大学物理A1

教师：冯云鹏

2020-06-12

第一卷

第1章：1.1.4 相对运动

1.2.4 力学相对性原理

1.2.5 非惯性系与惯性力

1.5.3.3 由势能求保守力

第2章：2.3.3 回转仪

第3章：全部

第4章：4.5 玻耳兹曼分布律

4.6 实际气体物态方程

4.7 理想气体分子的**平均自由程**

第5章：5.2.4 热容的深入讨论

5.5.4 制冷循环

5.7.3 热力学概率 玻耳兹曼熵

5.8.2 **卡诺定理**

5.9.2 能量退降与能源危机

5.9.3 热力学第二定律的探讨

第二卷

第1章：1.3.2 相互垂直简谐振动的合成

1.4 阻尼振动 受迫振动 共振

第2章：2.1.8 波动方程

2.3.3 **驻波**

2.3.5 振动的简正模式

2.4 多普勒效应

第3章：全部

第4章：4.4 条纹可见度

4.5.1 等倾干涉（注：**增透膜、增反膜要求**）

第5章：5.3 夫琅禾费圆孔衍射 光学仪器的分辨本领

5.4.4 光栅的分辨本领

5.5 晶体对X射线的衍射

第6章：6.1.5 椭圆偏振光 圆偏振光

6.3 晶体中的双折射

6.4 偏振棱镜 玻片

6.5 偏振光的干涉

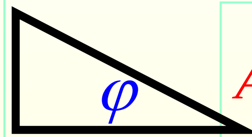
6.6 光弹性效应与旋光性

- 机械振动
  - 简谐振动
    - 简谐振动的特征
    - 简谐振动的描述
    - 简谐振动的合成
  - 阻尼振动 受迫振动

- 机械波
  - 机械波的产生
  - 机械波的描述
  - 波动过程中能量的传播
  - 波在介质中的传播规律

振动（谐振动）

<table>
<tr><td rowspan="5">谐振动方程</td><td rowspan="3">位移</td><td>普适</td><td>$x = A\cos(\omega t+\varphi)$</td><td>$\dfrac{d^2x}{dt^2}+\omega^2 x=0$</td></tr>
<tr><td>弹簧振子</td><td>$x = A\cos(\omega t+\varphi)$</td><td>$\dfrac{d^2x}{dt^2}+\dfrac{k}{m}x=0$</td></tr>
<tr><td>单摆</td><td>$\theta = \theta_0\cos(\omega t+\varphi)$</td><td>$\dfrac{d^2\theta}{dt^2}+\dfrac{g}{L}\theta=0$</td></tr>
<tr><td colspan="2">速 度</td><td colspan="2">$v=\dfrac{dx}{dt}=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$
特点：相位比位移x 超前π/2 。</td></tr>
<tr><td colspan="2">加速度</td><td colspan="2">$a=\dfrac{d^2x}{dt^2}=-\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi)=-\omega^2 x$
特点：相位比速度超前π/2，比位移x 超前π 。</td></tr>
<tr><td colspan="3">谐振动特征方程</td><td colspan="2">$a=-\omega^2 x$ $x=A\cos(\omega t+\varphi)$ $F=-kx$</td></tr>
</table>

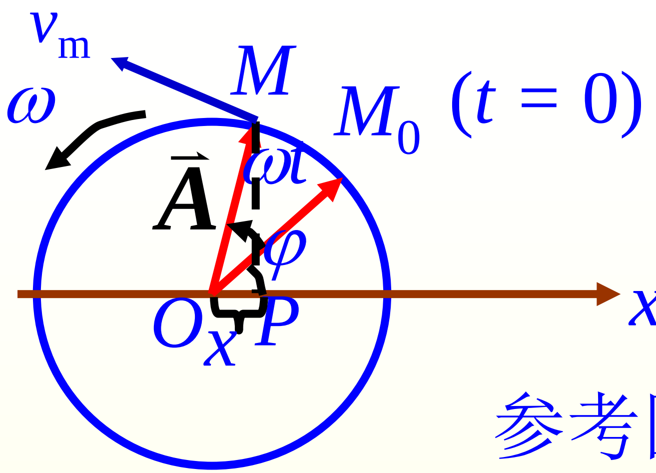
谐振动参数	频率（周期）	弹簧振子	$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
		单摆	$\omega=\sqrt{\frac{g}{L}}$	$\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$	$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
		关系	$\omega=2\pi\nu=2\pi/T$	$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{1}{\nu}$	$\nu T=1$
	振幅		$A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{\omega^2}}$ 	$A=\sqrt{\frac{2E_0}{k}}$	由初始条件确定
	初相		$\varphi_0=arctg\frac{-v_0}{\omega x_0}$		由初始条件确定
	相位差		$\Delta\varphi=(\omega t+\varphi_2)-(\omega t+\varphi_1)=\varphi_2-\varphi_1$ （同频振动）		
谐振动能量	势能		$E_P=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t+\varphi)$		
	动能		$E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t+\varphi)$		$E_k=E-E_p$
	总能		$E=E_k+E_p=\frac{1}{2}kA^2$	能量与振幅	$A=\sqrt{\frac{2E}{k}}=\sqrt{\frac{2E_0}{k}}$

<table>
<tr><td rowspan="4">同方向同频率谐振动合成</td><td>振幅</td><td>$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1)}$$</td></tr>
<tr><td>相位</td><td>$$\varphi=tg^{-1}\frac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}$$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">对振幅A讨论</td><td>若 $\varphi_2-\varphi_1=\pm 2k\pi \quad (k=0,1,2,\ldots)$
则 $A=A_1+A_2$ 振动加强，合振幅最大。</td></tr>
<tr><td>若 $\varphi_2-\varphi_1=\pm(2k+1)\pi \quad (k=0,1,2,\ldots)$
则 $A=|A_1-A_2|$ 振动减弱，合振幅最小。</td></tr>
<tr><td colspan="2">旋转矢量</td><td></td></tr>
</table>

附1：质点在稳定平衡位置附近的微小振动都是简谐振动。

附2：弹簧串并联 $k_{并}=k_1+k_2$ $\qquad k_{串}=\dfrac{k_1\cdot k_2}{k_1+k_2}$

旋转矢量图



参考圆

(Circle of Reference)

t 时刻，$\vec{A}$ 与 x 轴夹 $(\omega t + \varphi)$

P 的位移 $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

变速直线运动

	匀速圆周运动之参考圆	谐振动
A	矢长	振幅
ω	角速	圆频
$\omega t + \varphi$	$\vec{A}$ 与 x 轴夹角	相位
x	A 在 x 轴投影	位移
v	ωA 在 x 轴投影	速度
a	$a_n = \omega^2 A$ 在 x 轴投影	加速度

波　动

一、波函数

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

$$y(x,t) = A\cos(\omega t - kx)$$

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

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

1. 波函数的普遍形式

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

2. 波中质点振动速度

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

注意区别：波速与波传输中质点的振动速度。

3. 相位差和波程差

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$$

二、波的基本参量

1. 波速（相速）

波速仅取决于介质的性质，与振源无关。

例如在固体棒中纵波的波速 $u=\sqrt{Y/\rho}$

2. 频率（角频率、周期）

波的频率仅取决于振源的振动频率而与介质无关。

3. 振幅

在无衰减情况下波的振幅等于振源的振幅。

4. 频率、角频率及周期的关系

$u=\lambda\nu$	$\omega=2\pi\nu$	$\nu=1/T$
$u=\lambda/T$	$\nu=u/\lambda$	$\lambda=uT$;

5. 波数 $k=2\pi/\lambda$

三、波的能量

1. 动能和势能

$$dE_p = dE_k = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2\, dV \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

2. 总机械能

$$dE = \rho\omega^2 A^2\, dV \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

波传播过程中，质元的动能和势能相等，且同相位。

波只传播能量和振动状态，不传播物质。

3. 能流密度（波的强度）

$$\boldsymbol{I = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2 u}$$

——— 单位时间内通过垂直于波传播方向单位面积的平均能量, 称为能流密度, 也称波的强度。

四、波的干涉

1. 合振动振幅

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda})}$$

$$\boldsymbol{A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi}}$$

2. 干涉加强与减弱的条件

（**1**）$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda}=\pm 2k\pi$ 时　　**$A=A_1+A_2$ 最大;**

（**2**）$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda}=\pm(2k+1)\pi$ 时　　**$A=|A_1-A_2|$ 最小。**

若 $\varphi_1=\varphi_2$ ，即对于同相波源，则当波程差

$\delta=r_2-r_1=\pm k\lambda$ **时，**　　**$A=A_1+A_2$ 最大，干涉加强;**

$\delta=r_2-r_1=\pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$ 时,　　**$A=|A_1-A_2|$ 最小，干涉减弱。**

式中　**$k=0,1,2,\ldots\ldots$**

3. 相干条件

(1)振动方向相同;　　(2)频率相同;　　(3)相位差恒定。

不考

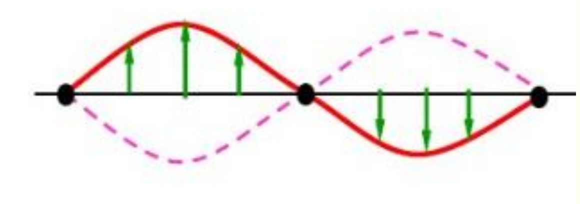
五、驻波

1. 方程

$$y = y_1 + y_2 = 2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x \cdot \cos\omega t$$

驻波是一种特殊的振动。不存在能量传播。

2. 波腹和波节



波腹和波节的概念及特点：

波腹位置 $x = \pm k\dfrac{\lambda}{2}$ $k = 0,1,2\cdots$

波节位置 $x = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{4}$ $k = 0,1,2\cdots$

相邻两波节（腹）间的距离为λ/2；

波节与相邻的波腹间的距离为λ/4。

3. 半波损失

波从波疏介质入射到波密介质，在界面反射时，有π的相位突变（波程损失半个波长）称半波损失。

波从波疏（密）介质入射到波密（疏）介质，在界面反射时，（没）有半波损失。

六、多普勒效应（波源和接收器在同一直线上运动）

不考

1. 波源和接收器都静止

波源和接收器静止时，接收器接收到的频率不变。

2. 波源和接收器运动

波源和接收器接近时，接收器接收到的频率变高。

波源和接收器远离时，接收器接收到的频率变小。

七、惠更斯原理与波的衍射、折射和反射

- 波动光学
  - 光的干涉
    - 干涉条纹明暗条件 $\delta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{明} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗} \end{cases}$
      - 杨氏双缝 — $\delta = \dfrac{nd}{D}x$
      - 薄膜干涉
        - 等倾 — $\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} + \dfrac{\lambda}{2}$
        - 等厚
          - 劈　尖
          - 牛顿环
          - $\delta = 2en_2 + \dfrac{\lambda}{2}$
  - 光的衍射
    - 单缝衍射 — 衍射条纹明暗条件 $\delta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{暗} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明} \end{cases}$ — $\delta = a\sin\varphi$
    - 圆孔衍射 — 爱里斑的半角宽度 — $\varphi = 1.22\dfrac{\lambda}{D}$
    - 光栅衍射
      - 多光束干涉 — 光栅方程
        - $d\sin\varphi = \pm k\lambda$
        - $k_{max} < \dfrac{a+b}{\lambda}$
      - 单缝衍射 — 缺级现象 — $k = \dfrac{a+b}{a}k'$
  - 光的偏振
    - 偏振光的获得
      - 偏振片 起偏 检偏 — 马吕斯定律 $I_2 = I_1\cos^2\alpha$
      - 反射起偏 — 布儒斯特定律 $tg\,i_0 = \dfrac{n_2}{n_1} = n_{21}$
      - 双折射现象 O光、e光

光的干涉

一、双缝干涉

干涉结果： 单色光入射时为一组明暗相间的直条纹。

白光入射时中央为白色亮纹，其它各级为彩条纹。

且随着级次k的增大，条纹将发生重叠。

1. 条纹间距 $\boxed{\Delta x = \frac{D}{d}\lambda}$ （等间距）

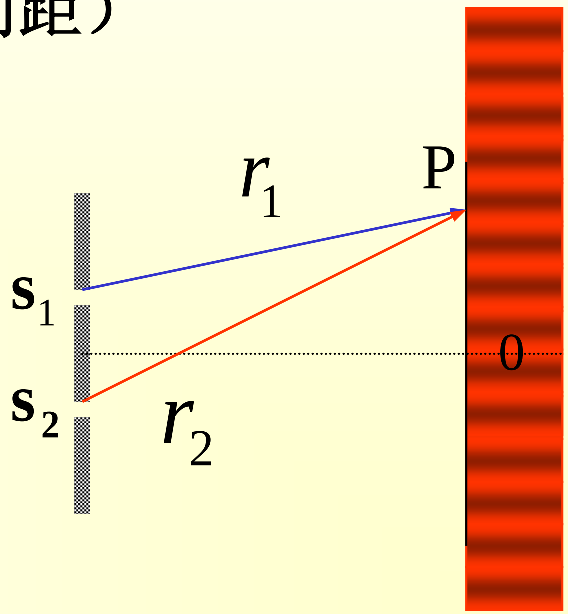
2. 光程差 $\delta = d\sin\theta$

3. 明纹条件 $\delta = \pm k\lambda$

$$(k = 0,1,2\cdots)$$

4. 暗纹条件 $\delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$

$$(k = 0,1,2\cdots)$$



二、相干光

1. 相干条件

频率相同；　振动方向相同；　相位差恒定。

2. 利用普通光源获得相干光的方法

(1) 分波阵面法；

(2) 分振幅法。

此外，激光是目前最理想的相干光源。

三、光程 光程差

1. 光程　nr

2. 光程差　$\boxed{\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1}$

3. 光程差与相位差关系　$\boxed{\Delta\varphi = \dfrac{2\pi}{\lambda}\delta}$

四、薄膜干涉

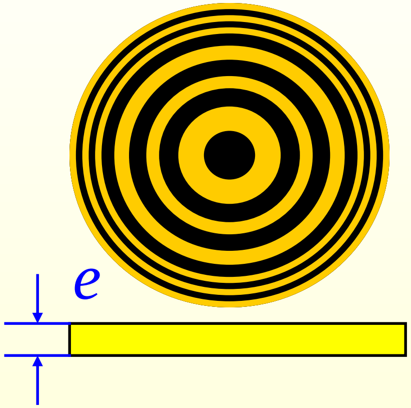
1. 干涉条纹 单色光入射时为明暗相间的同心圆环。

越向外侧，条纹越细越密。

复色光入射时，则干涉条纹为彩色条纹。

2. 光程差（入射光垂直入射时）

$$\boxed{\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}}$$



3. 明环条件 $\delta = k\lambda \quad (k = 1,2,\cdots)$

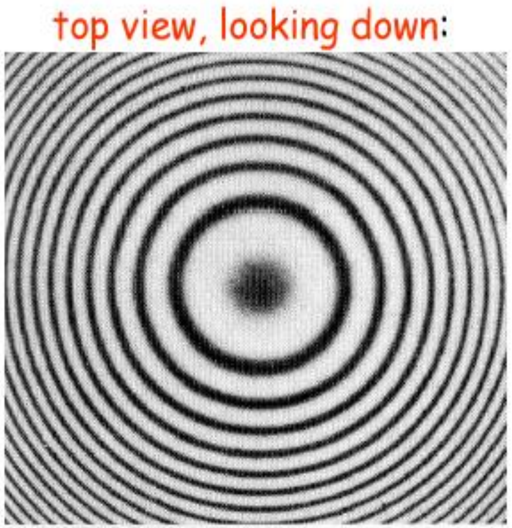
4. 暗环条件 $\delta = (2k+1)\lambda/2 \quad (k = 0,1,2,\cdots)$

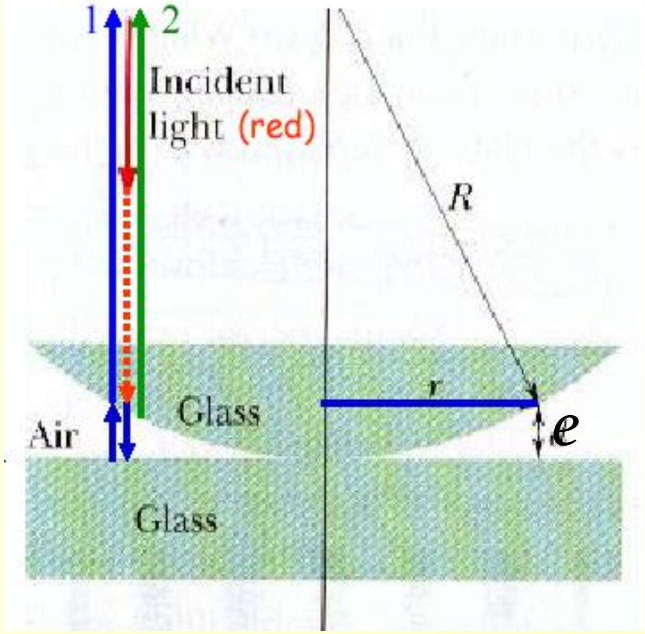
五、牛顿环

干涉条纹：

单色光入射时为明暗相间的同心圆环。

且中心圆斑一定是暗斑。





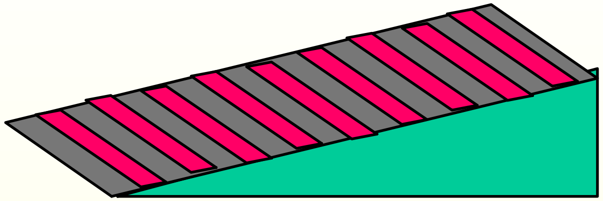
光程差

$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$$

六、劈尖(楔形膜)——单色光入射

干涉条纹: 与棱边平行的明暗相间的直条纹（等距）。

条纹宽度 $\boxed{l=\dfrac{\lambda}{2n\theta}}$



光程差 $\boxed{\delta=2ne+\dfrac{\lambda}{2}}$

明纹条件 $\delta=k\lambda\quad(k=1,2,3,\cdots)$

暗纹条件 $\delta=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2},\ (k=0,1,2,\cdots)$

光的干涉现象

获得相干光的方法

相干条件:
1)振动频率相同
2)振动方向相同
3)相位差恒定

相位差与光程差关系:
$\Delta\varphi=2\pi\delta/\lambda$
$\Delta\varphi=2k\pi$，明纹
$\Delta\varphi=(2k+1)\pi$，暗纹

分波振面法

扬氏干涉

洛埃镜

$\delta=\frac{d}{D}x$，$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda$
明: $x_k=2k\frac{D\lambda}{2d}$
暗: $x_k=(2k+1)\frac{D\lambda}{2d}$

分波振幅法

薄膜的等倾干涉,
e 相同, i不同
$\delta=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}+\delta'$

迈克尔逊干涉仪
$\Delta d=N\frac{\lambda}{2}, (M_1\perp M_2)$

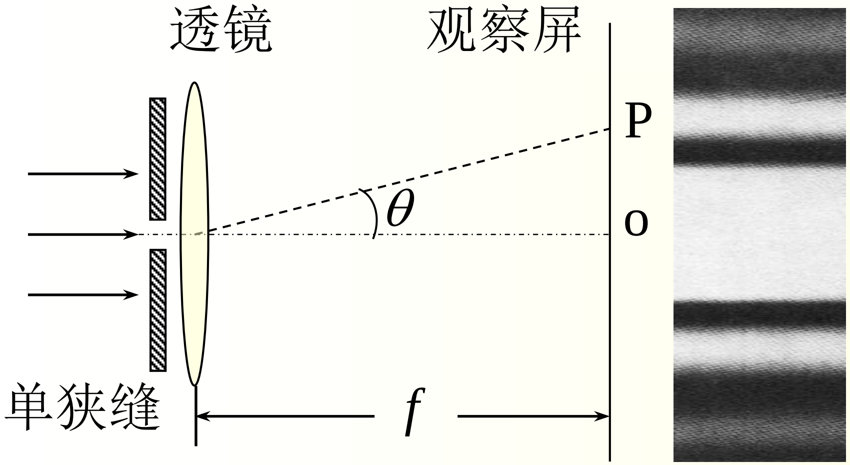
薄膜等厚干涉, i相同
e不同(垂直入射, $i=0$)
$\delta=2ne+\delta'$

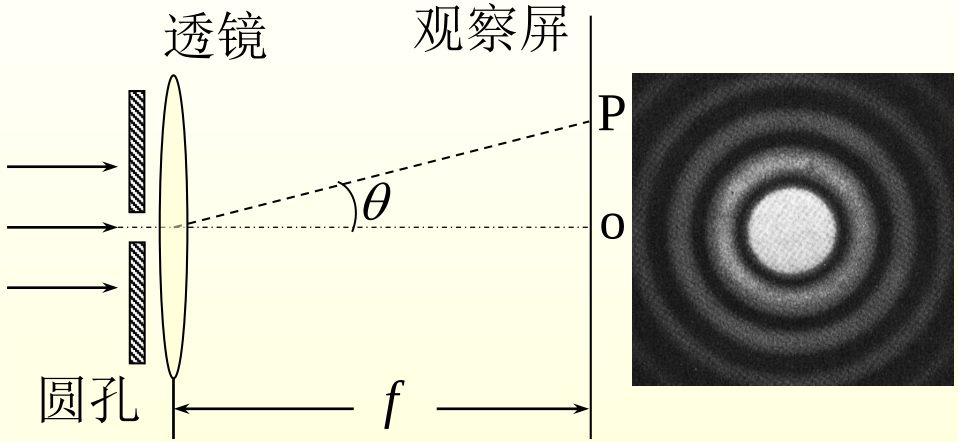
劈尖($i=0$):
$\delta=2ne+\delta'$
$L=\frac{\lambda}{2n\sin\theta}$

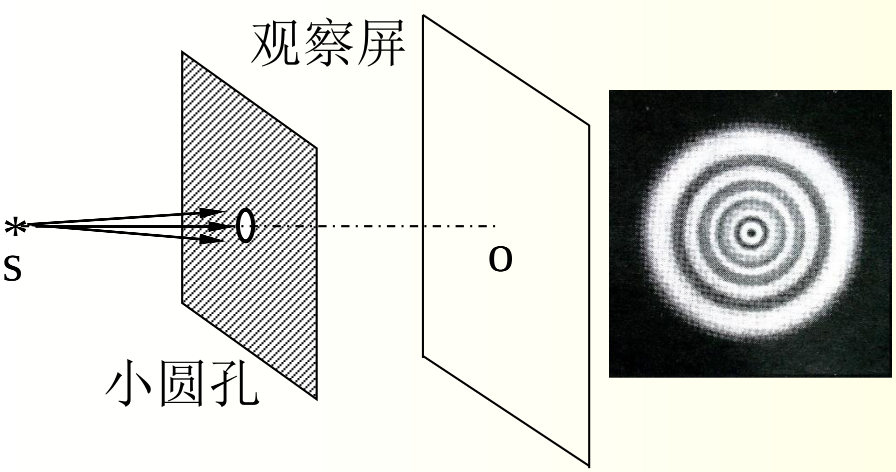
牛顿环($i=0$):
明: $r_k=\sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}}$
暗: $r_k=\sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}$

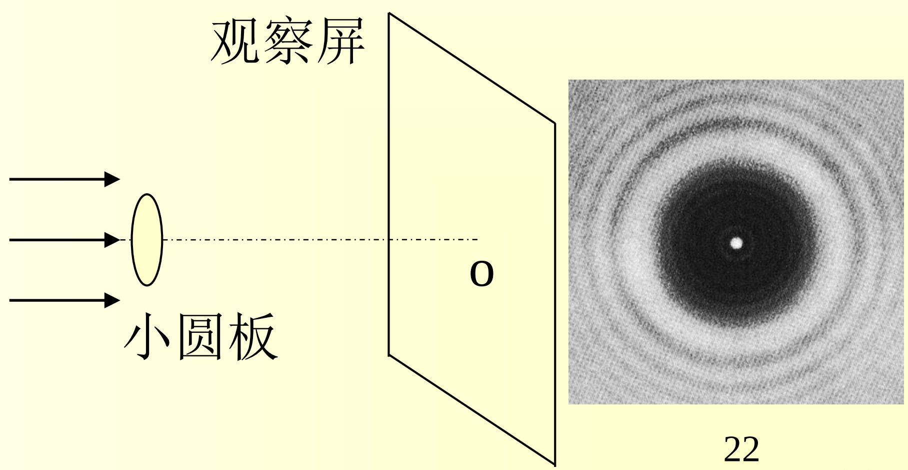
光的衍射
(diffraction of light)

光的衍射现象



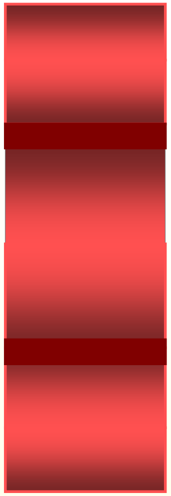






光的衍射

一、单缝衍射——单色光入射



1. 衍射图样

单色光入射，为明暗相间直条纹。

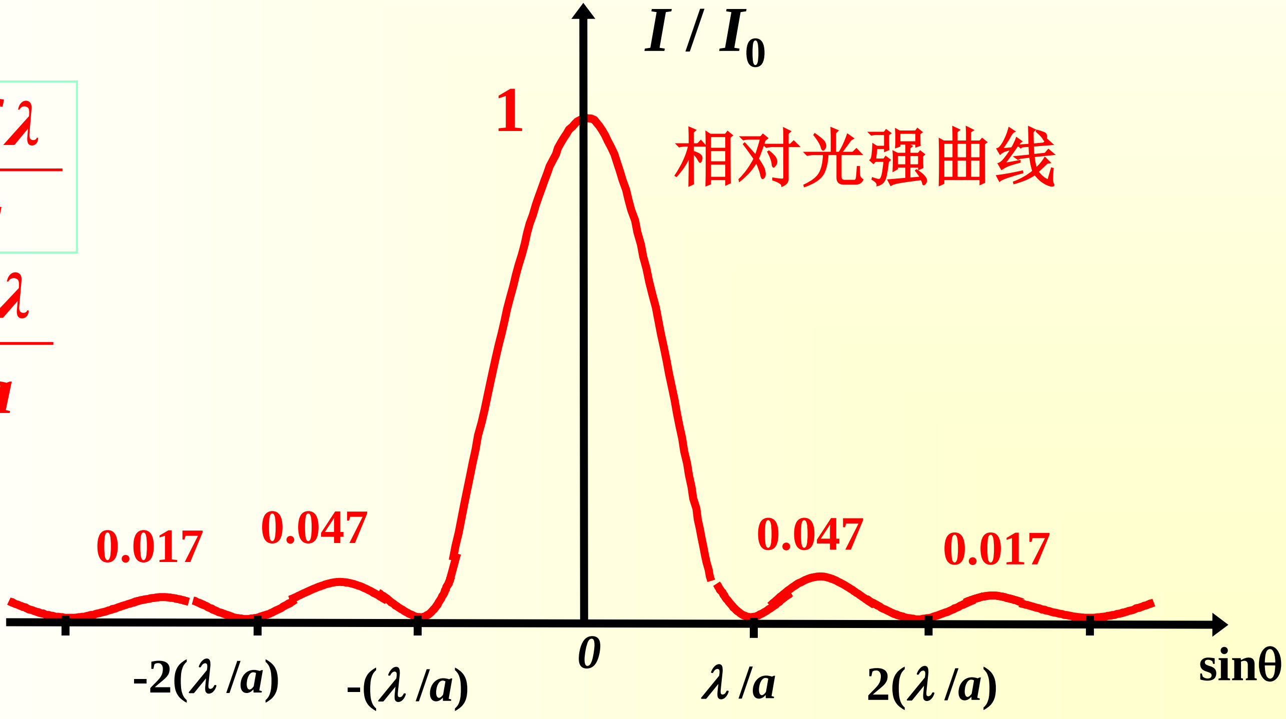
中央条纹宽度是其它条纹的两倍，且最亮。

2. 单缝衍射的光强分布

3. 明纹宽度

$$\boxed{\Delta x_{中央} = \frac{2f\lambda}{a}}$$

$$\Delta x_{其它} = \frac{f\lambda}{a}$$

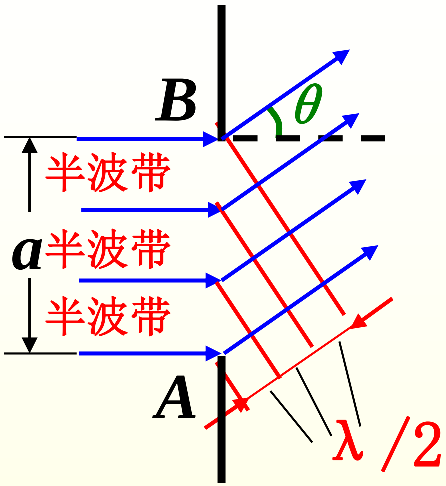


一、单缝衍射——单色光入射

4. 明暗纹条件分析　　——半波带法

（1）单缝上下边缘衍射光线的光程差

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



（2）明暗纹条件

$$\begin{cases} a\cdot\sin\theta = 2k\dfrac{\lambda}{2} & k=\pm1,\pm2,\ldots \text{暗} \\ a\cdot\sin\theta = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & k=\pm1,\pm2,\ldots \text{明} \end{cases}$$

$$\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{x}{f} \quad (\theta < 5°)$$

5. 条纹特点

波长越长，狭缝越窄，则条纹越宽，衍射越明显。

二、光学仪器的分辨率

$$\boxed{R \equiv \frac{1}{\delta_\theta} = \frac{D}{1.22\lambda}}$$

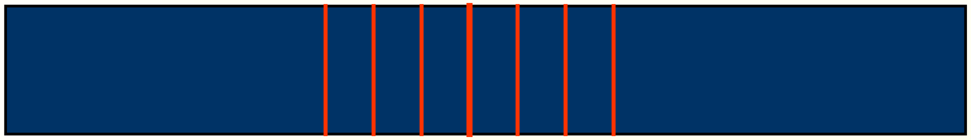
其中D为光学仪器的孔径；　λ为入射波长。

三、光栅衍射

1. 光栅常数　　$d = a + b$

2. 衍射图象

单色光入射时，屏上出现又细又亮的条纹。



且光栅常数越小，条纹越窄，亮纹间隔越大。

白（复色）光入射时，屏上出现相应的光栅光谱。

即中央为白色亮条纹，其它各级为相应光栅光谱。

3.明纹的必要条件（单色光入射）——光栅方程

$$\boxed{d\sin\theta = \pm k\lambda} \qquad (k = 0,1,2,3\ldots)$$

4. 光栅的色分辨本领

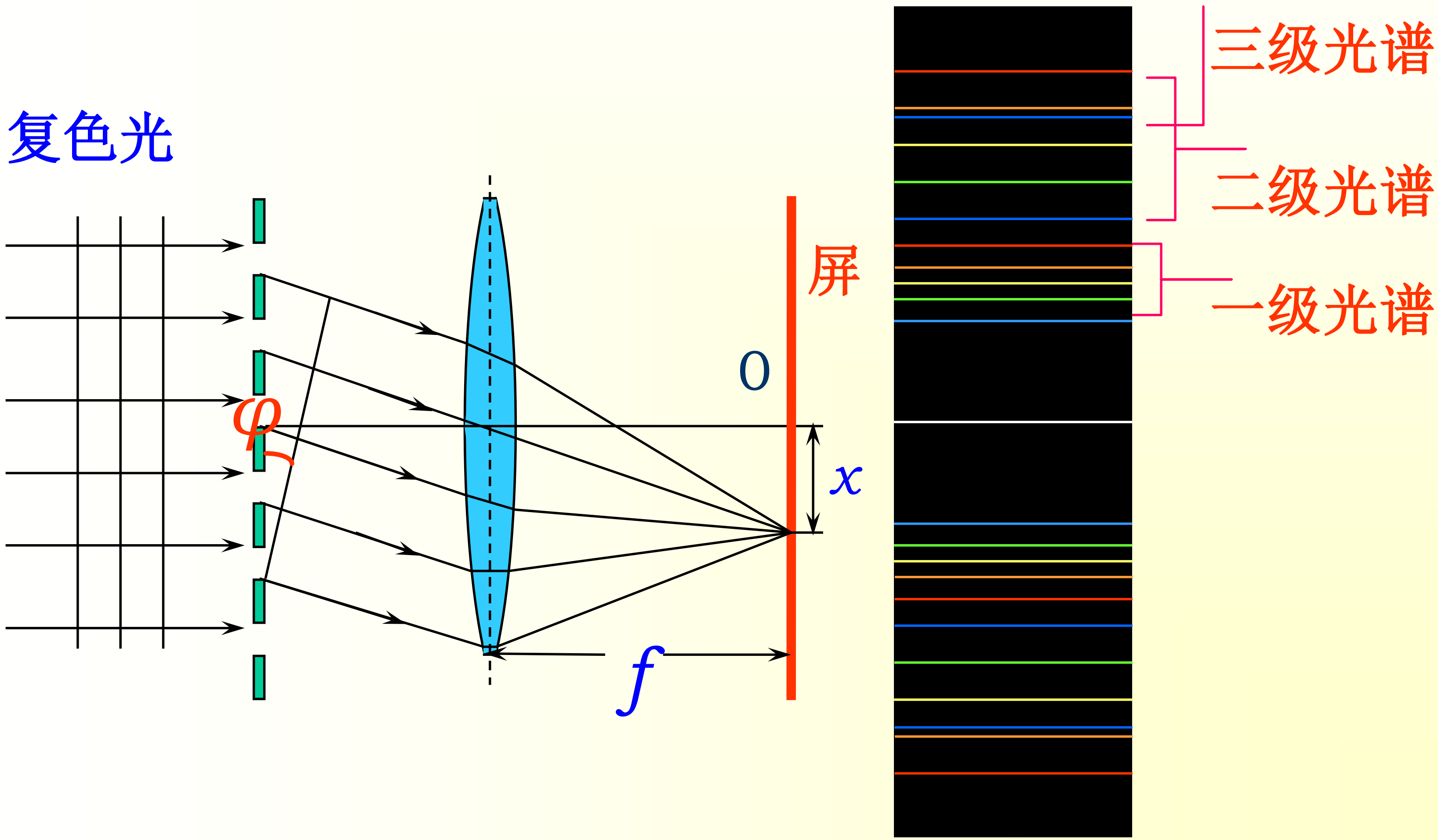
$$\boxed{R = kN}$$

其中N为光栅总缝数。

光栅的衍射图样

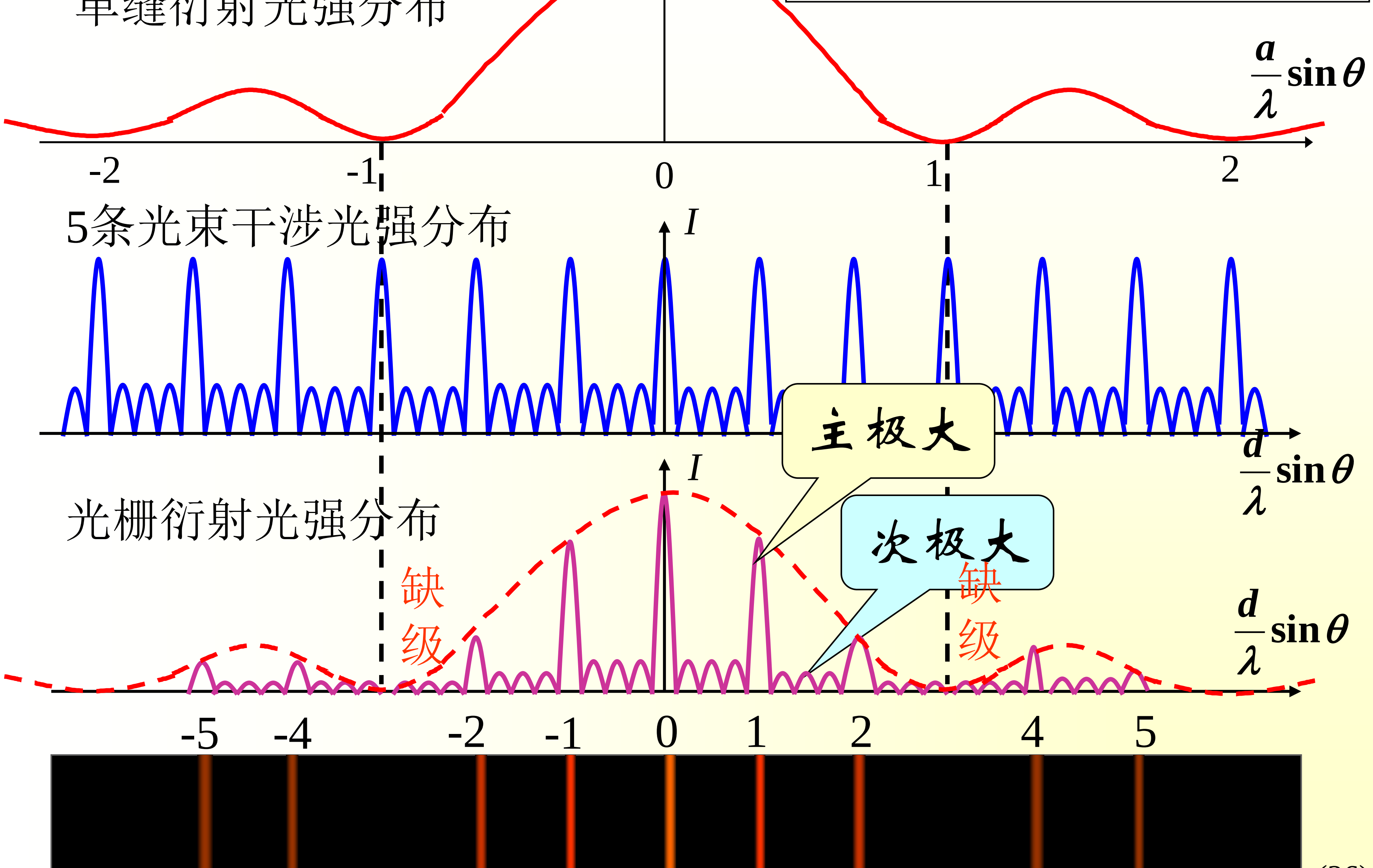
白（复色）光入射时，屏上出现相应的光栅光谱。

即中央为白色亮条纹，其它各级为相应的光栅光谱。

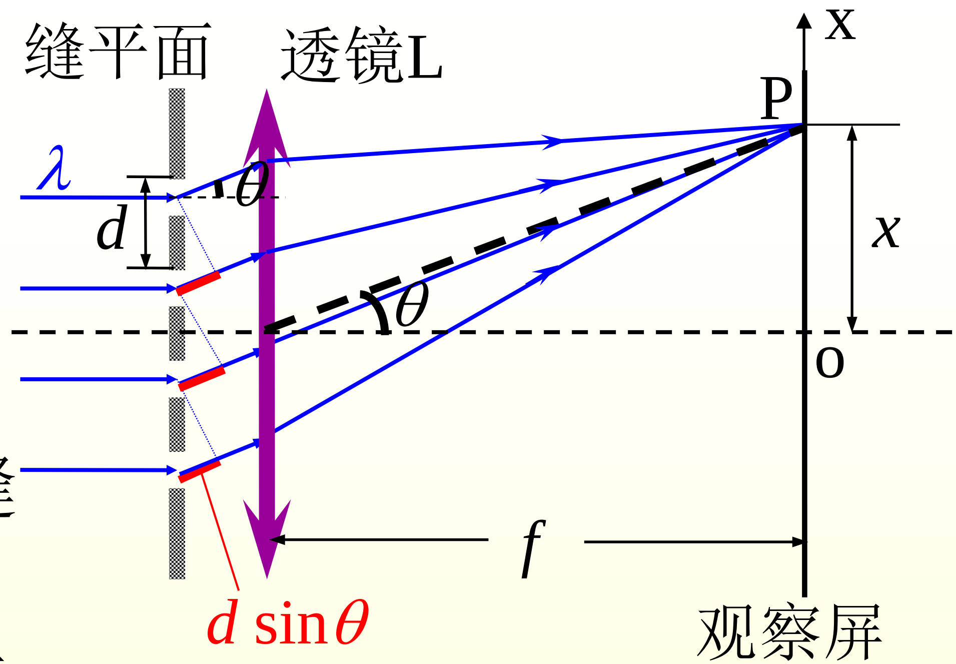


5条缝的光栅衍射(N=5,d=3a)

衍射条纹随N的增多而变得细锐;
相邻主极大之间有(N-1)条暗纹,有(N-2)个次极大。



明纹条件 $\boxed{d\cdot\sin\theta=2k\dfrac{\lambda}{2}}$



1) $d\sin\theta$表示相邻两缝在θ方向的衍射光的光程差。

例如:第二级明纹相邻两缝衍射光的光程差为2λ，第1条缝与第N条缝衍射光的光程差为$(N\text{-}1)2\lambda$。

$$\sin\theta\approx\tan\theta=\frac{x}{f}\quad(\theta<5^\circ)$$

思考:光栅第五级明纹的第1条缝与第N条缝衍射光的光程差是多少?

$$x=k\frac{f\lambda}{d}\qquad k=0,\pm1,\pm2,\ \ldots\ldots$$

3.暗纹条件

1) 满足单缝衍射暗纹的位置必为光栅衍射的暗纹

$$a\cdot\sin\theta=\pm k'\lambda$$ k'=1,2,......暗

2)单缝衍射虽为明纹但各缝来的衍射光干涉而相消时也为暗纹(即多缝干涉的极小值)

$$d\cdot\sin\theta=\pm k''\frac{\lambda}{N}$$ 极小

$$k''=1,2,...(N\text{-}1),\ N+1,...(2N\text{-}1),\ 2N+1,\ldots kN\text{-}1,\ kN+1\ldots$$

$k''\neq 0$ k=0　　$k''\neq N$ k=1　　$k''\neq 2N$ k=2　　$k''\neq kN$ k

惠更斯-菲涅耳原理 → 光的衍射现象

夫琅和费衍射

圆孔夫琅和费衍射(爱里斑):

$$\theta_{\text{Airy}} \approx \sin\theta_1 = \frac{1.22\lambda}{d}$$

光学仪器最小分辨角:

$$\theta_{\min} = \theta_{\text{Airy}} = \frac{1.22\lambda}{d}$$

分辨本领:

$$R = \frac{1}{\theta_{\min}} = \frac{1}{1.22}\frac{d}{\lambda}$$

单缝夫琅和费衍射(半波带法分析)

中央明纹: $\theta=0$

k级暗纹中心:

$a\sin\theta=2k\lambda/2$

k级明纹中心:

$a\sin\theta=(2k+1)\lambda/2$

光　栅　衍　射

光栅方程(垂直):

$(a+b)\sin\theta=k\lambda$

缺级: $m=\dfrac{a+b}{a}$

光栅分辨本领:

$R=\lambda/\delta\lambda=kN$

光栅光谱(垂直入射)

完整清晰光谱: $\sin\theta_{k红} \le \sin\theta_{k+1紫}$

完整光谱: $d\sin\frac{\pi}{2} = k\lambda_{红}$

最高级次光谱: $d\sin\frac{\pi}{2} = k\lambda_{紫}$

光的偏振

一、自然光的等效方法及图示法

自然光的光振动方向是随机的，在各方向概率均等。

光波中引起感光和生理作用的是E 振动。

二、完全偏振光和部分偏振光的图示法

三、自然光通过起偏器后的光强

$$I = \frac{1}{2} I_0$$

四、马吕斯定律

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

五、反射光和折射光的偏振

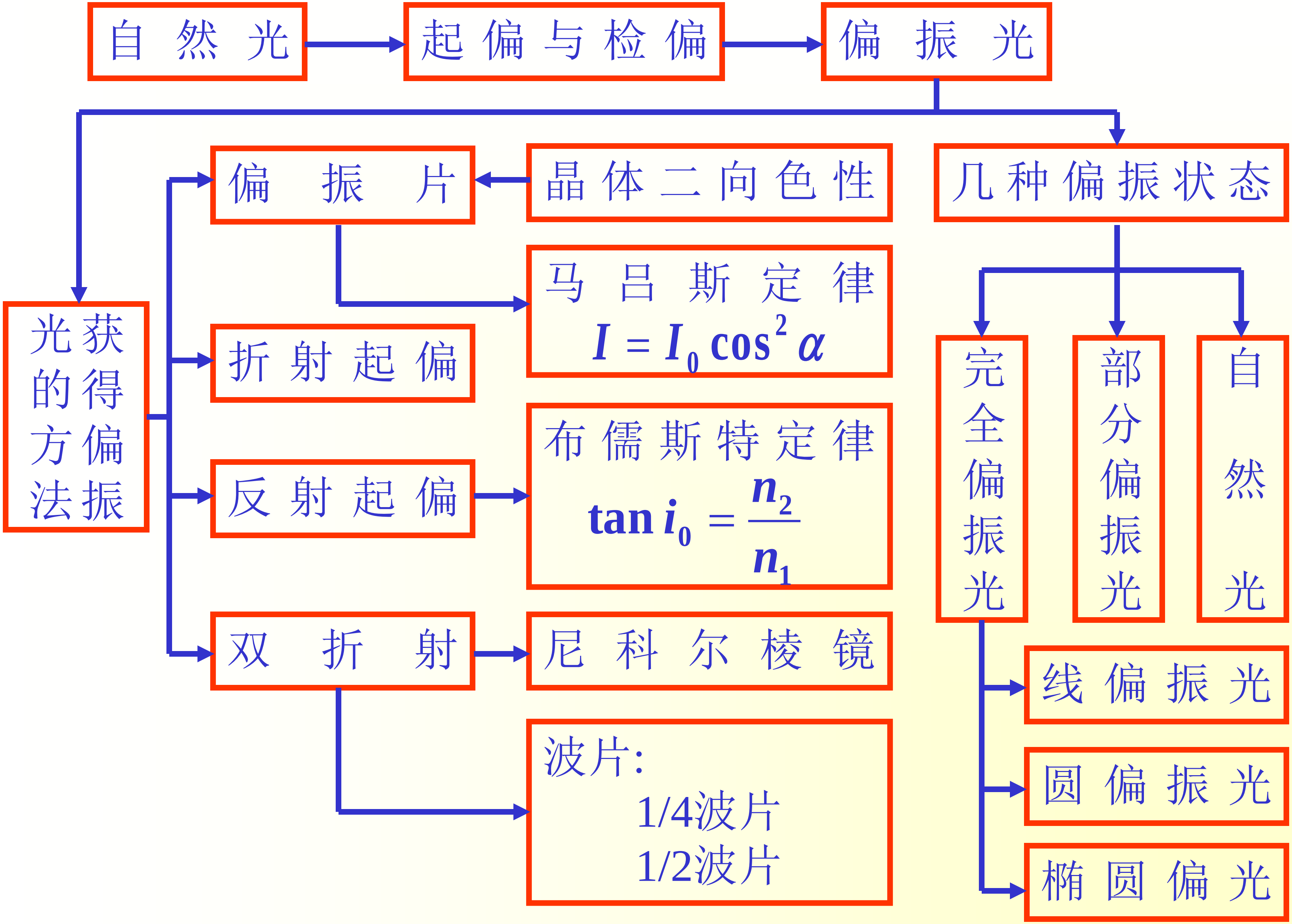
反射光和折射光均为部分偏振光，反（折）射光中垂直（平行）于入射平面的光振动较强。

六、布儒斯特定律

$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i_0 + r_0 = 90^0$$

入射角为i_0，反射光为线偏振光（垂直于入射平面）。


自 然 光
起 偏 与 检 偏
偏 振 光
光获的得方偏法振
偏 振 片
晶 体 二 向 色 性
几 种 偏 振 状 态
马 吕 斯 定 律
$I = I_0 \cos^2 \alpha$
折 射 起 偏
布 儒 斯 特 定 律
$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$
反 射 起 偏
完全偏振光
部分偏振光
自然光
双 折 射
尼 科 尔 棱 镜
线 偏 振 光
圆 偏 振 光
椭 圆 偏 光
波片:
1/4波片
1/2波片

1. 一个弹簧振子和一个单摆(只考虑小幅度摆动)，在地面上的固有振动周期分别为T_1和T_2，将它们拿到月球上去，相应的周期分别为T_1' 和 T_2'。则有

(A) $T_1' > T_1$且$T_2' > T_2$.　　(B) $T_1' < T_1$且$T_2' < T_2$.

(C) $T_1' = T_1$且$T_2' = T_2$.　　(D) $T_1' = T_1$且$T_2' > T_2$.　　[D]

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

(A) π.　　(B) $\pi/2$.

(C) 0 .　　(D) θ.　　[C]

3. 在下面几种说法中，正确的说法是：

(A) 波源不动时，波源的振动周期与波动的周期在数值上是不同的。

(B) 波源振动的速度与波速相同。

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

(D)在波传播方向上的任一质点的振动相位总是比波源的相位超前 (按差值不大于π计)。

[C]

4. 如图所示，两列波长为λ的相干波在P点相遇。波在S_1点振动的初相是φ_1， S_1到P点的距离是r_1；波在S_2点的初相是φ_2， S_2到P点的距离是r_2 ，以k代表零或正、负整数，则P点是干涉极大的条件为:

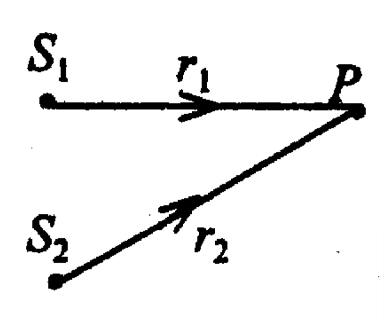
[D]

(A) $r_2-r_1=k\lambda$.

(B) $\varphi_2-\varphi_1=2k\pi$

(C) $\varphi_2-\varphi_1+2\pi(r_2-r_1)/\lambda=2k\pi$

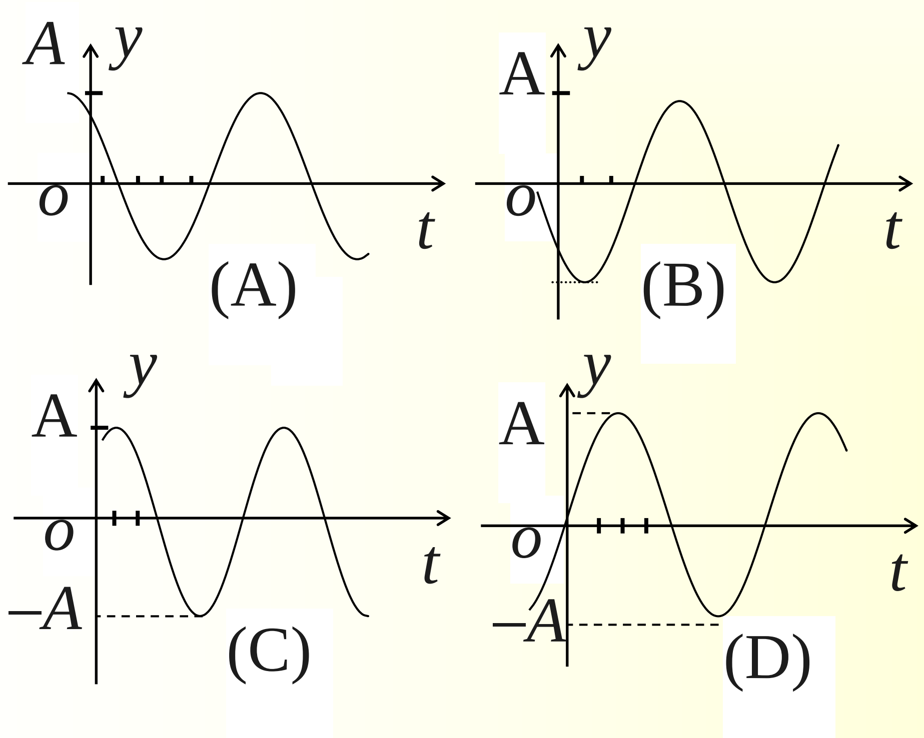
(D) $\varphi_2-\varphi_1+2\pi(r_1-r_2)/\lambda=2k\pi$



5、已知一质点沿 *y* 轴作简谐振动．其振动方程为

$$y = A\cos(\omega t + 3\pi/4)\ .$$

与之对应的振动曲线是



[B]

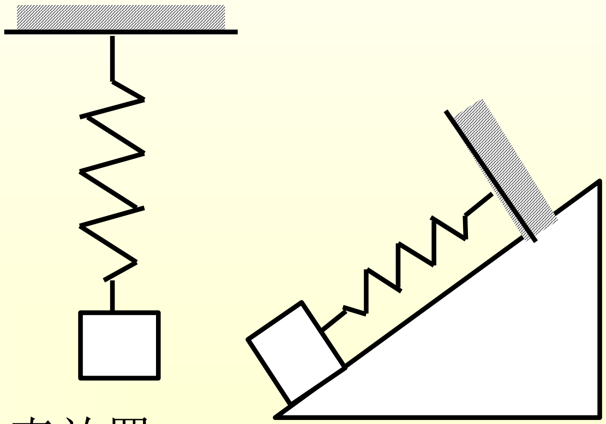
6、一弹簧振子，当把它水平放置时，它可以作简谐振动．若把它竖直放置或放在固定的光滑斜面上，试判断下面哪种情况是正确的：

(A) 竖直放置可作简谐振动，放在光滑斜面上不能作简谐振动．

(B) 竖直放置不能作简谐振动，放在光滑斜面上可作简谐振动．

(C) 两种情况都可作简谐振动．

(D) 两种情况都不能作简谐振动．



竖直放置　　放在光滑斜面上

[C]

7、一平面简谐波在弹性媒质中传播时，某一时刻媒质中某质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) 动能为零，势能为零.

(C) 动能最大，势能最大.

(D) 动能最大，势能为零. [B]

8、如果两个偏振片堆叠在一起，且偏振化方向之间夹角为60^0，光强为I_0的自然光垂直入射在偏振片上，则出射光强为：

√A）$I_0/8$.　　B）$3I_0 / 8$.

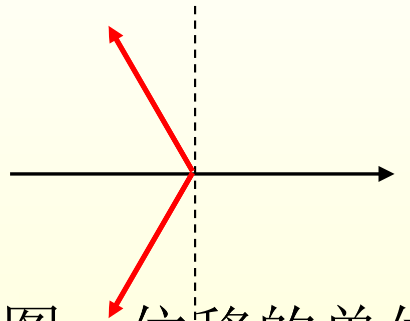
C）$I_0/4$.　　D）$3I_0 / 4$.

9、一质点在 x 轴上作简谐振动，振辐$A = 4$ cm，周期$T = 2$ s，其平衡位置为坐标原点．若 $t = 0$ 时刻质点第一次通过$x = -2$ cm处，向 x 轴负方向运动，则质点第二次通过 $x = -2$ cm处的时刻为

A） 1 s。 B） (2/3) s。 C） (4/3) s。 D） 2 s。

考点：简谐振动的运动规律。

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{\Delta\varphi}{\omega}$$



$$\Delta t = \frac{\Delta\varphi}{\omega} = \frac{2}{3}\text{s}$$

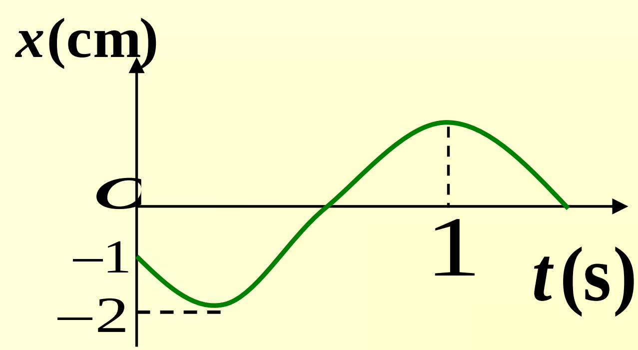
10、已知某简谐振动的振动曲线如图，位移的单位为厘米，时间的单位为秒，则简谐振动的振动方程为：

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



11、一平面简谐波沿 x 轴负方向传播。已知 $x = x_0$ 处质点的振动方程为 $y = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ 若波速为u，则此波的波动方程为：

$$A)\ y = A\cos\left\{\omega\left[t - (x_0 - x)/u\right] + \varphi_0\right\}$$

$$B)\ y = A\cos\left\{\omega\left[t - (x - x_0)/u\right] + \varphi_0\right\}$$

$$C)\ y = A\cos\left\{\omega t - \left[(x_0 - x)/u\right] + \varphi_0\right\}$$

$$D)\ y = A\cos\left\{\omega t + \left[(x_0 - x)/u\right] + \varphi_0\right\}$$

12、一束波长为λ的单色光由空气垂直入射到折射率为 n 的透明薄膜上，透明薄膜放在空气中，要使反射光得到干涉加强，则薄膜最小的厚度为：

A）λ / 4　　B）λ / (4n)　　C）λ / 2　　D）λ / (2n)

13、使一光强为I_0的平面偏振光先后通过两个偏振片P_1和P_2。P_1和P_2的偏振化方向与原入射光光矢量振动方向的夹角分别是α 和 90°，则通过这两个偏振片后的光强 I 是

A）0 。 B）$\frac{1}{2}I_0\cos^2(\alpha)$ 。 C）$\frac{1}{4}I_0\sin^2(2\alpha)$ 。

D）$\frac{1}{4}I_0\sin^2(\alpha)$ 。 E）$I_0\cos^4(\alpha)$ 。

$$I_1 = I_0\cos^2\alpha$$

$$I_2 = I_1\sin^2\alpha$$

考点：马吕斯定律 $I = I_0\cos^2\alpha$

14、自然光以60°的入射角照射到某两介质交界面时，反射光为完全线偏振光，则知折射光为

A) 完全线偏振光且折射角是30° 。

B) 部分偏振光且只是在该光由真空入射到折射率为$\sqrt{3}$的介质时，折射角是30° 。

C) 部分偏振光，但须知两种介质的折射率才能确定折射角.

D) 部分偏振光且折射角是30° 。

考点：布儒斯特定律 $tgi_0 = \frac{n_2}{n_1}$ $i_0 + r = 90^0$

15、沿着相反方向传播的两列相干波，其波动方程为：

$$y_1 = A\cos 2\pi(\nu t - x/\lambda) \qquad y_2 = A\cos 2\pi(\nu t + x/\lambda)$$

叠加后形成的驻波中，波节的位置坐标为：

$$A)\ x = \pm k\lambda \qquad B)\ x = \pm\frac{1}{2}k\lambda \qquad C)\ x = \pm\frac{1}{2}(2k+1)\lambda$$

√ $$D)\ x = \pm(2k+1)\lambda/4 \quad (k = 0, 1, 2, 3\ldots)$$

16、波长的单色光垂直照射到宽度a = 0.25mm的单缝上，单缝后面放置一凸透镜，在凸透镜的焦平面上放置一接受屏。今测得屏幕上中央明条纹一侧第三个暗纹和另一侧第三个暗纹之间的距离为d =12mm，则凸透镜的焦距 f 为

A）2m　B）√ 1m　C）0.5m　D）0.2m　E）0.1m

$$x = k\frac{f\lambda}{a} \Rightarrow f = \frac{xa}{k\lambda}$$

17、两偏振片堆叠在一起，一束自然光垂直入射其上时没有光线通过，当其中一偏振片慢慢转动180^0时透射光强度发生的变化为：

A）光强单调增加

√B）光强先增加，后又减小到零。

C）光强先增加，后又减小，再增加。

D）光强先增加，后减小，再增加，再减小到零。

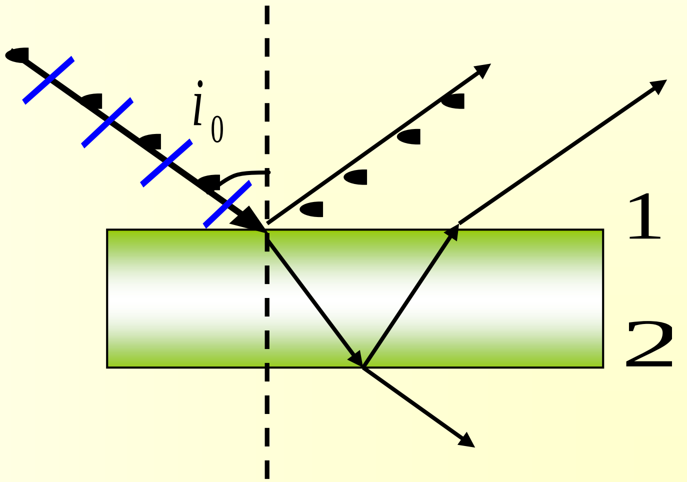
18、一束自然光自空气射向一块平板玻璃，设入射角等于布儒斯特角 i_0。则在界面2 的反射光

A) 自然光

√B）完全偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面。

C）完全偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面。

D）部分偏振光



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

A） π．　　　　B） π /2．

C） 0．　　　　D） θ ．

20、根据惠更斯－菲涅耳原理，若已知光在某时刻的波阵面为S，则S的前方某点P的光强度决定于波阵面S上所有面积元发出的子波各自传到P点的

A） 振动振幅之和．　　　　B） 光强之和．

C）振动振幅之和的平方．　D） 振动的相干叠加．

21、光强为I_0的自然光依次通过两个偏振片P_1和P_2．若P_1和P_2的偏振化方向的夹角a＝30°，则透射偏振光的强度I是

[illegible]

22、一弹簧振子作简谐振动，当其偏离平衡位置的位移的大小为振幅的1/4时，其动能为振动总能量的：

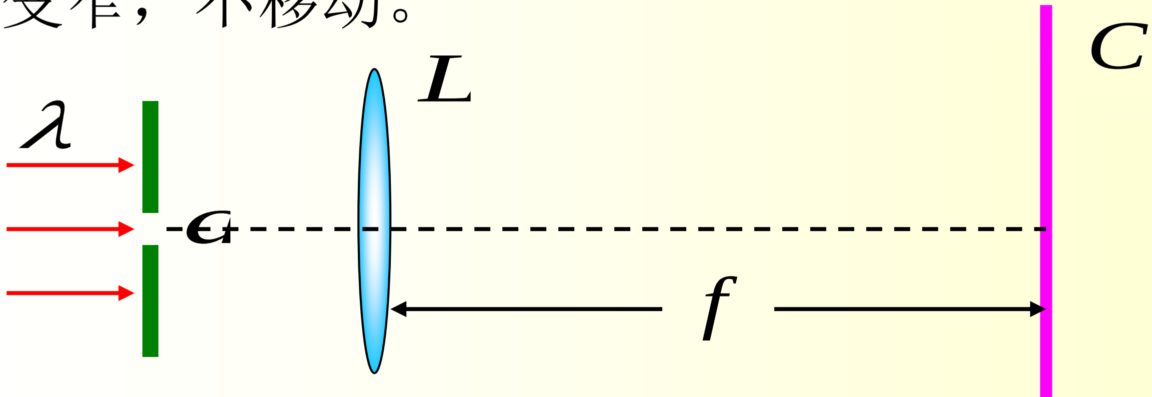
[illegible]

23、在夫琅和费衍射装置中，将单缝宽度 *a* 稍稍变窄，同时使会聚透镜 *L* 沿*y* 轴正方向作微小位移，则屏幕C 上的中央衍射条纹将：

A）变宽，同时向上移动。B）变宽，同时向下移动。

C）变宽，不移动。 D）变窄，同时向上移动。

E）变窄，不移动。



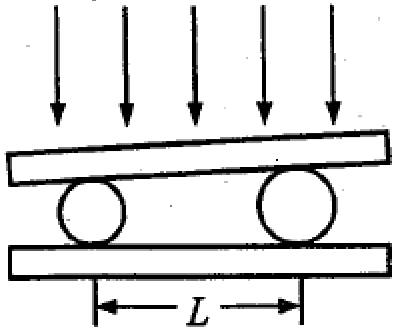
二、选择题（单选，每题 3 分，共 6 分，请将答案写在方括号内）：

1. 劲度系数为 k 的轻弹簧上端固定，下端系一质量为 m 的物体，稳定后弹簧伸长了Δx。现令其作简谐振动，则振动周期为

(A) $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　(B) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　(C) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　(D) $2\pi\sqrt{\dfrac{\Delta x}{g}}$　[D]

$$\begin{cases} k\Delta x = mg \\ \omega^2 = \dfrac{k}{m} \end{cases}$$

2. 两个直径相差甚小的圆柱体平行放在两块平板玻璃之间，用单色激光垂直照射，可看到干涉条纹。如果将两个圆柱之间的距离 L 拉大，则 L 范围内的干涉条纹



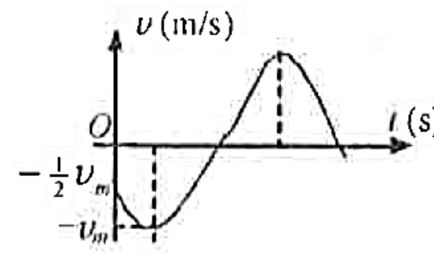
(A) 数目增加，间距不变　(B) 数目增加，间距变小

(C) 数目不变，间距变大　(D) 数目减小，间距变大

[C]

二、选择题（共 6 分，单选，每题 3 分，将答案写在试卷上指定的方括号“[ ]”内）

1.（3 分）用余弦函数描述一简谐振子的振动，若其速度～时间（v～t）关系曲线如图所示，则振动的初相位为



（A）$\pi/6$；　　（B）$\pi/3$；

（C）$\pi/2$；　　（D）$2\pi/3$；　　[A]

2.（3 分）一束自然光垂直穿过两个偏振片，两个偏振片的偏振化方向成 45° 角。已知通过此两偏振片后的光强为 I，则入射至第二个偏振片的线偏振光强度为

(A) I；　　(B) $2I$；

(C) $3I$；　　(D) $4I$。　　[B]

二、选择题（共 6 分，单选，每题 3 分，将答案写在试卷上指定的方括号“[ ]”内）

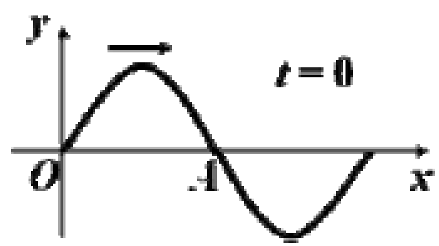
1.（3 分）如图所示为一沿 x 轴正向传播的平面简谐波在 $t=0$ 时刻的波形。若振动以余弦函数表示，则 A 点处质元的振动初相为

（A）0；

（B）$\pi/2$；

（C）π；

（D）$3\pi/2$。



[D]

2.（3 分）测量单色光的波长时，下列方法中哪一种方法最为准确？

（A） 双缝干涉；　　（B） 单缝衍射；

（C） 光栅衍射；　　（D） 等倾干涉。

[C]

二、填空题类

1、一物体悬挂在弹簧上，在竖直方向上振动，其振动方程为y=A sinωt, 其中A、ω均为常量，则

(1)物体的速度与时间的函数关系式为v=________;

$dy/dt=A\omega\cos\omega t$

(2)物体的速度与坐标的函数关系式为 v=________.

$A\omega\cos\omega t = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$

2.一物体同时参与同一直线上的两个简谐振动：

$$x_1 = 0.05cos(4\pi t + \frac{1}{3}\pi)\ \ (\mathrm{SI})$$

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

合成振动的振幅为 __0.02__ **m.**

3. 一声波在空气中的波长是**0.25 m**，传播速度是**340 m/s**，当它进入另一介质时，波长变成了**0.37 m**，它在该介质中传播速度为__**503 m/s**__.

4、波长为λ的平行单色光垂直照射到透明薄膜上，膜厚为e。折射率为n，透明薄膜放在折射率为n_1的媒质中，$n_1 < n$，则上下两表面反射的两束光在相遇处的相位差$\Delta\varphi$

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

$\delta = 2ne \pm \frac{\lambda}{2}$

$$\frac{4\pi ne}{\lambda} \pm \pi$$

5、用波长为λ平行单色光垂直照射在一块多缝光栅上，其光栅常数$d = 3\,\mu m$，缝宽$a = 1\,\mu m$，则在单缝衍射的中央明条纹中共有（ **5** ）条谱线。

$d = 3a$ ∴第3级缺级

中间0，±1 ±2级

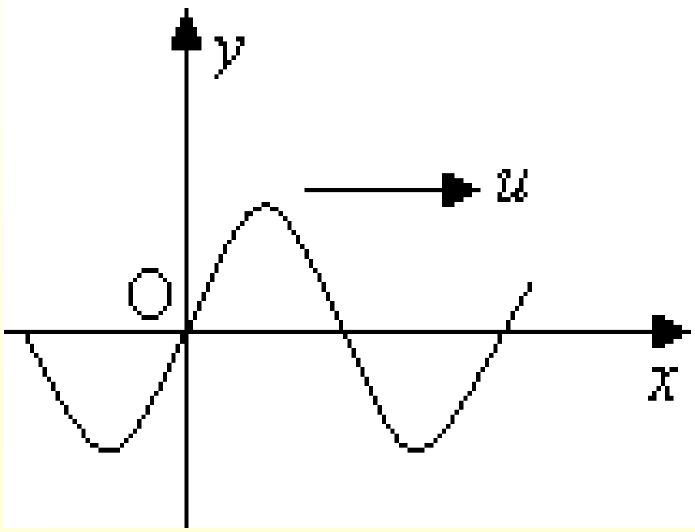
三、计算题类

1、一平面简谐波沿x轴正向传播，其振幅和角频率分别为A和ω，波速为u，设t＝0时的波形曲线如图所示。

(1)写出此波的表达式；

(2) 求距O点分别为λ/8和3λ/8两处质点的振动方程；

(3) 求距O点分别为λ/8和3λ/8两处质点在t＝0时的振动速度。

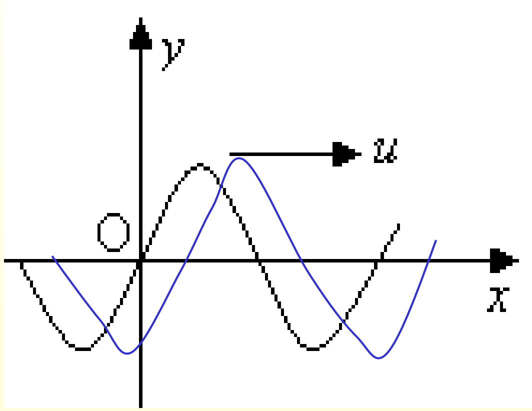


$v=\frac{dy}{dt}$

解：(1)以O为坐标原点，由图可知，该点振动的初始条件为：

$$y_0=A\cos\varphi=0，\ v_0=-A\omega\sin\varphi<0$$

所以 $\varphi=\pi/2$



波的表达式为 $y=A\cos[\omega t-\omega x/u+\pi/2]$

(2) $x=\lambda/8$处的振动方程为

$$y=A\cos[\omega t-\omega\lambda/8u+\pi/2]=A\cos[\omega t-\omega T/8+\pi/2]$$

$$=A\cos[\omega t+\pi/4]$$

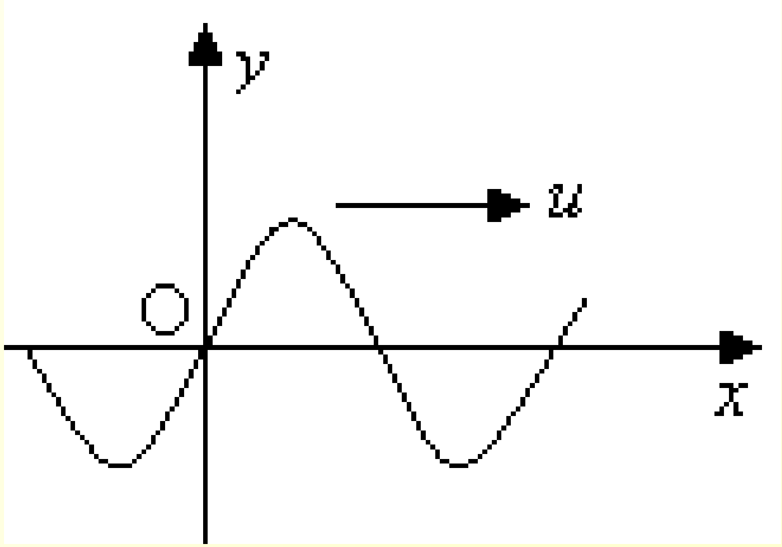
x=3λ/8处的振动方程为

y=Acos[ωt-3ωλ/8u+π/2]＝Acos[ωt-3ωT/8+π/2]

= Acos[ωt-π/4]

(3) $v=\frac{\partial y}{\partial t}=-\omega A\sin(\omega t-2\pi x/\lambda+\frac{\pi}{2})$ =-Aωsin2π(1/4-x/λ)

(t=0时)



x=λ/8处的质点振动速度为

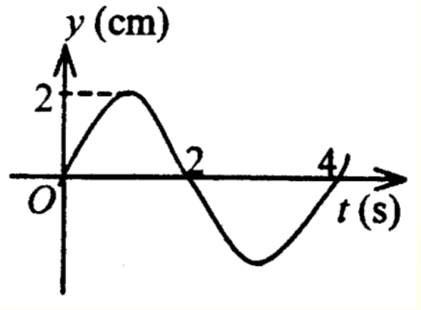
v =-Aωsin2π (1/4-λ/8λ)= $-\frac{\sqrt{2}}{2}A\omega$

x=3λ/8处的质点振动速度为v=-Aωsin2π(1/4-λ3/8λ)= $\frac{\sqrt{2}}{2}$Aω

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

(1)求解并画出x=25m处质元的振动曲线.

(2)求解并画出t=3s的波形曲线.



解：(1)原点O处质元的振动方程为：

$$y = 2\times10^{-2}\cos(\frac{1}{2}\pi t - \frac{1}{2}\pi)\ ，\ (SI)$$

波的表达式为：

$$y = 2\times10^{-2}\cos[\frac{1}{2}\pi(t - x/5) - \frac{1}{2}\pi]，\ (SI)$$

3、一平面简谐波沿x轴正向传播，波的振幅A=10cm，波的角频率$\omega = 7\pi$rad/s。当t =1.0s时，x=10cm处的a质点正通过其平衡位置向y轴负方向运动，而x = 20 cm处的b质点正通过y = 5.0 cm点向y轴正方向运动．设该波波长λ >10 cm，求该平面波的表达式.

解：设平面简谐波的波长为λ，坐标原点处质点振动初相为φ，则该列平面简谐波的表达式可写成

$$y = 0.1cos(7\pi t - 2\pi x/\lambda + \varphi) \quad \text{(SI)}$$ 2分

t = 1s时 $$y = 0.1cos[7\pi - 2\pi(0.1/\lambda) + \varphi] = 0$$

因此时a质点向y轴负方向运动，故

$$7\pi - 2\pi(0.1/\lambda) + \varphi = \frac{\pi}{2}$$ (1) 2分

而此时，**b**质点正通过**y = 0.05 m**处向**y**轴正方向运动，应有

$$y = 0.1cos[7\pi - 2\pi(0.2/\lambda) + \varphi] = 0.05$$

且 $7\pi - 2\pi(0.2/\lambda) + \varphi = -\frac{\pi}{3}$ **(2)** **2分**

由**(1)**、**(2)**两式联立得 **λ= 0.24 m** **1分**

$$\varphi = -\frac{17\pi}{3}$$ **1分**

∴ 该平面简谐波的表达式为

$$y = 0.1cos(7\pi t - \frac{\pi x}{0.12} - \frac{17}{3}\pi) \quad \text{(SI)}$$

或

$$y = 0.1cos(7\pi t - \frac{\pi x}{0.12} + \frac{1}{3}\pi) \quad \text{(SI)}$$

4、一衍射光栅，每厘米有200条透光缝，每条透光缝宽为a = 2×10 $^{-3}$cm，在光栅后放一焦距为f＝1.0m的凸透镜。现以λ= 6000Å单色平行光垂直照射光栅。试求：1）透光缝的单缝衍射中央明条纹宽度；2）在该宽度内有几个光栅衍射主极大?

解：1） $$l_0 = 2\frac{f\lambda}{a} = \frac{2\times6\times10^{-7}}{2\times10^{-5}} = 0.06$$

2）单缝衍射第一级极小满足 $a\sin\varphi = \lambda \Rightarrow \sin\varphi = \frac{\lambda}{a}$

光栅方程： $(a+b)\sin\varphi = k\lambda$

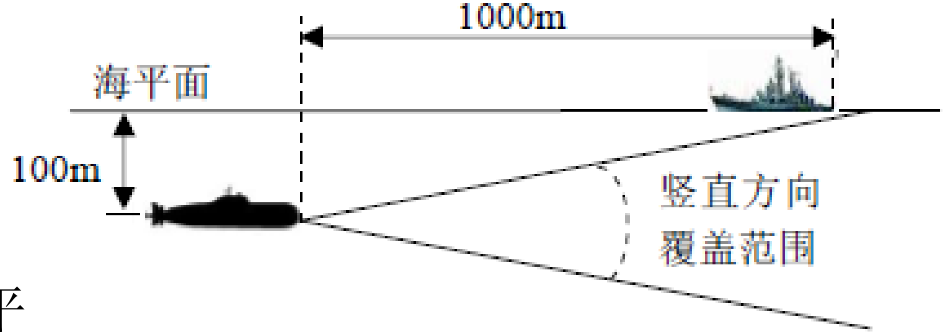
$$(a+b)\frac{\lambda}{a} = k\lambda \quad k = \frac{a+b}{a} = \frac{1\times10^{-2}}{200\times2\times10^{-5}} = 2.5$$

$$\frac{d}{a} = \frac{a+b}{a} = \frac{5}{2} = 2.5 \quad k = 2.5k'$$

第一次缺级为第5级。

在单缝衍射中央明条纹宽度内可以看到0、±1、 ± 2级主极大明条纹共5 条。

3.（5 分）如图所示，一潜艇停在海平面下 100 m 处，潜艇上所携声纳的喇叭对着前方发射声波（由于喇叭对波的衍射作用，发射出的声波有一定的覆盖范围，习惯上以第一级衍射极小所对应的张角为覆盖范围）。请你为潜艇的声纳设计一个喇叭，使该声纳在使用波长为 10 cm 的声波时，声波信号在水平方向的覆盖范围为 60° 张角（图中未表示出），且不让位于潜艇正前方 1000 m 内的水面敌舰收到信号，试给出该声纳的喇叭的大致形状和尺寸。



解：(1) 声波的覆盖范围可看作是声波通过喇叭口的衍射对应的中央主极大的范围。由于声波在水平方向和竖直方向对应了不同的覆盖范围，因此喇叭口的形状应该是矩形。

水平方向的覆盖范围为60°张角，即水平方向衍射的一级衍射极小出现在30°张角处，设喇叭口的宽度为d_1

由一级暗纹条件 $d_1 \sin 30^\circ = \lambda$ $d_1 = 20\text{cm}$

由于要不让位于潜艇正前方1000m内的水面敌舰收到信号，设竖直方向衍射的一级衍射极小出现在衍射θ处，有

$$\sin\theta \approx \frac{100\mathrm{m}}{1000\mathrm{m}} = 0.1$$

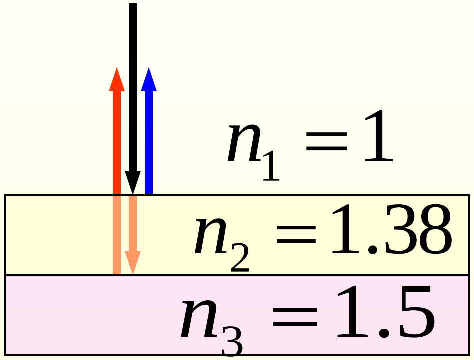
由一级暗纹条件，$d_2 \times 0.1 = \lambda$ 可得

$$d_2 = 100\mathrm{cm}$$

此喇叭口的形状应该是矩形，**宽度为20cm，高度为100cm。**

例6: 透镜(n_3=1.5)表面涂有增透膜(MgF_2:n_2=1.38)
为了让人眼最敏感的黄绿光 λ=550nm
尽可能透过, 镀的膜厚度为多少?

解一: 反射光相消(有二次半波损失)



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

k=0,1,2,......暗

i=0

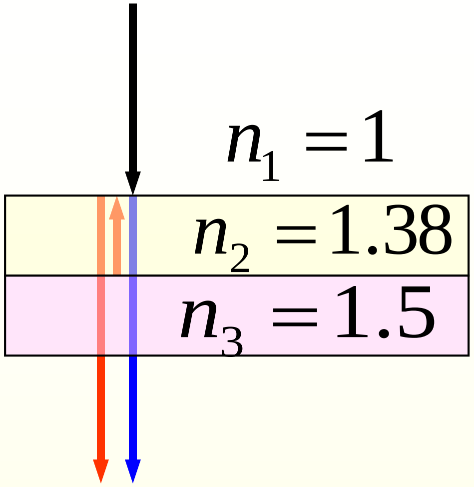
个人认为

最简单的做法

$$2n_2 e = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$e = \frac{(2k+1)\lambda}{4n_2} = (2k+1)\times 9.96\times 10^{-8}[\text{m}]\quad k=0,1,2,.....$$

解二: 透射光加强 (有一次半波损失)



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

$$i = 0,$$

$$\delta = 2n_2 e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$ k=1,2,……

$$e = \frac{(2k-1)\lambda}{4n_2} = (2k-1)\times 9.96\times 10^{-8}\,[\mathrm{m}]$$ k=1,2,……

End