北京邮电大学 2015 ——2016 学年第一学期

《大学物理 B》（下）期末考试答案和评分标准

一、选择题（每题 3 分，共 30 分）

A C D B D　　B D D C C

二、填空题（每空 2 分，共 24 分）

1. $y_{反} = A\cos 2\pi(\nu t - \frac{x}{\lambda})$

$$y_{入} + y_{反} = A\cos 2\pi(\nu t + \frac{x}{\lambda}) + A\cos 2\pi(\nu t - \frac{x}{\lambda}) = 2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos 2\pi\nu t$$

2. 圆偏振光，线偏振光

3. $\dfrac{\Delta x}{v}$，(同地时) $\dfrac{\Delta x}{v}\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}$或$\Delta x\sqrt{\dfrac{1}{v^2}-\dfrac{1}{c^2}}$或$\dfrac{\Delta x\sqrt{c^2-v^2}}{cv}$或$(\dfrac{\Delta x}{v}-\dfrac{v}{c^2}\Delta x)/\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}$

4. 10 条，3 条

5. $2m_ec^2$　($E^2 = E_0{}^2 + p^2c^2$　$p^2 = 3m_e{}^2c^2$　$p = \sqrt{3}m_ec$) $\lambda = \dfrac{h}{p} = \dfrac{h}{\sqrt{3}m_ec}$

6. 概率密度(某一时刻t在某点r附近的单位体积内发现粒子的概率)，

$$\int_V |\Psi(\vec{r},t)|^2 \mathrm{d}V = 1 \text{或} \int_V \Psi\Psi^* \mathrm{d}V = 1 \text{或} \int_{-\infty}^{\infty} \Psi\Psi^* \mathrm{d}x\mathrm{d}y\mathrm{d}z = 1$$

三、计算题（共 36 分）

1.（本题 12 分）

（1）碰撞后，盘受力平衡时

$$kl_0 = (M+m)g$$

以平衡位置为原点，竖直向下为正方向建立坐标系，x 处受力

$$F = (M+m)g - k(l_0 + x) = -kx = (M+m)\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{dx^2}{dt^2} + \frac{k}{(M+m)}x = 0$$　（4 分）

合外力为线性合外力，故是简谐振动

其

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} \qquad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$$　（1 分）

（2）碰撞瞬间为计时起点，即 t=0，碰后盘运动状态为(x_0, v_0)

$$x_0=\frac{Mg}{k}-\frac{(M+m)g}{k}=-\frac{mg}{k}$$ （1 分）

碰撞前，物理 m 的速度为 v

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

$$v=\sqrt{2gh}$$ （1 分）

根据动量定理

$$mv=(M+m)v_0$$

$$v_0=\frac{m}{M+m}\sqrt{2gh}$$ （1 分）

则系统振动方程为$x=A\cos(\omega t+\varphi)$，其中

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{\omega^2}}=\sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2+\frac{2m^2gh}{(M+m)k}}$$ （2 分）

$$\varphi=\arctan\left(-\frac{v_0}{x_0\omega}\right)=\arctan\sqrt{\frac{2hk}{g(M+m)}}$$ （1 分）

由于$x_0<0$，$v_0>0$

所以φ在第三象限 （1 分）

2.（本题 12 分）

（1）不用考虑半波损失，暗条纹处膜厚 d'

$$2n_1d'=(2k-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (k=1,2,3,\dots\dots)$$ （3 分）

因为$d'\ll d$

$$k\le\frac{2n_1d}{\lambda}+\frac{1}{2}=4.9$$

k = 1,2,3,4　　共四条暗条纹 （1 分）

（2）距离中心最近级数为第 4 级

$2n_1 d' = \frac{7}{2}\lambda$ （2 分）

$d' = \frac{7\lambda}{4n_1} = 8.75 \times 10^{-7}\mathrm{m}$

根据勾股定理

$[R - (d - d')]^2 + r_k^2 = R^2$ （2 分）

因为$d - d' \ll R$

$R \approx \frac{r_k^2}{2(d-d')} = 20\mathrm{m}$ （1 分）

（3）条纹向内收缩，或条纹减少，或条纹间距变大 （3 分）

3、（本题 12 分）

（1）设两相邻主极大分别为 k 级与 k+1 级

$d\sin\theta_1 = k\lambda$

$d\sin\theta_2 = (k+1)\lambda$ （2 分）

所以$d = \frac{\lambda}{\sin\theta_2 - \sin\theta_1} = 6 \times 10^{-6}\mathrm{m}$ k=2

$N = \frac{L}{d} = 10^4$ （1 分）

第四级缺级 $\frac{d}{a} = \frac{4}{n}$ 其中，n = 1，2，3 （1 分）

当 n=2 时，第 2 级缺级，与题目不符

故 n=1，2

$a = \frac{d}{4}$ 或 $\frac{3d}{4}$ 即$1.5 \times 10^{-6}\mathrm{m}$或 $4.5 \times 10^{-6}\mathrm{m}$ （每个答案给 1 分，共 2 分）

（2）主机大位置

$d\sin\theta = k\lambda$

$|k| = \left|\frac{d\sin\theta}{\lambda}\right| < \frac{d}{\lambda} = 10$ （2 分）

其中± 4，± 8级缺级

屏上可能出现的干涉主机大级次为

k = 0，± 1，± 2，± 3，± 5，± 6，± 7，± 9 （1 分）

（3）减少缝宽 a （3 分）

（如果答案为增加缝数 和减小光栅常数 则为 2 分）

四、证明题（10 分）

证：设θ为出射光子的散射角，φ为反冲电子的散射角

由动量守恒 $\dfrac{h\nu_0}{c}=\dfrac{h\nu}{c}\cos\theta+mv\cos\varphi$　　(电子动量写成 $m_e c$ 不给分)

$$\frac{h\nu}{c}\sin\theta=mv\sin\varphi$$

可得 $m^2v^2c^2=h^2(\nu_0^2-\nu^2-2\nu_0\nu\cos\theta)$　　（3 分）

由能量守恒 $h\nu_0+m_ec^2=h\nu+mc^2$　　(动能写成$\dfrac{1}{2}m_ev^2$不给分)

则 $mc^2=h(\nu_0-\nu)+m_ec^2$　　(写成 $h\nu_0-h\nu=m_ec^2+E_e$ 不给分)　　（3 分）

且 $m=\dfrac{m_e}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$　　（1 分）

可得 $m_ec^2(\nu_0-\nu)=h\nu_0\nu(1-\cos\theta)$

两边同时除以 $m_ec\nu_0\nu$，得 $c(\dfrac{\nu_0-\nu}{\nu_0\nu})=c(\dfrac{1}{\nu}-\dfrac{1}{\nu_0})=\dfrac{h}{m_ec}(1-\cos\theta)$

由于 $\lambda=\dfrac{c}{\nu}$，$\lambda_0=\dfrac{c}{\nu_0}$，故 $\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0=\lambda_c(1-\cos\theta)=2\lambda_c\sin^2\dfrac{\theta}{2}$，其中 $\lambda_c=\dfrac{h}{m_ec}$

(只有上式结果，无证明过程，则只给 5 分，也就是说，前面总共 7 分里面扣 2 分)

又 $E_0=h\nu_0$

$$E_e=mc^2-m_0c^2=h\nu_0-h\nu$$

所以 $\dfrac{E_e}{E_0}=\dfrac{mc^2-m_0c^2}{h\nu_0}=\dfrac{h\nu_0-h\nu}{h\nu_0}$

$$=\frac{\nu_0-\nu}{\nu_0}=\frac{c/\lambda_0-c/\lambda}{c/\lambda_0}=\frac{\lambda-\lambda_0}{\lambda}=\frac{2\lambda_c\sin^2(\theta/2)}{\lambda_0+2\lambda_c\sin^2(\theta/2)}$$　　（3 分）