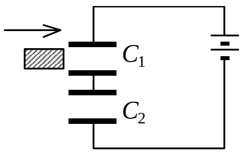
2012—2013 学年第一学期
《大学物理（2-2）》期末试卷

一、选择题（共 10 小题，每小题 3 分，共计 30 分）

1、根据高斯定理的数学表达式$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\sum q/\varepsilon_0$可知下述各种说法中，正确的是

(A) 闭合面内的电荷代数和为零时，闭合面上各点场强一定为零.
(B) 闭合面内的电荷代数和不为零时，闭合面上各点场强一定处处不为零.
(C) 闭合面内的电荷代数和为零时，闭合面上各点场强不一定处处为零.
(D) 闭合面上各点场强均为零时，闭合面内一定处处无电荷. [C]

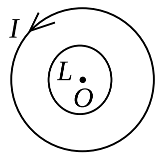
2、两个完全相同的电容器 C_1 和 C_2，串联后与电源连接．现将一各向同性均匀电介质板插入 C_1 中，如图所示，则



(A) 电容器组总电容减小.
(B) C_1 上的电荷大于 C_2 上的电荷.
(C) C_1 上的电压高于 C_2 上的电压 .
(D) 电容器组贮存的总能量增大.

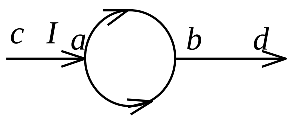
[D]

3、如图，在一圆形电流 I 所在的平面内，选取一个同心圆形闭合回路 L，则由安培环路定理可知



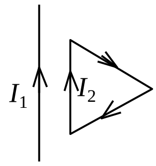
(A) $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$，且环路上任意一点 $B=0$.
(B) $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=0$，且环路上任意一点 $B\neq0$.
(C) $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}\neq0$，且环路上任意一点 $B\neq0$.
(D) $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}\neq0$，且环路上任意一点 $B=$常量. [B]

4、如图所示，电流从 a 点分两路通过对称的圆环形分路，汇合于 b 点．若 ca、bd 都沿环的径向，则在环形分路的环心处的磁感强度



(A) 方向垂直环形分路所在平面且指向纸内.
(B) 方向垂直环形分路所在平面且指向纸外.
(C) 方向在环形分路所在平面，且指向 b.
(D) 方向在环形分路所在平面内，且指向 a.
(E) 为零. [E]

5、如图，无限长载流直导线与正三角形载流线圈在同一平面内，若长直导线固定不动，则载流三角形线圈将



(A) 向着长直导线平移. (B) 离开长直导线平移.

(C) 转动. (D) 不动.

[A]

6、自感为 0.25 H 的线圈中，当电流在(1/16) s 内由 2 A 均匀减小到零时，线圈中自感电动势的大小为

(A) $7.8\ \times 10^{-3}$ V. (B) $3.1\ \times 10^{-2}$ V.

(C) 8.0 V. (D) 12.0 V. [C]

7、两个通有电流的平面圆线圈相距不远，如果要使其互感系数近似为零，则应调整线圈的取向使

(A) 两线圈平面都平行于两圆心连线.

(B) 两线圈平面都垂直于两圆心连线.

(C) 一个线圈平面平行于两圆心连线，另一个线圈平面垂直于两圆心连线.

(D) 两线圈中电流方向相反. [C]

8、对位移电流，有下述四种说法，请指出哪一种说法正确.

(A) 位移电流是由变化的电场产生的.

(B) 位移电流是由线性变化磁场产生的.

(C) 位移电流的热效应服从焦耳—楞次定律.

(D) 位移电流的磁效应不服从安培环路定理. [A]

9、如果(1)锗用锑(五价元素)掺杂，(2)硅用铝(三价元素)掺杂，则分别获得的半导体属于下述类型

(A) (1)，(2)均为 n 型半导体.

(B) (1)为 n 型半导体，(2)为 p 型半导体.

(C) (1)为 p 型半导体，(2)为 n 型半导体.

(D) (1)，(2)均为 p 型半导体. [B]

10、 在激光器中利用光学谐振腔

(A) 可提高激光束的方向性，而不能提高激光束的单色性.

(B) 可提高激光束的单色性，而不能提高激光束的方向性.

(C) 可同时提高激光束的方向性和单色性.

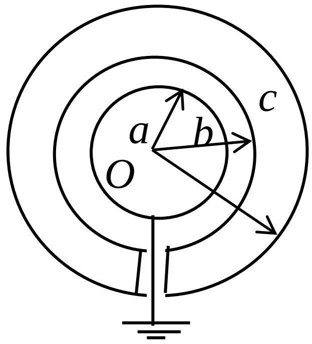
(D) 既不能提高激光束的方向性也不能提高其单色性. [C]

二、简单计算与问答题（共 6 小题，每小题 5 分，共计 30 分）

1、（本题 5 分）

图示为一半径为 a、不带电的导体球，球外有一内半径为 b、外半径为 c 的同心导体球壳，球壳带正电荷＋Q. 今将内球与地连接，设无限远处为电势零点，大地电势为零，球壳

离地很远，试求导体球上的感生电荷．



解：内球接地时，其上将出现负的感生电荷，设为$-q$．而球壳内表面将出现正的感生电荷$+q$，这可用高斯定理证明．球壳外表面的电荷成为 $Q-q$ (电荷守恒定律)．这些电荷在球心处产生的电势应等于零，即

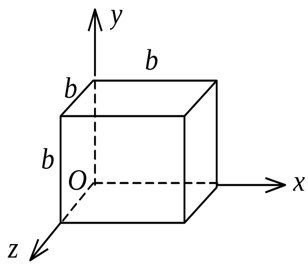
$$\frac{-q}{4\pi e_0 a}+\frac{q}{4\pi e_0 b}+\frac{Q-q}{4\pi e_0 c}=0 \qquad 3\text{ 分}$$

$$q\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)=Q\frac{1}{c}$$

解出 $$q=\frac{ab}{ab+bc-ac}Q \qquad 2\text{ 分}$$

2、（本题 5 分）

边长为 b 的立方盒子的六个面，分别平行于 xOy、yOz 和 xOz 平面．盒子的一角在坐标原点处．在此区域有一静电场，场强为$\vec{E}=200\vec{i}+300\vec{j}$.试求穿过各面的电通量．



解：由题意知

E_x=200 N/C , E_y=300 N/C ,E_z=0

平行于 xOy 平面的两个面的电场强度通量

$$\Phi_{e1}=\vec{E}\cdot\vec{S}=\pm E_z S=0 \qquad 1\text{ 分}$$

平行于 yOz 平面的两个面的电场强度通量

$$\Phi_{e2}=\vec{E}\cdot\vec{S}=\pm E_x S=\pm 200\ \ b^2\mathrm{N\cdot m^2/C} \qquad 2\text{ 分}$$

“＋”,“－”分别对应于右侧和左侧平面的电场强度通量

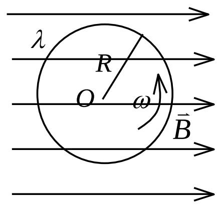
平行于 xOz 平面的两个面的电场强度通量

$$\Phi_{e3}=\vec{E}\cdot\vec{S}=\pm E_y S=\pm 300\ \ b^2\mathrm{N\cdot m^2/C} \qquad 2\text{ 分}$$

“＋”,“－”分别对应于上和下平面的电场强度通量.

3、（本题 5 分）

如图，均匀磁场$\vec{B}$中放一均匀带正电荷的圆环，其线电荷密度为λ，圆环可绕通过环心 O 与环面垂直的转轴旋转．当圆环以角速度ω转动时，试求圆环受到的磁力矩．



解：带电圆环旋转等效成的圆形电流强度为：

$$I=\frac{q}{T}=\frac{\lambda 2\pi R}{\frac{2\pi}{\omega}}=\lambda\omega R$$

1 分

圆形电流的磁矩为：

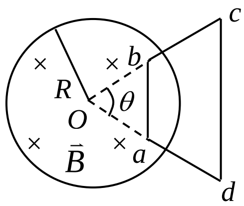
$$p_m=IS=\pi R^2\lambda\omega R=\pi R^3\lambda\omega \qquad \text{方向垂直于纸面向外} \qquad 2\text{ 分}$$

磁力矩为：

$$\left|\vec{M}\right|=\left|\vec{P}_m\times\vec{B}\right|=\pi R^3\lambda B\omega \qquad \text{方向在图面中竖直向上} \qquad 2\text{ 分}$$

4、（本题 5 分）

均匀磁场 $\vec{B}$ 被限制在半径 R =10 cm 的无限长圆柱空间内，方向垂直纸面向里．取一固定的等腰梯形回路 *abcd*，梯形所在平面的法向与圆柱空间的轴平行，位置如图所示．设磁感强度以 dB /dt =1 T/s 匀速率增加，已知 $\theta=\dfrac{1}{3}\pi$，$\overline{Oa}=\overline{Ob}=6$ cm，求等腰梯形回路中感生电动势的大小和方向．



解：大小：$\mathscr{E}=\left|\mathrm{d}\Phi/\mathrm{d}\,t\right|=S\,\mathrm{d}B/\mathrm{d}\,t$ 1 分

$\mathscr{E}=S\,\mathrm{d}B/\mathrm{d}\,t=(\dfrac{1}{2}R^2\theta-\dfrac{1}{2}\overline{Oa}^{\,2}\cdot\sin\theta)\mathrm{d}B/\mathrm{d}t$ 2 分

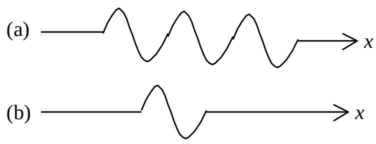
=3.68mV 1 分

方向：沿 *adcb* 绕向． 1 分

5、（本题 5 分）

(1) 试述德国物理学家海森伯提出的不确定关系．

(2) 粒子(a)、(b)的波函数分别如图所示，试用不确定关系解释哪一粒子动量的不确定量较大．



答：（1）不确定关系是指微观粒子的位置坐标和动量不能同时准确确定，两者不确定量之间的关系满足：$\Delta p_x\Delta x\geqslant\dfrac{\hbar}{2}$。

2 分

（2）由图可知，(a)粒子位置的不确定量较大．

又据不确定关系式 $\Delta p_x\Delta x\geqslant\dfrac{\hbar}{2}$

可知，由于(b)粒子位置的不确定量较小，故(b)粒子动量的不确定量较大． 3 分

6、（本题 5 分）

根据量子力学理论，氢原子中电子的运动状态可由那几个量子数来描述？试说明它们各自确定什么物理量？

答： 可用 n，l，m_l，m_s 四个量子数来描述． 1 分

主量子数 n 大体上确定原子中电子的能量． 1 分

角量子数 l 确定电子轨道的角动量． 1 分

磁量子数 m_l 确定轨道角动量在外磁场方向上的分量． 1 分

自旋磁量子数 m_s 确定自旋角动量在外磁场方向上的分量． 1 分

三．计算题（共 5 小题，共计 40 分）

1、（本题 10 分）

一半径为 R 的均匀带电导体球面，其表面总电量为 Q．球面外部充满了相对电容率为 ε_r 的各向同性电介质．

试求：（1）球面内外 $\vec{D}$ 和 $\vec{E}$ 的 大小分布.

(2)　导体球面的电势.

（3）整个空间的电场能量 W_e.

解：(1) 在球内作一半径为 r 的高斯球面，按高斯定理有

$\oiint_S \boldsymbol{D}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = q_0$　　得：$4\pi r^2 D_1 = q_0 = 0$　　所以 $D_1 = 0$

由：$\boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E}$　　得　　$E_1 = 0$　　(r≤R)，　　2 分

在球体外作半径为 r 的高斯球面，按高斯定理有

$4\pi r^2 D_2 = Q$　　所以 $D_2 = \dfrac{Q}{4\pi r^2}$

由：$\boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E}$　得 $E_2 = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$　　($r > R$)，$\vec{E}_2$ 方向沿半径向外.　2 分

（2）$U = \int_R^\infty \boldsymbol{E}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = \int_R^\infty E_2\,\mathrm{d}r = \int_R^\infty \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\mathrm{d}r = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$　　2 分

（3）由能量密度　$w_e = \dfrac{1}{2}\varepsilon E^2 = \dfrac{1}{2}ED$

得：$w_e = 0$　　(r≤R)，

$$w_e = \frac{1}{2}\varepsilon {E_2}^2 = \frac{1}{2}\varepsilon\left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\right)^2$$　2 分

电场的总能量

$$W_e = \iiint_V w_e\,\mathrm{d}V = \int_R^\infty \frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r\left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\right)^2 4\pi r^2\,\mathrm{d}r$$
$$= \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$$

2 分

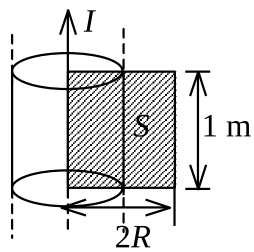
（或把带电系统看成孤立的球，即电容器，利用 $W_e = \dfrac{Q^2}{2C}$ 求解）

2、（本题 10 分）

一无限长圆柱形铜导体(磁导率μ)，半径为 R，通有均匀分布的电流 I.

试求：(1) 圆柱内外 $\vec{B}$ 和 $\vec{H}$ 的大小分布.

(2) 今取一矩形平面 S (长为 1 m，宽为 2 R)，位置如右图中画斜线部分所示，试求通过该矩形平面磁感应强度 $\vec{B}$ 的通量.



解：在圆柱体内部与导体中心轴线相距为 r 处的磁感强度的大小，由安培环路定

理可得：　$H_1 = \dfrac{I}{2\pi R^2}r$　　3 分

由 $B = \mu H$ 得：

$$B_1 = \frac{\mu\ I}{2\pi R^2} r \qquad (r \le R) \qquad\qquad 2\text{ 分}$$

在圆形导体外，与导体中心轴线相距 r 处的磁感强度大小为

$$H_2 = \frac{I}{2\pi r} \qquad\qquad 2\text{ 分}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad (r > R) \qquad\qquad 1\text{ 分}$$

穿过整个矩形平面的磁通量

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \int \vec{B}_1 \cdot d\,\vec{S} + \int \vec{B}_2 \cdot d\,\vec{S}$$

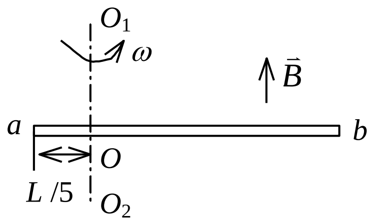
$$= \int_0^R \frac{\mu\ I}{2\pi R^2} r\,d\,r + \int_R^{2R} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} d\,r \qquad\qquad 2\text{ 分}$$

$$= \frac{\mu I}{4\pi} + \frac{\mu_0 I}{2\pi} ln 2$$

3、（本题 10 分）

如图所示，一根长为 L 的金属细杆 ab 处在磁感应强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场当中，若金属杆绕竖直轴 O_1O_2 以角速度ω在水平面内旋转．轴 O_1O_2 在离细杆 a 端 $L\ /5$ 处．试求 ab 两端间的电势差$U_a - U_b$.

解：$\overline{Ob}$ 间的动生电动势：



$$\varepsilon_1 = \int_0^{4L/5} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_0^{4L/5} \omega Bl\,\mathrm{d}\,l$$

$$= \frac{1}{2}\omega B(\frac{4}{5}L)^2 = \frac{16}{50}\omega BL^2$$

4 分

b 点电势高于 O 点．

$\overline{Oa}$ 间的动生电动势：

$$\varepsilon_2 = \int_0^{L/5} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_0^{L/5} \omega Bl\,\mathrm{d}\,l = \frac{1}{2}\omega B(\frac{1}{5}L)^2 = \frac{1}{50}\omega BL^2 \qquad\qquad 4\text{ 分}$$

a 点电势高于 O 点．

$$\therefore \quad U_a - U_b = \varepsilon_2 - \varepsilon_1 = \frac{1}{50}\omega BL^2 - \frac{16}{50}\omega BL^2 = -\frac{15}{50}\omega BL^2 = -\frac{3}{10}\omega BL^2 \qquad\qquad 2\text{ 分}$$

4、（本题 5 分）

已知从铝金属逸出一个电子至少需要 A = 4.2 eV 的能量，若用可见光（400 nm~760 nm）投射到铝的表面，能否产生光电效应？为什么？

(普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J·s，基本电荷 e =1.60×10^{-19} C)

答：不能产生光电效应. 1 分

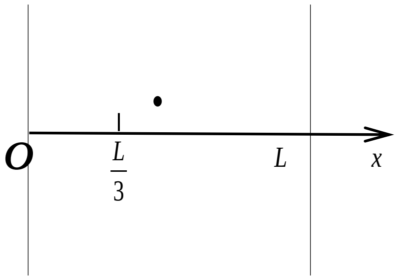
因为：铝金属的光电效应红限波长 $\lambda_0 = hc/A$，而 A =4.2 eV =6.72×10^{-19} J

∴ λ_0 =296 nm 2 分

而可见光的波长范围为 400 nm~760 nm > λ_0. 2 分

5、（本题 5 分

一粒子被限制在两个不可穿透的壁之间，描写粒子状态的波函数为 $\Psi = cx(L-x)$，其中 c 是待定常数，试求在 0 ～$L/3$ 区间该粒子出现的概率.



解： 由归一化条件：$\int_0^L |\Psi|^2 \, dx = 1$

即： $\int_0^L c^2 x^2 (L-x)^2 \, dx = 1$

$$c^2 \int_0^L (x^2L^2 - 2Lx^3 + x^4)\, dx$$

$$= c^2\left(\frac{1}{3}x^3L^2 - \frac{2}{4}Lx^4 + \frac{1}{5}x^5\right)\Big|_0^L = c^2\left[\frac{1}{3} - \frac{1}{2} + \frac{1}{5}\right]L^5 = \frac{c^2L^5}{30} = 1$$

$$\therefore c = \sqrt{\frac{30}{L^5}}$$ 3 分

设在 0 ～ $L/3$ 区间内发现粒子的概率为 P，则有:

$$P = \int_0^{l/3} |\Psi|^2 \, dx = \int_0^{L/3} \frac{30}{L^5} x^2 (L-x)^2 \, dx$$

$$= \frac{30}{L^5}\left[\frac{1}{3}\left(\frac{L}{3}\right)^3 L^3 - \frac{1}{2}L\left(\frac{L}{3}\right)^4 + \frac{1}{5}\left(\frac{L}{3}\right)^5\right] = \frac{17}{81}$$ 2 分