复 习

考试范围：第9章 第6节 磁场与实物的相互作用－－第17章 原子核物理

不考的内容：

1) 第9章 第5节 电磁场的相对性
2) 麦克斯韦方程组的微分形式（P332）
3) 第11章 第4节 非线性振动与相图法
4) 第11章 第6节 声波 地震波
5）第12章 几何光学简介
6) 第15章 谐振子 (P533)

重点：电磁感应，振动与波动，光的干涉，衍射。

第9章 稳恒磁场

霍耳电压：$V_H = \frac{1}{nq}\frac{IB}{d} = K\frac{IB}{d}$

带电粒子在磁场中的受力：$\vec{f} = q\vec{v} \times \vec{B}$

带电粒子垂直磁场作圆周运动：$R = \frac{mv}{qB}$ **周期：**$T = \frac{2\pi m}{qB}$

电流在磁场中所受的安培力： $\vec{f} = \int I d\vec{l} \times \vec{B}$

线圈在磁场中所受的力矩： $\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B} = IS\vec{n} \times \vec{B}$

铁磁、顺磁、抗磁材料的基本概念

磁介质中的安培环路定理：$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_i$

磁化面电流：$\vec{i}' = \vec{M} \times \hat{n}$ $\quad \vec{M} = \chi_m \vec{H}$

$$\vec{B} = \mu_o(\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0(1 + \chi_m)\vec{H} = \mu_o\mu_r\vec{H} \qquad \mu_r = (1 + \chi_m)$$

第10章　电磁感应

电磁感应定律：$\varepsilon = -\dfrac{d\varphi}{dt}$ $\qquad \varphi = \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s}$

楞次定律判断电动势方向

通过线圈的电荷由磁通的变化决定：$q = \dfrac{N}{R}(\Phi_1 - \Phi_2)$

动生电动势：$\varepsilon = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

感生电动势与感应电场：$\varepsilon_i = -\dfrac{d\varphi}{dt} = -\int_S \dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s} = \oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l}$

对称情况：圆柱形磁场分布，沿半径方向感生电动势为零。

自感与互感：

$$L=\frac{\varphi}{I},\varepsilon_L=-L\frac{dI}{dt}.\quad M=\frac{\varphi_{12}}{I_1}=\frac{\varphi_{21}}{I_2},\varepsilon_{12}=-M\frac{dI_1}{dt}.$$

LR电路的暂态过程电流：$i=\frac{\varepsilon}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t}),\quad i=\frac{\varepsilon}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$

磁场的能量：$W_m=\frac{1}{2}LI^2,\quad w_m=\frac{B^2}{2\mu}=\frac{1}{2}\vec{B}\cdot\vec{H}$

麦可斯韦方程组：

位移电流密度： $\vec{j}_D=\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ **位移电流：** $I_D=\int\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}=\frac{d\varphi_D}{dt}$

平行板电容器的电位移： $D=\frac{Q}{S}$

全电流定理： $\oint_L\vec{H}\cdot d\vec{l}=I+\int\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

电磁波的波速：

$$u=\frac{1}{\sqrt{\mu_r\mu_0\varepsilon_r\varepsilon_0}}$$

欧姆定律微分形式：$\vec{j}=\sigma\vec{E}$

第11章 振动与波动

机械振动：

（1）简谐振动：$F=-kx,\quad \dfrac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=0$

$$x=A\cos(\omega t+\varphi)\qquad \omega=\frac{2\pi}{T}=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

单摆周期：$T=\dfrac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$

初始条件确定振幅、初位相：$A=\sqrt{x_0^{\ 2}+\dfrac{v_0^{\ 2}}{\omega^2}},\quad tg\varphi=\dfrac{-v_0}{x_0\omega}$

（2）旋转矢量法求位相。

（3）简谐振动的合成：

a）同方向、同频率的简谐振动合成

$$A^2=A_1^{\ 2}+A_2^{\ 2}+2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1),\quad tg\varphi=\frac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}$$

$$\Delta\varphi=2k\pi:A_{max}=A_1+A_2;\quad \Delta\varphi=(2k+1)\pi:A_{min}=|A_1-A_2|$$

b）同方向，频率相差很小的简谐振动的合成：拍现象。

拍频：$\Delta\nu = |\nu_1 - \nu_2|$

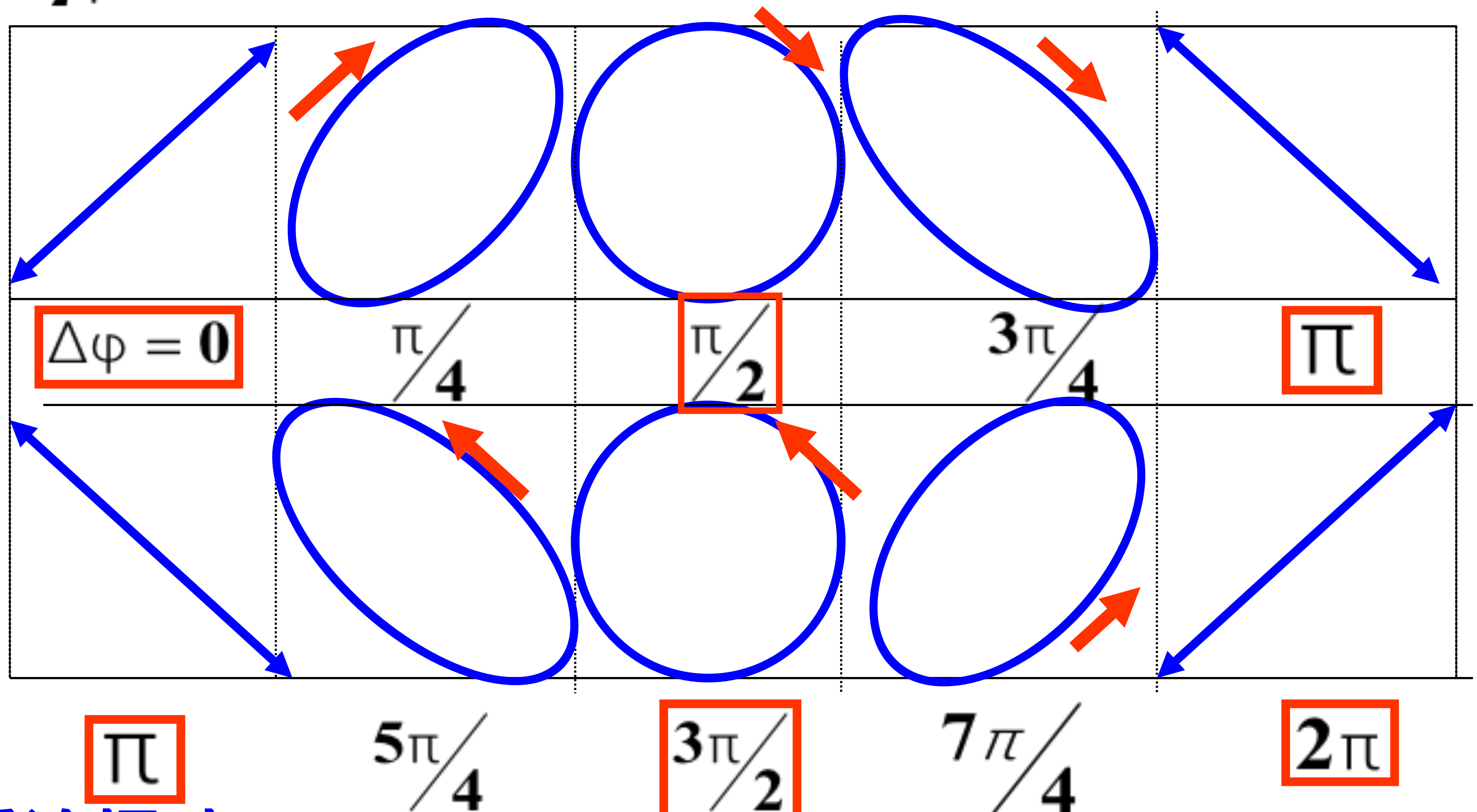
c）同频率、垂直振动合成：

右旋，**顺时针：**

$$0 < \Delta\varphi < \pi$$

左旋，**逆时针：**

$$\pi < \Delta\varphi < 2\pi$$



（4）阻尼振动、受迫振动

阻尼较小时，弱阻尼： $\beta^2 < \omega_0^2$

$$x(t) = Ae^{-\beta \cdot t}\cos(\omega t + \varphi_0) \qquad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

临界阻尼最快回到平衡位置： $\beta^2 = \omega_0^2$

振幅*A*极大，共振： $\omega \approx \omega_0$ 外加强迫力的频率等于固有振动频率。

机械波：

（1）波动各基本量的关系： $\lambda = uT = \dfrac{u}{\nu}, \quad k = \dfrac{\omega}{u} = \dfrac{2\pi}{\lambda}$

（2）波函数的建立：

$$y_{x_0} = A\cos(\omega t + \varphi), \quad y_x = A\cos\left[\omega\left(t - \frac{x - x_0}{u}\right) + \varphi\right]$$

减去落后的时间

（3）旋转矢量法求位相（由波形图得到位相）。

（4）波的能量：(介质块的能量随时间变化)

波形曲线切线的斜率平方与势能成正比

能量密度（单位体积中的能量）： $w = \rho A^2\omega^2 \sin^2 \omega(t - \dfrac{x}{u})$

能流： $P = \dfrac{dW}{dt} = u \cdot \Delta S \cdot w = u\Delta S \rho A^2\omega^2 \sin^2[\omega(t - \dfrac{x}{u})]$

能流密度： $i = wu = \rho A^2\omega^2 u \sin^2 \omega(t - \dfrac{x}{u})$

平均能流密度（波强）： $I = \bar{i} = \bar{w}u = \dfrac{1}{2}\rho A^2\omega^2 u$

（5）惠更斯原理：$\dfrac{c}{u}=n$

入射角大于等于全反射临界角时，只有反射波

全反射临界角：$\sin i_1=\dfrac{u_1}{u_2}=\dfrac{n_2}{n_1}$

半波损失：波从波疏介质入射到波密介质界面上反射时，反射波有半波损失

（6）波的干涉：相干条件。

加强、减弱的条件：

$$\Delta\varphi=\varphi_{20}-\varphi_{10}-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)=\begin{cases}2k\pi, & A=A_1+A_2\\(2k+1)\pi, & A=|A_1-A_2|\end{cases}$$

若 $\varphi_{20}=\varphi_{10}$

波程差：$\delta=r_1-r_2=\begin{cases}k\lambda & \text{加强}\\(2k+1)\lambda/2 & \text{减弱}\end{cases}$

（7）驻波：干涉的特例（两相向传播的同频率、同波长、同振幅平面简谐波的叠加)

驻波方程的获得，波腹，波节位置的确定。

相邻波腹或波节间的距离为：$\Delta x=\lambda/2$

弦驻波: $L=n\dfrac{\lambda}{2}$

两平面波干涉得到平行等间距直条纹，条纹间距：

$$\Delta x=\frac{\lambda}{\sin\varphi+\sin\theta}$$

（8）多普勒效应： $\nu=\dfrac{u\pm V_R}{u\mp V_S}\nu_S$

电磁波：

（1）LC振荡电路的固有振动圆频率： $\omega=1/\sqrt{LC}$

（2）电磁波是横波： $\vec{E}\times\vec{H}//\vec{u}$

（3）量值关系： $\sqrt{\varepsilon}E=\sqrt{\mu}H \qquad B=E/u$

（4）波速： $u=\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}=\dfrac{c}{\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}}=\dfrac{c}{n}$

（5）能量密度：$w = w_e + w_m = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2 = \varepsilon E^2 = \mu H^2$

（6）能流密度：$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

$$\overline{S} = \frac{1}{2}E_0 H_0 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}E_0^{\ 2}$$ 波强与振幅平方成正比

第13章 波动光学

光的干涉：

（1）光程的概念

由光程差确定干涉极大、极小：$\delta = k\lambda$: 干涉极大

$\delta = (2k+1)\lambda/2$: 干涉极小

（2）干涉条纹的反衬度：$V = \frac{I_{Max} - I_{\min}}{I_{Max} + I_{\min}}$

（3）杨氏干涉条纹间距：$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$

（4）时间相干性：光程差不能大于光波列长度，否则无法看到干涉条纹。

相干长度（光波列长度）：$L = \dfrac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = c\Delta t$

(5）空间相干性

相干范围的横向线度：$d < \dfrac{R\lambda}{b}$　　相干范围的孔径角：$\Delta\theta_0 < \lambda / b$

(6）薄膜等倾干涉光程差： $\delta = 2n_2 d\cos\gamma + \lambda/2 = k\lambda$（明条纹）

等倾干涉条纹是一系列同心圆环。

对于靠近中心的条纹：$\gamma \approx 0$

收缩或扩张一条干涉条纹对应的薄膜厚度改变：$\Delta d\big|_{\Delta k=1} = \dfrac{\lambda}{2n_2}$

(7）薄膜等厚干涉光程差： $\delta = 2n_2 d + \lambda/2 = k\lambda$

相邻条纹的厚度差（或一个干涉条纹的移动对应的厚度改变）：

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2n_2}$$

(8）劈尖干涉条纹间距： $\Delta x = \dfrac{\lambda}{2n\theta}$

(9）牛顿环暗纹半径： $r_k = \sqrt{kR\lambda / n}$

（10）迈克尔逊干涉仪：可以形成等效空气薄膜的等倾干涉和等厚干涉

条纹移动的数目m与M_2平移的距离关系为：$\Delta d = m\lambda / 2$

光的衍射：

（1）单缝夫琅和费衍射光强分布：$I_\theta = I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2$，$(\alpha = \frac{\pi a \sin\theta}{\lambda})$

暗纹条件：$a\sin\theta = k\lambda \quad (k = \pm 1, \pm 2, \cdots\cdots)$

中央零级明纹的半角宽为：$\Delta\theta = \lambda / a$

次极大（高级衍射亮斑）大约在暗纹中间。

暗纹位置：$x / f = \sin\theta \approx \tan\theta = k\lambda / a \qquad \therefore x = f k\lambda / a$

（2）半波带：相邻半波带的光程差为半个波长。

（3）双缝衍射光强分布：

$$I_\theta = I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \cos^2\beta, \quad (\beta = \frac{\pi d \sin\theta}{\lambda})$$

明纹条件：$d\sin\theta = k\lambda \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \cdots)$

（4）多缝（光栅）衍射

$$I_\theta = I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2\left(\frac{\sin N\beta}{\sin\beta}\right)^2$$

$$\beta = \frac{\pi d\sin\theta}{\lambda} \qquad \alpha = \frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}$$

光栅公式：$d\sin\theta = k\lambda$ （干涉极大）

条纹特点： 相邻明纹（主极大）间有N-1个极小，N-2个次极大。

缺级： $\frac{a}{d} = \frac{k'}{k}$ （k 级干涉极大缺级）

角色散：$D_k = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{k}{d\cos\theta_k}$

主极大半角宽：$\Delta\theta = \frac{\lambda}{Nd\cos\theta_k}$

最小可分辨的波长差：$d\lambda = \frac{\lambda}{Nk}$

（5）圆孔衍射

爱里斑半角宽度（圆孔径仪器的最小分辨角）：$\theta_1 \approx 1.22\frac{\lambda}{D}$

（6）x射线衍射(布喇格公式)：$2d\sin\theta = k\lambda$

光的偏振：

（1）五种偏振态： 其中线偏振、圆偏振、椭圆偏振光分解为两垂直线偏振光时，两者位相差稳定。

(2) 马吕斯定律：$I = I_0 \cos^2 \alpha$　　自然光通过偏振片：$I = \dfrac{I_0}{2}$

(3) 布儒斯特定律：$tgi_B = \dfrac{n_2}{n_1}$　　反射光与折射光垂直

(4) 双折射

光轴：晶体内的一个特殊方向，沿此方向o、e两光速度相同，传播方向相同，不发生双折射。

o光：振动方向垂直于自己的主平面；
e光：振动方向平行于自己的主平面。

正晶体、负晶体的概念

用惠更斯原理作o、e光在晶体内的传播图。

波晶片、λ/4 波片：对光的偏振态的变换。

圆偏振光、椭圆偏振光的获得：线偏振光通过λ/4 波片。

圆偏振光、椭圆偏振光的检验：将光通过λ/4 波片，则得到线偏振光。

第14章　早期量子论

(1) 黑体辐射的规律

斯特藩-玻耳兹曼定律：$M_0(T) = \sigma T^4$　　维恩位移定律：$T\lambda_m = b$

（2）光电方程: $eU=\frac{1}{2}mV_0^2=h\nu-A$

（3）康普顿效应: $\Delta\lambda=\frac{h}{m_0c}(1-\cos\varphi)=2\lambda_c\sin^2\varphi/2$

（4）光的波粒二象性: $E=h\nu,\qquad p=\frac{h}{\lambda},\qquad m=\frac{h\nu}{c^2}$

（5）玻尔理论

氢原子光谱规律: $\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2})$

$h\nu=E_n-E_k\qquad L=n\hbar\quad(n=1,2,3\cdots)$

$E_n=\frac{E_1}{n^2}=-\frac{13\cdot 6}{n^2}eV$

第15章　量子力学基础

（1）德布罗意物质波: $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}\qquad\lambda=\frac{h}{\sqrt{2m_0E_k}}$ (非相对论)

（2）不确定关系： $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$

（3）波函数： $\psi\left(\vec{r},t\right)$

概率密度：$P = \left|\psi\left(\vec{r},t\right)\right|^2 = \psi^* \cdot \psi$

归一化条件：$\int\limits_V\int\left|\psi\left(\vec{r},t\right)\right|^2 dV = 1$

（4）定态薛定谔方程、一维无限深势阱：

$$E_n = n^2\frac{\pi^2\hbar^2}{2ma^2}, \quad (n = 1,2,3\cdots), \quad \psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi}{a}x$$

（5）氢原子，四个量子数： n, l, m_l, m_s

a）能量：$E_n = -13.6\frac{1}{n^2}, \quad (n = 1,2,3\cdots)$

b）角动量：$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar, \quad (l = 0,1,2,\cdots,n-1)$

径向概率密度：$P_{n,l}(r) = |R_{n,l}(r)|^2 r^2$

c）角动量投影：$L_z = m_l\hbar, (m_l = 0, \pm1, \pm2, \cdots, \pm l)$

d）自旋角动量：$L_s = \sqrt{s(s+1)}\hbar = \frac{\sqrt{3}}{2}\hbar, \quad (s = \frac{1}{2})$

自旋角动量投影：$L_{sz} = m_s\hbar, \quad (m_s = \pm\frac{1}{2})$

e）泡利不相容原理：

能级 n 上允许容纳的最多电子数：$Z_n = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2$

f）能量最小原理：能量越低，状态越稳定，电子首先填充低能态。

能量高低的判断：$n + 0.7l$

第16章　激光和半导体

（1）半导体：用能带的观点解释导体、半导体、绝缘体的导电特性差异，以及本征半导体，N、P型半导体的导电机制。

（2）激光产生的必要条件：激励能源、激活物质（实现粒子数反转）、光学谐振腔。**粒子数反转的概念、光学谐振腔的作用。**

第17章 原子核物理

(1) 原子核的基本性质

${}^{12}_{6}C$的1/12为原子质量单位(u)：$1\mathrm{u}=1.66\times10^{-27}\mathrm{kg}$

原子核用质量数(A)和电荷数(Z)来表示：${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$

原子核的结合能：$\Delta E=\Delta mc^2=[Zm_{\mathrm{p}}+(A\text{-}Z)m_{\mathrm{n}}\text{-}m_{\mathrm{X}}]c^2$

(2) 原子核的衰变规律

$$N=N_0\mathrm{e}^{-\lambda t}$$

放射性强度或放射性活度：

$$A=-\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}=\lambda N_0\mathrm{e}^{-\lambda t}=A_0\mathrm{e}^{-\lambda t}$$

活度：$A=\lambda N$

活度单位：$1\mathrm{Ci}=3.7\times10^{10}\mathrm{s}^{-1}=3.7\times10^{10}\mathrm{Bq}$

半衰期：$T=\dfrac{\ln 2}{\lambda}=\dfrac{0.693}{\lambda}$

量子物理中有哪些重要实验?它们分别说明了什么问题?

（1）**黑体辐射的实验规律**：普朗克通过其能量子假说，推导出的普朗克公式与黑体辐射实验符合得很好，圆满地解释了绝对黑体的辐射问题。说明物体只能一份一份地按不连续方式辐射或吸收电磁能量

（2）**光电效应**：说明光的粒子性，即光具有波粒二象性，光与物质相互作用时，其能量的不连续性。

（3）**康普顿效应**：说明光的粒子性，证明光的量子理论的正确性，证明动量守恒、能量守恒在微观过程中是正确的。

（4）**氢原子光谱的实验规律**：表明原子光谱是分立的线状光谱线，间接反映了原子内部结构的不连续性，即能量的不连续。

（5）**卢瑟福α粒子散射实验**：发现了原子的核式结构。

（6）**代维逊—革末实验**：证明了实物粒子（电子）的波动性，即实物粒子同样具有波粒二象性。

（7）**斯特恩—盖拉赫实验**：证明电子自旋角动量的存在及其角动量的空间量子化。

模拟试题

一、选择题（共30分）

1. （本题 3分）已知平行板电容器的电容为C， 两极板间的电势差 U 随时间变化，其间的位移电流为：

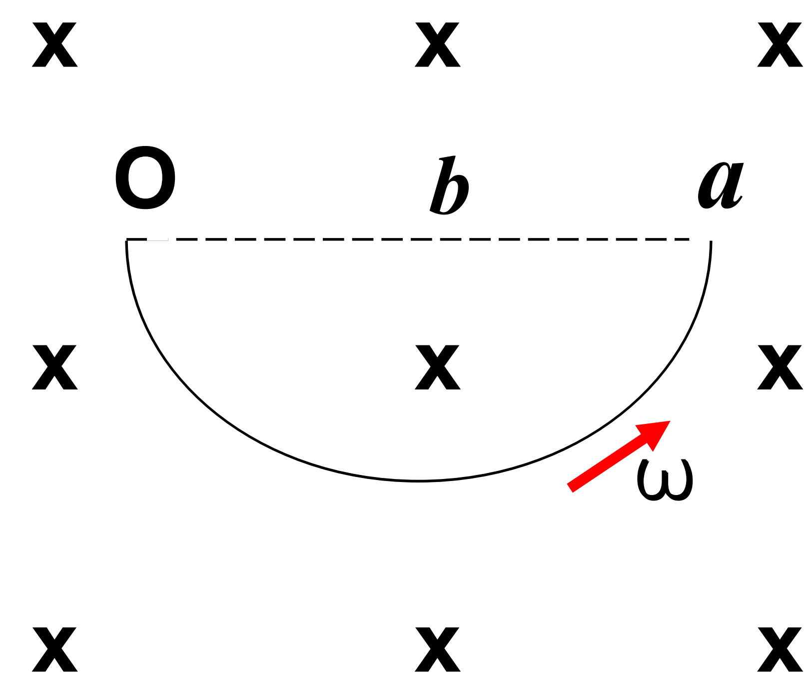
（A） CdU/dt； （B） dD/dt； （C） CU； （D） 0；

A

A

$$Q = UC \qquad I_D = \frac{dD}{dt}S = \frac{d(SD)}{dt} = \frac{d(S\sigma)}{dt} = \frac{dQ}{dt} = C\frac{dU}{dt}$$

2. (本题3分) 如图所示，一细导线弯成直径为 d 的半圆，置于纸面内，均匀磁场B垂直纸面向里，当导线绕着O点以匀角速度ω在纸面内旋转时，Oa导线的电动势为：



(A) $\frac{1}{2}(\omega B d^2)$

(B) $\omega B d^2$

(C) $\frac{1}{2}(\omega B d\cos\omega t)$

(D) $\frac{1}{2}(\omega B d\sin\omega t)$

A

A

回路的电动势为零，沿半圆的电动势与沿直径的动生电动势大小相等，方向相反。 $\varepsilon_{Oba} = -\varepsilon_{Oa}$

$$\varepsilon_{Oba} = \int_{Oba} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = -\int_0^d l\omega \cdot B\,dl = -\frac{1}{2}\omega B d^2$$

$$\varepsilon_{Oa} = \frac{1}{2}\omega B d^2$$

3．假定氢原子原是静止的，氢原子从n=3激发状态直接通过辐射跃迁到基态时的反冲速度大约是：

(A) 10m/s　　(B) 100m/s

(C) 4m/s　　(D) 400m/s

C

(氢原子的质量 m =1.67×10^{-27}kg)

ΔE

光子能量：$\Delta E = 13.6(1 - \frac{1}{3^2})eV$，$\Delta E = h\nu$

光子动量：$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{\lambda\nu} = \frac{h\nu}{c} = \frac{\Delta E}{c}$

动量守恒：$mv = \frac{\Delta E}{c} \Rightarrow v = \frac{\Delta E}{cm} = 3.86(m/s)$

4. 用劈尖干涉法可检测工件表面缺陷，当波长为 λ 的单色平行光垂直入射时，若观察到干涉条纹如图所示，每一条纹弯曲部分的顶点恰好与其左边条纹的直线部分的连线相切，则工件表面与条纹弯曲处对应的部分

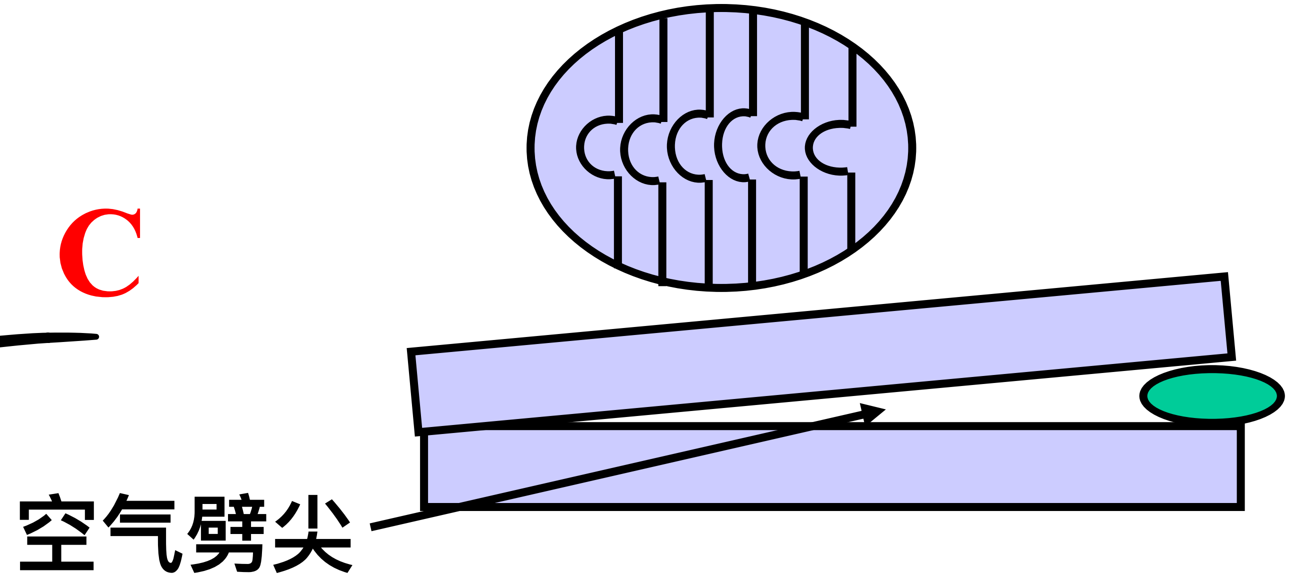
(A) 凸起，且高度为λ/4

(B) 凸起，且高度为λ/2

(C) 凹陷，且深度为λ/2

(D)凹陷，且深度为λ/4

C

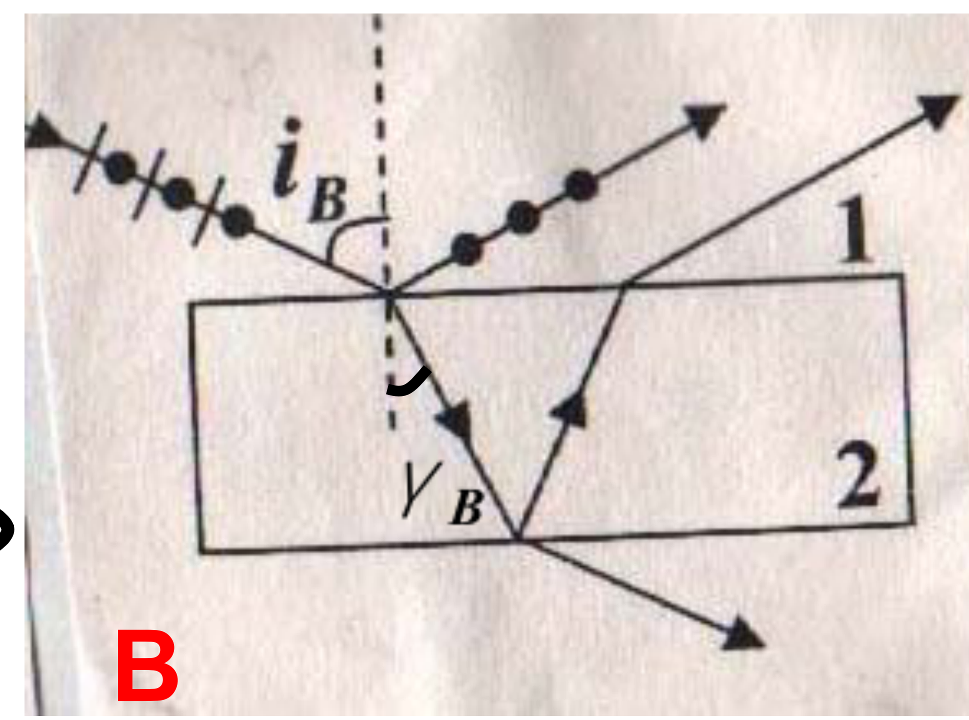


5. 一束自然光自空气射向一块平板玻璃（如图），设入射角等于布儒斯特角i_B，则在界面2的反射光：

（A）是自然光；　（B）是完全偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面；

（C）是完全偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面；　（D）是部分偏振光。

B



$$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1} \qquad \therefore \tan \gamma_B = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i_B + \gamma_B = 90^0$$

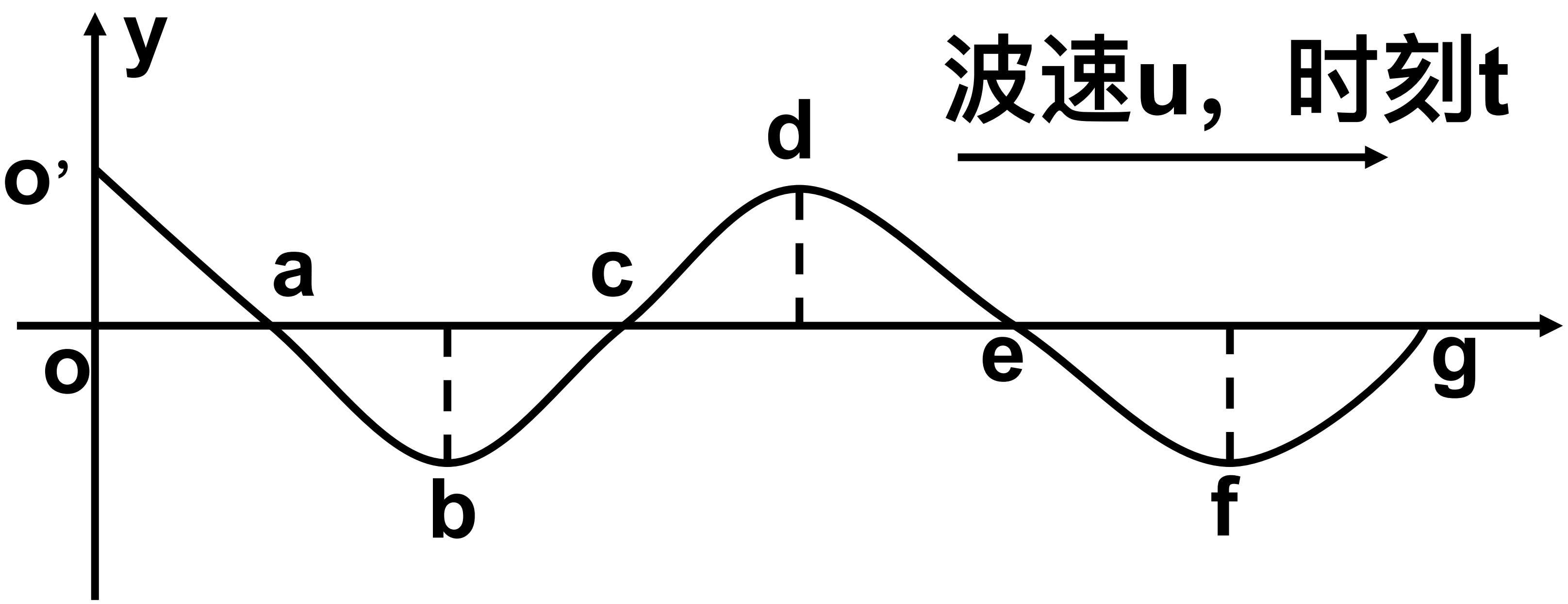
因此在界面2的反射仍然以布儒斯特角入射。

6. 一列机械波在 t 时刻的波形曲线如图所示，则该时刻能量为最大值的媒质质元的位置是：

（A） o’, b, d, f　　　　（B） a, c, e, g

（C） o’, d　　　　　　　（D） b, f

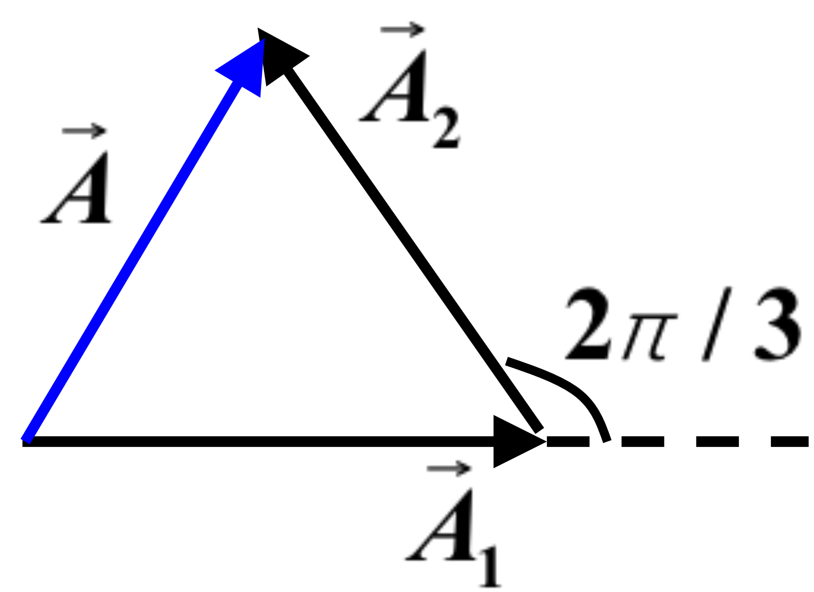
B



7. 将两个振动方向、振幅、周期均相同的简谐振动合成后，若合振动与分振动的振幅相同，则这两个分振动的相位差为：

（A） π/6；　（B） π/3；

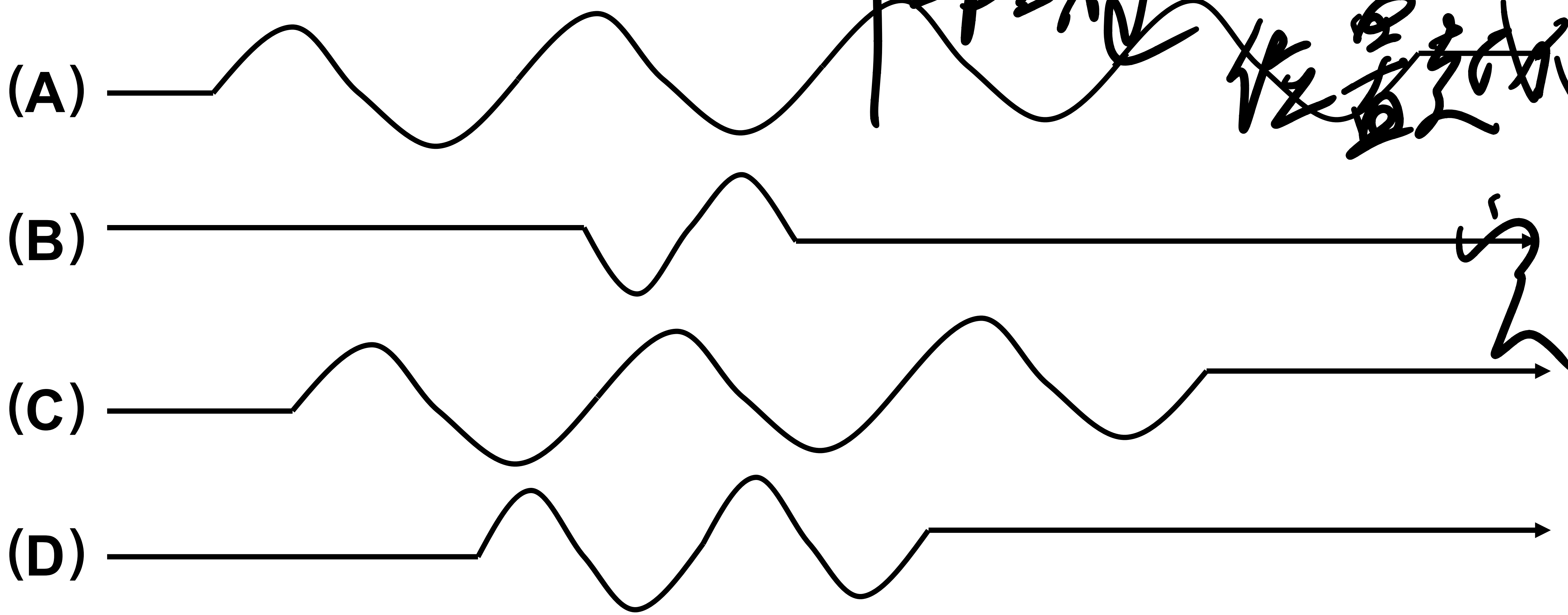
（C） π/2；　（D） 2π/3。



D

8. 设粒子运动的波函数图线分别如图所示，那么其中确定粒子动量的精确度最高的波函数是哪个图?

A



9. 在双缝干涉实验中，两条缝的宽度原来是相等的。若其中一缝的宽度略变窄（缝中心位置不变），则: D

（A）干涉条纹的间距变宽。 （B）干涉条纹的间距变窄。

（C）不再发生干涉现象。

（D）干涉条纹的间距不变，但原极小处的强度不再为零。

D

单缝衍射的光波振幅与缝宽成正比。

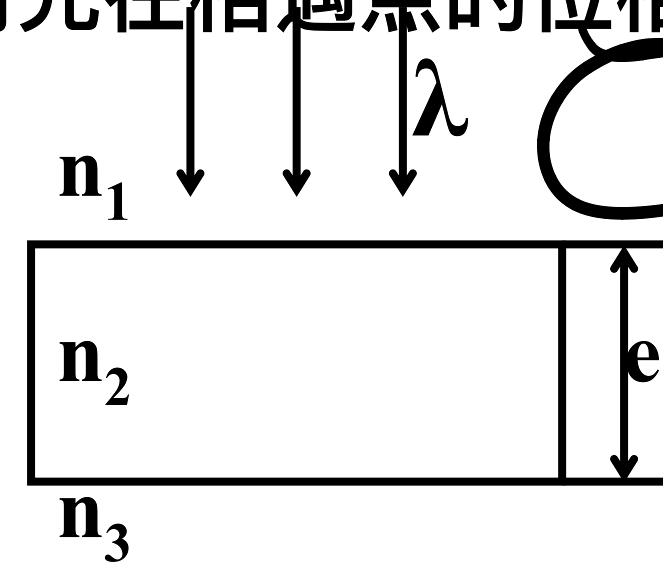
10. 如图所示，平行单色光垂直照射到薄膜上，经上下两表面反射的两束光发生干涉，若薄膜的厚度为e，并且$n_1 < n_2 > n_3$，λ_1为入射光在折射率为n_1的媒质中的波长，则两束反射光在相遇点的位相差为：

（A） $2\pi n_2 e/(n_1\lambda_1)$；

（B） $4\pi n_1 e/(n_2\lambda_1)+\pi$；

（C） $4\pi n_2 e/(n_1\lambda_1)+\pi$；

（D） $4\pi n_2 e/(n_1\lambda_1)$

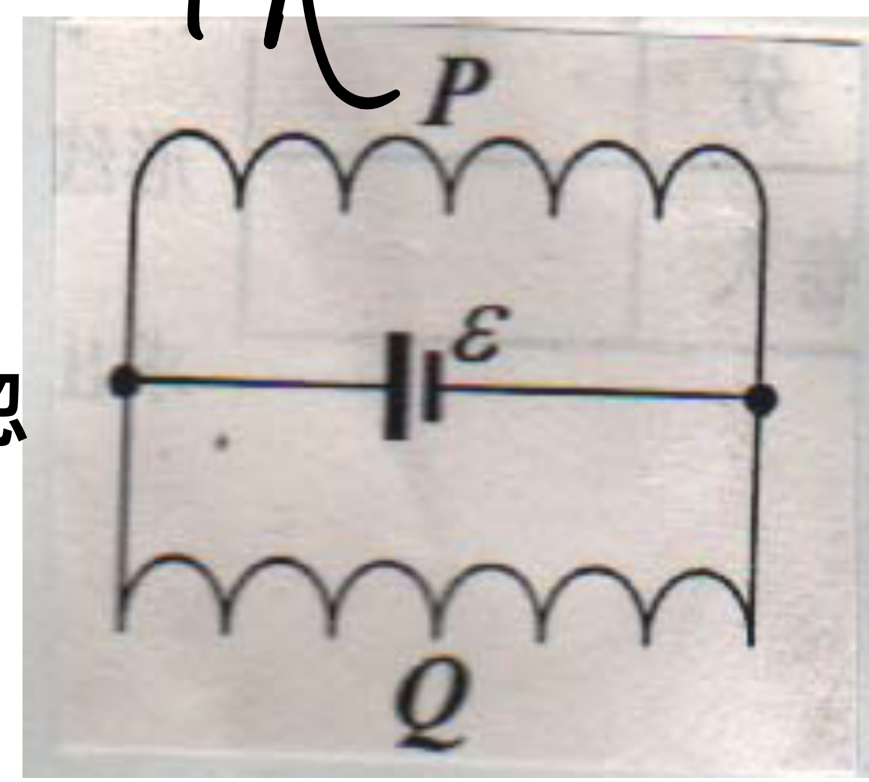


C

$$\frac{2\pi(2n_2e)}{n_1\lambda_1}+\pi$$

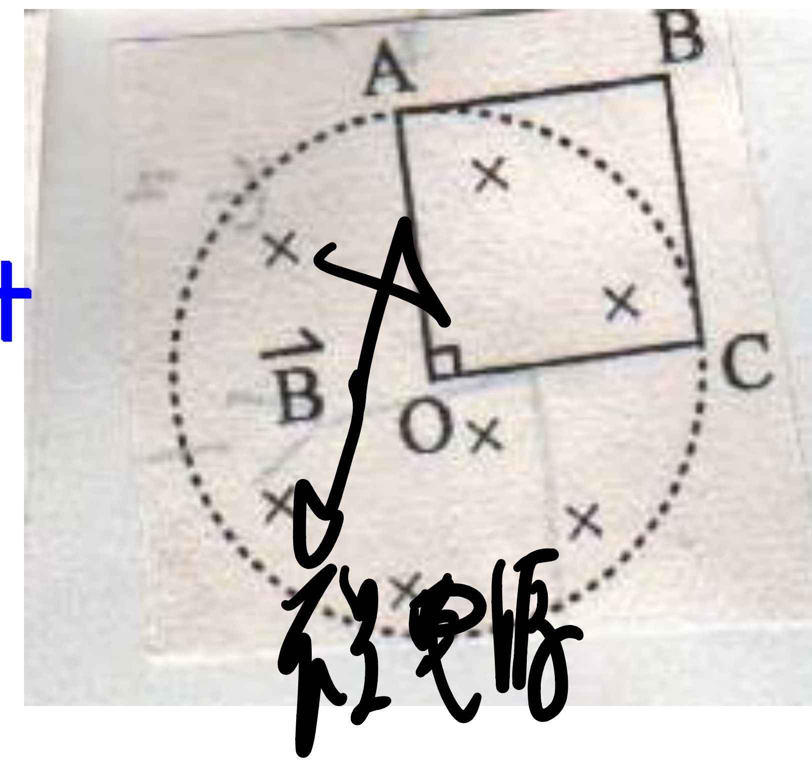
二、填空题（共30分）

1. 如图所示，两个线圈P和Q并联接到一电动势恒定的电源上，线圈P的自感和电阻分别是Q的两倍，线圈P和Q之间的互感可以忽略不计。当达到稳定状态后，线圈P的磁场能量与Q的磁场能量比值是 0.5



$$W=\frac{1}{2}LI^2$$

2. 均匀磁场限制在一个半径为20cm的圆柱形空间内，一正方形导线框OABC如图所示放置，导线框的总电阻为8Ω，今若磁场变化率dB/dt= 2 /π(T/s)，则电动势ε_{AOC}=___0___ 电势差 U_{OA} = __-0.005V__；电动势ε_{BC}=__-0.01V__。



$$|\varepsilon| = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d(BS)}{dt} = \frac{\pi r^2}{4}\frac{dB}{dt}$$

方向逆时针

$$\varepsilon_{BC} = -\frac{|\varepsilon|}{2} = -\frac{\pi r^2}{8}\frac{dB}{dt} = -0.01(V)$$

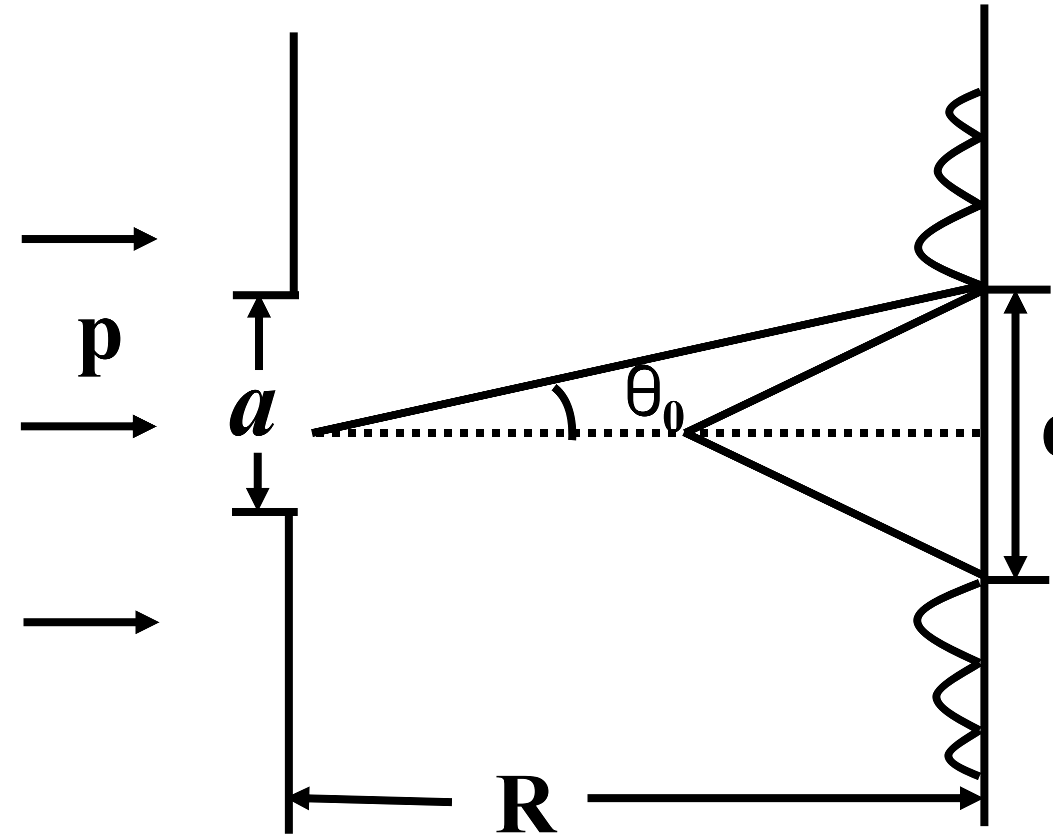
$$U_{OA} = -I\frac{R}{4} = -\frac{|\varepsilon|}{R}\frac{R}{4} = -\frac{\pi r^2}{16}\frac{dB}{dt} = -0.005(V)$$

3. 波长为λ的单色光垂直入射在缝宽 $a = 4\lambda$ 的单缝上，对应于衍射角为30度，单缝处的波面可划分为___4___半波带。

$$\delta = a\sin\theta = 4\lambda\sin 30^0 = 2\lambda, \qquad \frac{2\lambda}{\lambda/2} = 4$$

4. 如图所示，一束动量为p的电子，通过缝宽为a的狭缝,在距离狭缝为R处放置一荧光屏，屏上衍射图样中央极大的宽度d等于______。

$$\sin\theta_0 = \frac{\lambda}{a} \qquad \lambda = \frac{h}{p}$$



$$d = 2\sin\theta_0 \cdot R$$

$$= 2R\frac{\lambda}{a} = 2\mathrm{R}\frac{h}{pa}$$

5. 放射性元素镭的半衰期是1600年，若样品中含有3.0×10^{16}个镭核，则2000年后其放射性活度为________。

$$T_{1/2} = 1.6\times10^3\times3.15\times10^7\ \mathrm{s} = 5.0\times10^{10}\mathrm{s} \qquad \lambda = 0.693/T_{1/2}$$

$$N_0 = 3.0\times10^{16} \qquad A_0 = \lambda N_0$$

$$t = 2.0\times10^3\times3.15\times10^7\ \mathrm{s} = 6.3\times10^{10}\mathrm{s}$$

$$A = A_0\mathrm{e}^{-\lambda t} = 1.75\times10^5\,\mathrm{Bq}$$

6．已知中子的质量是m＝1.67×10^{-27}kg，当中子的动能等于温度为T＝300K的热平衡中子气体的平均动能时，其德布罗意波长为____________.

（h＝6.63×10^{-34} J·s， k＝1.38×10^{-23} J·K^{-1}）

$$\bar{\varepsilon}_t = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow v = \sqrt{3kT/m}$$

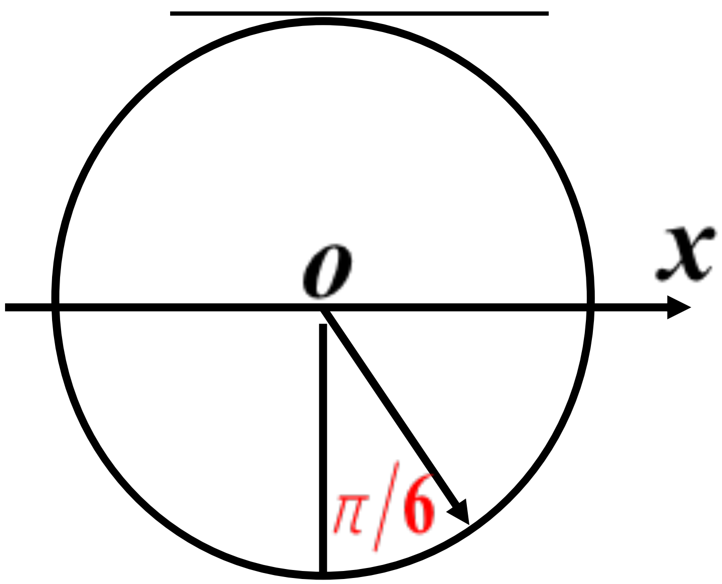
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\sqrt{3kT/m}} = \frac{h}{\sqrt{3kTm}} = 1.46\times10^{-10}(m)$$

7. 在驻波中，两个相邻波节之间各质点的振动振幅：不同，位相：相同。

8. 一质点作简谐振动，周期为T。当它由平衡位置向x轴正向运动到二分之一最大位移处，这段路程所需要的时间为T/12。

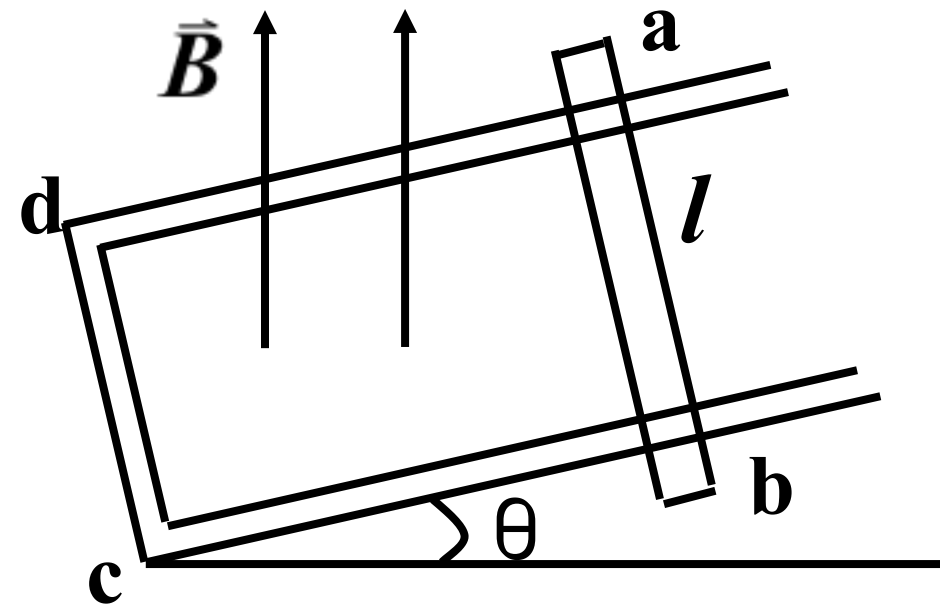
$$\Delta\theta = \pi/6$$

$$\Delta t = \frac{\Delta\theta}{\omega} = \frac{\Delta\theta}{2\pi/T} = \frac{\Delta\theta T}{2\pi} = \frac{T}{12}$$



三、计算题（共40分）

1. (本题10分) 有一很长的U形导轨，与水平面成θ角，裸导线ab可在导轨上无摩擦地下滑，导轨位于磁感应强度 $\vec{B}$ 垂直向上的均匀磁场中，如图所示。设导线ab的质量为m，电阻为R，长度为l，导轨的电阻略去不计，abcd形成电路，t＝0时，v＝0；试求：导线ab下滑的速度v与时间 t 的函数关系。



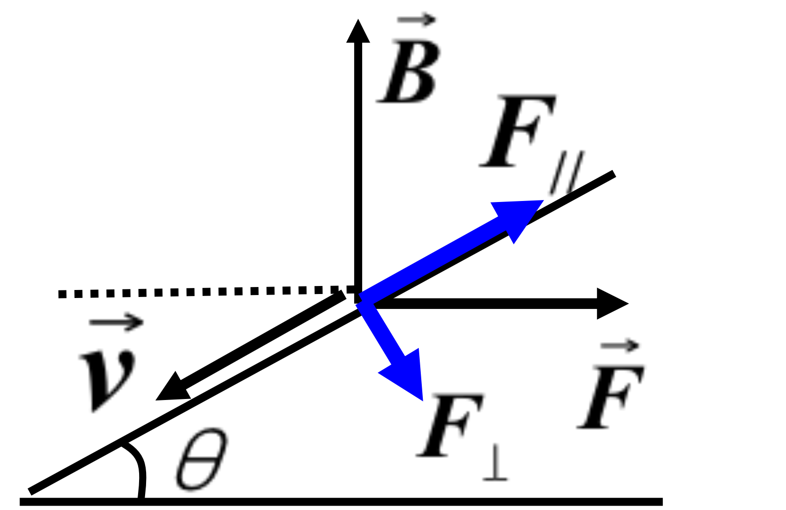
解： 电动势：

$$\varepsilon_i = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = Blv\cos\theta$$

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{Blv}{R}\cos\theta$$

安培力：$F = \int I d\vec{l} \times \vec{B} = IBl$

安培力沿导轨向上的分力为：



$$F = IBl\cos\theta = \frac{Blv\cos\theta}{R}Bl\cos\theta$$

受力：$mg\sin\theta - \dfrac{Blv\cos\theta}{R}Bl\cos\theta = m\dfrac{dv}{dt}$

分离变量：$$dt=\frac{dv}{g\sin\theta-\dfrac{B^2l^2v\cos^2\theta}{mR}}$$

——分离变量法

令：$A=g\sin\theta$

$c=B^2l^2\cos^2\theta/(mR)$

$$\int_0^t dt=\int_0^v\frac{dv}{A-cv}=\frac{-1}{c}\int_0^v\frac{d(A-cv)}{A-cv}$$

（利用初始条件：$t=0, v=0$）

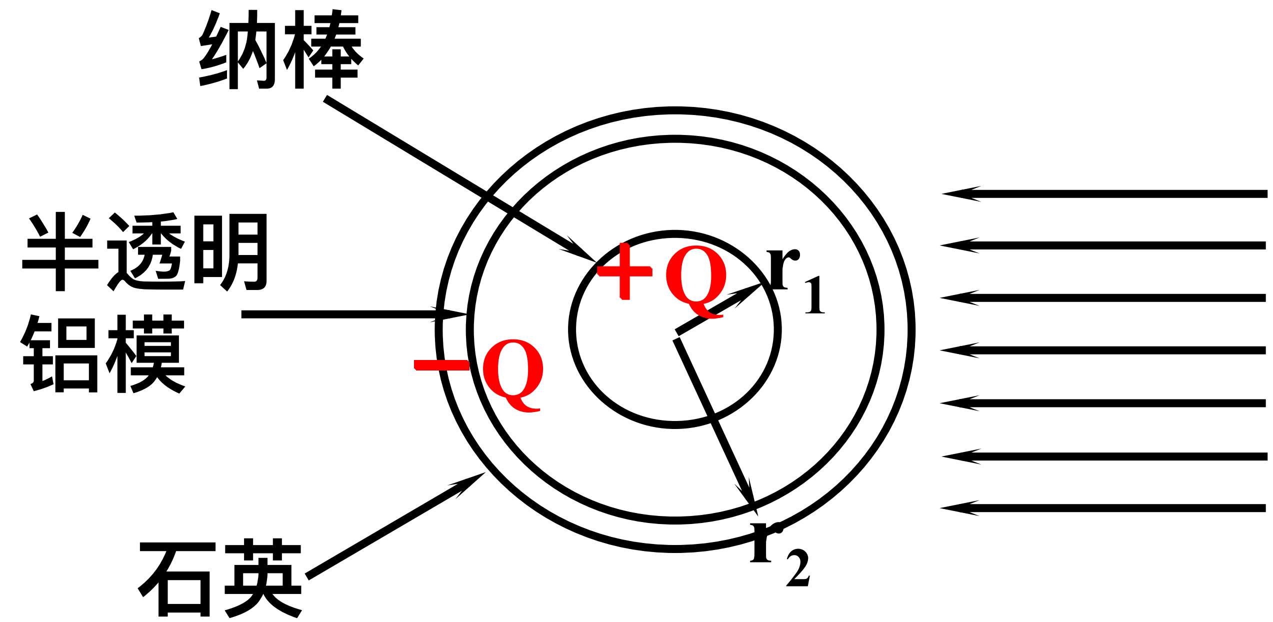
$$t=-\frac{1}{c}\ln\frac{A-cv}{A}\qquad\qquad \therefore v=\frac{A}{c}(1-e^{-ct})$$

代入A、c即可。

2．一共轴系统的横截面如图所示，外面为石英圆筒，内壁敷上半透明的铝薄膜，内径r_2 = 1 cm，长为20cm，中间为一圆柱形钠棒，半径r_1 = 0.6cm，长亦为20cm，整个系统置于真空中。今用波长3000A 的单色光照射系统。忽略边缘效应，求平衡时钠棒所带的电量。已知钠的红限波长为λ_m =5400A，铝的红限波长为2960A。

（电子电量 - e =1.6×10^{-19} C，普郎克常量 h =6.63×10^{-34} J · s，真空介电常数ε_0 =8.85×10^{-12} F ·m-1）

解: 铝不产生光电效应。纳在光照下，发射光电子。



$$\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - A = \frac{hc}{\lambda} - A$$

逸出功: $A = \dfrac{hc}{\lambda_m}$

纳的光电子的最大初动能为: $\dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{hc}{\lambda} - \dfrac{hc}{\lambda_m}$

当纳棒和铝膜间的电势差: $e\Delta U = mv^2/2$ 达到平衡。

由高斯定理，忽略边缘效应情况下得到电场：

$$E \cdot 2\pi rL = Q/\varepsilon_0 \quad \Rightarrow E = Q/(2\pi\varepsilon_0 Lr)$$

纳棒和铝膜间的电势差：

$$\Delta U = \int_{r_1}^{r_2} E \cdot dr = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{r_2}{r_1}$$

因此，光电子的初动能：

$$\frac{1}{2}mv^2 = e\Delta U = e\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{r_2}{r_1}$$

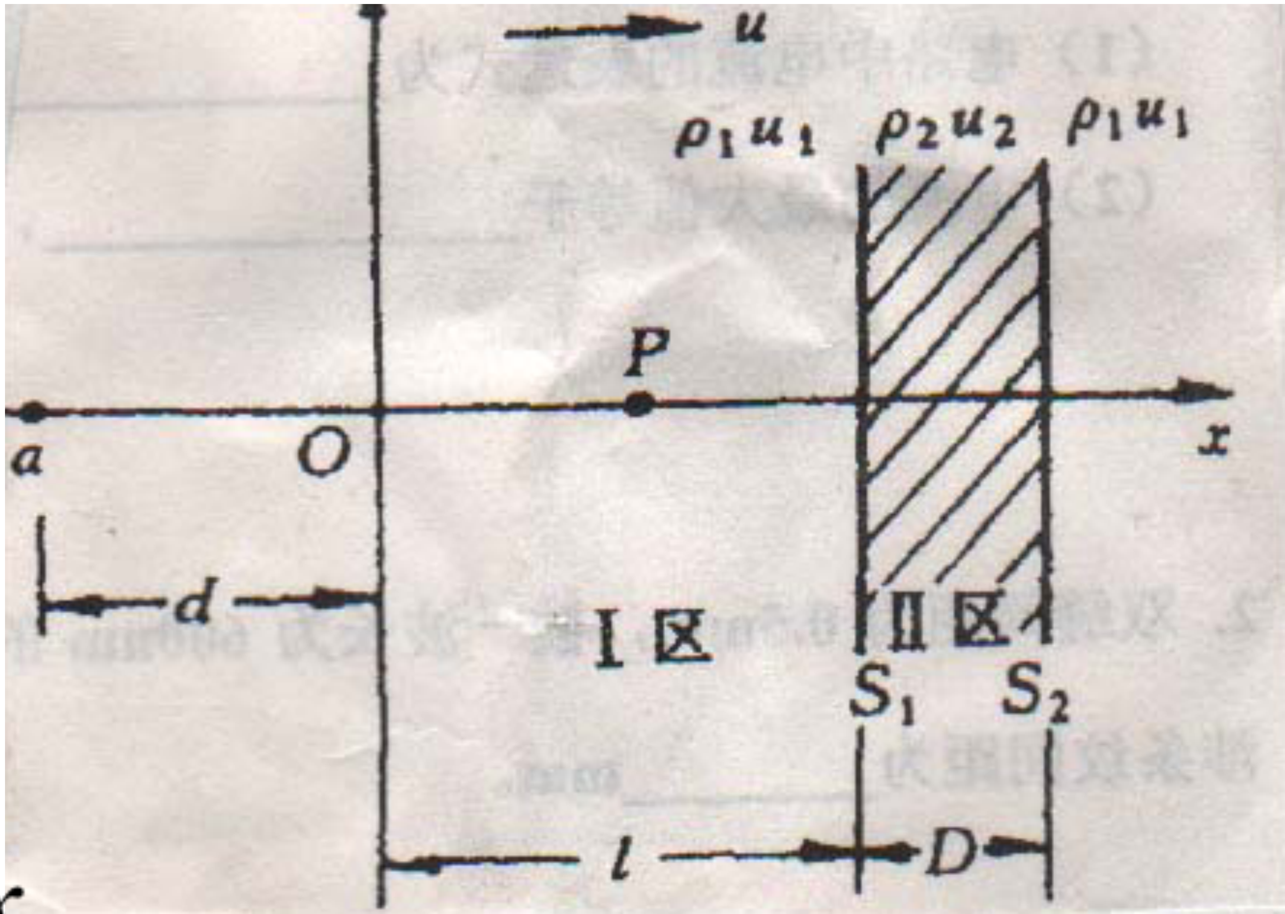
前面已经得到：

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_m}$$

$$\therefore e\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{r_2}{r_1} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_m}$$

$$Q = \frac{2\pi\varepsilon_0 Lhc}{e\ln(r_2/r_1)}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_m}\right) = 4.0\times10^{-11}C$$

3. 如图所示，一平面余弦波在介质I中沿x轴正向传播，a点到原点距离为d，a点振动表达式为$y = A\cos\omega t$。在x轴原点O的右侧 l 处有一厚度为D的介质II。在介质I 和介质II中的波速分别为u_1和u_2，且$\rho_1 u_1 < \rho_2 u_2$。



（1）写出I区中入射波的表达式；

（2）写出在S_1面上反射波的表达式（设振幅为A_1）；（3）写出在S_2面上反射波在I区的表达式（设振幅为A_2）；（4）若使上述两列反射波在I区内叠加后的合振幅A为最大，问介质II的厚度至少应为多厚?

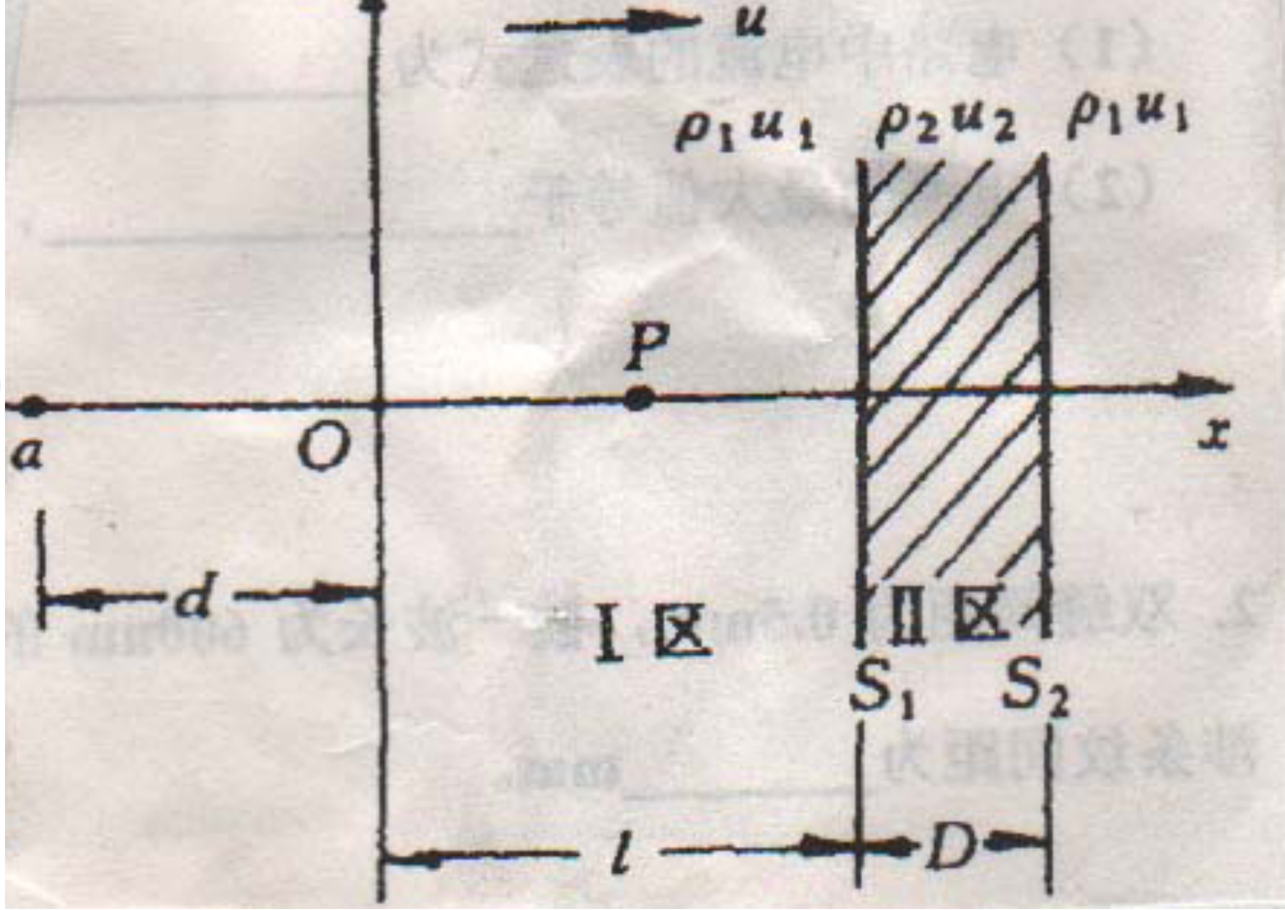
解：(1) $y_{入} = A\cos\omega(t - \dfrac{d+x}{u_1})$

(2) $y_{1反} = A_1 \cos[\omega(t - \dfrac{(l+d)+(l-x)}{u_1}) \pm \pi]$

$$= A_1 \cos[\omega(t - \frac{2l+d-x}{u_1}) \pm \pi]$$

（3）入射波传到S_2面处，质元的振动表达式为：

$$y_{入S_2}=A\cos\omega(t-\frac{d+l}{u_1}-\frac{D}{u_2})$$



在S_2面上反射时无半波损失，所以反射波经II区又回到I区的波动表达式为：

$$y_{2反}=A_2\cos\omega(t-\frac{d+l}{u_1}-\frac{D}{u_2}-\frac{D}{u_2}-\frac{l-x}{u_1})$$

$$=A_2\cos\omega(t-\frac{2l+d-x}{u_1}-\frac{2D}{u_2})$$

（4）合振幅最大的条件是：

$$\Delta\varphi=[-\omega(\frac{2l+d-x}{u_1}+\frac{2D}{u_2})]-[-\omega(\frac{2l+d-x}{u_1})\pm\pi]=2k\pi$$

最小厚度：

$$D_{\min}=\frac{u_2\pi}{2\omega}$$

4. 粒子在一维无限深势井中运动，其波函数为：

$$\psi_n(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0, x > a) \\ \sqrt{\dfrac{2}{a}}\sin\left(\dfrac{n\pi x}{a}\right) & (0 < x < a) \end{cases}$$

若粒子处于n = 1的状态，在0 ~ (1/4)a 区间发现该粒子的几率是多少？ 提示： $\int \sin^2 x dx = \dfrac{1}{2}x - (1/4)\sin 2x + C$

解:

$$dP = |\Psi|^2 dx = \frac{2}{a}\cdot\sin^2\frac{\pi x}{a}dx$$

$$P = \int_0^{a/4}\frac{2}{a}\cdot\sin^2\frac{\pi x}{a}dx$$

$$P = \int_0^{a/4}\frac{2}{a}\frac{a}{\pi}\sin^2\frac{\pi x}{a}d\left(\frac{\pi x}{a}\right) = \frac{2}{\pi}\left[\frac{\frac{1}{2}\pi}{a}\frac{a}{4} - \frac{1}{4}\sin\left(\frac{2\pi}{a}\frac{a}{4}\right)\right] = 0.091$$