2011—2012 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）

1、关于静电场中某点电势值的正负，下列说法中正确的是：

(A) 电势值的正负取决于置于该点的试验电荷的正负．

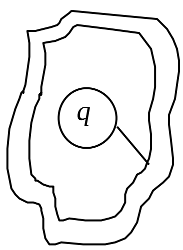
(B) 电势值的正负取决于电场力对试验电荷做功的正负．

(C) 电势值的正负取决于电势零点的选取．

(D) 电势值的正负取决于产生电场的电荷的正负．

[**C**]

2、如图所示，一球形导体带有电荷 q，置于一任意形状的空腔导体中．当用导线将两者连接后，则与未连接前相比系统静电场能量将



(A) 增大．　　(B) 减小．

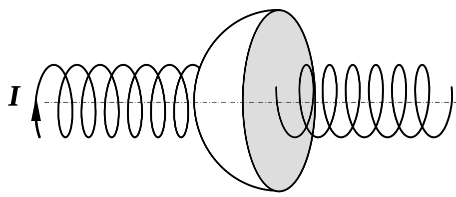
(C) 不变．　　(D) 如何变化无法确定．

[**B**]

3、如图所示，有一长直螺线管其截面为半径为 r 的圆形，单位长匝数为 n，其中通以电流 I，现作一个以载流螺线管的轴线为对称轴、半径为 R（$R > r$）的非封闭半球面，则通过该球面的磁感应强度通量为

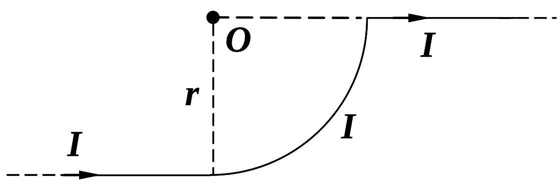
(A) 0．　　(B) $\mu_0 n I \pi R^2$．

(C) $\mu_0 n I \pi r^2$．　　(D) $-\mu_0 n I \pi R^2$．



[**C**]

4、如图所示，一长直导线中部弯成半径为 r 的 1/4 圆弧，导线中通以恒定电流 I，则弧心 O 点的磁感应强度的大小和方向是



(A) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} + \dfrac{\mu_0 I}{8r}$，垂直纸面向

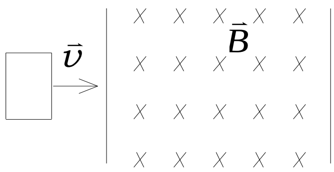
里.　　　　　(B) $\dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{2\pi \boldsymbol{r}}+\dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{8\boldsymbol{r}}$，垂直纸面向外.

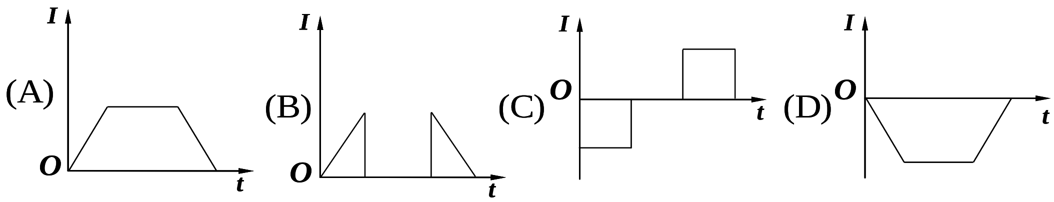
(C) $\dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{2\pi \boldsymbol{r}}+\dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{4\boldsymbol{r}}$，垂直纸面向里.　　　　(D) $\dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{4\pi \boldsymbol{r}}+\dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{8\boldsymbol{r}}$，垂直纸面向外.

[　**D**　]

5、

如图所示，一个矩形金属线框，以速度$\vec{v}$从无场空间进入一均匀磁场中，然后又从磁场中出来，到无场空间中．不计线圈的自感，下面哪一条图线正确地表示了线圈中的感应电流对时间的函数关系？(从线圈刚进入磁场时刻开始计时，I以顺时针方向为正)





[　**C**　]

6、将形状完全相同的铜环和木环静止放置，并使通过两环面的磁通量随时间的变化率相等，则不计自感时

(A) 铜环中有感应电动势，木环中无感应电动势.

(B) 铜环中感应电动势大，木环中感应电动势小.

(C) 铜环中感应电动势小，木环中感应电动势大.

(D) 两环中感应电动势相等.　　　　[　**D**　]

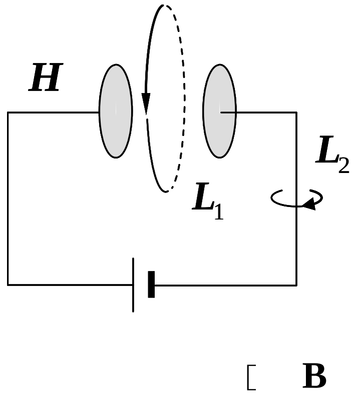
7、如图所示，平行板电容器(忽略边缘效应)充电时，沿环路L_1的磁场强度$\boldsymbol{H}$的环流与沿环路L_2磁场强度的环流，两者必有:

(A) $\oint_{L_1} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} > \oint_{L_2} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$

(B) $\oint_{L_1} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = \oint_{L_2} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$

(C) $\oint_{L_1} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} < \oint_{L_2} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$

(D) $\oint_{L_1} \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = 0$



[　**B**　]

8、绝对黑体是这样一种物体，即

(A) 不能吸收也不能发射任何电磁辐射．　　(B) 不能反射也不能发射任何电磁辐射．
(C) 不能反射但可以发射任何电磁辐射．　　(D) 不能发射但能全部吸收任何电磁辐射．

[**C**]

9、已知氢原子从基态激发到某一定态所需能量为 10.19 eV，当氢原子从能量为－0.85 eV 的状态跃迁到上述定态时，所发射的光子的能量为

(A) 2.56 eV　(B) 3.41 eV　(C) 4.25 eV　(D) 9.95 eV

[**A**]

10、在氢原子的 L 壳层中，电子可能具有的量子数(n，l，m_l，m_s)是

(A) $(1，0，0，-\frac{1}{2})$.　　(B) $(2，0，1，-\frac{1}{2})$.

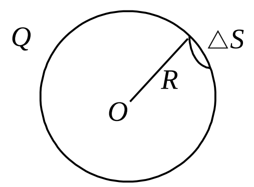
(C) $(2，1，1，-\frac{1}{2})$.　　(D) $(3，1，-1，-\frac{1}{2})$.

[**C**]

二、简单计算与问答题（共 6 小题，每小题 5 分）

1、（本题 5 分）

真空中一半径为 R 的均匀带电球面带有电荷 Q（Q＞0)。今在球面上挖去非常小块的面积 △S（连同电荷），假设不影响其他处原来的电荷分布，求挖去△S 后球心处的电场强度．



解：若把球面上挖去的面积 △S 补上，则均匀带电球面在球心处产生的电场强度为零．这是由可以看作点电荷的△S 和挖去△S 后的球面共同产生的．即 $\vec{E}_{球面}+\vec{E}_{\Delta S}=0$　　2 分

$$E_{球面}=E_{\Delta S}=\frac{\sigma\Delta S}{4\pi\varepsilon_0 R^2}=\frac{Q\Delta S}{16\pi^2\varepsilon_0 R^4}$$　　2 分

方向由圆心 O 点指向△S ．　　1 分

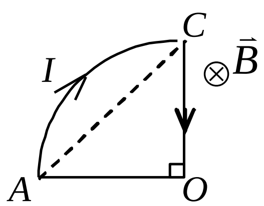
2、（本题 5 分）

一平面线圈由半径为 0.2 m 的 1/4 圆弧和相互垂直的二直线组成，通以电流 2 A，把它放在磁感强度为 0.5 T 的均匀磁场中，求线圈平面与磁场成 30° 角时，线圈所受的磁力矩．

解：线圈的磁矩为 ： $\vec{m}=IS\vec{e}_n=\frac{1}{4}I\pi R^2\vec{e}_n$　　2 分

线圈平面与 $\vec{B}$ 成 30° 角，则 $\vec{m}$ 与 $\vec{B}$ 成 60° 角．

$|\vec{M}|=|\vec{m}\times\vec{B}|=mB\sin 60^\circ=2.72\times10^{-2}\ \mathrm{N\cdot m}$

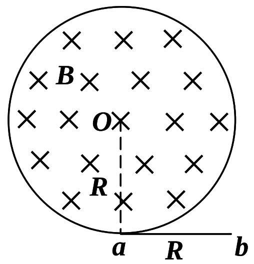


2 分

方向：力矩将驱使线圈法线转向与 B 平行．　　1 分

3、（本题 5 分）

如图所示，磁场在圆柱内均匀分布，磁感应强度的变化率 $\left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{B}}{\mathrm{d}t}\right| = k$ 为常量，现在磁场附近放有一根导体棒 $a\,b$，长为 R，且 a 点与圆柱体磁场相切，求导体棒上的感生电动势．

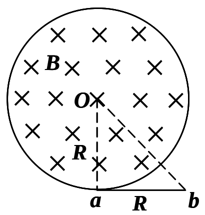


解：作辅助线如图所示，构成闭合回路．

由法拉第电磁感应定律计算 ε．

穿过闭合回路的磁通量为

$$\boldsymbol{\Phi} = \boldsymbol{SB} = \frac{1}{2}\boldsymbol{R}^2\theta\boldsymbol{B} = \frac{1}{8}\pi\boldsymbol{R}^2\boldsymbol{B}$$　　2 分



$$\therefore \quad \varepsilon = \left|-\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{\Phi}}{\mathrm{d}\boldsymbol{t}}\right| = \frac{1}{8}\pi\boldsymbol{R}^2\boldsymbol{k}$$　　2 分

方向为 $\boldsymbol{a} \to \boldsymbol{b}$．　　1 分

4、（本题 5 分）

已知粒子在无限深势阱中运动，其波函数为 $\Psi(\boldsymbol{x}) = \sqrt{\frac{2}{\boldsymbol{a}}}\sin(\frac{\pi\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{a}})\ (0 \le \boldsymbol{x} \le \boldsymbol{a})$，求发现粒子的概率最大的位置．

解：先求粒子的位置概率密度：

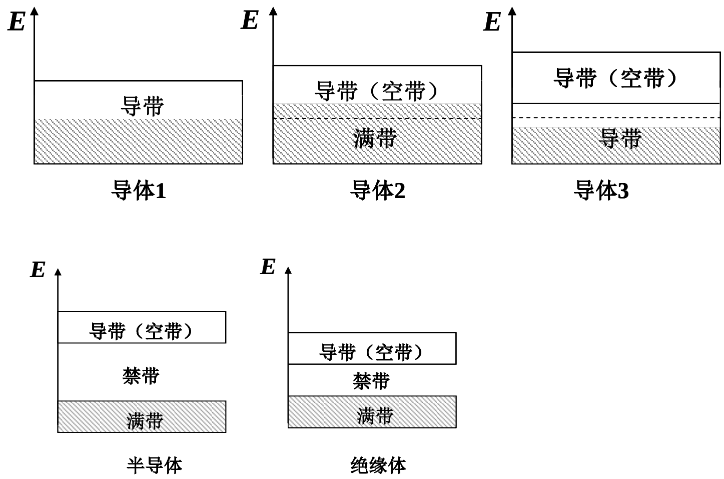
$$\left|\Psi(\boldsymbol{x})\right|^2 = \frac{2}{\boldsymbol{a}}\sin^2(\frac{\pi\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{a}}) = \frac{2}{2\boldsymbol{a}}[1-\cos(\frac{2\pi\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{a}})]$$　　2 分

当 $\cos\frac{2\pi\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{a}} = -1$ 时，$\left|\Psi(\boldsymbol{x})\right|^2$ 有最大值．在 $0 \le \boldsymbol{x} \le \boldsymbol{a}$ 范围内可得 $\frac{2\pi\boldsymbol{x}}{\boldsymbol{a}} = \pi$　　2 分

$$\therefore \quad \boldsymbol{x} = \frac{\boldsymbol{a}}{2}$$　　1 分

5、（本题 5 分）

试画出导体、半导体和绝缘体的能带结构。



6、（本题 5 分）

产生激光的必要条件是什么？如何实现？

产生激光的必要条件是：

工作物质在激励能源的激励下实现粒子数反转，即处于高能态的原子数多于低能级的原子数的分布。 3 分

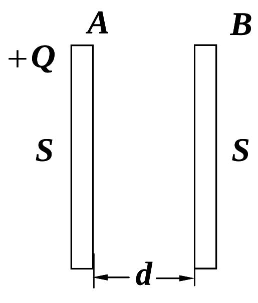
实现这种反转的条件：

1）有含有亚稳态能级结构的工作物质； 2）有适当的激励能源。 2 分

三．计算题（共 5 小题，共计 40 分）

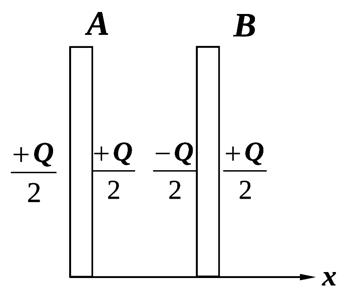
1、（本题 10 分）

如图所示，把一块原来不带电的导体板 B 移近一块已带有正电荷 Q 的导体板 A，平行放置。设两板面积都是 S，板间距为 d，忽略边缘效应，求：(1)板 B 不接地时，导体板上的电荷分布及两板间的电势差；(2)板 B 接地时，导体板上的电荷分布及两板间的电势差.



1、解：(1)当导体达到静电平衡时，导体的电荷分布在在其四个表面上。两带电平板导体相向面上电量大小相等符号相反，而相背面上电量大小相等符号相同，因此当板 B 不接地，电荷分布为

$$Q_{A1} = Q_{A2} = \frac{Q}{2} \qquad Q_{B1} = -\frac{Q}{2} \qquad Q_{B2} = \frac{Q}{2}$$ 2 分



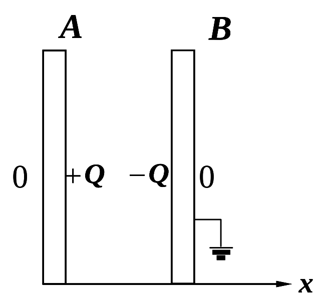
板间电场强度为四个无限大带电平面共同产生的

$$\vec{E} = \vec{E}_{A1} + \vec{E}_{A2} + \vec{E}_{B1} + \vec{E}_{B2} = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}\vec{i}$$ 2 分

电势差为 $U_{AB} = Ed = \dfrac{Qd}{2\varepsilon_0 S}$ 1 分

(2) 板 B 接地时， B 板的外表面没有电荷分布，内表面则感应出负电荷，具体电荷分布为

$$Q_{A1} = 0 \qquad Q_{A2} = Q \qquad Q_{B1} = -Q \qquad Q_{B2} = 0$$ 2 分



板间电场强度为两个无限大带电平面共同产生的

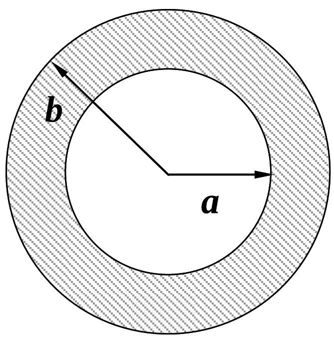
$$\vec{E} = +\vec{E}_{A2} + \vec{E}_{B1} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}\vec{i}$$ 2 分

电势差为 $U_{AB} = Ed = \dfrac{Qd}{\varepsilon_0 S}$ 1 分

2、（本题 10 分）

如图所示，空心圆柱无限长导体内外半径分别为 a 和 b，导体内通有电流 I，且电流在横截面上均匀分布，介质的影响可以忽略不计．求导体内、外磁感应强度的分布．

2、解： 根据题意，将到体内外分为三部分讨论。



1）当 $r < a$ 时，作如图所示的安培环路，

根据安培环路定理

$$\oint_L B \cdot \mathrm{d}l = \mu_0 \sum I_{\mathrm{i}}$$

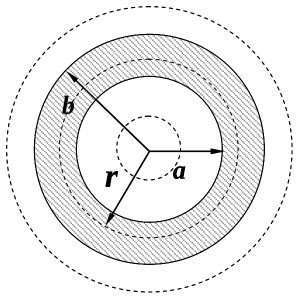
有 $\oint_L B \cdot \mathrm{d}l = 0$

$\therefore \quad B = 0$ 2 分

2）当 $a < r < b$ 时，作如图所示的安培环路，根据安培环路定理

$$\oint_L \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum I_{\mathrm{i}}$$

因为导体电流在横截面上均匀分布，所以 $\boldsymbol{j} = \dfrac{\boldsymbol{I}}{\pi\left(\boldsymbol{b}^2 - \boldsymbol{a}^2\right)}$　　2 分



即　$\oint_L \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \mathrm{d}\vec{\boldsymbol{l}} = \mu_0 \boldsymbol{j} \pi (\boldsymbol{r}^2 - \boldsymbol{a}^2)$

所以　$\therefore$　$\boldsymbol{B} = \dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I} (\boldsymbol{r}^2 - \boldsymbol{a}^2)}{2\pi (\boldsymbol{b}^2 - \boldsymbol{a}^2) \boldsymbol{r}}$　　3 分

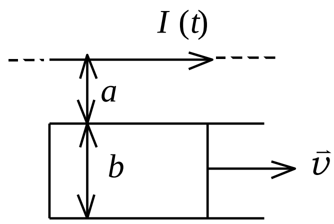
3）当 $\boldsymbol{r} > \boldsymbol{b}$ 时，作如图所示的安培环路，根据安培环路定理

$$\oint_L \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \mathrm{d}\vec{\boldsymbol{l}} = \mu_0 \sum \boldsymbol{I}_{\mathrm{i}}$$

有 $\oint_L \boldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = \mu_0 \boldsymbol{I}$　$\therefore$　$\boldsymbol{B} = \dfrac{\mu_0 \boldsymbol{I}}{2\pi \boldsymbol{r}}$　　3 分

3、（本题 10 分）

如图所示，真空中一长直导线通有电流 $I(t) = I_0 e^{-\lambda t}$（式中 I_0、λ为常量，t 为时间），有一带滑动边的矩形导线框与长直导线平行共面，二者相距 a．矩形线框的滑动边与长直导线垂直，它的长度为 b，并且以匀速 $\vec{v}$（方向平行长直导线）滑动．若忽略线框中的自感电动势，并设开始时滑动边与对边重合，试求任意时刻 t 在矩形线框内的感应电动势 ε_i 并讨论 ε_i 方向．



解：线框内既有感生又有动生电动势．设顺时针绕向为 ε_i 的正方向．由 $\varepsilon_i = -\mathrm{d}\Phi/\mathrm{d}t$ 出发，先求任意时刻 t 的 $\Phi(t)$

$$\Phi(t) = \int \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

$$= \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi y} x(t)\,\mathrm{d}y \qquad 2 分$$

$$= \frac{\mu_0}{2\pi} I(t) x(t) \ln\frac{a+b}{a} \qquad 2 分$$

再求 $\Phi(t)$对 t 的导数：

$$\frac{\mathrm{d}\Phi(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{\mu_0}{2\pi} (\ln\frac{a+b}{b})(\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} x + I \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t})$$

$$= \frac{\mu_0}{2\pi} I_0 e^{-\lambda t} v (1 - \lambda t) \ln\frac{a+b}{a} \qquad (x = vt)$$

$$\therefore \qquad \varepsilon_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \frac{\mu_0}{2\pi} v I_0 e^{-\lambda t} (\lambda t - 1) \ln\frac{a+b}{a} \qquad 4 分$$

ε_i方向：λt <1 时，逆时针；λt >1 时，顺时针． 2 分

4、（本题 5 分）

以波长λ = 410 nm (1 nm = 10^{-9} m)的单色光照射某一金属，产生的光电子的最大初动能 E_K = 1.0 eV，求能使该金属产生光电效应的单色光的最大波长是多少？ (普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J·s)

解：设能使该金属产生光电效应的单色光最大波长为λ_0.

由 $$h\nu_0 - A = 0$$

可得 $$(hc/\lambda_0) - A = 0$$

$$\lambda_0 = hc/A$$ 2 分

又按题意： $$(hc/\lambda) - A = E_K$$

∴ $$A = (hc/\lambda) - E_K$$

得 $$\lambda_0 = \frac{hc}{(hc/\lambda) - E_K} = \frac{hc\lambda}{hc - E_K\lambda} = 612\ \text{nm}$$ 3 分

5、（本题 5 分）

一束带电粒子经 200V 的电势差加速后，测得其德布罗意波长为 0.004 nm．已知这种粒子所带的电量$\boldsymbol{q} = 3.2\times10^{-19}$ C，求这种粒子的质量．

（普朗克常量 h = 6.63×10^{-34} J·s)

解：设该粒子的质量为 m，加速带电粒子的动能

$$\boldsymbol{E_k} = \boldsymbol{qU}$$ 1 分

有德布罗意关系，粒子的动量 $$\boldsymbol{p} = \frac{\boldsymbol{h}}{\lambda}$$ 1 分

动量与动能的关系为 $$\boldsymbol{E_K} = \frac{\boldsymbol{p}^2}{2\boldsymbol{m}}$$ 1 分

∴ $$\boldsymbol{m} = \frac{\boldsymbol{p}^2}{2\boldsymbol{E_k}} = \frac{\boldsymbol{h}^2}{2\lambda^2\boldsymbol{qU}} = 0.22\times10^{-27}(\boldsymbol{kg})$$ 2 分