2018年秋季学期大学物理A(2)试卷1参考答案

一、 选择题

DBABA DBBD

二、 填空题

1 $\dfrac{IB}{U_{12}qb}$　2 $\dfrac{C}{2}+\dfrac{\varepsilon_r C}{2}$；$\dfrac{\varepsilon_r -1}{2}U^2C$　3 $\dfrac{\mu_0 I}{4\pi R}$；垂直纸面向外　4 $\dfrac{1}{2}\omega BR^2$；方向指向盘心

5 $\omega B L^2/(2R)$；M=$\omega B^2L^4/(4R)$

6 $\theta' = \arctan\dfrac{\tan\theta}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

7 光子具有波粒二象性　$p=\dfrac{h}{\lambda}$,

所以　$|\Delta p| = \left|\dfrac{h}{\lambda^2}\Delta\lambda\right|$

$$\Delta x \ge \frac{h}{\Delta p} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = \frac{632.8^2}{10^{-9}} = 40\times 10^{13}\,\text{nm} = 400\text{km}$$

8 A/h；　$h(\nu_1-\nu_0)/e$

三、 简答题

一、建立麦克斯韦电磁场理论的实验基础和基本假设是什么？（4分）

答：麦克斯韦在总结大量电磁现象实验结果的基础上，运用“物理类比”的研究方法，提出并不断修改电磁现象的物理模型，通过一定的数学手段，将三个电磁现象的实验定律，即库仑定律、毕奥—萨伐尔定律和法拉第电磁感应定律联系在一起，并提出“感生电场”激发磁场和“位移电流”激发电场两个科学假设，由特殊到一般归纳总结，建立了麦克斯韦方程组，麦克斯韦电磁场理论充分反映了电磁场的客观运动规律。

二、在光和物质中的电子相互作用时出现光电效应和康普顿效应，这两个过程有什么不同？为什么康普顿效应更凸显了光的粒子性？（6分）

答：这两个不同效应产生的原因在于入射光子的波长和微观机制上的不同。

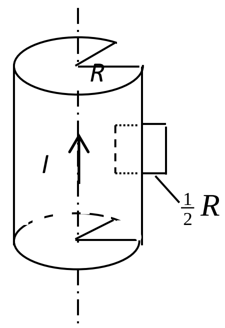
在光电效应中，入射光子在可见光波段，光子的能量较低，只有几电子伏特，参与光电效应的电子是金属中的自由电子，但它不是完全自由的，而是被束缚在金属表面以内。一个电子吸收一个光子而逸出的过程中能量守恒，动量不守恒，金属材料必取走部分动量。

康普顿效应中所用的 x 光子的能量上万电子伏特比一些较轻原子外层电子的束缚能（只有几电子伏特）要高四个数量级，散射物中的电子可看做是完全自由的。光子与电子的相互作用可近似看成单个光子与一个静止的自由电子的弹性碰撞过程，满足动量和能量守恒定律。

光电效应未涉及光子的动量，只说明电磁波在空间传播时，能量是一份份的，这样的能量子可被粒子整个地吸收。康普顿效应中所用的 x 光子的能量上万电子伏特比光电效应中所用的光子的能量要高四个数量级，因此，能量子的粒子性的表现就更为明确了，康普顿效应首次从实验上证实了 “光量子具有动量”的假设，在微观粒子的相互作用过程中，遵守能量守恒和动量守恒定律，所以康普顿效应更凸显了光的粒子性。

三、　计算题

计算题



1. （本题 10 分）半径为 R 的无限长实心圆柱体载有电流 I，电流沿轴向流动，并均匀分布在导体横截面上．一个与导体轴线位于同一平面的宽为 R 的单位长度矩形回路绝缘地插在导体内，且矩形回路中心线与导体边线重合(设导体内有一很小的缝隙，但不影响电流及磁场的分布)．

(1) 求回路在此位置时与圆柱导体的互感系数；

(2) 若圆柱导体上流过交变电流 $i=I_0\cos\omega t$，求回路中的感应电动势．(回路中的自感忽略不计)

解：(1)由于圆柱体载有电流分布具有轴对称性,所以各区域的磁感应线皆为以圆柱体轴线为对称轴的同心圆. 过场点取圆心在轴上以 r 为半径的圆为安培环路.根据安培环路定理

$$\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 2\pi r\cdot B = \mu_0 I \quad , \quad r>R; \qquad \oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 2\pi r\cdot B = \mu_0 I' ,\ I' = \pi r^2 \frac{I}{\pi R^2} , \quad 0\leqslant r\leqslant R$$

可求得磁场分布如下：

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad r>R$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \qquad 0\leqslant r\leqslant R \qquad （4 分）$$

穿过矩形回路的磁通量为：

$$\Phi = \int_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int_{R/2}^{R} \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}\mathrm{d}r + \int_{R}^{3R/2} \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\mathrm{d}r$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}(R^2 - \frac{R^2}{4}) + \frac{\mu_0 I}{2\pi}\ln\frac{3}{2}$$

$$= \frac{3\mu_0 I}{16\pi} + \frac{\mu_0 I}{2\pi}\ln\frac{3}{2} \qquad （3 分）$$

∴互感系数 $$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{3\mu_0}{16\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi}\ln\frac{3}{2} \qquad （1 分）$$

(2) $$\varepsilon = -M\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{\mu_0 I_0 \omega}{2\pi}\left(\frac{3}{8} + \ln\frac{3}{2}\right)\sin\omega t$$ （2 分）

2. （1） （2 分）

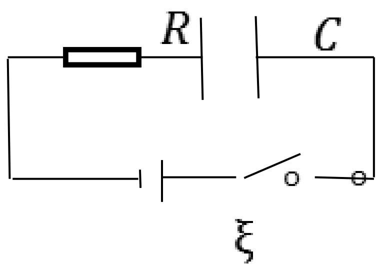
$$\int_0^a A^2 \sin^2\frac{n\pi x}{a}\mathrm{d}x = \frac{1}{2}A^2 a = 1$$ $\boxed{A = \sqrt{\frac{2}{a}}}$ （2 分）

（2） $W_n = \int_0^{\frac{2a}{3}} |\psi(x)|^2 dx = \frac{2}{3}$ （2 分）

（3） $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi(x)}{\partial x^2} - E\psi(x) = 0$ （2 分）

$\frac{\hbar^2}{2m}A\frac{n^2\pi^2}{a^2}\sin\frac{n\pi}{a}x - EA\sin\frac{n\pi}{a}x = 0$ $E_1 = \frac{\pi^2\hbar^2}{2ma^2}$ （2 分）

3 解：对 RC 串联电路有



$R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \xi$

解微分方程得：$q = C\xi(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$

由全电流连续，位移电流与传导电流相等，得：

$i_d = \frac{dq}{dt} = \frac{\xi}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$

所以，t=0 时，$i_d = \frac{\xi}{R} = 2A$

$t = 6\times10^{-6}s$时，$i_d = \frac{\xi}{R}e^{-\frac{t}{RC}} = 2e^{-1}A$

4 （1） $\Phi_e = \oint_s \vec{E}\bullet \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\sum q_{内}}{\varepsilon_0}$ （2 分）

$r < R$， $E_1 = \frac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$ （1 分） $r > R$， $E_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ （1 分）

（2） $u_{外} = \int_p^\infty \vec{E}_2\cdot\mathrm{d}\vec{r} = \int_r^\infty \frac{q\mathrm{d}r}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ （2 分）

$u_{内} = \int_{p_1}^\infty \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{r} = \int_r^R E_1\mathrm{d}r + \int_R^\infty E_2\mathrm{d}r = \frac{q}{8\pi\varepsilon_0 R^3}(3R^2 - r^2)$ （2 分）

$\mathrm{d}V = 4\pi r^2 \mathrm{d}r \qquad W_1 = \int_0^R \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_1{}^2 \mathrm{d}V = \frac{Q^2}{40\pi\varepsilon_0 R}$ （2 分）