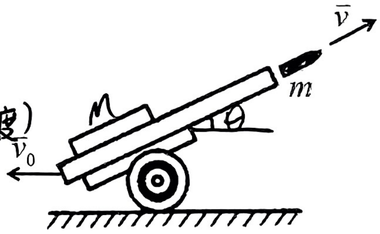
$m_1\vec{v}_{1i}+m_2\vec{v}_{2i}=0+m_2(-\vec{v}_{2i})$

∴ $a=-\frac{1}{2}$

在j方向上

$m_2\vec{v}_{1j}+m_2\vec{v}_{2j}=0+m_2(-\vec{v}_{2j})$

4. 以速度 v_0 前进的炮车，向后发射一炮弹，已知炮车的仰角为 θ，炮弹和炮车的质量分别为 m 和 M，炮弹相对炮车的出口速率为 v，如图所示。求炮车的反冲速率是多大？



水平向左为正方向，

$v'=v''-v\cos\theta$ (炮弹相对于地面的水平速度)

∴ $(m+M)v_0=$ ~~...~~ $Mv''-mv'$

∴ $v''=\dfrac{(m+M)v_0+mv\cos\theta}{m+M}$

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号_________

5、70kg 重的人和 210kg 重的小船最初处于静止。后来人从船后向船头匀速走了 3.2m 停下来。问船向哪个方向运动，移动了几米？不计船所受的阻力。

$m_1=70kg$

$m_2=210kg$

向左运动，设水平向右为正

设人相对于相的速度为V_x

$V_x=\frac{ds}{dt}$

$V_x dt=ds$

$\int V_x dt=S=3.2$

$\because\ V_1=V_x+V_2$ ①

在水平方向动量守恒：$\therefore\ 0=m_1V_1+m_2V_2$ ②

$\therefore\ m_1V_1=-m_2V_2$

由①②得：$m_1V_x=-(m_1+m_2)V_2$

$\because \int V_x\,dt=S=3.2$

$\int V_2dt=\Delta X$

$\therefore\ 3.2m_1=-(m_1+m_2)\Delta X$

$\therefore\ \Delta X=-\frac{3.2m_1}{m_2+m_1}=-0.8m$

向左移动0.8m

6. 质量为 m 的质点沿着一条空间曲线运动，该曲线在直角坐标下的矢径为：

$\vec{r}=a\cos\omega t\hat{i}+b\sin\omega t\hat{j}$，

其中 a、b、ω皆为常数，求（1）质点动量；（2）质点对原点的角动量。

(1) $\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=w(b\cos wt\vec{j}-a\sin wt\vec{i})$

$\therefore\ \vec{p}=m\vec{v}=mw(b\cos wt\hat{j}-a\sin wt\hat{i})$

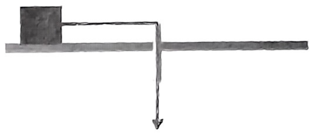
(2)

$\vec{L}=\vec{r}\times\vec{p}=mwab\vec{k}$

7. 质量为 0.05 kg 的小块物体，置于一光滑水平桌面上．有一轻绳一端连接此物，另一端穿过桌面中心的小孔（如图所示）。该物体原以 3 rad/s 的角速度在距孔 0.2 m 的圆周上转动。今将绳从小孔缓慢往下拉，使该物体之转动半径减为 0.1 m。求物体的角速度 ω 的大小。

$m=0.05\ kg$

$W_1=3\ rad/s \quad r_1=0.2m$



$r_2=0.1m$

∵ 力臂为 0 ∴角动量守恒

∴ $L_1=L_2$

$L=\vec{r}\times\vec{p}=mrv\sin\varphi=mrv$

∴ $mr_1v_1=mr_2v_2$

∵ $v=Wr$

∴ $mW_1r_1^2=mW_2r_2^2$

∴ $W_2=12\ rad/s$

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号_________

第四章 功和能

1. 质量 $m=1\text{kg}$ 的物体，在坐标原点处从静止出发在水平面内沿 x 轴运动，其所受合力方向与运动方向相同，合力大小为 $F=3+2x$ (SI)，那么，物体在开始运动的 3 m 内，（1）合力所作的功为多少？（2）当 $x=3\text{m}$ 时，其速率为多少？

(1) $W=\int_0^3 \vec{F}\cdot d\vec{r}=\int_0^3(3+2x)dx=18J$

(2) $W=\frac{1}{2}mv_0^2$ $\therefore v_0=\sqrt{\frac{2W}{m}}=6m/s$

2. 一质点在二恒力共同作用下，位移为 $\Delta\vec{r}=3\vec{i}+8\vec{j}$ (SI)；在此过程中，动能增量为 24J，已知其中一恒力 $\vec{F}_1=12\vec{i}-3\vec{j}$ (SI)，求另一恒力所作的功。

$W_{F_1 i}=12\times3=36J$

$W_{F_1 j}=8\times(-3)=\cancel{24}-24J$

$\therefore W_{F_1}=W_{F_1 i}+W_{F_1 j}=12J$

$\therefore W_{F_1}+W_{F_2}=24$

$\therefore W_{F_2}=12J$

3. 质量为 m 的轮船在水中行驶，停机时的速度大小为 v_0，水的阻力为 $-kv$ (k 为常量)。求停机后轮船滑行 L 距离的过程中水的阻力做的功？

将v变为关于x的函数

$f=-kv=ma$

$\therefore -k\cdot\frac{dx}{dt}=m\frac{dv}{dt}$

$\therefore -k\cdot dx=mdv$

$\int_0^x -kdx=\int_{v_0}^{v} mdv$

$\therefore v=-\frac{k}{m}x+v_0$

$\therefore W_f=\int_0^L f\cdot dx$

$=\int_0^L -k(-\frac{k}{m}x+v_0)dx$

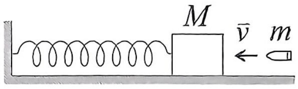
$=\frac{kL}{2}(\frac{kL}{m}-2v_0)$

4. 一质量为 m_1 与另一质量为 m_2 的质点间有万有引力作用。试求使两质点间的距离由 x_0 增加到 x_0+d 时万有引力所作的功。

$$W = -\frac{Gm_1m_2}{x_0} - \left(-\frac{Gm_1m_2}{x_0+d}\right)$$

$$= Gm_1m_2\left(\frac{1}{x_0+d} - \frac{1}{x_0}\right)$$

5. 如图所示，一根弹性系数为 k 的轻弹簧右侧与一个质量为 M 的物体相连，左侧与墙壁相连，水平静止放置在光滑水平桌面上。一颗质量为 m 的子弹以水平速度 $\bar{v}$ 射入物体中，并和它一起运动。试计算此后弹簧的最大伸长量。



$\cancel{W = 0 - \frac{1}{2}(m+M)V_0^2}$

动量守恒：

$mv = (m+M)V_0$

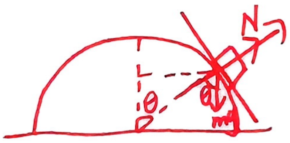
$\therefore V_0 = \frac{mv}{m+M}$

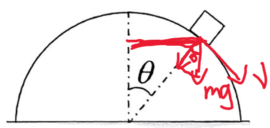
$E_k = \frac{1}{2}(m+M)V_0^2$

$E_p = \frac{1}{2}kx^2$

$\therefore E_k = E_p \rightarrow x = \frac{mv}{\sqrt{k(m+M)}}$

6. 一光滑半球面固定于水平地面上，今使一小物块从球面顶点几乎无初速地滑下，如图所示．求物块脱离球面处的半径与竖直方向的夹角 θ .





$mg\cos\theta - N = m\frac{v^2}{R}$

脱离时 $N=0$

$\therefore mg\cos\theta = m\frac{v^2}{R}$ ①

机械能守恒：

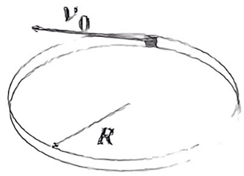
$\frac{1}{2}mv^2 = mgR(1-\cos\theta)$ ②

由①②得：$\theta = \arccos\frac{2}{3}$

专业______________ 姓名__________ 学号____________________ 序号________

质点力学综合

1. 在光滑水平面上水平放置一固定的圆环，半径为 R，物体与环内侧的摩擦系数为 μ_k，当 $t=0$ 时，物体的速率为 v_0，求：（1）t 时刻物体的速率；（2）在时间 t 内物体经过的路程。



(1) $f = -\mu_k \cdot N = m a_t$

$N = \frac{mv^2}{R}$

$\therefore -\mu_k \frac{mv^2}{R} = m\frac{dv}{dt}$

$\therefore -\frac{\mu_k}{R}dt = \frac{1}{v^2}dv$

$\int_0^t \frac{\mu_k}{R}dt = \int_{v_0}^{v} -\frac{1}{v^2}dv$

$\therefore \frac{\mu_k}{R}\cdot t = \left[\frac{1}{v}\right]_{v_0}^{v} = \frac{1}{v} - \frac{1}{v_0}$

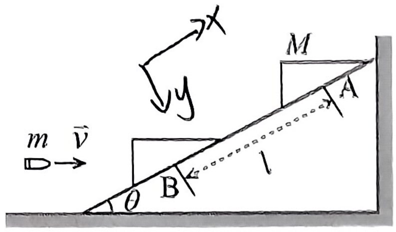
$v = \frac{v_0}{1+\frac{\mu_k t v_0}{R}}$

(2) $v = \frac{ds}{dt} = \frac{v_0}{1+\frac{\mu_k v_0 t}{R}}$

$\therefore \int_0^s ds = \int_0^t \frac{v_0}{1+\frac{\mu_k v_0 t}{R}}dt$

$s = \frac{R}{\mu}\cdot \ln\left(1+\frac{\mu_k v_0 t}{R}\right)$

2. 质量为 M 的木块在光滑的固定斜面上，由 A 点从静止开始下滑，当经过路程 l 运动到 B 点时，木块被一颗水平飞来的子弹射中，子弹立即陷入木块内。设子弹的质量为 m，速度为 $\vec{v}$，求子弹射中木块后，子弹与木块的共同速度。



在x方向上系统能量守恒

$mgl\sin\theta = \frac{1}{2}M v_0^2$

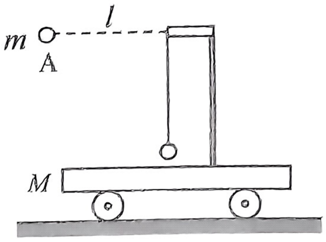
$v_0 = \sqrt{2gl\sin\theta}$

$\therefore mv\cos\theta - Mv_0 = (m+M)v_共$

$\therefore v_共 = \frac{mv\cos\theta - M\sqrt{2gl\sin\theta}}{m+M}$

3. 静止在光滑水平面上的一质量为 M 的车上悬挂一单摆，摆球质量为 m，摆线长为 l（M=8m）。开始时，摆线水平，摆球静止于 A 点。突然放手，当摆球运动到摆线呈竖直位置的瞬间，求摆球相对于地面的速度和摆球相对于车的速度。

v_1　　　　u



设水平向右为正方向

动量守恒＋机械能守恒

$$\begin{cases} mv_1 + Mv_2 = 0 \\ mgl = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \end{cases}$$

$$\therefore \begin{cases} v_1 = -8v_2 \\ v_1 = \frac{4}{3}\sqrt{gl} \end{cases} \quad v_2 = -\frac{1}{6}\sqrt{gl}$$

$$u = \frac{4}{3}\sqrt{gl} + \frac{1}{6}\sqrt{gl} = \frac{3}{2}\sqrt{gl}$$

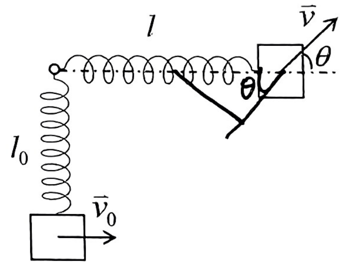
$$\therefore v_1 = \frac{4}{3}\sqrt{gl},\ u = \frac{3}{2}\sqrt{gl}$$

4. 光滑的水平面上，有一轻弹簧，一端固定，一端连接一质量 m=1kg 的滑块（如图所示）。弹簧自然长度 l_0=0.2m，劲度系数 k =100N·m^{-1}。设 t = 0 时，弹簧长度为 l_0，滑块速度 $v_0 = 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，方向与弹簧垂直。以后某一时刻，弹簧长度 l=0.5m，求该时刻滑块速度 $\bar{v}$ 的大小以及速度和弹簧延长线的夹角 θ。

机械能守恒：

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k(l-l_0)^2$$

$$\therefore\ v = 4\text{m/s}$$



角动量守恒：

$$M = r\times F = \cancel{\ } r\cdot F\cdot \sin\alpha \quad \because \sin\alpha = 0$$

$$\therefore M = 0$$

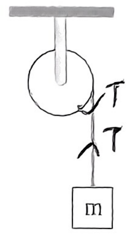
$$\therefore l_0 \times P_1 = l \times P_2$$

$$l_0 \cdot m v_0 = \cancel{\ } m v\, l\sin\theta$$

$$\therefore \theta = 30^\circ$$

第五章 刚体的转动

1. 如图所示，一轻绳绕于半径为 r 的飞轮边缘，并以质量为 m 的物体挂在绳端，飞轮对过轮心且与轮面垂直的水平固定轴的转动惯量为 J。飞轮的角加速度是多少？

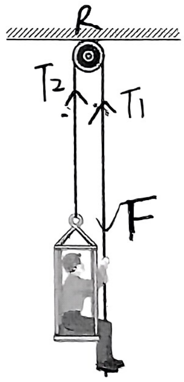


设竖直向下为正方向

$$\begin{cases} mg - T = ma \\ M = Tr = J\alpha \\ a = r\alpha \end{cases}$$

$$\therefore \alpha = \frac{mgr}{J+mr^2}$$

2. 工人坐在如图所示的椅子上，通过拉搭在定滑轮上的绳子使自己上升；工人和椅子的总质量为 m，绳子的质量忽略不计。定滑轮半径为 R，绳子与定滑轮之间无相对滑动，定滑轮与转轴的摩擦忽略不计。如果工人想让自己上升的加速度等于 a，请分析下：（1）若定滑轮的质量忽略不计，他需要用多大的力气拉绳子？（2）若定滑轮的质量不可忽略，并且其对转轴的转动惯量为 J，工人对绳子的拉力又应该等于多少？



(1) $2T - mg = ma$

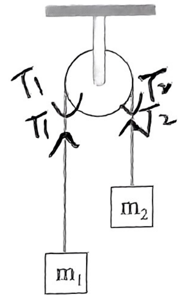
$$\therefore T = \frac{mg+ma}{2}$$

(2)
$$\begin{cases} F = T_1 \\ T_2 - mg = ma \\ (T_1 - T_2)R = J\alpha \\ a = R\alpha \end{cases}$$

$$\therefore F = \frac{1}{2}\left(ma + mg + \frac{Ja}{R^2}\right)$$

3. 如图所示，设两重物的质量分别为 m_1 和 m_2，且 $m_1>m_2$，定滑轮的半径为 r，对转轴的转动惯量为 J，轻绳与滑轮间无滑动，滑轮轴上摩擦不计。设开始时系统静止，试求 t 时刻滑轮的角速度。

设竖直向下为正方向

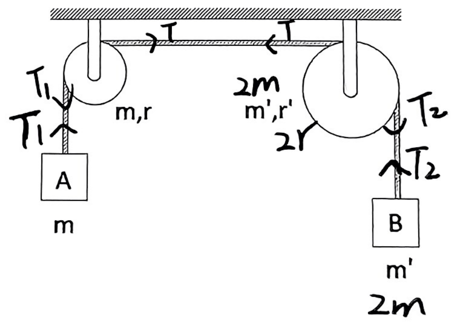


$$\begin{cases} m_1g-T_1=m_1a \\ m_2g-T_2=-m_2a \\ (T_1-T_2)r=J\alpha \\ a=r\alpha \end{cases}$$

$$\therefore \alpha=\frac{(m_1-m_2)gr}{(m_1+m_2)r^2+J}$$

$$\therefore w=\alpha t=\frac{(m_1-m_2)gr}{(m_1+m_2)r^2+J}$$

4. 两个大小不同、具有水平光滑轴的定滑轮，顶点在同一水平线上。小滑轮的质量为 m，半径为 r，对轴的转动惯量 $J=mr^2/2$。大滑轮的质量 $m'=2m$，半径 $r'=2r$，对轴的转动惯量 $J'=m'r'^2/2$。一根不可伸长的轻质细绳跨过这两个定滑轮，绳的两端分别挂着物体 A 和 B。A 的质量为 m，B 的质量 $m'=2m$．这一系统由静止开始转动，求两滑轮的角加速度和它们之间绳中的张力。设竖直向下为正方向



$$\begin{cases} 2mg-T_2=2ma \\ mg-T_1=-ma \\ (T_2-T)2r=\frac{2m\cdot 4r^2}{2}\cdot\alpha' \\ (T-T_1)\cdot r=\frac{mr^2}{2}\cdot\alpha \\ a=\alpha\cdot r=2r\cdot\alpha' \end{cases}$$

$$\therefore \alpha'=\frac{g}{9r} \quad \alpha=\frac{2g}{9r}$$

$$T=\frac{4mg}{3}$$

5. 以 20N · m 的恒力矩作用于有固定轴的转轮上，10s 内该轮的转速由零增大到 100r/min 。此时撤去该力矩，转轮因摩擦力矩的作用，又经 100s 而停止，试求转轮的转动惯量。

$w=2\pi n$ ， $n=\frac{5}{3}\,r/s$

设转动惯量为J

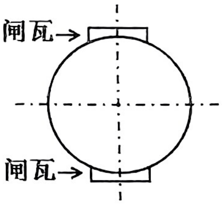
动量定理： $\int_0^t M dt = \int_{L_1}^{L_2} dL$

∴ $t_1=10s$ $t_2=100s$

$$\begin{cases}(M-M_f)t_1 = Jw-0 \\ -M_f\cdot t_2 = 0-Jw\end{cases}$$

∴ $J = 17.4kg\cdot m^2$

6. 一转动系统的转动惯量为 $J=8.0\text{kg}\cdot\text{m}^2$，转速为 $\omega=41.9\text{rad/s}$，两制动闸瓦对轮的压力都为 392N，闸瓦与轮缘间的摩擦系数为 $\mu=0.4$，轮半径为 $r=0.4\text{m}$，问从开始制动到静止需用多少时间？



$M=J\alpha$

$M=2f\cdot r = 2\times0.4\times392\times0.4 = 125.44\ N\cdot m$

$\beta = \frac{M}{J} = 15.68\ rad/s$

$\beta = \frac{\Delta w}{\Delta t}$

$\therefore \Delta t = \frac{\beta}{\Delta w} = 2.67s$

7. 一根质量为 m、长为 l 的均匀细杆，可在水平桌面上绕通过其一端的竖直固定轴转动。已知细杆与桌面的滑动摩擦系数为 μ，杆转动时受的摩擦力矩的大小等于多少？若杆的初角速度为 ω_0，则过多久杆会停止转动？

求时间

(1) $L_{中心} = \frac{l}{2}$

$\therefore M = r \times f = r \cdot f \cdot \sin\theta$

$\theta = 90^\circ$

$\therefore M = \frac{1}{2}\mu m g l$

(2)

$M = J\alpha$

$\frac{1}{2}\mu m g l = \frac{1}{3} m l^2 \alpha$

$\therefore \alpha = \frac{3}{2}\mu g$

$\therefore \alpha = \frac{\Delta w}{\Delta t} \quad \therefore \Delta t = \frac{w_0}{\alpha} = \frac{2w_0}{3\mu g}$

8. 质量为 75kg 的人站在半径为 2m 的水平转台边缘。转台的固定转轴竖直通过台心且无摩擦，转台绕竖直轴的转动惯量为 $3000\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2$。开始时整个系统静止。现人以相对于地面为 $1\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$ 的速率沿转台边缘行走，求：人沿转台边缘行走一周，回到他在转台上的初始位置所用的时间。

$m = 75kg \quad R = 2m \quad J = 3000\ kg\cdot m^2 \quad V_0 = 1m/s$

$V = w_0 \cdot R \quad \therefore w_0 = 0.5\ rad/s$

角动量守恒：$J w_1 + J_0 w_0 = 0$

$J_0 = mR^2 = 300\ kg\cdot m^2$

$\therefore w_1 = -0.05\ rad/s$

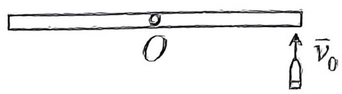
$\therefore$ 人相对于转台的角速度为 $w' = w_0 - w_1 = 0.55\ rad/s$

$\therefore t = \frac{2\pi}{w'} = 11.4s$

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号________

9. 质量为 m、长为 l 的棒，可绕通过棒中心且与棒垂直的竖直光滑固定轴 O 在水平面内自由转动(转动惯量 $J=ml^2/12$)。开始时棒静止，现有一子弹，质量也是 m，在水平面内以速度 v_0 垂直射入棒端并嵌在其中，则子弹嵌入后棒的角速度 ω 为多少？

俯视图

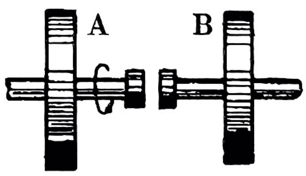


角动量守恒：

$$\begin{cases} \frac{m v_0 l}{2} = mv\cdot\frac{l}{2} + J\cdot w \\ v = \frac{l}{2}\cdot w \end{cases}$$

$$\therefore w = \frac{3v_0}{2l}$$

10. 如图所示，A、B 两飞轮的轴可由摩擦啮合使之连结。轮 A 的转动惯量 $J_1 = 10\text{kg}\cdot\text{m}^2$，开始时轮 B 静止，轮 A 以 $n_1 = 600\text{r/min}$ 的转速转动，然后使 A 与 B 连结，轮 B 得以加速，而轮 A 减速，直至两轮的转速都等于 $n = 200\text{r/min}$ 为止。求：（1）轮 B 的转动惯量；（2）在啮合过程中损失的机械能是多少？



$w_1 = 2\pi n_1 = 2\pi\cdot 10 = 20\pi\ rad/s$

$n = 200\ r/min = \frac{20}{3}\pi\ rad/s = w$

$\therefore$ 由角动量守恒：

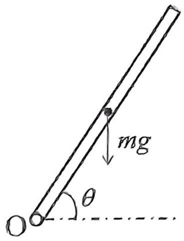
$J_1 w_1 = (J_1 + J) w$

$\therefore J = 20\ kg\cdot m^2$

(2) $\Delta E = \frac{1}{2} J_1 w_1^2 - \frac{1}{2}(J_1 + J)\cdot w^2$

$= 1.315 \times 10^4 J$

11. 均匀直棒可绕过其一端且与棒垂直的水平光滑固定轴转动。抬起另一端使棒向上与水平面成θ，然后无初转速地将棒释放。已知棒对轴的转动惯量为$ml^2/3$，其中m和l分别为棒的质量和长度。求：（1）放手时棒的角加速度；（2）棒转到水平位置时的角加速度和角速度。



(1) $M = J\alpha$

$M = mg\cdot\frac{l}{2}\cdot\cos\theta$

$\therefore \frac{mgl}{2}\cos\theta = \frac{ml^2}{3}\alpha$

$\therefore \alpha = \frac{3g\cos\theta}{2l}$

(2) ~~动能~~

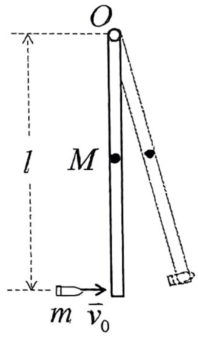
$M = mg\cdot\frac{l}{2} = J\alpha_2$

$\therefore \alpha_2 = \frac{3g}{2l}$

动能定理：$mg\frac{l}{2}\sin\theta = \frac{1}{2}J\omega^2 - 0$

$\therefore \omega = \sqrt{\frac{3g\sin\theta}{l}}$

12. 质量为M，长为l的均质等截面细杆可绕水平光滑的轴线O转动，最初杆静止于铅直方向。一弹片质量为m，以水平速度v打到并嵌入杆的下端，和杆一起运动，求杆的最大摆角θ。



角动量守恒：

$\cancel{mvl = \frac{1}{3}(m+M)l^2\omega}$

$\cancel{\therefore \omega = \frac{3mv}{(m+M)l}}$

角动量守恒

$mvl = ml^2\omega + \frac{M}{3}l^2\omega$

$\therefore \omega = \frac{mv}{(m+\frac{M}{3})l}$

机械能守恒：

$\frac{1}{2}(m+\frac{M}{3})l^2\omega^2 = mgl(1-\cos\theta) + Mg\frac{l}{2}(1-\cos\theta)$

$\therefore \cos\theta = 1 - \frac{(m+\frac{M}{3})l}{(2m+M)g}\omega^2 = 1 - \frac{m^2v^2}{gl(2m+M)(m+\frac{M}{3})}$

专业____________ 姓名__________ 学号________________ 序号______

第六章 狭义相对论基础

$\Delta t=0$ $\Delta x=1m$

1. 在 S 系中观测到两个事件同时发生在 x 轴上，其间距离为 1m，在 S' 系中观测这两个事件之间的距离是 2m。求在 S' 中测得的这两个事件发生的时间间隔。

$\Delta x'=2$

$\Delta x=1$

$$\begin{cases} \Delta t' = \dfrac{\Delta t - \frac{u}{c^2}\Delta x}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \\ \Delta x' = \dfrac{\Delta x - u\Delta t}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \\ \Delta x=1 \\ \Delta x'=2 \\ \Delta t=0 \end{cases} \Rightarrow \Delta t' = -5.77\times10^{-9}s$$

2. 一空间飞船以 0.5c 的速率从地球发射，在飞行中飞船又向前方相对自己以 0.5c 的速率发射一火箭，问地球上的观测者测得火箭的速率是多少？

S系：地球

S'系 飞船

S系· v $\qquad u=-0.5c$

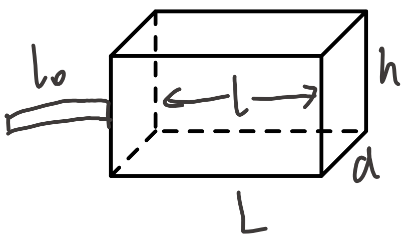
S'系· $v'=0.5c$

$$\therefore v=\frac{v'-u}{1-\frac{uv'}{c^2}}=\frac{c}{1+\frac{0.25c^2}{c^2}}=\frac{4}{5}=0.8c$$

3. 一隧道长为 L，宽为 d，高为 h，一列火车以极高的速度 v 沿隧道长度方向通过隧道，若从列车上观察：（1）隧道尺寸如何？（2）设列车的长度为 l_0，它全部通过隧道的时间是多少？

S系：隧道

S'系：列车



(1) $L' = L\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$

$u=v$

$\therefore L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

(2) $\Delta t' = \frac{l_0+L'}{v} = \frac{l_0}{v} + \frac{L}{v}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

4. 在惯性系 S 中，有两事件发生于同一地点，且第二事件比第一事件晚发生 $\Delta t = 2s$；而在另一惯性系 S′ 中，观测第二事件比第一事件晚发生 $\Delta t' = 3s$。那么在 S′ 系中发生两事件的地点之间的距离是多少？

$\Delta x = 0$ $\Delta t = 2s$

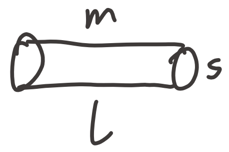
$\Delta x'$ $\Delta t' = 3s$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{u}{c^2}\Delta x}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \to \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} = \frac{2}{3} \to u = \frac{\sqrt{5}}{3}c$$

$$\Delta x' = \frac{\Delta x - u\cdot\Delta t}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} = \frac{-2u}{\frac{2}{3}} = -3u = -\sqrt{5}c = -6.72\times10^8 m$$

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号_________

5. 观察者甲以 $4c/5$ 的速度（c 为真空中光速）相对于静止的观察者乙运动，若甲携带一长度为 l、截面积为 S，质量为 m 的棒，这根棒安放在运动方向上，求甲乙测得的棒的密度。



甲: $V=lS$　$\rho_{\text{甲}}=\frac{m}{V}=\frac{m}{lS}$

乙: $l'=l\cdot\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$　　$m_{\text{乙}}=\frac{m}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$

$u=-\frac{4}{5}c$

$\therefore l'=\frac{3}{5}l$　　$\therefore \rho_{\text{乙}}=\frac{m_{\text{乙}}}{V_{\text{乙}}}=\frac{25}{9}\cdot\frac{m}{lS}$

$V_{\text{乙}}=l'\cdot S$

6. 当粒子的动能等于它的静止能量时，它的运动速度是多少？

$E=E_k+E_0=mc^2$　　$E_k=E_0=m_0c^2$

$\therefore mc^2=2m_0c^2$　　$\therefore v=\frac{\sqrt{3}}{2}c$

$\therefore m=2m_0$

$\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=2m_0$

7. 一个电子以 $v=0.99c$（c 为真空中光速）的速率运动。试求：（1）电子的总能量是多少？（2）电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少？(电子静止质量 $m_e=9.11\times10^{-31}$ kg)

(1) $E=mc^2$

$m=\frac{m_e}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

$\therefore E=5.8\times10^{-13}\text{J}$

(2) $E_k=\frac{1}{2}m_ev^2=4.01\times10^{-14}\text{J}$

$E_k'=E-m_ec^2$
$=4.99\times10^{-13}\text{J}$

$\therefore \frac{E_k}{E_k'}=8.04\%$

8. 假设一个静止质量为 m_0、动能为 $2m_0c^2$ 的粒子同一个静止质量为 $2m_0$，处于静止状态的粒子相碰撞并结合在一起，试求碰撞后结合在一起的粒子的静止质量。

$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2$

$\therefore v = \frac{2\sqrt{2}}{3}c$

设撞后速度为 v'，静止质量为 M

动量守恒+能量守恒

$$\begin{cases} \frac{m_0 v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + 0 = \frac{Mv'}{\sqrt{1-v'^2/c^2}} \\ \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} + 2m_0c^2 = \frac{Mc^2}{\sqrt{1-\frac{v'^2}{c^2}}} \\ v = \frac{2\sqrt{2}}{3}c \end{cases}$$

$\therefore M = \sqrt{17}\, m_0$

9. 一个静止质量为 m_0 的粒子，裂变成两个粒子，速度分别为 $0.6c$ 和 $0.8c$。求裂变过程的静质量亏损和释放出的动能。

$m_1 \quad v_1 = 0.6c$

$m_2 \quad v_2 = 0.8c$

动量守恒+能量守恒

$$\begin{cases} m_1v_1 + m_2v_2 = \frac{m_{10}v_1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} + \frac{m_{20}v_2}{\sqrt{1-\frac{v_2^2}{c^2}}} = 0 \\ m_0c^2 = \frac{m_{10}c^2}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} + \frac{m_{20}c^2}{\sqrt{1-\frac{v_2^2}{c^2}}} \end{cases}$$

$m_{10} = 0.459m_0$, $m_{20} = 0.257m_0$

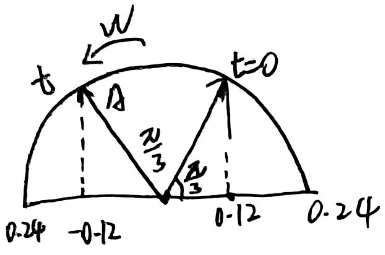
$\Delta m = m_0 - m_{10} - m_{20} = 0.284m_0$

$\Delta E_k = 0.284m_0c^2$

专业________ 姓名________ 学号________ 序号________

第七章 振动

1. 一质点作简谐振动，其振动方程为 $x=0.24\cos(\frac{1}{2}\pi t+\frac{1}{3}\pi)$ (SI)，试用旋转矢量法求出质点由初始状态（t=0 的状态）运动到 x=-0.12m，$v<0$ 的状态所需最短时间 Δt 。



$\therefore A=0.24 \quad w=\frac{1}{2}\pi$

$\Delta\varphi=\frac{\pi}{3}$

$\therefore \Delta t=\frac{\Delta\varphi}{w}=0.667s$

2.一弹簧振子沿 x 轴作简谐振动（弹簧为原长时振动物体的位置取作 x 轴原点）。已知振动物体最大位移为 x_m=0.4m，最大恢复力为 F_m=0.8N，最大速度为 v_m=0.8π m/s，又知 t=0 的初位移为+0.2m，且初速度与所选 x 轴方向相反。求：（1）振动能量；（2）此振动的表达式。

$A=0.4m$

(1) $F_m=k\cdot X_m$

$\therefore k=\frac{F_m}{X_m}$

$\therefore E=\frac{1}{2}kX_m^2=0.16J$

(2) $V_m=w\cdot X_m$

$\therefore w=2\pi$ rad/s

$F=k\cdot X_m=kA$ $\quad w=\sqrt{\frac{k}{m}}$

$\therefore k=mw^2$

$t=0$ 时

$x_0=A\cos\varphi=0.2$

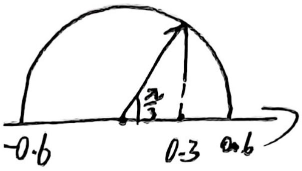
$v_0=-Aw\sin\varphi<0$

$\therefore\varphi=\frac{\pi}{3}$

$\therefore x=0.4\cos(2\pi t+\frac{1}{3}\pi)$

3. 一质量为0.20 kg的质点作简谐振动，其振动方程为 $x=0.6\cos(5t-\pi/2)$ (SI)。求：(1) 质点的初速度；(2) 质点在正向最大位移一半处所受的力。

(1) $m=0.20\ kg$



$V=\frac{dx}{dt}=-3\sin(5t-\frac{\pi}{2})$

$\therefore$ $t=0$时，$v_0=3\ m/s$

(2)

$A=0.6 \quad \frac{A}{2}=0.3$

$\therefore$ $F=ma=-m\omega^2 x$

$\therefore x=\frac{A}{2}=0.3m$

$\therefore F=-1.5N$

4. 一物体质量为 0.25 kg，在弹性力作用下作简谐振动，弹簧的劲度系数 $k=25\ N\cdot m^{-1}$，如果起始振动时具有势能 0.06 J 和动能 0.02 J，求：（1）振幅；（2）动能恰等于势能时的位移；（3）经过平衡位置时物体的速度。

(1) $m=0.25kg \quad k=25N/m$

$E=0.06+0.02=\frac{1}{2}kA^2$

$\therefore A=0.08m$

(2)

$E_K=\frac{1}{2}mv^2$

$E_P=\frac{1}{2}kx^2$

$V=\omega x$

$\therefore E_K=E_P$

$m\omega^2x^2=m\omega^2A^2\sin(\omega t+\varphi)$

$x^2=A^2\sin^2(\omega t+\varphi)=A^2[1-\cos^2(\omega t+\varphi)]=A^2-x^2$

$\therefore 2x^2=A^2$

$\therefore x=\pm\frac{\sqrt{2}}{2}A=0.0566\ m$

(3) 平衡位置时：$E_P=0 \quad E_K=E=\frac{1}{2}kA^2$

$\therefore E=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}mv^2$

$V=\pm 0.8m/s$

专业__________ 姓名__________ 学号__________ 序号__________

5、在一竖直轻弹簧的下端悬挂一小球，弹簧被拉长 $l_0=1.2\text{cm}$ 而平衡。再经拉动后，该小球在竖直方向作振幅为 $A=2\text{cm}$ 的振动。（1）试证此振动为简谐振动；（2）选小球在正最大位移处开始计时，写出此振动的数学表达式。

(1) 设小球质量为m，则 $k=\frac{mg}{l_0}$

以平衡位置为原点，向下为正方向，

在x时 有牛二定律

$$\begin{cases} mg-k(l_0+x)=ma \\ k=\frac{mg}{l_0} \end{cases}$$

$\therefore a=-\frac{g}{l_0}\cdot x$

∴ 加速度与位移成正比而反向

∴ 为简谐振动

(2) $w=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{\frac{g}{l_0}}=28.58=9.1\pi$

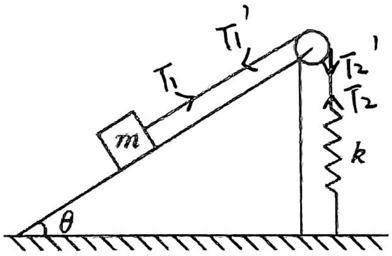
设 $x=A\cos(wt+\varphi)$

当 $t=0$ 时，$x=A$

$\therefore \varphi=0$

$\therefore x=2\times10^{-2}\cos(9.1\pi t)$

6. 如图所示，物体的质量为 m，放在光滑斜面上，斜面与水平面的夹角为 θ，弹簧的弹性系数为 k，滑轮的转动惯量为 J，半径为 R。先把物体托住，使弹簧维持原长，然后由静止释放。试证明该物体作简谐振动，并求振动周期。



证明：设物体在斜面上位移为x

从平衡位置x₀开始

~~$mg\sin\theta-kx=ma$~~

$$\begin{cases} mg\sin\theta-T_1=ma \\ T_1R-T_2R=J\alpha \\ a=\alpha R \\ T_2=k(x_0+x) \\ x_0=\frac{mg\sin\theta}{k} \end{cases}$$

$\therefore 0=ma+kx+\frac{Ja}{R^2}$

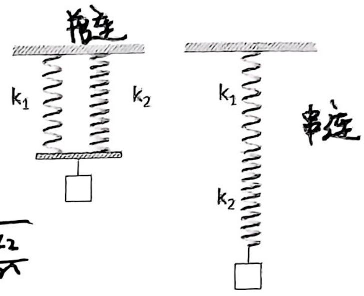
$\therefore -kx=(m+\frac{J}{R^2})a$

$a+\frac{k}{m+\frac{J}{R^2}}x=0$

$\therefore$ 令 $w^2=\frac{k}{m+\frac{J}{R^2}}=\frac{kR^2}{mR^2+J}$

$\therefore T=\frac{2\pi}{w}=2\pi\sqrt{\frac{m+J/R^2}{k}}$

7. 原长相等、劲度系数分别为 k_1 和 k_2 的两根轻弹簧。（1）若将它们串联，下面挂一个质量为 m 的物体，振动系统的频率等于多少？（2）若将它们并联，下面同样挂一个质量为 m 的物体，振动系统的频率又等于多少？



(1)
$$\begin{cases} k_1x_1=k_2x_2 \\ k_2x_2=mg \\ k(x_1+x_2)=mg \\ x=x_1+x_2 \end{cases}$$

$$\therefore \frac{1}{k}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}=\frac{k_1+k_2}{k_1k_2}$$

$$k=\frac{k_1\cdot k_2}{k_1+k_2}$$

$$\therefore w=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{\frac{k_1\cdot k_2}{m(k_1+k_2)}}$$

$$T=\frac{2\pi}{w}$$

$$f=\frac{1}{T}=\frac{w}{2\pi}$$

$$\therefore f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1\cdot k_2}{m(k_1+k_2)}}$$

(2)
$$k_1x+k_2x=kx$$

$$\therefore k_1+k_2=k$$

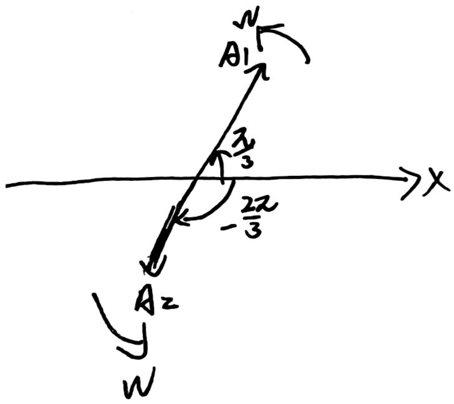
$$\therefore w=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{\frac{k_1+k_2}{m}}$$

$$f=\frac{1}{2\pi}\cdot\sqrt{\frac{k_1+k_2}{m}}$$

8. 一质点同时参与两个同方向的简谐振动，其振动方程分别为

$$x_1=5\times10^{-2}\cos(4t+\pi/3)\ (SI), x_2=3\times10^{-2}\sin(4t-\pi/6)\ (SI)$$

画出两振动的旋转矢量图，并求合振动的振动方程。



$$x_2=3\times10^{-2}\cos\left(4t-\frac{\pi}{6}-\frac{\pi}{2}\right)$$

$$=3\times10^{-2}\cdot\cos\left(4t-\frac{2\pi}{3}\right)$$

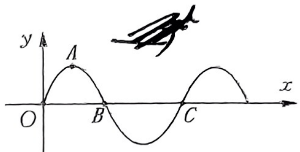
$$\therefore A=A_1-A_2=2\times10^{-2}\,m \qquad \varphi=\frac{\pi}{3}$$

$$\therefore x=2\times10^{-2}\cos\left(4t+\frac{\pi}{3}\right)$$

第八章 波动

1. 沿 x 轴传播的平面余弦波在 t 时刻的波形曲线如图所示。（1）若波沿 x 轴正向传播，该时刻 O、A、B、C 各点的振动位相是多少？（2）若波沿 x 轴负向传播，上述各点的振动位相又是多少？

φ



(1) $y = A\cos(\omega t+\varphi)$

O: $y_0 = 0$, $x_0 = 0$

$\therefore \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$

A: $y_A = A$

$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_0 = -\omega\Delta t = -\frac{\pi}{2}$

$\therefore \varphi_A = 0$

B: $\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_0 = -\omega\Delta t = -\pi$

$\therefore \varphi_B = -\frac{\pi}{2}$

C: $\Delta\varphi = \varphi_C - \varphi_0 = -\omega\Delta t = -2\pi$

$\therefore \varphi_C = -\frac{3\pi}{2}$

(2) O: $y_0 = 0$,

$\therefore \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$

$\left(t - \frac{x}{u}\right)$

A: $\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi_A = -\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{4} = -\frac{\pi}{2}$

$\therefore \varphi_A = 0$

B: $\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi_B = -\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{2} = -\pi$

$\therefore \varphi_B = \frac{\pi}{2}$

C: $\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi_C = -\frac{2\pi}{T}\cdot T = -2\pi$ $\therefore \varphi_C = \frac{3\pi}{2}$

2. 一横波沿绳子传播，其波的表达式为 $y = 0.05\cos(100\pi t - 2\pi x)$ (SI)。求：（1）求此波的振幅、波速、频率和波长；（2）求绳子上各质点的最大振动速度和最大振动加速度；（3）求 $x_1 = 0.2$ m 处和 $x_2 = 0.7$ m 处二质点振动的相位差。

(1) $A = 0.05\text{m}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{100\pi} = \frac{1}{50}\ \text{s}$

$\nu = \frac{1}{T} = 50\ \text{Hz}$

~~$v = \frac{dy}{dt} = -5\sin(100\pi t - 2\pi x)$~~

~~$\therefore \lambda = 5$~~

~~$v = \frac{\lambda}{T} = 250\text{m/s}$~~

~~$u = \frac{dx}{dt} = 2\pi$~~

~~$\therefore \lambda = uT$~~

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

$\therefore -2\pi x = -2\frac{\pi x}{\lambda}$

$\therefore \lambda = 1$

$u = \frac{\lambda}{T} = 50\text{m/s}$

$\therefore \begin{cases} A = 0.05\text{m} \\ u = 50\text{m/s} \\ \nu = 50\text{Hz} \\ \lambda = 1.0\text{m} \end{cases}$

(2) $v = \frac{dy}{dt} = -5\pi\sin(100\pi t - 2\pi x)$

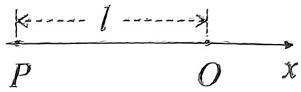
$\therefore v_{max} = 15.7\text{m/s}$

$a = \frac{dv}{dt} = -500\pi^2\cos(100\pi t - 2\pi x)$

(3) $\Delta\varphi = -\frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = -\pi$

同相

3. 如图，一平面简谐波沿 Ox 轴传播，波动表达式为 $y = A\cos[2\pi(\nu t - x/\lambda) + \varphi]$ (SI)，求：（1）P 处质点的振动方程；（2）该质点的速度表达式与加速度表达式。



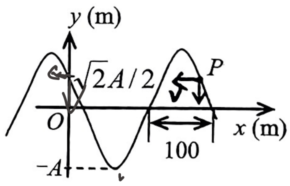
(1) $x_P=-l$

∴ $y_P=A\cos[2\pi(\nu t+\frac{l}{\lambda})+\varphi]$

(2) $v=\frac{dy_P}{dt}=-2\pi\nu A\sin[2\pi(\nu t+\frac{l}{\lambda})+\varphi]$

$a=\frac{dv}{dt}=-4\pi^2\nu^2A\cos[2\pi(\nu t+\frac{l}{\lambda})+\varphi]$

4. 如图所示为一平面简谐波在 $t=0$ 时刻的波形图，设此简谐波的频率为 250 Hz，且此时质点 P 的运动方向向下。求：(1) 该波的表达式；(2) 在原点右侧距 O 为 100 m 处质点的振动方程与振动速度表达式。



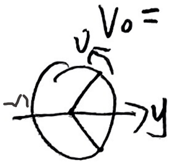
(1) $T=\frac{1}{250}s$　$\lambda=200$

u为x轴负方向

$y=A\cos(500\pi t+\frac{2\pi x}{\lambda}+\varphi_0)$

∴ $\frac{\sqrt{2}}{2}A=\cos\varphi_0$

$v_0=-A\omega\sin\varphi<0$



∴ $\varphi_0=\frac{\pi}{4}$

∴ $y_0=A\cos(500\pi t+\frac{\pi}{4}+\frac{\pi x}{100})$

(2) $\Delta\varphi=\varphi_0-\varphi'=-\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{2}$

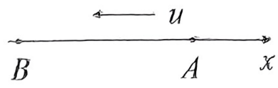
$\frac{\pi}{4}-\varphi'=-\pi$

$\varphi'=\frac{5\pi}{4}$

∴ $y'=A\cos(500\pi t+\frac{5}{4}\pi)$

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号__________

5. 如图，一平面波在介质中以波速 $u=20\mathrm{m/s}$ 沿 x 轴的负方向传播，已知 A 处质元的振动方程为 $y=3\times10^{-2}\cos4\pi t$ (SI)。(1) 以 A 点为坐标原点写出波的表达式；(2) 以距 A 点 5 m 处的 B 点为坐标原点，写出波的表达式。



(1) $y=3\times10^{-2}\cos[4\pi(t+\frac{x}{u})]$

$=3\times10^{-2}\cos[4\pi(t+\frac{x}{20})]$

(2) $\Delta\varphi=\varphi_B-\varphi_A=-\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{2}=-\pi$

$\because \varphi_A=0$

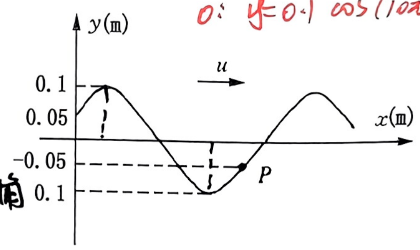
$\therefore \varphi_B=-\pi$

$\therefore y=3\times10^{-2}\cos[4\pi(t+\frac{x}{20})-\pi]$

6. 一列机械波沿 x 轴正向传播，$t=0$ 时的波形如图所示，已知波速为10 m/s，波长为2m，求：(1) 波动方程；(2) P 点的振动方程及振动曲线；(3) P 点的坐标；(4) P 点回到平衡位置所需的最短时间。

用原点O的振动曲线求

O: $y=0.1\cos(10\pi t+\frac{\pi}{3}-\frac{10\pi x}{\pi})$



(1) $u=10\,m/s$ $A=0.1$

$\lambda=2m$

$T=\frac{\lambda}{u}=\frac{1}{5}s$

$w=\frac{2\pi}{T}=10\pi$

$V_0<0$ $y_0=\frac{A}{2}$

$\therefore \varphi_0=\frac{\pi}{3}$

$y=0.1\cos[10\pi(t-\frac{x}{10})+\frac{\pi}{3}]$

~~$\therefore y=0.1\cos(10\pi t+\frac{\pi}{3})$~~

(2) ~~$\Delta\varphi=\varphi_P-\varphi_0=\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{5}{6}T=$~~

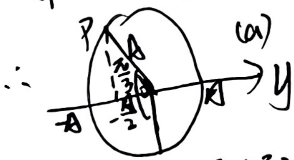
~~$\therefore \varphi_P=\frac{5}{3}\pi$~~

~~$\therefore y_P=0.1\cos(10\pi t+\frac{5}{3}\pi)$~~

$\Delta\varphi=\varphi_P-\varphi_0=-\frac{5}{3}\pi$

$\therefore \varphi_P=-\frac{4}{3}\pi$

$y_P=-\frac{A}{2}$ $V_P<0$



$\because V_P<0$ $\therefore$ 取顺时针的

$\therefore \varphi_P=-\frac{4}{3}\pi$

$\therefore y_P=0.1\cos(10\pi t-\frac{4}{3}\pi)$

(3) $10\pi(t-\frac{x}{u})+\frac{\pi}{3}\Big|_{t=0}=-\frac{\pi}{3}$

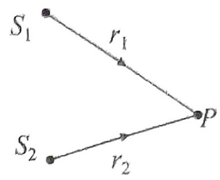
$\therefore x=\frac{5}{3}m$

(4) 由图(a)知 P回到平衡位置所需角为 $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{3}$

$\therefore \Delta\varphi=\frac{5\pi}{6}=wt$

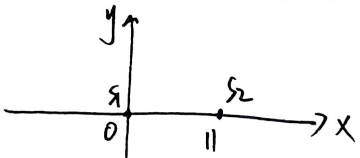
$\therefore t=\frac{1}{12}s$

7. 如图所示，S_1、S_2为两平面简谐波相干波源。S_2的相位比S_1的相位超前$\pi/4$，波长$\lambda=8.00\text{m}$，$r_1=12.0\text{m}$，$r_2=14.0\text{m}$，S_1在P点引起的振动振幅为0.30m，S_2在P点引起的振动振幅为0.20 m，求P点的合振幅。



$$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$
$$=\frac{\pi}{4}-\frac{2\pi}{8}\times 2=-\frac{\pi}{4}$$
$$\therefore A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi}=0.464(\text{m})$$

8. 相干波源S_1和S_2，相距11 m，S_1的相位比S_2超前$\pi/2$．这两个相干波在S_1、S_2连线和延长线上传播时可看成两等幅的平面余弦波，它们的频率都等于100 Hz，波速都等于400 m/s．试求在S_1、S_2的连线上及延长线上，因干涉而静止不动的各点位置。



$\lambda=\frac{v}{\nu}=4\text{m}$　$\varphi_2-\varphi_1=-\frac{\pi}{2}$

∴ ① 当$x<0$时，

$$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$
$$=-6\pi$$

∴ 当$x<0$时各点振动加强

② 当$x>11$时，

$$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$
$$=-\frac{\pi}{2}+\frac{11\pi}{2}=5\pi$$

∴ 当$x>11$时，各点均为静止点

③ 当$0\le x\le 11$时

$$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$
$$=-\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{2}(11-2x)=\pi x-6\pi$$

$r_2=11-x$，$r_1=x$

∴ $\pi x-6\pi=(2k+1)\pi$　$(x\in[0,11])$

∴ $x=(1,3,5,7,9,11)\text{m}$

9. 设入射波的表达式为 $y_1 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda})]$，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）反射波的表达式；（2）合成的驻波的表达式。

(1) 设反射波表达式为：

$y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\varphi_0]$

∵ $x=0$ 处是波节

∴ $[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{0}{\lambda})+\varphi_0]+\pi = 2\pi(\frac{t}{T}+\frac{0}{\lambda})$

∴ $\varphi_0 = -\pi$

∴ 反射波表达式为 $y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})-\pi]$

(2) $y = y_1+y_2 = 2A\cos(\frac{2\pi}{\lambda}x+\frac{1}{2}\pi)\cdot\cos(\frac{2\pi t}{T}-\frac{1}{2}\pi)$

$\cos x+\cos y = 2\cdot\cos(\frac{x+y}{2})\cdot\cos(\frac{x-y}{2})$

10. 截面积为 S 的圆管中，有一列平面简谐波在传播，波函数为 $y = A\cos[\omega t - 2\pi(x/\lambda)]$。若管中波的平均能量密度是 w，则通过截面积 S 的平均能流等于多少？

$\bar{P} = \bar{w}uS$

$u = \frac{\lambda}{T}$ $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$= \frac{\lambda\omega}{2\pi}$

∴ $\bar{P} = \frac{w2\pi S}{\omega}$

11. 火车以 $u = 30$ m/s 的速度行驶，汽笛的频率为 $\nu_0 = 650$ Hz。在铁路近旁静止的人，他听到火车经过时鸣笛的声音频率是多少？（设空气中的声速为 330m/s）

v=330m/s

①当火车迎面而来时：

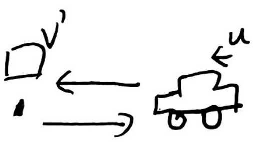
$$\nu=\frac{v}{v-u}\cdot\nu_0=715Hz$$

②当火车远离时：

$$\nu=\frac{v}{v+u}\cdot\nu_0=595.8Hz$$

12. 利用多普勒效应监测车速，固定波源发出频率为 $\nu=100$kHz 的超声波，当汽车向波源行驶时，与波源安装在一起的接收器接收到从汽车反射回来的波的频率为 $\nu'=110$kHz。已知空气中的声速为 330m/s，求车速。

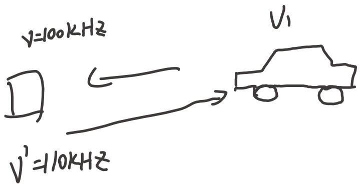
v=330m/s，车速为u



$$\nu_{汽}=\frac{v+u}{v}\cdot\nu$$

$$\nu'=\frac{v}{v-u}\cdot\nu_{汽}$$

∴ u=15.7m/s



1、源不动，车动

$$\nu_1=\frac{330+u}{330}\cdot100$$

2、源动，接不动

$$\nu'=\frac{330}{330-u}\nu_1=\frac{\cancel{330}}{330-u}\cdot\frac{330+u}{\cancel{330}}\cdot100$$

$$=\frac{330+u}{330-u}=\frac{11}{10}$$

$$3300+10u=3630-11u$$

$$21u=330$$

$$u=\frac{110}{7}$$

第九章 光的干涉

1. 在双缝干涉实验中，所用单色光的波长为 600nm，双缝间距为 1.2mm 双缝与屏相距 500mm，求相邻干涉明条纹的间距。

$\lambda=600\,nm$

$d=1.2mm$

$D=500mm$

$$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda=\frac{3\times10^5\times10^{-6}}{1.2}=\frac{3}{12}=\frac{1}{4}=0.25mm$$

2. 双缝干涉实验中，用波长 $\lambda=546.1$nm ($1\text{nm}=10^{-9}$m)的单色光照射，双缝与屏之间的距离为 $D=300$mm。测得中央明条纹两侧的两个第五级明条纹的间距为 12.2mm，求双缝间的距离。

$K=0$　　$K=5$

$$\begin{cases}5\Delta x=6.1mm\\ \Delta x=\frac{D}{d}\cdot\lambda\end{cases}$$

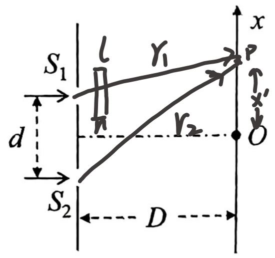
$\Delta x=1.22mm$

$\therefore d=0.134mm$

$$1.22=\frac{300}{d}\cdot 546.1\times10^{-6}$$

$$d=\frac{3\times546.1\times10^{-4}}{1.22}=\frac{546.1\times3\times10^{-2}}{122}=\frac{16.383}{122}\approx0.134mm$$

3. 双缝干涉实验装置如图所示，双缝与屏之间的距离 $D=120$ cm，两缝之间的距离 $d=0.50$ mm，用波长 $\lambda=500$ nm (1 nm=10^{-9} m)的单色光垂直照射双缝。求：（1）求原点 O (零级明条纹所在处)上方的第五级明条纹的坐标 x；（2） 如果用厚度 $l=1.0\times10^{-2}$ mm， 折射率 $n=1.58$ 的透明薄膜复盖在图中的 S_1 缝后面，求（1）中所述第五级明条纹的坐标 x'。



(1) $\Delta x=\frac{D}{d}\lambda$

$D=1200\,mm$

$$\therefore\Delta x=\frac{1200}{0.5}\times500\times10^{-6}$$

$$=\frac{6}{5}=1.2\,mm$$

$\therefore x=5\Delta x=6\,mm$

0.58×10^{-2}
$=58\times10^{-4}$

(2) 由几何关系，近似有：$r_2-r_1=d\cdot\frac{x'}{D}$

当加了薄膜后 δ 为：$\delta=\frac{2\pi}{\lambda}[r_2-(r_1-l+nl)]$

$\delta=\frac{2\pi}{\lambda}\cdot[r_2-r_1-(n-1)l]$

$\therefore$ 令 $\delta=5\lambda$ 得：

$[r_2-r_1-(n-1)l]=5\lambda$

$[\frac{dx'}{D}-0.58l]=5\lambda$

$\therefore x'=19.9\,mm$

4. 在双缝干涉实验中，单色光源 S_0 到两缝 S_1 和 S_2 的距离分别为 l_1 和 l_2，并且 $l_1-l_2=3\lambda$，λ 为入射光的波长，双缝之间的距离为 d，双缝到屏幕的距离为 $D(D>>d)$，如图。求：（1）零级明纹到屏幕中央 O 点的距离；（2）相邻明条纹间的距离。

(1) $\delta = L_2 - L_1$

$= l_2 - l_1 + r_2 - r_1$

$r_2 - r_1 = d \cdot \frac{x}{D}$

$\therefore \delta = -3\lambda + \frac{dx}{D} = 0$

$\therefore x = \frac{3\lambda D}{d}$

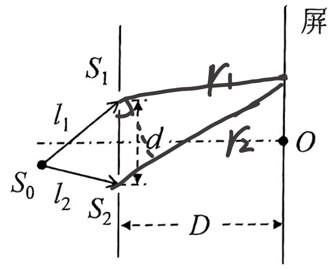
(2) $\Delta x = x' - x$

$-3\lambda + \frac{dx'}{D} = \lambda$

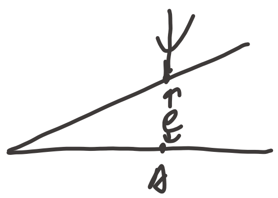
$\therefore \frac{dx'}{D} = 4\lambda$

$x' = \frac{4D\lambda}{d}$

$\therefore \Delta x = \frac{D\lambda}{d}$



5. 用波长为λ_1的单色光照射空气劈形膜，从反射光干涉条纹中观察到劈形膜装置的 A 点处是暗条纹。若连续改变入射光波长，直到波长变为λ_2 ($\lambda_2>\lambda_1$)时，A 点再次变为暗条纹。求 A 点的空气薄膜厚度。



$n=1$

$\therefore 2e + \frac{\lambda_1}{2} = (2k+1) \cdot \frac{\lambda_1}{2}$

$\therefore e = \frac{k\lambda_1}{2}$

当波长变为λ_2时，

$2e + \frac{\lambda_2}{2} = (2k-1)\frac{\lambda_2}{2}$

$\therefore 2e = k\lambda_2 - \lambda_2$

$e = \frac{k\lambda_2 - \lambda_2}{2}$

$\therefore k\lambda_1 = (k-1)\lambda_2$

$\therefore \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1 - \frac{1}{k} \rightarrow \frac{1}{k} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2}$

$k = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$

$\therefore e = \frac{1}{2}k\lambda_1 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2(\lambda_2 - \lambda_1)}$

专业__________________ 姓名______________ 学号_________________________ 序号__________

6. 用波长λ=500 nm 的单色光作牛顿环实验，测得第 k 个暗环半径 r_k=4 mm， 第 k+10 个暗环半径 r_{k+10} =6 mm，求平凸透镜的凸面的曲率半径 R。

$r_{暗}=\sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}$

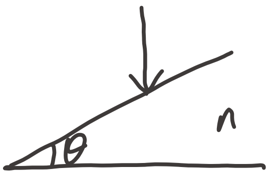
$r_{明}=\sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}}$

$\because r_{k+10}^2 - r_k^2 = 10R\lambda$

$\therefore 10R\lambda = 2$

$R=\frac{1}{5\lambda}=\frac{10^4}{25}=400mm=4m$

7. 折射率为 1.60 的两块标准平面玻璃板之间形成一个劈形膜(劈尖角θ很小)。用波长λ=600 nm (1 nm =10^{-9} m)的单色光垂直入射，产生等厚干涉条纹。若在劈形膜内充满 n =1.40 的液体时的相邻明纹间距比劈形膜内是空气时的间距缩小Δl=0.5 mm，则劈尖角θ应是多少？



$l=\frac{\lambda}{2n\sin\theta}$

$|l_2-l_1|=\Delta l$

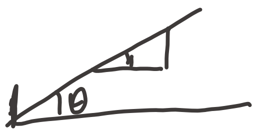
$\therefore \frac{\lambda}{2\sin\theta}\cdot\left(1-\frac{1}{1.4}\right)=\Delta l$

$\therefore \sin\theta=1.7\times10^{-4}$

$\because \theta\to0 \quad \therefore \sin\theta\sim\theta$

$\therefore \theta=1.7\times10^{-4}$ rad

8. 用波长λ=500nm（1nm=10^{-9}m）的单色光垂直照射在由两块玻璃板（一端刚好接触成为劈棱）构成的空气劈形膜上。劈尖角$\theta=2\times10^{-4}$rad。如果劈形膜内充满折射率为n=1.40的液体。求从劈棱数起第五个明条纹在充入液体前后移动的距离。



前：$\delta=2n_1e_1+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$

后：$\delta=2ne_2+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$

$\therefore e_1=\frac{k\lambda-\frac{\lambda}{2}}{2n_1}$ $e_2=\frac{k\lambda-\frac{\lambda}{2}}{2n}$

$\therefore \Delta l=\frac{e_1-e_2}{\sin\theta}$

$\because \theta\to 0$

$\therefore \Delta l=\frac{e_1-e_2}{\theta}=1.61mm$

$\frac{e_1-e_2}{\theta}$

$=\frac{\frac{9}{4}\lambda-\frac{9\lambda}{4n}}{\theta}$

$=\frac{\frac{9}{4}\lambda\cdot\frac{2}{7}}{2\times10^{-4}}$

$=\frac{\frac{9}{14}\times5\times10^{-4}}{2\times10^{-4}}=1.61mm$

9. 为了使从空气正入射时波长为500nm的光尽可能少反射，需要在玻璃表面镀一层MgF_2薄膜作为增透膜，已知空气、MgF_2、玻璃的折射率各为$n_1=1$，$n_2=1.38$，$n_3=1.5$。求MgF_2膜的最小厚度。

n_1 n_2 n_3

暗纹

$\delta=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$

1
1.38
1.5

$n_1<n_2<n_3$ $\therefore$ 不会有半波损失

$\therefore \delta=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}=\frac{k+1}{2}\cdot\lambda$

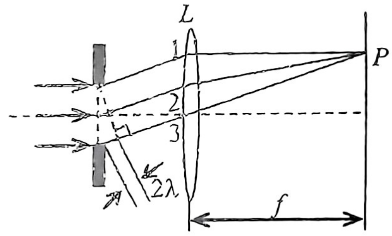
$\sin^2 i=0$

$2en_2=\frac{k+1}{2}\lambda$

$\therefore e_{min}=\frac{\lambda}{4n_2}=\frac{5\times10^{-4}}{5.52}=90.57nm$

第十章 光的衍射

1. 在单缝夫琅禾费衍射示意图中，所画出的各条正入射光线间距相等，求光线 1 与 2 在幕上 P 点上相遇时的相位差，P 点是明纹还是暗纹。



$\delta = a\sin\theta = \lambda$

$\therefore \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\delta = 2\pi$

$a\sin\theta = 2\lambda$

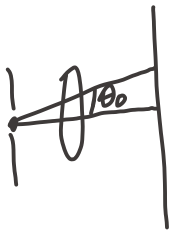
$\therefore$ P点为2级暗纹

2. 单缝宽 0.10mm，透镜焦距为 50cm，用 $\lambda = 500$nm 的绿光垂直照射单缝。求：(1) 位于透镜焦平面处的屏幕上中央明条纹的宽度和半角宽度各为多少？(2) 若把此装置浸入水中(n=1.33)，中央明条纹的半角宽度又为多少？(1nm=10^{-9}m)

(1) $a = 0.1$ mm

$f = 50$ cm

$\lambda = 500$ nm



$\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$

$s = 2f\tan\theta_0 \approx 2f\theta_0 = \frac{2f\lambda}{a}$

$\therefore \theta_0 = \frac{500\times10^{-6}}{0.1}\text{mm} = 5\times10^{-3}\text{rad}$

$s = \frac{2\times50\times10^{-2}\times500\times10^{-9}}{1\times10^{-4}} = 5\times10^{-3}\text{m}$

$= 5\text{mm}$

3. 在某个单缝衍射实验中，光源发出的光含有两种λ_1和λ_2，垂直入射于单缝上。假如λ_1的第一级衍射极小与λ_2的第二级衍射极小相重合，试问：（1）这两种波长之间的关系？（2）在这两种波长的光所形成的衍射图样中，是否还有其它暗条纹相重合？

(1) $a\sin\theta=\lambda_1=2\lambda_2$

$\therefore \lambda_1=2\lambda_2$

(2) λ_1暗纹：

$a\sin\theta_1=k_1\lambda_1=2k_1\lambda_2$

λ_2暗纹：

$a\sin\theta_2=k_2\lambda_2$

$\therefore \sin\theta_1=\frac{2k_1\lambda_2}{a}$

$\sin\theta_2=\frac{k_2\lambda_2}{a}$

∴当$k_2=2k_1$时，$\theta_1=\theta_2$ 此时暗纹重合

4. 用波长λ=632.8nm(1nm=10^{-9}m)的平行光垂直照射单缝，缝宽 a=0.15mm，缝后用凸透镜把衍射光会聚在焦平面上，测得第二级与第三级暗条纹之间的距离为 1.7mm，求此透镜的焦距。

$a\sin\theta_1=2\lambda$ $\quad s_1=f\theta_1$ $\quad \sin\theta_1\approx\theta_1=\frac{2\lambda}{a}$

$a\sin\theta_2=3\lambda$ $\quad s_2=f\theta_2$ $\quad \sin\theta_2\approx\theta_2=\frac{3\lambda}{a}$

$\therefore \Delta s=f\theta_2-f\theta_1=\frac{3\lambda f}{a}-\frac{2\lambda f}{a}=\frac{\lambda f}{a}=1.7mm$

$\therefore f=\frac{1.7\times0.15}{6.328\times10^{-4}}\approx403mm$

5.（1）在单缝夫琅禾费衍射实验中，垂直入射到单缝的光有两种波长，λ_1=400nm，λ_2=760nm（1nm=10^{-9}m）。已知单缝宽度 $a=1.0\times10^{-2}$cm，透镜焦距 f=50cm，求两种光第一级衍射明纹中心之间的距离。（2）若用光栅常数 $d=1.0\times10^{-3}$cm 的光栅替换单缝，其他条件和上一问相同，求两种光第一级主极大之间的距离。

(1) $a\sin\theta=\frac{3\lambda}{2}$　　$\sin\theta=\frac{3\lambda}{2a}$

$x=\frac{3\lambda f}{2a}$

$\therefore \Delta x=\frac{3f}{2a}\Delta\lambda=2.7mm$

(2) $d\sin\theta_1=\lambda_1$　　$\sin\theta_1=\frac{\lambda_1}{d}$

$d\sin\theta_2=\lambda_2$　　$\sin\theta_2=\frac{\lambda_2}{d}$

$s_1=f\sin\theta_1$

$s_2=f\sin\theta_2$

$\therefore \Delta s=f(\sin\theta_2-\sin\theta_1)$

$=\frac{f}{d}(\lambda_2-\lambda_1)=\frac{500\times360\times10^{-6}}{10^{-2}}=18mm$

6. 波长λ=600nm (1nm=10^{-9}m)的单色光垂直入射到一光栅上，第二、第三级明条纹分别出现在 $\sin\varphi=0.20$ 与 $\sin\varphi=0.30$ 处，第四级缺级。求：（1）光栅常数；（2）光栅上狭缝的最小宽度；（3）在 $90°>\varphi>-90°$ 范围内，实际呈现的全部级数。

(1) $d\sin\varphi=2\lambda$

$\therefore d=\frac{2\lambda}{\sin\varphi}=\frac{2\times600\times10^{-6}}{0.2}=6\times10^{-3}mm$

(2) ∵在第四级缺级

$\therefore \begin{cases} a\sin\varphi=k'\lambda \\ d\sin\varphi=4\lambda \end{cases}$

$\therefore a=\frac{k'\lambda}{\sin\varphi}=\frac{d}{4}k'$

∴当 $k'=1$ 时 $a_{min}=1.5\times10^{-3}mm$

(3) $\begin{cases} d\sin\varphi=k\lambda \\ a\sin\varphi=k'\lambda \end{cases}$

$\therefore k=\pm\frac{d}{a}k'$

$\because \frac{d}{a}=4$

$\therefore k=\pm4,\pm8$ 时缺级

$\begin{cases} d\sin\varphi=k_{max}\lambda \\ \sin\varphi=1 \end{cases}$

$\therefore k_{max}=10$

$\therefore k=0,\pm1,\pm2,\pm3,\pm5,\pm6,\pm7,\pm9$

7. 一束平行光垂直入射到某个光栅上，该光束有两种波长的光，波长分别为λ_1=440nm 和λ_2=660nm (1nm=10^{-9} m)。实验发现，两种波长的谱线（不计中央明纹）第二次重合于衍射角$\varphi=60°$的方向上。求此光栅的光栅常数 d。

$d\sin\varphi = k_1\lambda_1$

$d\sin\varphi = k_2\lambda_2$

$k_1\, 440 = k_2\, 660$

$\therefore k_1 = 1.5k_2$

当$k_2=2$时 $k_1=3$ 第一次重合

当$k_2=4$时 $k_1=6$ 第二次重合

$\therefore d = \frac{k_1\lambda_1}{\sin\varphi} = \frac{6\times440\times10^{-4}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\overset{2\sqrt{3}}{\cancel{6}}\times44\times2\times10^{-3}}{\cancel{\sqrt{3}}} = 3.05\times10^{-3}mm$

8. 用一束具有两种波长的平行光垂直入射在光栅上，λ_1=600nm，λ_2=400nm (1nm=10^{-9}m)，发现距中央明纹 5cm 处λ_1光的第 k 级主极大和λ_2光的第(k+1)级主极大相重合，放置在光栅与屏之间的透镜的焦距 f=50 cm，试求：(1) 上述主极大的级次 k；(2) 光栅常数 d。

(1) $d\sin\theta = k\lambda_1 = (k+1)\lambda_2$

$\therefore k = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}(k+1) = \frac{2}{3}(k+1)$

$\therefore k=2$

(2) $f\tan\theta = s$ $\quad\therefore s = \frac{2f\lambda_1}{d}$

$\sin\theta = \frac{2\lambda_1}{d}$

当$\theta\to0$时

$\tan\theta \approx \sin\theta$

$\therefore d = \frac{2f\lambda_1}{s} = 1.2\times10^{-2}$ mm

9. 月球距地面约3.86×10^5 km，设月光按$\lambda = 5500$ Å计算，问月球表面上距离多远的两点才能被直径为 5.00m 的天文望远镜所分辨。

1Å = 0.1nm $\quad\therefore \lambda = 550$nm

$\delta\theta = \theta_1 \approx 1.22\frac{\lambda}{D}$

$R = \frac{1}{\delta\theta} = \frac{D}{1.22\lambda}$

$\theta = \frac{\Delta S}{l}$

$\therefore \Delta S = \theta l = \frac{1.22\times550\times10^{-9}}{5}\times3.86\times10^8$

$= \frac{1.22\times55\times3.86}{5}$

$= 51.8m$

专业________________ 姓名____________ 学号______________________ 序号_________

第十一章 光的偏振

1. 将三个偏振片叠放在一起，第二个与第三个的偏振化方向分别与第一个的偏振化方向成45°和90°角。（1）强度为 I_0 的自然光垂直入射到这一堆偏振片上，求经每一偏振片后的光强和偏振状态（2）如果将第二个偏振片抽走，情况又如何？

(1) $I_1=\frac{I_0}{2}$

$I_2=I_1\cdot\cos^2 45^\circ=\frac{I_0}{2}$

$I_3=I_2\cdot\cos^2 45^\circ=\frac{I_0}{4}$

都是线偏振光

(2) $I_1=\frac{I_0}{2}$

$I_2=I_1\cdot\cos^2 90^\circ=0$

2. 有三个偏振片叠在一起，已知第一个与第三个的偏振化方向相互垂直。一束光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上，求第二个偏振片与第一个偏振片的偏振化方向之间的夹角为多大时，该入射光连续通过三个偏振片之后的光强为最大。

设夹角为 θ

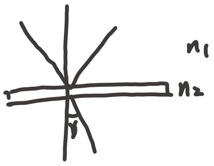
$I_1=\frac{I_0}{2}$

$I_2=I_1\cdot\cos^2\theta=\frac{I_0}{2}\cos^2\theta$

$I_3=I_2\cdot\cos^2(\frac{\pi}{2}-\theta)=I_2\cdot\sin^2\theta=\frac{I_0}{2}\sin^2\theta\cos^2\theta=\frac{I_0}{8}\sin^2 2\theta$

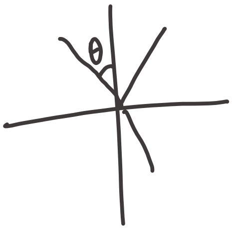
$\therefore$ 当 $\theta=\frac{\pi}{4}$ 时 I_3 最大，为 $\frac{I_0}{8}$

3. 一束自然光从空气投射到玻璃表面上（空气折射率 n=1），当折射角 $\gamma=30^\circ$ 时，反射光是线偏振光，求玻璃的折射率 n。



$\tan 60^\circ = \frac{n}{1} = \sqrt{3}$

4. 一束自然光自空气入射到水（折射率为 1.33）表面上，若反射光是线偏振光，求：（1）此入射光的入射角为多大？（2）折射角为多大？



(1) $\tan\theta = 1.33$

$\theta = \arctan 1.33$

(2) $\gamma = \frac{\pi}{2} - \theta = \frac{\pi}{2} - \arctan 1.33$

大学物理作业题参考答案

第一章　质点运动学

1. （1） $y=19-\frac{1}{2}x^2$；（2） $4\hat{i}+11\hat{j}$；（3） $2\hat{i}-8\hat{j}$ ； $-4\hat{j}$；

（4） $t=0:\bar{r}=19\hat{j},\bar{v}=2\hat{i}$ ； $t=3:\bar{r}=6\hat{i}+\hat{j},\bar{v}=2\hat{i}-12\hat{j}$

2. （1） $y=l\tan kt$；（2） $v=lk\sec^2 kt$；（3） $v=\frac{4}{3}lk$

3. $v=2\left(x+x^3\right)^{1/2}$

4. v=5m/s；a=18 m/s^2，沿 y 轴正方向。

5. $t=\sqrt{\frac{R}{c}}-\frac{b}{c}$

6. 8m/s；35.8m/s^2

7. 0.59s；2.06m

8. 36km/h，下偏西 30^0

第二章　运动与力

1. $x=x_0+\frac{F_0}{m\omega^2}(1-\cos\omega t)$

2. 37.2mm；12.4mm

3. 证明题略

4. mb； $\frac{m}{R}(v_0+bt)^2$

5. （1） $v=v_0e^{-Kt/m}$；（2） $x_{max}=mv_0/K$

6. $2a+g$

7. $\frac{4a+g}{3}$； $\frac{2a-g}{3}$

8. (1) g，向左； g，向下 (2) $\frac{\sqrt{5}}{2}g$，左偏上 $\arctan\frac{1}{2}$； $\frac{g}{2}$，向下

第三章　动量与角动量

1. 90Ns；20m/s

2. 28.8m/s

3. （1） $\vec{v}_2 = 3\vec{i} - \vec{j}$；（2） $\vec{v}_2 = -\frac{1}{2}\vec{i} - \frac{3}{2}\vec{j}$

4. $\dfrac{(M+m)v_0 + mv\cos\theta}{M+m}$

5. x 轴负向， 0.8m

6. （1）动量 $\vec{P} = m\omega(-a\sin\omega t\hat{i} + b\cos\omega t\hat{j})$；（2）角动量 $\vec{L} = mab\omega\hat{k}$

7. 12rad/s

第四章　功和能

1. （1）18J；（2）6m/s

2. 12J

3. $\frac{1}{2}kL(\frac{kL}{m} - 2v_0)$

4. $Gm_1m_2(\frac{1}{x_0+d} - \frac{1}{x_0})$

5. $\dfrac{mv}{\sqrt{k(M+m)}}$

6. $\cos^{-1}(2/3)$

质点力学综合

1. （1） $v = \dfrac{v_0}{1+\frac{\mu}{R}v_0 t}$；（2） $s = \frac{R}{\mu}\ln(1+\frac{\mu v_0 t}{R})$

2. $\dfrac{mv\cos\theta - M\sqrt{2gl\sin\theta}}{m+M}$

3. $\frac{4}{3}\sqrt{gl}$， $\frac{3}{2}\sqrt{gl}$

4. 4m/s； $30°$

第五章　刚体的转动

1. $\dfrac{mg}{mr + J/r}$

2. $\frac{1}{2}(mg+ma)$； $\frac{1}{2}[mg + \left(m + \frac{J}{R^2}\right)a]$

3. $\dfrac{(m_1 - m_2)grt}{(m_1+m_2)r^2 + J}$

4. $\alpha_1=\frac{2g}{9r}$； $\alpha_2=\frac{g}{9r}$； $T=\frac{4mg}{3}$

5. $17.4\text{kg}\cdot\text{m}^2$

6. 2.67s

7. $\frac{1}{2}\mu mgl$； $\frac{2\omega_0 l}{3\mu g}$

8. 11.4s

9. $3v_0/2l$

10. (1) $20\text{kg}\cdot\text{m}^2$； (2) $1.315\times10^4\text{J}$

11. $\beta_1=\frac{3g}{2l}\cos\theta$； $\beta_2=\frac{3g}{2l}$， $\omega=\sqrt{\frac{3g\sin\theta}{l}}$

12. $\cos\theta=1-\frac{m^2v^2}{(2m+M)(m+\frac{M}{3})gl}$

第六章　狭义相对论基础

1. -5.77×10^{-9}s

2. $0.8c$

3. （1） $L'=L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$；（2） $\Delta t'=\frac{l_0+L'}{v}=\frac{l_0}{v}+\frac{L}{v}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

4. 6.72×10^8m

5. $\frac{m}{lS}$； $\frac{25m}{9lS}$

6. $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

7. (1) 5.8×10^{-13} J； (2) 8.04%

8. $\sqrt{17}m_0$

9. $\Delta m=0.284m_0$； $\Delta E_k=0.284m_0c^2$

第七章　振动

1. 0.667s

2. (1) 0.16J；(2) $x=0.4\cos(2\pi t+\frac{1}{3}\pi)$

3. (1) 3.0m/s；(2) -1.5N

4. (1) A=0.08m；(2) ±0.0566 m；(3) ±0.8m/s

5. （1）证明略；（2）$x=2\times10^{-2}\cos(28.58t)$

6. 证明略；周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{m+J/R^2}{k}}$

7. $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1+k_2}{m}}$，$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1k_2}{m(k_1+k_2)}}$

8. 图略；$x=2\times10^{-2}\cos(4t+\pi/3)$

第八章　波动

1. (1) $\frac{\pi}{2}$，0，$-\frac{\pi}{2}$，$-\frac{3\pi}{2}$；(2) $-\frac{\pi}{2}$，0，$\frac{\pi}{2}$，$\frac{3\pi}{2}$

2. (1) $A=0.05$ m，$\nu=50$ Hz，$u=50$ m/s，$\lambda=1.0$ m；(2) 15.7m /s，4.93×10^3 m/s^2；(3) π

3. (1) $y_p=A\cos[2\pi(\nu t+l/\lambda)+\phi]$；

(2) $v_P=-2\pi\nu A\sin[2\pi(\nu t+L/\lambda)+\varphi]$，$a_P=-4\pi^2\nu^2A\cos[2\pi(\nu t+L/\lambda)+\varphi]$

4. (1) $y=A\cos[2\pi(250t+\frac{x}{200})+\frac{1}{4}\pi]$；

(2) $y=A\cos(500\pi t+\frac{5}{4}\pi)$；$v=-500\pi A\sin(500\pi t+\frac{5}{4}\pi)$

5. (1) $3\times10^{-2}\cos4\pi[t+(x/20)]$ (SI)；(2) $3\times10^{-2}\cos[4\pi(t+\frac{x}{20})-\pi]$ (SI)

6. (1) $y=0.1\cos[10\pi(t-\frac{x}{10})+\frac{\pi}{3}]$；(2) $y_p=0.1\cos(10\pi t-\frac{4}{3}\pi)$；(3) 1.67m；(4) $\Delta t=\frac{1}{12}s$

7. 0. 464m

8. 以 S_1、S_2 连线 x 轴，向右为正，以 S_1 为原点，干涉静止点的坐标是 x=1, 3, 5, 7, 9, 11m 以及 $x>11$m 各点

9. (1) $y_2=A\cos[2\pi(t/T-x/\lambda)+\pi]$；(2) $y=2A\cos(2\pi x/\lambda-\frac{1}{2}\pi)\cos(2\pi t/T+\frac{1}{2}\pi)$

10. $\frac{\omega\lambda}{2\pi}Sw$

11. 火车迎面而来 713Hz；火车背离而去 597Hz.

12. 15.78m/s

第九章　光的干涉

1. 0.25mm

2. 0.134mm

3. (1)6.0 mm；(2)19.9 mm

4. (1) $3D\lambda/d$；(2) $D\lambda/d$

5. $\dfrac{\lambda_1\lambda_2}{2(\lambda_2-\lambda_1)}$

6. 4m

7. 1.7×10^{-4} rad

8. 1.61mm

9. 90.58nm

第十章　光的衍射

1. 2π；暗纹

2. (1) 5.0×10^{-3}m；5.0×10^{-3}rad；(2) 3.76×10^{-3}m；3.76×10^{-3}rad

3. (1) $\lambda_1=2\lambda_2$；(2) $k_2=2k_1$ 重合

4. 403mm

5. (1) 0.27cm；(2) 1.8cm

6. (1) 6.0×10^{-6} m；(2) $a=1.5\times10^{-6}$；(3) $k=0,\pm1,\pm2,\pm3,\pm5,\pm6,\pm7,\pm9$

7. 3.05×10^{-3} mm

8. (1) 2；(2) 1.2×10^{-3} cm

9. 51. 8m

第十一章　光的偏振

1. (1) $I_1=I_0/2$，$I_2=I_0/4$，$I_3=I_0/8$；(2) I_1 仍不变，$I_3=0$

2. $\theta=45°$

3. 1.732

4. (1) $i_0=53.1°$；(2) $r=36.9°$

第十五章　静电场

1. $\dfrac{2qy}{4\pi\varepsilon_0\left(a^2+y^2\right)^{3/2}}\vec{j}$，　($\vec{j}$ 为 y 方向单位矢量)；$\pm a/\sqrt{2}$

2. $\dfrac{\lambda}{8\pi\varepsilon_0 l}$；若 $\lambda>0$ 向右，若 $\lambda<0$ 向左。

3. $\vec{E}=E_y\vec{j}=-\dfrac{\lambda_0}{4\varepsilon_0 R}\vec{j}$

4. 力的大小 $F=\dfrac{\lambda^2}{4\pi\varepsilon_0}\ln\dfrac{4}{3}$

5. 1 N·m^2/C

6. $E=\dfrac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r}(r\geq R);E=\dfrac{\rho r}{2\varepsilon_0}(r<R)$

7. 略

8. $-3\sigma/(2\varepsilon_0)$；$-\sigma/(2\varepsilon_0)$；$\sigma/(2\varepsilon_0)$；$3\sigma/(2\varepsilon_0)$

9. $E_1=\rho x/\varepsilon_0 \quad (-\dfrac{d}{2}\leq x\leq\dfrac{d}{2})$；$E_2=\rho\cdot d/(2\varepsilon_0)\ (x>\dfrac{d}{2})$，$E_2=-\rho\cdot d/(2\varepsilon_0)\ (x<-\dfrac{d}{2})$

第十六章　电势

1. $-\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0 a}$

2. $\Delta U=\dfrac{\rho R^2}{2\varepsilon_0}\ln\dfrac{r_2}{R}+\dfrac{\rho}{4\varepsilon_0}(R^2-r_1^2)$

3. $x<-a$：$U_1=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}a$；$-a<x<a$：$U_2=-\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}x$；$x>a$：$U_3=-\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}a$

4. $\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln 2+\dfrac{\lambda}{4\varepsilon_0}$

5. $\dfrac{\lambda_0 d}{4\pi\varepsilon_0}(1-\ln 2)$

6. $r<R:E_1=\dfrac{Ar^2}{4\varepsilon_0}$，$U=\dfrac{A(R^3-r^3)}{12\varepsilon_o}+\dfrac{AR^3}{4\varepsilon_o}$；　$r>R:E_2=\dfrac{AR^4}{4\varepsilon_0 r^2}$，$U=\dfrac{AR^4}{4\varepsilon_o r}$

7. 0；$qQ/(4\pi\varepsilon_0 R)$

8. $\dfrac{q\lambda}{12\varepsilon_0}$

第十七章　静电场中的导体

1. （1）$Qd/(2\varepsilon_0 S)$；（2）$Qd/(\varepsilon_0 S)$

2. q，$2q$；$\dfrac{q}{2\pi\varepsilon_0 R_2}$

3. $-\dfrac{q}{3}$

4. (1) $Q_{Bin}=-3\times10^{-8}$C，$Q_{Bext}=5\times10^{-8}$C，$U_A=5.6\times10^3$V, $U_B=4.5\times10^3$V；

(2) $Q_A=2.1\times10^{-8}$C，$Q_{Bin}=-2.1\times10^{-8}$C，$Q_{Bext}=-9\times10^{-9}$C，$U_A=0$, $U_B=-8.1\times10^{2}$V

5. $\dfrac{U}{r\ln\dfrac{b}{a}}$，$-\dfrac{U\varepsilon_0}{b\ln\dfrac{b}{a}}$

第十八章　静电场中的电介质

1. 7.18

2. $\dfrac{3\varepsilon_r}{2\varepsilon_r+1}$；$\dfrac{3}{2}$

3. (1) $\dfrac{\varepsilon_0 SU^2}{2d}$；(2) $2U$；(3) $\dfrac{\varepsilon_0 SU^2}{d}$

4. 电位移矢量大小分别为：0，$\dfrac{Q}{4\pi r^2}$，$\dfrac{Q}{4\pi r^2}$，$\dfrac{Q}{4\pi r^2}$

 电场强度大小分别为：0，$\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，$\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 r^2}$，$\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

5. 电场能量$W=Q^2/(8\pi\varepsilon R)$

第十九章　磁场和它的源

1. $B_0=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi R}(1-\dfrac{\sqrt{3}}{2}+\dfrac{\pi}{6})$，垂直纸面向里

2. $\dfrac{\mu_0 e^2}{8\pi a_0^2}\dfrac{1}{\sqrt{\pi m\varepsilon_0 a_0}}$，垂直纸面向外

3. 1.73×10^{-4} T

4. $\dfrac{\mu_0 I}{4\pi l}(2\sqrt{3}-3)$，垂直纸面向里

5. 0

6. (1) $\vec{B}(x)=\dfrac{\mu_0 Ia}{\pi(a^2+x^2)}\vec{i}$；(2) $x=0$

7. 证明题，略

8. 磁感强度的大小为$B=\mu_0 R\sigma\omega$，方向平行于轴线朝右

9. $B=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi r_1^2}\quad(0\le r\le r_1)$；$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}\quad(r_1\le r\le r_2)$；

 $B=\dfrac{\mu_0 I(r_3^2-r^2)}{2\pi r(r_3^2-r_2^2)}\quad(r_2\le r\le r_3)$；$B=0\quad(r\rangle r_3)$

10. $B=\dfrac{\mu_0\delta}{2\pi}\ln\dfrac{d+L}{d}$，垂直纸面向里

11. $\varphi = \dfrac{\mu_0 I a}{2\pi}\ln 2$

第二十章　磁力

1. $(\sqrt{2}+1)\dfrac{leB}{m}$

2. (1) P 型；(2) 2.82×10^{20} 个/m^3

3. $F = 2\pi RIB\sin\alpha$　竖直向上

4. $F_{AB} = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2 a}{2\pi d}$；$F_{AC} = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\dfrac{d+a}{d}$；$F_{BC} = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{\sqrt{2}\pi}\ln\dfrac{d+a}{d}$

5. $F = \mu_0 I_1 I_2$，沿 x 轴方向

6. $-\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi^2 R}$

7. $p_m = \dfrac{\omega R^2 Q}{4}$，$M = \dfrac{\omega R^2 QB}{4}$

第二十二章　电磁感应

1. (1) $\dfrac{1}{2}\omega a^2 B$；(2) $3\omega a^2 B/2$；(3) O 点电势最高

2. 1.104×10^{-5} V，B→A

3. (1) $\dfrac{\mu_0 Il}{2\pi}\ln\dfrac{b+vt}{a+vt}$；(2) $\dfrac{\mu_0 Ilv(b-a)}{2\pi ab}$

4. $-\dfrac{\pi\mu_0\lambda r_1^2}{2R}\cdot\dfrac{\mathrm{d}\omega(t)}{\mathrm{d}t}$，方向：$\mathrm{d}\omega(t)/\mathrm{d}t>0$ 时，i 为负值，即 i 为顺时针方向；$\mathrm{d}\omega(t)/\mathrm{d}t<0$ 时，i 为正值，即 i 为逆时针方向.

5. $\varepsilon_i = -(2\pi/3)B_0 a^3\omega\cos\omega t$；当 $\varepsilon_i>0$ 时，电动势沿顺时针方向.

6. 3.68mV；沿 adcb 绕向。

7. $\varepsilon_{ac} = [\dfrac{\sqrt{3}R^2}{4}+\dfrac{\pi R^2}{12}]\dfrac{dB}{dt}$，方向从 $a\to c$

8. (1) 6.3×10^{-6}H；(2) 3.1×10^{-4}V

9. $M = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\tan\theta(b\ln\dfrac{b}{a}+a-b)$，$\varepsilon = \dfrac{\mu_0\omega I_0}{2\pi}\tan\theta(b\ln\dfrac{b}{a}+a-b)\cos(\omega t)$

10. 0.8mH；400

11. $L = \dfrac{\mu_0 N^2 h}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}$

12. 1.26A

13. 垂直纸面向里；垂直 OP 连线向下

14. 略

15. $\varepsilon_0\pi\omega R^2\cos\omega t$

16. (1) ②；(2) ③；(3) ①

17. （1）$I_d=1.1A$（2）$B=1.11\times10^{-5}\mathrm{T}$

第二十三章　波粒二象性

1. 612nm
2. 0.10MeV
3. 0.043 Å； 62°17′
4. 5.0×10^{-6} eV ； 8.58×10^{-13}m
5. $\sqrt{\dfrac{2}{a}}$， $\dfrac{\pi-2}{4\pi}$