

武汉大学2018-2019学年第一学期
《大学物理》B（下）期末试卷（计算机学院）

学院_____学号_____姓名_____成绩_____

1. 判断对错，对的打（√），错的打（X），每小题1分

1. 一个物体的电阻是它的固有性质，不随其温度、形状和尺寸变化。（ X ）
2. 在金属中，电子的定向漂移形成电流，电子的定向漂移速率等于电子的热运动速率。（ X ）
3. 一个运动的电荷在磁场中受洛伦兹力作用运动方向发生偏转，所以洛伦兹力对运动的电荷做功。（ X ）
4. 对抗磁质来说，其相对磁导率大于1，磁化后磁介质内部磁场增强。（ X ）
5. 电场线起于正电荷，终止于负电荷；同理，磁感应线起于磁体的N极，而终止于磁体的S极。（ X ）
6. 铁磁质具有临界转变温度居里点，当其温度高于居里点，其显示铁磁性，当其温度低于居里点时，显示顺磁性。（ X ）
7. 楞次定律表明，闭合回路中感应电流产生的磁通量总是反抗回路中原磁通量的变化。（ √ ）
8. 感生电场和静电场对电荷的作用规律相同，可表示为 $\vec{F} = q\vec{E}$ ，它们都是保守力场。（ X ）
9. 一个具有一定结构因素(匝数, 形状, 大小等)的线圈，其自感系数可用下式求得 $L = \frac{-\xi L}{di/dt}$ （其中*I*为通过线圈的电流大小），所以通过改变电流可有效地改变其自感。（ X ）
10. 位移电流是带电导体机械运动产生的电流，它在导体中运动可产生热量并对外做功。（ X ）
11. 在电磁波中，波的强度与其电场强度振幅成正比。（ X ）
12. 电磁波在不同介质中传播时，根据介质的性质不同，既可以以横波的形式传播，也可以以纵波的形式传播。（ X ）
13. 光在真空中传播时其速度为*C*，波长为 λ ，当光从真空中传入一折射率为*n*（*n*>1）的介质时，其频率不变，而波长变长。（ X ）
14. 电磁波从光疏介质射向光密介质在界面处发生发射，有半波损失；而透射波没有半波损失。（ √ ）

15. 两条无限长平行圆导线通反向电流, 当两条导线的间距为其直径的10倍时, 其单位长度上的自感为零。 (X)

16. 一个以速率 $v = \frac{1}{2}c$ (c 为光速)运动的粒子, 其动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{8}mc^2$ 。 (X)

17. 为了降低路面反射光对司机的影响, 应该佩戴竖直偏振的太阳镜。 (√)

18. 狭义相对论表明固有长度最长, 而固有时间最短。 (√)

19. 根据德布罗意的物质波理论, 微观粒子的物质波是一种概率波, 其波函数的强度, 即波函数的模的平方反映了粒子在空间出现的概率分布。 (√)

20. 根据玻尔的经典氢原子模型, 电子在原子核外的定态轨道上运动, 且在這些定态轨道上电子角动量 L 是量子化的, 满足 $L = mvr = n\frac{h}{2\pi}$ 。 (√)

2. (本题10分)

根据安培定律, 磁场对电流的作用力可表示为 $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$, $d\vec{F}$ 为磁场 \vec{B} 对电流元 $Id\vec{l}$ 的作用力; 一个运动电荷 Q 在磁场 \vec{B} 中所受的洛伦兹力为 $\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$, \vec{v} 为运动电荷的速度。试运用洛伦兹力公式推导安培定律。

答: 根据洛伦兹力公式 $\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$

$$d\vec{F} = dQ(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$d\vec{F} = Idt(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$d\vec{F} = I(\vec{v}dt) \times \vec{B}$$

$$d\vec{F} = I(d\vec{l} \times \vec{B})$$

或者:

$$\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$d\vec{F} = dQ(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$d\vec{F} = Qnsdl(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$d\vec{F} = Qnsv(d\vec{l} \times \vec{B})$$

$$d\vec{F} = I(d\vec{l} \times \vec{B})$$

3. (本题10分)

一长同轴电缆由半径分别为 r_1 和 r_2 的两个同轴薄壁导体圆筒组成, 设恒定电流 I 由内壁流入, 外筒流出, 两圆筒间是相对磁导率为 μ_r 的绝缘介质。求:

(1) 同轴电缆内、外磁感应强度的分布;

(2) 同轴电缆单位长度上的自感。

答：由于电流及其产生的磁场具有无限长的轴对称分布，在与轴线垂直的平面内，任取一个半径 r 的闭合回路，由安培回路定理可得：

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = 2\pi r H = \sum I$$

当 $r < r_1$ 时， $\sum I = 0$ ，所以 $H_1 = 0$ ，则 $B_1 = \mu_1 H_1 = 0$

当 $r_1 < r < r_2$ 时， $\sum I = I$ ，所以 $H_2 = \frac{I}{2\pi r}$ ，则 $B_2 = \mu_2 H_2 = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$

当 $r > r_2$ 时， $\sum I = 0$ ，所以 $H_3 = 0$ ，则 $B_3 = \mu_3 H_3 = 0$

在内外薄圆筒之间，取一长度为 l 、宽度为 dr 的面元，通过该面元的磁通量为

$$d\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r} \cdot l dr$$

于是通过长度为 l 的矩形区域的磁通量为

$$\phi = \int d\phi = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r} \cdot l dr = \frac{\mu_0 \mu_r I l}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

所以，同轴电缆单位长度上的自感为

$$L = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

4.（本题10分）

一束自然光，其光强为 I_0 ，使其变成完全水平线偏振的偏振光，需要至少几个偏振片，透过偏振光强度多大？要使此线偏振光通过偏振片后方向转过 90° 变成竖直偏振光，至少需要再加几个偏振片，透射最大光强是原来自然光光强的多少倍？

答：自然光变成水平线偏振的偏振光需要一个偏振片，透过偏振光的强度为 $I_1 = \frac{1}{2} I_0$

此线偏振光通过偏振片后方向转过 90° 变成竖直偏振光，至少需要再加2个偏振片，透射光强为 $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 (90^\circ - \alpha)$

$$= I_1 \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha$$

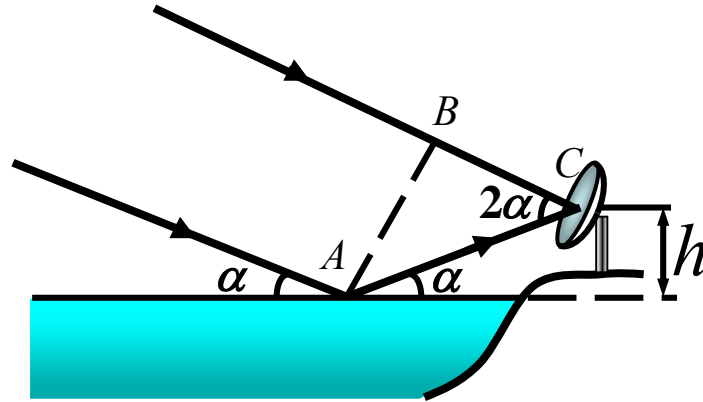
$$= I_1 \left(\frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)^2$$

最大值时， $\alpha = 45^\circ$

可得 $I_{2\max} = \frac{1}{4} I_1 = \frac{1}{8} I_0$

5. (本题10分)

一射电望远镜的天线设在湖岸上,距湖面高度为 h ,对岸地平线上方有一恒星正在升起,恒星发出波长为 λ 的电磁波。求:当天线测得第1级干涉极大时恒星所在的角位置。



答: 电磁波在空气和水的界面反射时有半波损失, 两束电磁波的光程差为

$$\delta = AC - BC \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$AC - BC = \frac{h}{\sin\alpha} (1 - \cos 2\alpha) = 2h \sin\alpha$$

$$\delta = 2h \sin\alpha + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \text{ 时干涉增强, 取 } k=1 \text{ 时, } \alpha_1 = \arcsin \frac{\lambda}{4h}$$

6. (本题10分)

一衍射光栅, 每厘米有400条透光缝, 每条透光缝宽度为 $a=1 \times 10^{-5} \text{m}$, 在光栅后放一焦距 $f=1 \text{m}$ 的凸透镜, 现以 $\lambda=500 \text{nm}$ 的单色平行光垂直照射光栅, 求(1)透光缝 b 的单缝衍射中央明条纹宽度为多少?(2)在该宽度内, 有几个光栅衍射主极大?

答: 由单缝衍射中央明条纹宽度公式,

$$L_0 = 2 \frac{\lambda}{a} f = 2 \times \frac{500 \times 10^{-9}}{10^{-5}} \times 1 = 0.1 \text{ m}$$

在由单缝衍射第一级暗纹公式 $a \cdot \sin\theta = \lambda$ 所确定的角度 θ 内, 结合光栅衍射主极大的公式, 即:

$$a \cdot \sin\theta = \lambda$$

$$d \cdot \sin\theta = k\lambda$$

可得

$$k = \frac{d}{a} = 2.5$$

则

$$k = \pm 1, 0, \pm 2$$

所以共有5个主极大

7. (本题10分)

π 介子是一种不稳定的粒子, 从它产生到它衰变经历的时间即为它的寿命, 已测得静止 π 介子的平均寿命 $\tau_0 = 2 \times 10^{-8} \text{s}$. 某加速器产生的 π 介子以速率 $u = 0.98 c$ 相对实验室运动。求 π 介子衰变前在实验室中通过的平均距离。

答: 对实验室中的观察者来说, 运动的 π 介子的寿命 τ 为

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{2 \times 10^{-8}}{\sqrt{1 - 0.98^2}} = 1.005 \times 10^{-7} \text{ s}$$

因此, π 介子衰变前在实验室中通过的距离 d' 为

$$d' = \mu\tau = 0.98c \times 1.005 \times 10^{-7} = 29.5 \text{ m}$$

8. (本题10分)

康普顿效应表明, 当高能X射线照射到某一物质上并被散射时, 在散射线中除了有与原波长相同的波长成分外, 还有波长变长的成分, 其波长偏移公式为 $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$, 其中 λ 和 λ_0 分别为散射线和入射线波长, h 为普朗克常数, m_0 为电子的静止质量, c 为光速, θ 为散射角, 试结合光的波粒二象性、能量守恒定律、动量守恒定律及矢量运算法则推导此波长偏移公式, 要求写出严格的推导过程并图示。

9. (本题10分)

分别求电子和一质量为 0.1 kg 的金属球以 $v = 10000 \text{ m/s}$ 的速率运动时的德布罗意波长；
如果电子受加速电压 $U=10000 \text{ V}$ 作用时，求其德布罗意波长。其中 $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 为电子质量， $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 为普朗克常数， $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 为电子电量。

答：粒子的德布罗意波长为 $\lambda = \frac{h}{p}$ ，低速运动时可不考虑相对论效应，则

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_0 v}$$

可得电子的德布罗意波长为

$$\lambda_1 = \frac{h}{m_0 v} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 10000} = 7.27 \times 10^{-8} \text{ m}$$

金属球的德布罗意波长为

$$\lambda_2 = \frac{h}{m_2 v} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{0.1 \times 10000} = 6.626 \times 10^{-37} \text{ m}$$

电子在电场中运动时， $\frac{1}{2} m_0 v^2 = eU$ ，则

$$\lambda_3 = \frac{h}{m_0 v} = \frac{h}{\sqrt{2 m_0 e U}} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.11 \times 10^{-31} \times 1.602 \times 10^{-19} \times 10000}} = 1.227 \times 10^{-11} \text{ m}$$