第一章 机械振动

(一) 选择题

1. 两个相同的弹簧，一端固定，另一端分别悬挂质量为 m_1、 m_2 的两个物体。若两个物体的振动周期之比为 T_1:T_2= 2:1，则 m_1:m_2= (4:1)

2. 做简谐振动的物体，每次通过同一位置时，可能不同的物理量是（速度）

3. 质点作周期为 *T*,振幅为 *A* 的谐振动，则质点由平衡位置运动到离平衡位置 *A*/2 处所需的最短时间是:(*D.T/12*)

4. 一质点在 *x* 轴上做谐振动，振幅 *A*=4cm，周期 *T*=2s，其平衡位置取作坐标原点，若 *t*=0 时刻质点第一次通过 *x*=-2cm 处，且向 *x* 轴正方向运动，则质点第二次通过 *x*=-2cm 处时刻为(4s/3)

5.一质点以余弦函数规律沿 x 轴做简谐振动,其振幅为 A,周期为 T,初相位为π/2,选平衡位置为坐标原点，则 1/4T 时刻质点的坐标为（-A）

6. 下图 a 表示沿 x 周正向传播的平面简谐波在 t=0 时刻的波形图，则图 b 表示的是(质点 n 的振动曲线)

7. 一质点同时参与两个在同一直线上的谐振动，其振动方程分别为

$x_1 = 4\cos(2t+\frac{\pi}{6})$, $x_2 = 3\cos(2t+\frac{7\pi}{6})$

则关于合振动有结论

D. 振幅等于 1cm， 初相等于 $\dfrac{\pi}{6}$

8.一质点作简谐振动，振动方程为

$x = A\cos(\omega t+\varphi)$

当时间 *t=T*/2（*T* 为周期）时，质点的速度为

B. $A\omega\sin\varphi$

9.一质点同时参与两个在同一直线上的简谐振动，起振动方程分别为

x1=根号 3cos（2t+π/6）

x2=3cos（2t+2π/3）

则有关于合振动有结论

振幅等于 2 倍根号 3

初相等于π/2

10.一弹簧振子作谐振动，总能量为 *E*，若谐振动振幅增加为原来的 2 倍，重物的质量增加为原来的 4 倍，则它的总能量为（ 4E 倍）

（二）填空题

1.已知谐振动方程为 $x_1 = A\cos(\omega t+\varphi)$ ，振子质量为 *m*，振幅为 *A*，则振子最大速度为 $\underline{\omega A}$

最大加速度为 $\underline{\omega^2 A}$ 振动系统总能量为 $\frac{1}{2}m\omega^2A^2$

平均动能为 $\underline{\frac{1}{4}m\omega^2A^2}$，平均势能为 $\underline{\frac{1}{4}m\omega^2A^2}$

2. 一简谐振动的表达式为 $x = A\cos(3t+\varphi)$，已知 *t*=0 时的位移是 0.04 m，速度是 0.09m·s^{-1}。则振幅 *A*= $\mathbf{0.05m}$ 初相 *j*= $\underline{-37^0}$。

3.弹簧振子在光华水平面上做简谐振动，弹性力在半个周期内所做的功为 0

4.两个相同的弹簧以相同的振幅作谐振动，当挂着两个质量相同的物体时其能量_相等___，当挂着两个质量不同的物体仍以相同的振幅振动，其能量_相等__，振动频率__不等___。

5. 一弹簧振子作简谐振动，振幅为 *A*，周期为 *T*，运动方程用余弦函数表示，若 *t*=0 时，

(1)振子在正的最大位移处，则初相位为___0__。

(2)振子在平衡位置向正方向运动，则初相位为 -π/2

(3)振子在位移 *A*/2 处，向负方向运动，则初相位 为__π/3___。

6. 上面放有物体的平台，以每秒 5 周的频率沿竖直方向作简谐振动，若平台振幅超过___0.01m____，物体将会脱离平台。(*g*=9.8m/s^2)

7. 两个同方向同频率的简谐振动，其合振动的振幅为 20cm,与第一个简谐振动的相位差 $\varphi-\varphi_1=\pi/6$ 若第一个简谐振动的振幅为 $10\sqrt{3}\mathrm{cm}=17.3\mathrm{cm}$ 则第二个简谐振动的振幅为__10_cm。第一、二个简谐振动的相位差 $\varphi_1-\varphi_2$ 为__-π/2___

8. 物体的共振角频率与系统自身性质以及___阻尼大小___有关。系统的___阻尼___越大，共振时振幅值越低，共振圆频率越小。

（三）计算题

1. 一弹簧振子，振幅 *A* = 2 cm，最大速度 u_m = 8p m/s。 *t* = 2s 时，*x* < 0，$u = u_m/2$ 。试求:（1）振子的振动频率;（2）振动方程。

解:（1）

$$\upsilon_m=\omega A \rightarrow \omega=\upsilon_m/A$$
$$=400\pi$$
$$\rightarrow \nu=\omega/2\pi=200\mathrm{Hz}$$

（2）

$$\begin{cases} x = A\cos(\omega t+\varphi)\ \Big|_{t=2s} < 0 \\ \upsilon = -\upsilon_m\sin(\omega t+\varphi)\ \Big|_{t=2s} = \upsilon_m/2 \end{cases}$$

$$\varphi\text{在第3象限} \rightarrow \varphi = -\frac{5\pi}{6}$$

$$x = 2\cos(400\pi t-\frac{5\pi}{6})\ \mathrm{cm}$$

2. 质点沿 *x* 轴作简谐振动(平衡位置为 *x* 轴的原点)，振幅为 *A* = 30 mm，频率ν=6Hz。

(1)选质点经过平衡位置且向 *x* 轴负方向运动时为计时零点，求振动的初位相。

(2)选位移 *x*=-30 mm 时为计时零点,求振动方程;

(3)按上述两种计时零点的选取法,分别计算 *t*=1s 时振动的相位。

解:(1)由旋转矢量图知:

$$\varphi=\frac{\pi}{2}$$

(2)由旋转矢量图知: $\varphi=\pi$

$$\omega=2\pi\nu=12\pi$$

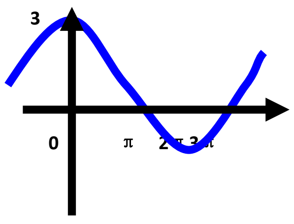
$$\Rightarrow x=30\cos(12\pi t+\pi)\mathrm{mm}$$

(3)

$$\varphi=\frac{\pi}{2},\quad \omega t+\varphi=12\pi+\frac{\pi}{2}$$

$$\varphi=\pi,\quad \omega t+\varphi=12\pi+\pi$$

3.已知弹簧振子速度曲线，求运动方程



解：设 X=Acos（wt+ϕ）

V=-Asin（wt+ϕ）

由图像有 T=4π 所以

w=2π/T=1/2

当 t=0 时 v=3cm/s

所以 Aw=3 A=6

Sinϕ=-1 ϕ=-π/2

运动方程为

x=6Cos（1/2t-π/2）

4.做简谐振动的小球，速度最大值 Vm=3cm/s 振幅 A=2cm 若从速度的正的最大值的某点开始计时时间（1）求振东的周期（2）求加速度的最大值 （3）写出振动表达式

解：

(1) 因为 Vm=Aw 所以 w=Vm/A=1.5T=2π/w=略

(2)amax=w 方*A=1.5^2*A=略

(3)因为从速度的正的最大值开始计时，所以ϕ=-π/2 所以振动的表达式为

X=Acos（wt+ϕ）（A w ϕ 上面已求）

5.一弹簧振子沿 x 轴做简谐振动，振子的质量为 2.5kg 弹簧的劲度系数为 250N/m 当振子处于 x 轴正半轴某一位置且向 x 轴的负方向运动时开始计时(t=0),此时振子动能与势能相等，总能量为 31.25j，求弹簧振子的运动方程。

解：设 X=Acos（wt+ϕ）

E=1/2k(A 方) 所以 A=0.5m

w=根号下（k/m） 所以

w=10rad/s

Ep=E/2=1/2k(x 方**)**

所以 **x=**±（根号 **2**）**/4**

有题意取 **x=**（根号 **2**）**/4** 所

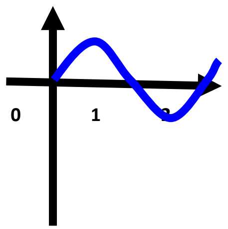
以 ф = π **/4**

所以 **x=1/2cos**（**10t+** π **/4**）

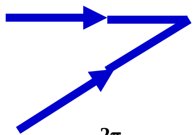
第二章 机械波

（一）选择题

1.一平面简谐波，沿 x 轴负方向传播，$x=0$ 处的质点的振动曲线如图所示。若波函数用余弦表示，则初相角为 -π/2



2. 如图所示，两列波长为 l 的相干波在 P 点相遇，S_1 的初相位是φ_1，S_1点到 P 点的距离是 r_1，S_2点的初相位是 φ_2 S_2到 P 点的距离是 r_2，以 k 代表零或正、负数，则 P 点是干涉极大的条件为（）



D. $\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)=2k\pi$

3.对于波动方程

$$y=A\cos(\omega t-\omega x/\upsilon)$$

中的 $(-\omega x/\upsilon)$ 表示

D. x 处质点的振动初相位。

4.平面简谐波在同一介质中传播，下列说法中正确的是

C. 在波的传播方向上各质点都在各自的平衡位置附近振动。

5. 两列振幅相同的相干波在空间 P 点相遇， 某时刻观测到 P 点的合成振动的位移既不等于这两列振幅之和，又不等于这两列波的振幅之差，则我们可以断言（ ）

A. P 点不可能是振动最弱的点

D. P 点可能是振动最强的点

6.两相干波源 S1 和 S2 相距 λ/4,S1 的相位比 S2 的相位超前π/2，在 S1,S2 的连线上，S1外侧各点(例如p点）两波引起的两简谐振动的相位差是 （π）

7.关于驻波，以下见解正确的是（ ）

C. 波节处质点位移恒为零

8.一平面简谐波在弹性媒质中传播，在媒质质元从最大位移出回到平衡位置过程中（）

C. 它从相邻的一段媒质质元获得能量，其能量逐渐增加

9. 在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动（ ）

B. 振幅不同，相位相同

10.若两波源的振动步调一致，激起两列波长相等的波相互叠加，某一时刻叠加区域中的 p 恰好为两列波的波峰和波谷相遇，那么在以后的时间里（ ）

A． p 点的振动始终减弱

（二）填空题

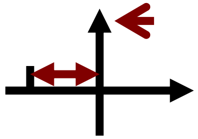
1. 1.一横波的波动方程为: $y=0.01\cos(250\pi t-10\pi x)\text{(m)}$

若 t＝0.1s，则 x=2m 处质点的位移为__-0.01_____m，该处质点的振动速度为____0____m·s^{-1}，加速度为____625π方__m·s^{-2}。

2.如图所示，一平面简谐波沿 Ox 轴负方向传播，波长为λ,若 P 处质点的振动方程是 $y_p=A\cos(2\pi\nu t+\frac{\pi}{2})$，则波的波动方程是

$$y=A\cos[2\pi\nu(t+\frac{x+l}{\lambda\nu})+\frac{\pi}{2}]$$

P 处质点$t_1+\frac{l}{\lambda\nu}$时刻的振动状态与 O 处的质点 t_1时刻的振动状态相同。



3.一平面简谐波在媒质中传播，在某时刻，某质元的动能为最大值时，其势能_ 最大__

4. 两相干波源 S_1 和 S_2，相距 20m，其振幅相等，周期为 0.2s,在同一媒质中传播，波速度均为 40 m·s^{-1}。S_1 的振动方程：

$$y_1=A\cos(10\pi t+\pi/2)$$

S_2 的振动方程：

$$y_2=A\cos(10\pi t-\pi/2)$$

以 S_1、S_2连线为坐标轴 x，以 S_1、S_2 连线中点为原点，则 S_1S_2间因干涉而静止的各点的坐标：x=__4k（k=0，±1，±2……）

5. 两列平面简谐波在一很长的弦上传播，设其方程

$$y_1=5\cos(20\pi t-\frac{\pi}{10}x+\frac{\pi}{2})$$

$$y_2=5\cos(20\pi t+\frac{\pi}{10}x-\frac{\pi}{2})$$

则弦线上波腹的位置

10k+5（k=0，±1，±2……）

6. 在简谐驻波中，同一波节两侧的两个媒质元（在距该波节二分之一波长的范围内）的振动相位差是__π

7. 在截面积为 S 的圆管中，有一列平面简谐波传播，表达式为 $y = A\cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$，管中波的平均能量密度是 w ,则通过截面 S 的平均能流是 $\frac{\omega\lambda}{2\pi}wS$

8. 一驻波方程为 $y=0.5\cos\frac{\pi x}{3}\cos 40\pi t\,(x,y:\text{cm};t:\text{s})$，则形成驻波的两分波的振幅为_0.25cm__；周期为____1/20 (s)__；波速为_120cm/s____；该驻波的两相邻波节之间距离为 3cm____。

9.一根长为 L，两端固定的弦，在弦上形成基频驻波。弦上各点振动相位__相同_____，此时驻波的波长_2L__

（三） 计算题

1. 沿绳子传播的平面简谐波的波动方程为

$$y=0.05\cos(10\pi t-4\pi x)$$

式中 x、y 以米计，t 以秒计。求：

1）波的波速、频率和波长；

（2）绳子上各质点振动时的最大速度和最大加速度；

（3）求 x=0.2m 处质点在 t=1s 时的相位，它是原点在哪一时刻的相位？这一相位所代表的运动状态在 t=1.25s 时刻达到哪一点？

解：

（1） $y=0.05\cos10\pi(t-\frac{x}{2.5})$

$u=2.5\text{m/s}\quad \omega=10\pi$

$\nu=5\text{Hz}\quad \lambda=0.5\text{m}$

（2） $\upsilon_{\max}=\omega A$

$\Rightarrow \upsilon_{\max}=0.5\pi\text{m/s}$

$a_{\max}=\omega^2A$

$\Rightarrow a_{\max}=5\pi^2\text{m/s}^2$

(3)将 x=0.2 带入得

y=0.05cos(10πt-0.8π)

t=1s,y=0.05cos(10π-0.8π)

相位为 9.2π

将 x=0，10πt=9.2π，

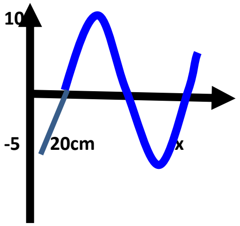
t=0.92s

0.25*2.5+0.2=0.825m

2.一沿 x 轴正方向传播的平面余弦波，已知 t=1/3s 是的波形图，其频率为 0.5Hz

(1)写出原点 o 出质点的振动方程（2）写出盖博的波函数（3）写出 c 点处质元的振动方程

(4)求 cd 点离原点的距离



(1)设 y=Acos（wt+φ）

A=0.1　f=0.5Hz　w=2π/T

T=1/f　所以 w=π

由旋转矢量法φ=2/3π

所以 y=0.1cos（πt+2/3π）

(2)y=0.1cos【π（t-x/20)+2/3π】

(3)y=0.1cos(π t+φ)=0.1cos(πt-π/2)

(4)不太会

3.一平面简谐波沿 ox 轴正向传播，速度大小为 u，若 x 轴上 p 处（x=L）质点的振动方程为

y=Acos(wt+φ)

试求（1）o 处质点的振动方程（2）该波的波动方程（3）与 p 处质点振动状态相同的那些质点的位置

解（1）y=Acos【w（t+L/u）+φ】

(2)y=Acos[w(t-x/u)+wL/u+φ]

（3）λ=u*T=u*2π/w

K*2πu/w +L　k=0 ±1 ±2…

4 一平面余弦波，沿直径为 14cm 的圆柱形管传播，波的强度为 $18.0\times10^{-3}J\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$，频率为 300Hz，波速为 $300m\cdot s^{-1}$，求：1）波的平均能量密度和最大能量密度？

（2）两个相邻同相位面之间有多少波的能量？

(1) $$I=\overline{w}u$$

$$\overline{w}=\frac{I}{u}=\frac{18\times10^{-3}\,\mathrm{J\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}}}{300\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}$$

$$=6\times10^{-5}\,\mathrm{J\cdot m^{-3}}$$

$$w_m=2\overline{w}=1.2\times10^{-4}\,\mathrm{J\cdot m^{-3}}$$

(2)相邻两个同相位面之间距离为一个波长

$$W=\overline{w}\Delta V$$

$$=\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2\lambda\overline{w}=9.23\times10^{-7}\,\mathrm{J}$$

$$=I\cdot T\cdot S$$

5.不太会

6.放置在海底的超声波探测器发出一束频率为 30000Hz 的超声波，被迎面驶来的潜水艇反射回探测器来，测得反射波频率与原频率差为 241Hz。已知超声波在海水中的传播速度为 $1500m\cdot s^{-1}$，试求潜水艇航行速度 *u*。

解（1）潜水艇反射波的频率同于潜水艇接收的频率

$$\nu_{反}=\frac{u+u_B}{u}\nu_0$$

$$\nu_0=30000\,\mathrm{Hz}$$

$$u=1500\,\mathrm{m/s}$$

探测器再接收到的频率

$$\nu=\frac{u}{u-u_B}\nu_{反}=\frac{u+u_B}{u-u_B}\nu_0$$

$$\Delta\nu=\nu-\nu_0=\frac{2u_B}{u-u_B}\nu_0$$

$$\Theta\ \Delta\nu<<\nu_0\ \therefore u_B<<u$$

$$\Rightarrow u_B=\frac{\Delta\nu}{2\nu_0+\Delta\nu}u\approx\frac{\Delta\nu}{2\nu_0}u=6.03\,\mathrm{m/s}$$

第三章 静电场

一、选择题

1. 在真空中的*A*、*B*两平行金属板，相距为*d*，板面积为*S*（*S*→∞），各带电＋*q*和－*q*，两板间的作用力 *f* 大小为(　　)

C. $q^2/2\varepsilon_0 S$

2．在静电场中，作一闭合曲面*S*，若有 $\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{s}=0$ 则*S*面内必定（　）

D．自由电荷的代数和为零

3.点电荷Q呗闭合曲面S所包围，从无穷远出引入另一点电荷q至曲面外一点，则引入前后

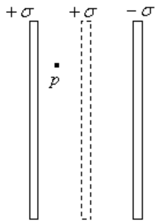
D．∫EdS不变，曲面上各点的场强变化

4．高斯定理 $\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{s}=\int_V \rho \mathrm{d}V$

A．适合于任何静电场；

5.两无限大均匀带电的平行平面*A*和*B*，电荷面密度分别为＋σ和－σ,若在两平面的中间插入另一电荷面密度为＋σ的平行平面*C*后，*P*点的场强的大小将是

B．原来的 1/2



6.不会

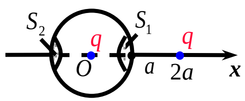
7.半径为*r*的均匀带电球面1,带电量为*q*;其外有一同心的半径为*R*的均匀带电球面2,带

电量为 *Q*,则此两球面之间的电势差U_1-U_2为

A. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)$

8. 有两个点电荷电量都是+*q*，相距为2*a*。今以左边的点电荷所在处为球心，以*a*为半径作一球形高斯面，在球面上取两块相等的小面积S_1和S_2，其位置如图所示。设通过S_1和S_2的电场强度通量分别为Φ_1和Φ_2,通过整个球面的电场强度通量为Φ_S,则

D. $\Phi_1<\Phi_2$, $\Phi_S=q/\varepsilon_0$



9. 一均匀带电球面，若球内电场强度处处为零，则球面上的带电量σ*dS*的面元在球面内产生的电场强度是

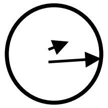
C. 一定不为零

10. 有一电荷 *q*，旁边有一金属导体*A*，且*A*处于静电平衡，则（　）

C. 导体内E_1=0，*q*在导体内产生场强

11. 真空中一半径为*R*的球面均匀带电*Q*，在球心*O*处有一带电量为*q*的点电荷，如图所示。设无穷远处为电势零点，则在球内离球心*O*距离为*r*的*P*点处电势为 B

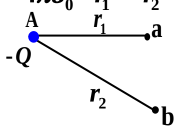
A. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$　B. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r}+\frac{Q}{R}\right)$



12. 在带电量为－*Q*的点电荷*A*的静电场中，将另一带电

量为*q*的点电荷*B*从*a*点移到*b*点，*a*、*b*两点距离点电荷*A*的距离分别为r_1和r_2，如图所示。则在电荷移动过程中电场力做的功为

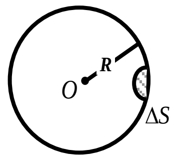
C. $\frac{-qQ}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$



二、填空题

1. 真空中有一半径为*R*均匀带正电的细圆环，其电荷线密度为λ，则电荷在圆心处产生的电场强度　　的大小为 <u>0</u> 。

2. 真空中一半径为*R*的均匀带电球面，总电量为*Q*(*Q*＞0)。今在球面上挖去非常小块的面积Δ*S*(连同电荷)，且假设不影响原来的电荷分布，则挖去Δ*S*后球心处电场强度的大小 E= $\frac{\sigma\Delta S}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$，其方向为 <u>指向ΔS</u>



3. 两块“无限大”的带电平行电板，其电荷面密度分别为σ(σ>0)及－2σ，如图所示，试写出各区域的电场强度

Ⅰ区 E 的大小 $E=\sigma/2\varepsilon_0$，方向 <u>x 轴正向</u>.

Ⅱ区 E 的大小 $E=3\sigma/2\varepsilon_0$ 方向 <u>x 轴正向</u>

Ⅲ区 E 的大小 $E=\sigma/2\varepsilon_0$，方向 <u>x 轴负向</u> .

4. 半径为R_1和R_2的两个同轴金属圆筒，其间充满着相对介电常数为ε_r的均匀介质，设两筒上单位长度带电量分别为+λ 和-λ,则介质中的电位移矢量的大小 *D* = $\lambda/2\pi r$,电场强度大小 *E*= $\lambda/2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r$.

5. 在场强为 *E* 的均匀电场中，*A*、*B* 两点间距离为 *d*，*A*、*B* 连线方向与 *E* 方向一致，从 *A* 点经任意路径到 *B* 点的场强线积分

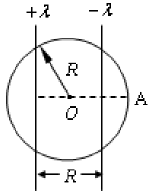
$\int_{AB}\vec{E}\cdot d\vec{l}$ = Ed

6不会

7.把一个均匀带点量+Q 的球形肥皂泡由半径 r1 吹胀到 r2，则半径为 R（r1<R<r2）的高斯球面上任一点的场强大小 E 由 <u>q/4πε（R方）</u> 变为 <u>0</u>

电势 U 由 <u>Q/4πεR</u> 变为 <u>q/4πεr2</u>

8．有两根均匀带等量异号电荷的长直直线，其电荷线密度分别为+λ、-λ，相距 *R*，*O* 点为带电直线垂线的中点，则通过以 *O* 为圆心，*R* 为半径的高斯面的电场强度通量为_0__,球面上 A 点的电场强度的大小为 <u>2λ/3πεR</u>，方向为_水平<u>向左</u>



___。

9.两根互相平行的长直导线，相距为 *a*，其上均匀带电，电荷线密度分别为λ_1和λ_2，则导线单位长度所受电场力的大小为 F_0 = $\lambda_1\lambda_2/2\pi\varepsilon_0 a$。

10.半径为 R 的金属球 A 带电量 Q 把一个原来不带电的半径为 2R 的薄金属求壳罩在 A 球外面，离球心 O 为 1。5R 处 p 点电场强度为 <u>Q/4π (1.5R)方</u> 电势 <u>q/4πε（1.5R）方</u>

11. 有一内外半径分别为 *R* 及 2*R* 的金属球壳，在离其球心 *O* 为 *R*/2 处放一电量为 *q* 的点电荷，则球心 *O* 处的电势 U_0= $3q/8\pi\varepsilon_0 R$。在离球心 *O* 为 3*R* 处的电场强度大小 *E*= $q/36\pi\varepsilon_0 R^2$ 电势 *U*= $q/12\pi\varepsilon_0 R$

（三）计算题

1.一半径为R的带电球体，其电荷体密度分布为

$$\begin{cases}\rho = Ar & (r\le R,\varepsilon)\\ \rho=0 & (r>R,\varepsilon_0)\end{cases}$$

A 为一常数,试求球体内外的场强分布和电势分布

解：$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum_{S内} q_i$

$$D_内\cdot 4\pi r^2=\int_0^r \rho 4\pi r^2 dr = \pi A r^4$$

$$D_内=\frac{Ar^2}{4};\quad E_内=\frac{Ar^2}{4\varepsilon}$$

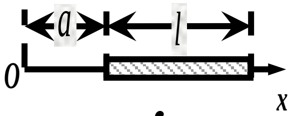
$$D_外\cdot 4\pi r^2=\int_0^R\rho 4\pi r^2dr=\pi AR^4$$

$$D_外=\frac{AR^4}{4r^2};E_外=\frac{AR^4}{4\varepsilon_0 r^2}.$$

$$U_内=\int_r^R E_内dr+\int_R^\infty E_外 dr = \frac{A(R^3-r^3)}{12\varepsilon}+\frac{AR^3}{4\varepsilon_0}$$

$$U_外=\int_r^\infty E_外 dr=\frac{AR^4}{4\varepsilon_0 r}$$

2.图中所示为一沿 x 轴放置的长度为 l 的不均匀带电细棒，其电荷线密度为λ=$\lambda_0(x-a)$，λ_0为一常量。取无穷远处为电势零点，求坐标原点 O 处的电势。



解：$U=\int_q dU$

$$=\int_a^{a+l}\frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0 x}$$

$$=\frac{\lambda_0 l}{4\pi\varepsilon_0}-\frac{\lambda_0 a}{4\pi\varepsilon_0}\ln\frac{a+l}{a}$$

3．如图所示，$\overline{AB}=2l$，OCD 是以 B 为中心，l 为半径的半圆，A 点有正电荷+q，B 点有负电荷-q，求：

（1）把单位正电荷从 O 点沿 OCD 移到 D 点，电场力对它作的功？

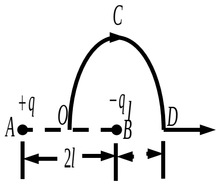
（2）把单位正电荷从 D 点沿 AB 的延长线移到无穷远去，电场力对它作的功？

解：（1）

$$A=q(U_0-U_D)=-U_D=\frac{q}{6\pi\varepsilon_0 l}$$

（2）

$$A=q(U_D-U_\infty)=-\frac{q}{6\pi\varepsilon_0 l}$$



4．一厚度为 d 的无限大平板，平板内均匀带电，电荷体密度为ρ，求板内、外场强的分布。

板外：$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}=2\int_{\Delta s}Dds=\sum_{s内}q$

$$2D\Delta s=\rho\Delta s\cdot d$$

$$D_外=\frac{\rho}{2}d，E_外=\frac{\rho d}{2\varepsilon_0}$$

板内：$\oint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}=2\int_{\Delta s}Dds=\sum_{s内}q_i$

$$2D\Delta s=\rho\Delta s\cdot 2x$$

$$D_内=\rho x, E_内=\frac{\rho x}{\varepsilon}$$

5．图示一球形电容器，在外球壳的内半径 b 和内外导体间的电压 U 维持恒定的条件下，内球半径 a 为多大时，才能使内球面上的电场强度最小？这个最小的电场强度和相应的电场能量各是多少？

解：$E_{内面}=\frac{q}{4\pi\varepsilon a^2}$

$$=\frac{CU}{4\pi\varepsilon a^2}$$

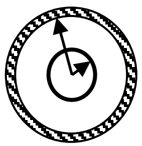
$$=\frac{4\pi\varepsilon abU}{4\pi\varepsilon a^2(b-a)}=\frac{bU}{(b-a)a}$$

$$\frac{\partial E}{\partial a}=0\Rightarrow a=b/2$$

$$\Rightarrow E=E_{min}=\frac{4U}{b}$$

$$W_e=\frac{1}{2}CU^2$$

$$=\frac{1}{2}\frac{4\pi\varepsilon ab}{b-a}U^2=2\pi\varepsilon bU^2$$



6.一无限大均匀带电薄平板，电荷面密度为σ>0，在平板中部有一半径为 r 的小圆孔。求圆孔中心轴线上与平板相距为 x 的一点 p 的电场强度

σ/(2ε)- σ/(2ε)[1-x/根号下(r方+x方)]

7.如图所示，金属球 A 和金属球壳 B 同心放置，它们原先都不带电。设球 A 的半径为 R_0，，球壳 B 的内、外半径分别为 R_1 和 R_2。。求在下列情况下，A、B 的电势差

(1)使 B 带电+q;(2)使 A 带电+q;

(3)使 A 带电+q,使 B 带电-q;

(4)使 A 带电-q，将 B 外表面接地。

解:(1) 电荷分布在 B 球的外表面，有

$$E_内=0\Rightarrow U_{AB}=0$$

(2) A 带+q，B 球内表面感应-q，外表面感应+q，有

$$E_内=\frac{q}{4\pi\varepsilon r^2}$$

$$\Rightarrow U_{AB}=\int_A^B\vec{E}\cdot d\vec{l}=\frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_0}-\frac{1}{R_1}\right)$$

(3) A 带+q，B 带-q，分布在 B 球的内表面上，有

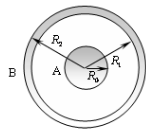
$$E_内=\frac{q}{4\pi\varepsilon r^2}$$

$$\Rightarrow U_{AB}=\int_A^B\vec{E}\cdot d\vec{l}=\frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_0}-\frac{1}{R_1}\right)$$

(4) A 带-q，B 球的内表面感应+q，外表面感应的-q 与地中和，U_B=0，则有

$$E_内=\frac{q}{4\pi\varepsilon r^2}$$

$$\Rightarrow U_{AB}=\int_A^B\vec{E}\cdot d\vec{l}=\frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_0}-\frac{1}{R_1}\right)$$



8．一球形电容器，内球壳半径为 R_1，外球壳半径为 R_2，两球壳间充满了相对介电常数为 ε_r 的各向同性均匀电介质，设两球壳间电势差为 U_{12}，求:

(1) 电容器的电容;

(2) 电容器储存的能量。

$$E_间=\frac{q}{4\pi\varepsilon r^2}$$

$$U_{12}=\int_{R_1}^{R_2}Edr$$

$$=\frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

$$C=\frac{q}{U_{12}}=\frac{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0R_1R_2}{R_2-R_1}$$

$$W_e=\frac{1}{2}CU_{12}^{\ 2}$$

$$=\frac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0R_1R_2U_{12}^{\ 2}}{R_2-R_1}$$

9．一电容为 C 的空气平行板电容器，接端电压为 U 的电源充电后随即断开，试求把两个极板间距离增大至 n 倍时外力所作的功。

充电后断开电源，则保持电量不变。

$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon}，\quad \Delta U=Ed$$

$$C=\frac{\varepsilon S}{d}，\quad C'=\frac{\varepsilon S}{nd}$$

$$W_1=\frac{Q^2}{2C}-\frac{Q^2}{2C'}=\frac{1}{2}(n-1)CU^2$$

第四章 稳恒磁场

一、选择题

1．安培环路定理中，说明(　　　)

A. H 的环流仅由环路 *L* 所包围的传导电流决定

C. H 应由环路内与环路外的全部传导电流决定

2．下列说法正确的是(　　　)

C. 方程式 $B=m_0nI$ 对横截面为正方形或其他形状的无限长螺线管内的磁场都成立

3．半径为 *a* 的长直导线，通有恒定电流 i_0，设有一半径为 2*a* 圆与导线同心圆的平面与导体正交，问通过此圆的磁通量 Φ_m 是多少？（0）

4．有两束阴极射线向同一方向发射，关于它们的相互作用有下面几种说法，试指出哪一种说法正确

B.只有库仑力和洛仑兹力

5.载流为 *I*、磁矩为 P_m 的线圈，置于磁感应强度为 *B* 的均匀磁场中。若 P_m 与 *B* 方向相同，则通过线圈的磁通量 Φ 与线圈所受的磁力矩 *M* 的大小为

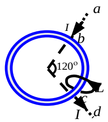
$$\Phi=\frac{BP_m}{I},M=0$$

6.在磁感应强度为 B 的均匀磁场中作一半径为 *r* 的半球面 *S*，*S* 边线所在平面的法线方向单位矢量 n 与 B 的夹角为α,则通过半球面 *S* 的磁通量为

$$-\pi r^2 B\cos\alpha$$

7.如图所示，两根直导线 *ab* 和 *cd* 沿半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上，稳恒电流 *I* 从 *a* 端流入而从 *d* 端流出， 则磁感应强度 B 等于

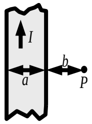
$$\frac{2}{3}\mu_0 I$$



8.两个共面同心的圆形电流 I_1 和 I_2，其半径分别为 R_1 和 R_2，当电流在圆心处产生总的磁感强度 B 为零时，则二者电流强度之比 I_1: I_2 为（R1：R2）

9.有一无限长通有电流,宽度为 *a*,厚度不计的扁平铜片,电流 *I* 在铜片上均匀分布,在铜片外与铜片共面,离铜片右边缘 *b* 处的 *P* 点的磁感应强度 的大小为

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\ln\frac{a+b}{b}$$



10. 如图所示，有一半径为 *R* 的圆线圈通有电流 I_1,在圆线圈的轴线上有一长直导线通有电流 I_2，则圆形电流受到的作用力 （无作用力）

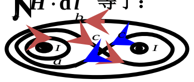
11.电流元 Idl 是圆电流线圈自身的一部分，则

B. 电流元受磁力不为 0，方向沿半径向外

二、填空题

1 .一质点带有电荷 *q*，以速度υ在半径为 *R* 的圆周上作匀速圆周运动，该带电质点在轨道中心所产生的磁感应强度 *B* = $\mu\upsilon q/4\pi R^2$ ；该带电质点轨道运动的磁矩 P_m= $IS=\upsilon qR/2$ _。

2. 两根长直导线通有电流 *I* ，图示有三种环路；在每种情况下，$\oint \vec{H}\cdot d\vec{l}$ 等于：

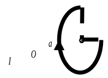


I (对于环路 *a*);

0 (对于环路 *b*);

2I (对于环路 *c*)。

3. 如图所示,在真空中有一半径为 *a* 的 3/4 圆弧形的导线,其中通以稳恒电流 *I* ,则 *O* 点的磁感应强度大小为 $3\mu_0 I/8R$。



4．有一磁矩为 P_m 的载流线圈，置于磁感应强度为 *B* 的均匀磁场中，P_m 与 *B* 的夹角为 *φ*，则

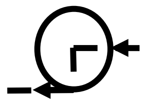
（1）当 *φ*=　0　时，线圈处于稳定平衡状态；

（2)当 *φ*=　π/2　时，线圈所受的力矩最大。

5．半径为 *R* 的细圆环均匀带电，电荷线密度为 *λ*。若圆环以角速度 *ω* 绕通过环心且垂直于环面的转轴作匀速转动，则环心处的磁感应强度 的大小为 $\mu_0\omega\lambda/2$。

6．一均匀带电圆环，带电量为+*q*，其半径为 *R*,置于均匀磁场 B 中， 的方向与圆环所在平面成 60° 角。现使圆环绕通过圆心垂直环面的轴转动,角速度为 *w*，则圆环磁矩为 $\omega qR^2/2$,其所受到的磁力矩为 $\omega qR^2B/4$。

7.用均匀细金属丝构成一半径为 *R* 的圆环 *C*,电流 *I* 由导线 1 流入圆环 *A* 点，而后由圆环 *B* 流出，进入导线 2，设导线 1 和导线 2 与圆环共面，则环心 *O* 处的磁感应强度大小 $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$,方向 向里 。



8．没做

三、计算题

1.如图所示，一半径为 *R* 的均匀带电无限长直圆筒，电荷面密度为σ，该筒以角速度*ω*绕其轴线匀速旋转，试求圆筒内部的磁感应强度。

解：等效于长直螺线管。

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_{L内} I_i$$

$$H\cdot L=\Delta I=n\Delta q$$

$$=\frac{\omega}{2\pi}\sigma\cdot 2\pi RL$$

$$H=\omega\sigma R,\quad B=\mu_0\omega\sigma R$$

2．一根很长的铜导线载有电流 10A，设电流均匀分布．在导线内部作一平面 *S*，如图所示．试计算通过 *S* 平面的磁通量(沿导线长度方向取长为 1m 的一段作计算)．铜的磁导率μ=μ₀.

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_{L内} I_i$$

$$B_内=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$$

$$\Phi_m=\int_0^R B_内 L dr$$

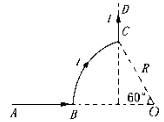
$$=\frac{\mu_0 IL}{4\pi}=\frac{5\mu_0}{2\pi}$$

$$B_外=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$\Phi_m=\int_R^{2R} B_外 L dr$$

$$=\frac{\mu_0 IL}{2\pi}\ln 2$$

3．如图所示，*AB*、*CD* 为长直导线，*BC* 弧为圆心在 *O* 点的一段圆弧形导线，其半径为 *R*。若通以电流 *I*，求 *O* 点的磁感应强度。



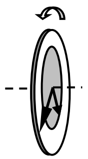
$$\vec{B}_o=\vec{B}_{\overset{\frown}{BC}}+\vec{B}_{CD}$$

$$B_o=B_{\overset{\frown}{BC}}+B_{CD}$$

$$=\frac{\mu_0 I}{2R}\times\frac{1}{6}+\frac{\mu_0 I}{4\pi R\cos 60^\circ}(1-\sin 60^\circ)$$

$$=\frac{\mu_0 I}{12R}+\frac{\mu_0 I}{2\pi R}(1-\frac{\sqrt{3}}{2})$$

4.一半径为 *R* 的薄圆盘，其中半径为 *r* 的阴影部分均匀带正电，面电荷密度为+σ，其余部分均匀带负电，面电荷密度为-*σ*（见图）。设此盘以角速度为 *ω* 绕其轴线匀速转动时，圆盘中心 *o* 处的磁感应强度为零，问 *R* 和 *r* 有什么关系？



$$dq = \sigma 2\pi r dr$$

$$dI = ndq = \frac{\omega}{2\pi}\sigma 2\pi r dr$$

$$B_1 = \int dB = \int_I \frac{\mu dI}{2r}$$

$$= \int_0^r \frac{\mu\omega\sigma}{2}dr = \frac{\mu\,\omega\sigma}{2}$$

同理 $B_2 = \int_r^R \frac{\mu\omega\sigma}{2}dr$

$$= \frac{\mu\omega\sigma}{2}(R-r)$$

$Q\ B_1 = B_2 \quad \therefore r = \frac{1}{2}R$

5.一圆线圈的半径为 *R*，载有电流 *I*，置于均匀外磁场 *B* 中，线圈的法线方向与 *B* 的方向相同，在不考虑载流线圈本身所激发的磁场的情况下，求线圈导线上的张力。

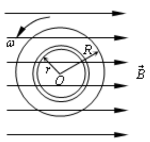
解：因为是均匀外磁场，

$$\therefore F_{\overset{\frown}{abc}} = F_{\vec{ac}} = BI\cdot 2R = F_y$$

线圈平衡时 *a*、*b* 端受另外半圆的拉力满足：

$$F_y - 2T = 0 \Rightarrow T = F_y/2 = BIR$$

6．如图所示，一半径为 *R* 的薄圆盘，表面上的电荷面密度为σ，放入均匀磁场中， 的方向与盘面平行。若圆盘以角速度ω 绕通过盘心、垂直盘面的轴转动。求作用在圆盘上的磁力矩。



解:

任取一半径为 *r*，宽为 *dr* 的细圆环，

带电： $dq = \sigma dS = \sigma 2\pi r dr$

产生电流： $dI = \frac{\omega}{2\pi}dq$

圆电流的磁矩：

$$dp_m = SdI = \pi\sigma\omega r^3 dr$$

细环受的力矩：

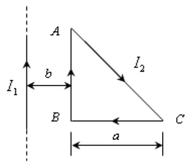
$$dM = \left|d\vec{p}_m \times \vec{B}\right| = dp_m B$$

圆盘受的磁力矩：

$$M = \int dM = \int_0^R dp_m B = \int_0^R \pi\sigma\omega B r^3 dr$$

$= \frac{\pi\sigma\omega B R^4}{4}$ 力矩方向为沿轴向上

7．载有电流为 I_1 的长直导线旁，有一载有电流 I_2 的等腰直角形导线回路 *ABC*，如图 2.7.7 所示，*AB* 边与直导线平行，相距为 *b*，*BC* 边与直导线垂直，长度为 *a*，试求三角形载流回路所受导线 I_1 磁场的作用。



解 ：

$$F_{\overline{AB}} = BI_2 a = \frac{\mu_0 I_1 I_2 a}{2\pi b}$$

$$F_{\overline{BC}} = \int_b^{b+a}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\frac{b+a}{b}$$

$$F_{\overline{AC}} = \int_b^{b+a}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\frac{dl}{x} = \int_b^{b+a}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi\cos 45^o}\frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi\cos 45^o}\ln\frac{b+a}{b}$$

$$F_y = F_{\overline{AC}}\sin 45^o - F_{\overline{BC}} = 0$$

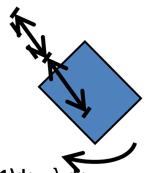
$$F_x = F_{\overline{AC}}\cos 45^o - F_{\overline{AB}} \quad = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\frac{b+a}{b} - \frac{\mu_0 I_1 I_2 a}{2\pi b}$$

8.带电刚性细杆 *AB*，电荷线密度为 l，绕垂直于直线的轴 *O* 以角速度 w 匀速转动（*O* 点在细杆 *AB* 延长线上），求：

（1）*O* 点的磁感应强度 B ；

（2）磁矩 P;

（3）若 *a*>>*b*，求 B 及 P 。



(1)dq=λdr

di=dq

dB=μdi/2r=μwλdr/4πr

B=μwλ/4π ln[(a+b)/a]

(2)dpm=dIπr 方=1/2wλr 方 dr

Pm=1/6wλ((a+b)^3-a^3)

(3) B=0 p=0

第五章 电磁学理论基础

一、选择题

1．感生电动势产生的本质原因是（）C.感生电场(涡旋电场)对导体中自由电子的作用

2．尺寸相同的铁环与铜环所包围的面积中,通以相同变化的磁通量，环中（）

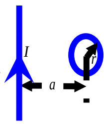
D．感应电动势相同，感应电流不同

3．两根无限长平行直导线载有大小相等方向相反的电流 I, I 以 dI/dt 的变化率增长，一矩形线圈位于导线平面内(如图)，则（）

B． 线圈中感应电流为顺时针方向;

4. 在一通有电流 I 的无限长直导线所在平面内,有一半经为 r、电阻为 R 的导线环,环中心距直导线为 a,如图所示,且 $a>>r$。当直导线的电流被切断后,沿着导线环流过的电量约为（）

C. $\dfrac{\mu_0 I r^2}{2aR}$



5．对位移电流，有下述四种说法,请指出哪一种说法是正确的（）

A． 位移电流是由变化电场产生的

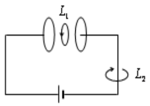
6．感应电场中电磁感应定律可写成 $\oint_C E_K \cdot dr = -\dfrac{d\Phi_m}{dt}$,式中 E_K 为感应电场的电场强度，此式表明（）

A 闭合曲线 C 上 E_K 处处相等

D 感应电场中不能像静电场那样引入电势的概念

7．如图所示，平板电容器（忽略边缘效应）充电时，沿环路 L_1，L_2 磁场强度 H 的环流中必有（C）

$\oint_{L_1} \vec{H}\cdot d\vec{l} < \oint_{L_2} \vec{H}\cdot d\vec{l}$



8．用线圈的自感系数 L 来表示载流线圈的磁场能量公式 $W_m = \frac{1}{2}LI^2$

D．适用于自感系数为 L 任意线圈

9.某广播电台的天线可视为偶极辐射，原发射频率为 ν，若将发射频率提高到 4ν，其辐射强度为原来的（256）倍。

10.在某广播电台附近电场强度的最大值为 E_m，则该处磁感应强度最大值为（）

E_m/C

11．一功率为 P 的无线台，A 点距电台为 r_A，B 点距电台为 r_B，且 $r_B=2r_A$，若电台沿各方向作等同辐射，则场强幅值 E_A:E_B 为（ 2：1 ）

12．设在真空中沿着 z 轴负方向传播的平面电磁波,其磁场强度的波表达式为 $H_x=-H_0\cos\omega(t+z/c)$，则电场强度的表达式为（　　　）

$E_y = -\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}\,H_0\cos\omega(t+z/c)$

13． 在均匀媒质中，沿 r 方向传播的平面电磁波的方程为

$E = E_0\cos\omega(t-r/c), H = H_0\cos\omega(t-r/c)$

则其振幅 E_0、H_0 与平均能流密度 S 的关系式为（ ）

C. $\sqrt{\varepsilon}E_0 = \sqrt{\mu}H_0$; $\bar{S} = \frac{1}{2}E_0H_0$

14.关于电磁波和机械波的性质比较，下列说法不正确的是（　　）

A.都可以在真空中传播;

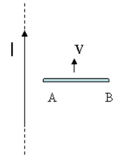
二、填空题

1．如图,一长直导线中通有电流 I，有一与长直导线共面、垂直于导线的细金属棒 AB,以速度 V 平行于长直导线作匀速运动，问

(1)金属棒 A、B 两端的电势 U_A 和 U_B 哪一个较高？___Ua

(2)若将电流 I 反向,U_A 和 U_B 哪一个较高?_______Ub____

(3)若将金属棒与导线平行放置，结果又如何？_Ua=Ub



2. 动生电动势的定义式为 ε ＝$\int_a^b (\vec{\upsilon}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$,与动生电动势相联系的非静电力为______洛仑兹力_______，其非静电性场强为＝$\vec{\upsilon}\times\vec{B}$。

3．位移电流 I_d ＝$d\Phi_e/dt$,它与传导电流及运流电流均能产生____磁_______效应，但它不能产生热效应。

4．涡旋电场是由变化的磁场所激发的，其环流的数学表达式为 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\dfrac{d\Phi_m}{dt}$_______，涡旋电场强度与_____变化的磁场成_______左_______旋关系。

5．取自感系数的定义式为 L ＝ $\dfrac{\Phi}{I}$，当线圈的几何形状不变，周围无铁磁性物质时，若线圈中的电流强度变小，则线圈的自感系数 L____不变__________。

6．已知在一个面积为 S 的平面闭合线圈的范围内，有一随时间变化的均匀磁场 $B(t)$,则此闭合线圈内的感应电动势为 $-\dfrac{dB}{dt}\cdot\vec{S}$。

7．用导线制成一半径为 r =10cm 的闭合线圈，其电阻 R=10 欧，均匀磁场 B 垂直于线圈平面，欲使电路中有一稳恒的感应电流 i=0.01A，B 的变化率应为 dB/dt=____10/π________

8．在没有自由电荷和传导电流的变化电磁场中

$\oint_c \vec{H}\cdot d\vec{l} = -\int_S \dfrac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

$\oint_c \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_S \dfrac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

9．在自感系数为 L=0.05mH 的线圈中，流过的电流 I =0.8A，在切断电路后经 t=0.8μs 的时间，电流强度近似为零，回路中的平均自感电动势的大小 ε_L=____50V____。

10．一列平面电磁波，在真空中传播，则它是_横__波，波速 $c=1/\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$空间在一点的电场强度 E 和磁场强度 H 的方向__垂直;相位 相同

11．一广播电台的平均辐射功率 20kw,假定辐射的能量均匀分布在以电台为球心的半球面上，那么距离电台为 10km 处的电磁波的平均辐射强度为 __3.2×10^{-5}__。

12．一列电磁波的波长为 0.03m，电场强度幅值 30V·m^{-1}，则该电磁波的频率为__10^10____Hz，其磁感应强度 B 的幅值为__10^-7 T，平均辐射强度为_1.19_W•m^{-2}。

13．一列电磁波在真空中沿 z 轴传播，设某点的电场强度为 $E_x = 900\cos(2\pi\nu t+\pi/6)\,\mathrm{V\cdot m^{-1}}$ 则该点的磁场强度的表达式为

$H_y = 900\sqrt{\varepsilon_0/\mu_0}\cos(2\pi\nu t+\frac{\pi}{6})\,\mathrm{A\cdot m^{-1}}$

14．有一氦氖激光器发出的功率为 10mW 的激光，设发出的激光为圆柱形光束，圆柱横截面的直径为 2mm，则激光束的坡印亭矢量的平均值为 3.18×10^3

15．在电磁波传播的空间中，任一点的 E 和 H 的方向及波传播方向之间的关系是 $\vec{u}\to\vec{E}\times\vec{H}$

16．坡印廷矢量 S 的物理意义是(单位时间通过垂直传播方向单位面积的辐射能)

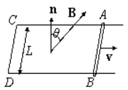
.

17．一电磁波在空气中通过某点时，该点某一时刻的电场强度 E=100V/m，则同时刻的磁场强度 H=__0.265(SI)_____；电磁能密度 w=___8.85×10^{-8}(SI)_,能流密度 S=___26.5(SI)

18．在真空中传播的平面电磁波，在空间某点的磁场强度为 $H=1.20\cos(2\pi\nu t+\frac{\pi}{3})$(SI)，则该点的电场强度为 $E=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}H_0\cos(2\pi\nu t+\frac{\pi}{3})$(SI)__（真空的介电系数 $\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}$F.m^{-1}，真空中的磁导率 $\mu_0=4\pi\times10^{-7}$H/m)。

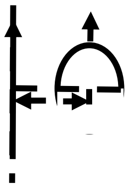
三、计算题

1．如图所示,匀强磁场 B 与矩形导线回路的法线 n 成 $\vartheta=60°$角，$B=kt$（k 为大于零的常数）.长为 L 的导体杆 AB 以匀速 u 向右平动,求回路中 t 时刻的感应电动势的大小和方向（设 $t=0$ 时，$x=0$）.



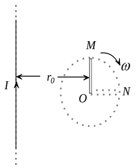
$$\Phi_m=\vec{B}\cdot\vec{S}=SB\cos60^{\circ}$$
$$=\frac{1}{2}kt\cdot L\upsilon t=\frac{1}{2}kL\upsilon t^2$$
$$\varepsilon_i=\left|\frac{d\Phi_m}{dt}\right|=kL\upsilon t$$
方向:顺时针

2．一长直导线中通有电流 I，在其旁有一半径为 R 半金属圆环 ab，二者共面，且直径 ab 与直电流垂直，环心与直电流相距 L,当半圆环以速度 υ 平行直导线运动时，试求
(1)半圆环两端电势差 U_a-U_b;
(2)那端电势高?



$$\varepsilon_{\overset{\frown}{ab}}+\varepsilon_{\overline{ba}}=0$$
$$\varepsilon_{\overset{\frown}{ab}}=\varepsilon_{\overline{ab}}=\int_{L-R}^{L+R}B\upsilon dx$$
$$\varepsilon_{\overset{\frown}{ab}}=\frac{\mu_0 I\upsilon}{2\pi}\ln\frac{L+R}{L-R}$$
a 端高。

3．一无限长直导线上通过稳恒电流 I,电流方向向上,导线旁有一长度为 L 的金属棒,绕其一端 O 在一平面内顺时针匀速转动，转动角速度为 w，O 点至导线的垂直距离为 r_0，设长直导线在金属棒旋转的平面内,试求:
（1）当金属棒转至与长直导线平行、且 O 端在下（即图中 OM 位置）时，棒内感应电动势的大小和方向;

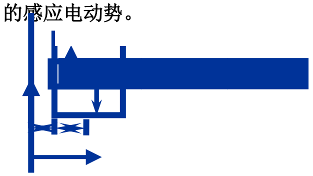


1)
$$d\varepsilon=(\vec{\upsilon}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$$
$$\varepsilon=\int_L(\vec{\upsilon}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}=\int_0^L\omega lBdl$$
$$=\frac{1}{2}B\omega L^2=\frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}\omega L^2$$
方向：O 到 M

试求:（2）当金属棒转至与长直导线垂直、且 O 端靠近导线(即图中 ON 位置)时，棒内的感应电动势的大小和方向。

2)
$$\varepsilon=\int_L(\vec{\upsilon}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}=\int_0^L\upsilon Bdl$$
$$=\int_{r_0}^{r_0+L}\omega(x-r_0)\frac{\mu_0 I}{2\pi x}dx$$
$$=\frac{\mu_0 I\omega}{2\pi}[L-r_0\ln\frac{r_0+L}{r_0}]$$
方向：o 到 N

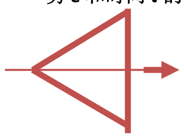
4．如图所示，真空中一长直导线通有电流 $I=I(t)$，有一带滑动边的矩形导线框与长直导线平行共面，二者相距 a，矩形线框的滑动边与长直导线垂直，它的长度为 b，并且以匀速 v(方向平行长直导线)滑动,若忽略线框中的自感电动势，并设开始时滑动边与对边重合。求:
（1）任意时刻矩形线框内的动生电动势;
（2）任意时刻矩形线框内的感应电动势。



(1)
$$\varepsilon_{动}=\int_L(\vec{\upsilon}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$$
$$=\int_a^{a+b}\upsilon Bdx$$
$$=\int_a^{a+b}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}\upsilon dx$$
$$=\frac{\mu_0 I\upsilon}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$

(2)
$$\Phi_m=\int_S B\cdot dS=\int_a^{a+b}Bl\cdot dx$$
$$=\int_a^{a+b}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}\cdot\upsilon tdx$$
$$=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\upsilon t\ln\frac{a+b}{a}$$
$$\varepsilon_i=\frac{d\Phi_m}{dt}$$
$$=\frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\ln\frac{a+b}{a}[\upsilon t\frac{dI}{dt}+I\upsilon]$$

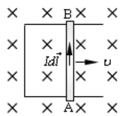
5．如图,在等边三角形平面回路 $ADCA$ 中存在磁感应强度为 B 的均匀磁场,其方向垂直于回路平面,回路上 CD 段为滑动导线,它以匀速 υ 远离 A 端运动,并始终保持回路是等边三角形,设滑动导线 CD 到 A 端的垂直距离为 x，且时间 t=0 时，x=0，试求,在下述两种不同的磁场情况下,回路中的感应电动势 ε 和时间 t 的关系。



1）$B=B_0$ = 常矢量
$$\Phi_m(t)=B\cdot S$$
$$=B_0\cdot x\cdot xtg\theta=B_0 tg\theta\cdot\upsilon^2t^2$$
$$\varepsilon_i=-\frac{d\Phi_m}{dt}=-\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0\upsilon^2 t$$

2）$B=B_0 t$
$$\Phi_m(t)=B\cdot S$$
$$=B_0 t\cdot x\cdot x\mathrm{tg}\theta$$
$$=\frac{\sqrt{3}}{3}B_0\upsilon^2t^3$$
$$\varepsilon_i=-\frac{d\Phi_m}{dt}$$
$$=-\sqrt{3}B_0\upsilon^2t^2$$

6．如图所示，在磁感应强度 B=0.5T 的匀强磁场中，有一导轨，导轨平面垂直磁场，长为 0.5m 导线 AB 在导轨上无摩擦的以速度 υ =4m/s 向右运动，在运动过程中，回路总电阻 R=0.2Ω不变.求(1)导线 AB 运动时产生的动生电动势；(2)电阻 R 上消耗的功率；(3)导线 AB 受到的磁场力。



$$(1)\ \varepsilon_i=\int d\varepsilon_i=Bl\upsilon=1\mathrm{V}$$
$$(2)\ P=\frac{\varepsilon_i^2}{R}=5\mathrm{W}$$
$$(3)\ dF=\left|Id\vec{l}\times\vec{B}\right|=IBdl$$
$$F=\int dF_i=\int_0^L IBdl=\frac{\varepsilon_i BL}{R}=1.25\mathrm{N}$$

7．为了在一个 1μF 的电容器内产生 1A 的瞬时位移电流,加在电容器上的电压变化率应该是多大?
$$I_d=S\cdot\frac{dD}{dt}=\varepsilon S\frac{dE}{dt}$$
$$\because Ed=U\to d\frac{dE}{dt}=\frac{dU}{dt}$$
$$\therefore I_d=\varepsilon S\frac{dE}{dt}=\frac{\varepsilon S}{d}\cdot\frac{dU}{dt}=C\cdot\frac{dU}{dt}$$
$$\Rightarrow\frac{dU}{dt}=\frac{I_d}{C}=10^6\mathrm{V\cdot s^{-1}}$$

8．已知在某一各向同性介质中传播的线偏振光，其电场分量为
$$E_z=E_0\cos\pi\times10^{15}(t+x/0.8C)(\mathrm{SI})$$
式中 E_0=0.08V/m，c 为真空光速。试求(1)介质的折射率；(2)光波的频率；(3)磁场分量的幅值；(4)平均辐射强度。

解：(1) $n=c/u=1.25$

(2) $2\pi\nu=\pi\times10^{15}\to\nu=5\times10^{14}\mathrm{Hz}$

(3) $\sqrt{\varepsilon}E_0=\sqrt{\mu}H_0\to E_0=uB_0\to B_0$

(4) $\bar{S}=\frac{1}{2}E_0H_0$

已知μ，$\bar{S}$可求

9.没做

第十五章　光的干涉

（一）选择题

1. 当光从光疏媒质射向光密媒质时（）

A 反射光有半波损失

2.若在一折射率为 n_1 的光学表面镀一层折射率 $n_2(n_2<n_1)$ 的增透膜，为使波长为 l 的入射光透射最多，其厚度应为（　）

D. $e=(2k+1)\frac{\lambda}{4n_2}$

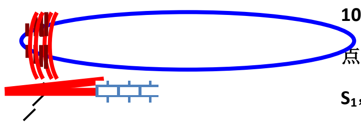
3. 双缝干涉实验中，入射光波长为 l，用玻璃纸遮住其中一缝，若玻璃纸中光程比相同厚度的空气大 2.5l，则屏上原 0 级明纹处(　　)

B.变为暗条纹

4.两块平玻璃构成空气劈尖，左边为棱边，用单色平行光垂直入射，若上面的平玻璃以棱边为轴，逆时针作微转，则干涉条纹（　）

A 间隔变小，并向棱边方向平移

5. 用劈尖干涉检测工件的表面，当波长为 l 的单色光垂直入射时，观察到干涉条纹如图。图中每一条纹弯曲部分的顶点恰与左边相邻的直线部分的连线相切。由图中可见工件表面（）

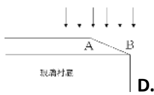


B.有一凹陷的槽，深入 $l/2$

6.在双缝干涉实验中，为使屏上的干涉条纹间距变大。可以采取的办法是（　）B.使两缝的间距变小

7. 在双缝装置中，若两缝分别被厚度相等，折射率为 n_1=1.4，n_2=1.7 的两薄玻璃片覆盖，则玻璃片覆盖前第 5 级亮条纹恰好移动到屏幕中央原零级明条纹的位置，如果入射光的波长为 $4.8\times10^{-7}\mathrm{m}$，求玻璃片的厚度。$B.\ 8\times10^{-6}\mathrm{m}$

8.如图所示，沉积在玻璃衬底下的氧化钽薄层从 A 到 B 厚度递减到零，从而形成一劈尖，为测定氧化钽薄层的厚度 e，用波长为 632.8nm 的 He-Ne 激光垂直照在薄层上，观察到楔形部分共出现 11 条暗纹，且 A 处恰好为暗纹位置。已知氧化钽的折射率为 2.21，玻璃的折射率为 1.5，则氧化钽薄层的厚度 e 为（　　　　　）



D. 1.43μm

9.在玻璃（折射率 n_3=1.60）表面镀一层 MgF_2（折射率 n_2=1.38）薄膜作为增透膜。为了使波长为 5000$\times10^{-10}$ m 的光从空气正入射时尽可能少反射，MgF_2 薄膜的最小厚度应是（　）D.　906$\times10^{-10}$m

10. 双缝干涉实验中，屏幕 E 上 P 点是明条纹，若将 S_2 盖住，并在 S_1，S_2 连线垂直平分面处放一反射镜 M，如图所示，则此时（　　）

B.　P 点处为暗条纹

（二）填空题

1. 真空中的波长 l 为的单色光在折射率为 n 的媒质中由 A 点传到 B 点时，相位改变量为 3p，则光程的改变量为___3λ/2，光从 A 传到 B 所走过的几何路程为___3λ/2n

2. 如图所示，在杨氏双缝实验中，若用红光做实验，则相邻干涉条纹间距比用紫光做实验时相邻干涉条纹间距_大_,若在光源 S_2 右侧光路上放置一薄玻璃片，则中央明纹将向_下_移动。

3. 没做

4. 光强为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时，在相遇区域内有可能出现的最大光强是___4Io__。

5. 用单色光垂直照射空气劈尖上，观察反射光的干涉，则棱边处是___暗__纹，照射置于空气中的玻璃劈尖时，棱边处是_暗____。

6. 用波长 l 为的单色光垂直照射到空气劈尖上，从反射光中观察干涉条纹，距顶点 L 处是暗条纹，使劈尖角 q 连续变大，直到该点处再次出现暗条纹为止，劈尖角的改变量Δq 是 $\lambda/2L$。

7. 在杨氏双缝实验中，双缝间距 a=0.20mm，缝屏间距 D=1.0m，若第二级明条纹离屏中心的距离为 6.0mm，此单色光的波长_600nm_，相邻两明条纹间的距离为_3mm_

8. 在双缝干涉实验中，双缝分别被折射率 n_1 和 n_2 的透明薄膜盖住，二者的厚度均为 e，波长为 l 的平行单色光垂直照射到双缝上，在屏中央处，两束相干光的相位差 Δφ=___2π(n2-n1)e/λ_____。

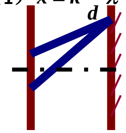
9 在不同的均匀媒质中，若单色光通过的光程相等时，其几何路程__不___同，其所需时间__相__同。

10.没 做

（三）计算题

1. 在杨氏双缝干涉实验装置中，双缝与屏之间的距离 D=120cm，两缝之间的距离 d=0.50mm，用波长 l=500nm 的单色光垂直照射双缝。(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) 如用厚度 $l=1.0\times10^{-2}\mathrm{mm}$，折射率 n=1.58 的透明薄膜覆盖在图中的 S_1 缝后面，求上述第五级明条纹的坐标 x'.

解：（1）$x=k\frac{D}{d}\lambda=6.0\mathrm{mm}$



（2）$\delta=r_2-(r_1-l+nl)$

$=d\frac{x'}{D}-(n-1)l\ =5\lambda$

$\Rightarrow x'=19.9\mathrm{mm}$

或$\Delta\delta=\frac{a}{D}\Delta x=(n-1)l\rightarrow\Delta x$

$x'=x+\Delta x$

2. 波长为$\lambda=6.5\times10^{-7}\mathrm{m}$的红光垂直照射到劈尖形的液膜上，膜的折射率为 1.33，液面两侧是同一种媒质，观察反射光的干涉条纹。

（1）离开劈尖棱边的第一条明条纹中心所对应的膜厚度是多少？

（2）若相邻的明条纹间距 l=6mm，上述第一明纹中心到劈尖棱边的距离 x 是多少？

解：

(1) $2ne+\frac{\lambda}{2}=k\lambda\quad(k=1)\Rightarrow e=\frac{\lambda}{4n}$

$=1.22\times10^{-7}\mathrm{m}$

(2) $x=\frac{l}{2}=3\mathrm{mm}$

3.没做

4. 用波长 500nm(1nm=10^{-9}m)单色光垂直照射由两块光学平玻璃构成的空气劈尖上，观察反射光的干涉现象，距劈尖棱边 l=1.56cm 的 A 处是从棱边算起的<u>第四个暗条纹中心</u>。

（1）此空气劈尖的劈尖角；

（2）改用 600nm 的单色光垂直照射到此劈尖上仍然观察反射光的干涉条纹，A 处明条纹还是暗条纹？

（3）在第（2）问的情形从棱边到 A 处的范围内共有几条明纹？几条暗纹？

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

$k=3,e_k=1.5\lambda,$

$\theta=\frac{e_k}{l_k}=4.8\times10^{-5}$

(2)　$\delta=2e_{1.56}+\frac{\lambda'}{2}=3\lambda'$

A处是明条纹

(3)　$\delta=3\lambda'\Rightarrow$有3条明纹3条暗纹

以暗纹开始明纹结束

5. 一单色光垂直照射在厚度均匀的薄油膜上，油膜覆盖在玻璃板上，油的折射率为 1.3，玻璃的折射率为 1.5，若单色光的波长可由光源连续可调，并观察到 500nm 与 700nm 这两个波长的单色光在反射中消失，求油膜的最小厚度。

解：$\begin{cases}2n_2e=(2k_1+1)\frac{\lambda_1}{2}\\2n_2e=(2k_2+1)\frac{\lambda_2}{2}\end{cases}$

$\lambda_1=500\mathrm{nm}$

$\lambda_2=700\mathrm{nm}$

$\Rightarrow\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{2k_1+1}{2k_2+1}=\frac{7}{5}=\frac{14}{10}=\mathrm{L}$

取 k1=3，k2=2 带入

$e_{最小}=6.73\times10^{-7}\mathrm{m}$

6. 在棱镜（n_1=1.52）表面镀一层增透膜（n_2=1.30）,为使此增透膜适用于波长为 5.50×10^{-7}m 的单色光，求：

（1）膜的最小厚度 e_1;

（2）膜的次最小厚度 e_2;

（3）若用白光入射，膜厚 e_2 时，反射光是什么颜色？

解　$\delta=2n_2e=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$

(1)　$k=0\Rightarrow e_1=1.06\times10^{-7}\mathrm{m}$

(2)　$k=1\Rightarrow e_2=3.18\times10^{-7}\mathrm{m}$

(3)　$2n_2e_2=k\lambda'$

$\begin{cases}k=1\quad\lambda'=8.25\times10^{-7}\mathrm{m}\\k=2\quad\lambda'=4.13\times10^{-7}\mathrm{m}\end{cases}$

取 k=2 紫光

7. 由两块玻璃片构成以空气劈尖，用波长 ***l*=600nm** 的单色光垂直照射，观察干涉条纹。求：（**1**）第二条明纹与第五条明纹所对应的空气膜厚度之差；（**2**）假如在劈尖内充满折射率 ***n*＝1.4** 的液体时，相邻明纹间距比劈尖内是空气时的间距缩小 **Δ*l*＝0.5mm**，劈尖角 ***q*** 是多少？

解: **(1)**
$$\begin{cases} 2e_2+\dfrac{\lambda}{2}=2\lambda \\ 2e_5+\dfrac{\lambda}{2}=5\lambda \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2\Delta e_{52}=\frac{3\lambda}{2}=9\times10^{-7}\,\mathrm{m}$$

(2) $\Delta l_{空气}-\Delta l_{液体}=\dfrac{\lambda}{2\theta}-\dfrac{\lambda}{2n\theta}=\Delta l$

$\Rightarrow \theta=1.71\times10^{-4}\,\mathrm{rad}$

8.没做

第七章 光的衍射

（一） 选择题

1.根据惠更斯——菲涅尔原理已知光在某时刻的波振面为 S，则 S 的前方某点 P 的光强度决定于波振面 S 上所有面积元发出的子波各自传到 P 点（）D 振动的相干叠加

2.在单缝弗朗和费衍射实验中，波长为λ的平行光垂直入射宽度 a=5λ的单缝，对应于衍射角 30°的方向，单缝处波面可分成的半波带数目为（5）

3.在光栅弗朗和费衍射实验中，单色平行光由垂直射向光栅改变为斜入射光栅，观察到的光谱线（）B 最高级次变大，条数不变

4. 包含波长为λa 与λb 的一束平行光垂直照射在单缝上，在衍射条纹中λa 的第一极小恰与λb 的第一极大位置重合，则

λa: λb=3：2

5.在一衍射光栅中，b=2a，则产生缺级现象的级次为（3，6，9……）

6.测量单色光的波长时，下列方法中最准确的是（光栅衍射）

7.在弗朗和费单缝衍射装置中，将单缝宽度 a 稍稍变窄，同时使会聚透镜沿与缝垂直的方向上做微笑位移，则屏幕上的中央衍射条纹将（变宽，同时向上移动）

8.在单缝弗朗和费衍射装置中，当把单缝稍微上移时，衍射图样将（不动）

（二） 填空题

1.在单缝弗朗和费衍射示意图中，所画出的各条正入射光线间距相等，那么光线 1、3 在屏幕上 p 点上相遇时的相位差为（2π）p 点应为（暗）点

2.在单缝的弗朗和费衍射中，若衍射角增大，则菲涅尔半波带的数目（增大），半波带面积（减少），各级条纹的亮度随着级数的增大而（减小）

3.有单色光垂直照射在单缝上，若缝宽 a 增大，则条纹间隔（减少），若波长λ增大，则条纹间隔（变大）当 a≤λ时，在屏幕上仅能见到（部分中央明纹）

4.一每毫米有 500 条刻痕的衍射光栅观察波长为 4.80*10^-7 的光波的衍射条纹，则光栅的光栅常数为（2*10^-6m）当光线垂直入射时，最多可观察到（9）条亮纹

5.用每毫米有 425 条刻痕的平面光栅观察λ=5.89*10^-7m 的钠光谱，垂直入射时，能看到的最高级次普显示第（3）级，以 i=30°斜入射时，能看到的最高级次普贤是第（5）级，原来的 0 级谱线处是现在是（2 级）

6.在单缝的弗朗和费衍射试验中，屏上第三级暗纹对应的单缝处波面可划分为（6）个半波带，若将缝宽缩小一半，原来第三级暗纹处将是（第一级明纹）

7.衍射光栅主极大公式(a+b)sinφ=±kλ,k=0,1…在 k=2 的方向上第一条缝与第六条缝对应点发出的两条颜射光的光程差δ=10λ

8.在单缝衍射中，衍射角越大的那些明条纹的亮度越小，原因是，未抵消的半波带面积越小

9.用波长为λ的单色平行光垂直入射在一块多缝光栅上，其光栅常数 d=3μm，缝宽 a=1μm，则在单缝衍射的中央明纹范围内共有（5）条谱线

10.对英语单缝衍射第 4 级暗条纹，单缝处波面可分为（8）个半波带

（三）计算题

1. 波长为 5.00×10^{-7}m 的平行光垂直入射于一宽为 1.00mm 的狭缝，若在缝后有一焦距为 1.0m 的薄透镜，使光线聚焦于屏幕上。求从衍射图形中心点到下列各点的距离：(1)第一级暗条纹中心；(2)第一级明条纹中心；(3)第三级暗条纹中心。

解： (1)、(3)

$$a\sin\varphi = a\frac{x}{f} = \begin{cases} k\lambda & \text{暗} \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明} \end{cases}$$

将 k=1，3 代入暗纹条件

X1=5*10^-4 X2=15*10^-4

(2)将 k = 1 代入明纹条件

X2=7.5*10^-4m

2. 以波长 400nm～760nm 的白光垂直照射在光栅上，在它的衍射光谱中，第二级和第三级发生重叠，问第二级光谱被重叠的波长范围是多少？

解：$\begin{matrix}(a+b)\sin\varphi = 3\lambda \\ (a+b)\sin\varphi = 2\lambda'\end{matrix}$, $2\lambda' = 3\lambda$

$$\lambda' = \frac{3\times4\times10^{-7}}{2} = 6\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

波长范围是：

$$6.00\times10^{-7}\mathrm{m} \sim 7.60\times10^{-7}\mathrm{m}$$

3. 波长 l = 600nm 的单色光垂直入射到一光栅上，测得第二级主极大衍射角为 30°，且第三级是缺级。问(1)光栅常数(a+b)等于多少？ (2)透光缝可能的最小宽度 a 等于多少？ (3)在选定了上述(a+b)和 a 之后，求在屏幕上可能呈现的全部主极大的级次。

解：(1) $(a+b)\sin\varphi = k\lambda \rightarrow a+b = 2.4\times10^{-6}\mathrm{m}$

(2) $k = \dfrac{a+b}{a}k' \rightarrow a = \dfrac{a+b}{k}k' = 0.8\times10^{-6}\mathrm{m}$, $(k'=1)$

(3) $k_m = \dfrac{a+b}{\lambda} = 4$

全部主极大的级次为：0、±1、±2。

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 f = 1m 的凸透镜，现以 l = 600nm 的单色平行光垂直照射光栅，求:(1)透光缝 a 的单缝衍射中央明纹宽度为多少？(2)在该宽度内，有几个光栅衍射主极大？

解： (1) $a\sin\varphi = a\dfrac{x}{f} = k\lambda$

$$x_0 = 3cm \rightarrow l_0 = 6cm$$

(2) $k = \dfrac{a+b}{a}k' = 2.5k'$

在中央明纹范围内可见：

0、±1、±2 共 5 个主极大。