

## 物理学院《大学物理 AII》期末考试题 A 卷

2021 年 1 月 26 日 14:00—16:00

可能用到的物理常数

真空介电常量  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ,普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ,电子质量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ,真空磁导率  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$ ,基本电荷  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,质子质量  $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

一、选择题 (共 24 分, 单选, 每题 3 分), 请将正确答案在答题卡上圈出。

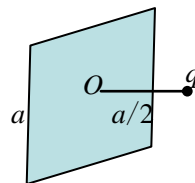
1. (3 分) 如图所示, 在边长为  $a$  的正方形平面的中垂线上, 距中心  $O$  点  $a/2$  处, 有一电荷为  $q$  的正点电荷, 则通过该平面的电场强度通量为

(A)  $\frac{q}{6\epsilon_0}$ ;

(B)  $\frac{q}{12\epsilon_0}$ ;

(C)  $\frac{q}{24\epsilon_0}$ ;

(D)  $\frac{q}{48\epsilon_0}$ .



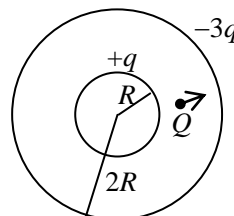
2. (3 分) 如图所示, 在真空中半径分别为  $R$  和  $2R$  的两个同心球面, 其上分别均匀地带有电荷  $+q$  和  $-3q$ 。今将一电荷为  $+Q$  的带电粒子从内球面处由静止释放, 则该粒子到达外球面时的动能为

(A)  $\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R}$ ;

(B)  $\frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R}$ ;

(C)  $\frac{Qq}{8\pi\epsilon_0 R}$ ;

(D)  $\frac{3Qq}{8\pi\epsilon_0 R}$ .



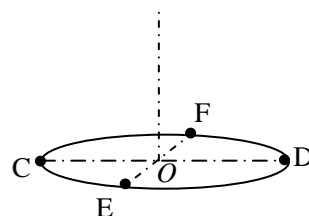
3. (3 分) 半径为  $R$  的圆周 C、D、E、F 处固定有四个电量均为  $q$  的点电荷, CD 与 EF 垂直, 如图所示. 此圆以角速度  $\omega$  绕过  $O$  点与圆平面垂直的轴旋转时, 在圆心  $O$  点产生的磁感强度大小为  $B_1$ ; 它以同样的角速度绕 CD 轴旋转时, 在  $O$  点产生的磁感强度的大小为  $B_2$ , 则  $B_1$  与  $B_2$  间的关系为

(A)  $B_1 = B_2$ ;

(B)  $B_1 = 2B_2$ ;

(C)  $B_1 = \frac{1}{2} B_2$ ;

(D)  $B_1 = B_2/4$ .



4. (3 分) 在匀强磁场中, 有两个平面线圈, 其面积  $A_1 = 2A_2$ , 通有电流  $I_1 = 2I_2$ , 它们所受的最大磁力矩之比  $M_1/M_2$  等于

(A) 1;

(B) 2;

(C) 4;

(D) 1/4.

5. (3 分) 有两个长直密绕螺线管, 长度及线圈匝数均相同, 半径分别为  $r_1$  和  $r_2$ 。管内充满均匀介质, 其磁导率分别为  $\mu_1$  和  $\mu_2$ 。设  $r_1:r_2=1:2$ ,  $\mu_1:\mu_2=2:1$ , 当将两只螺线管串联在电路中通电稳定后, 其自感系数之比  $L_1:L_2$  与磁能之比  $W_{m1}:W_{m2}$  分别为

- (A)  $L_1:L_2=1:1$ ,  $W_{m1}:W_{m2}=1:1$ ; (B)  $L_1:L_2=1:2$ ,  $W_{m1}:W_{m2}=1:1$ ;  
(C)  $L_1:L_2=1:2$ ,  $W_{m1}:W_{m2}=1:2$ ; (D)  $L_1:L_2=2:1$ ,  $W_{m1}:W_{m2}=2:1$ 。

6. (3 分) 一飞船以  $\frac{3}{5}c$  ( $c$  表示真空中光速) 的速度飞离地球。宇航员向地球发射了一无线电信号, 经地球反射, 40 s 后收到返回信号。则在地球反射信号时刻, 飞船上测得地球离飞船的距离为

- (A)  $40c$ ; (B)  $20c$ ;  
(C)  $16c$ ; (D)  $25c$ 。

7. (3 分) 氢原子中处于  $2p$  状态的电子, 描述其四个量子数( $n, l, m_l, m_s$ )可能取的值为

- (A)  $(3, 2, 1, -1/2)$ ; (B)  $(2, 0, 0, 1/2)$ ;  
(C)  $(2, 1, -1, -1/2)$ ; (D)  $(1, 0, 0, 1/2)$ 。

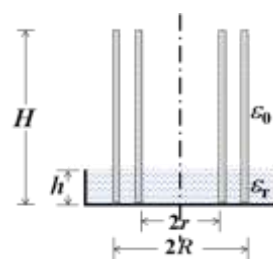
8. (3 分) N 型半导体中杂质电子所形成的局部能级 (也称施主能级), 在能带结构中应处于

- (A) 满带中; (B) 导带中;  
(C) 禁带中, 但接近满带顶; (D) 禁带中, 但接近导带底。

## 二、填空题 (共 30 分), 请将正确答案填写在答题卡对应划线上。

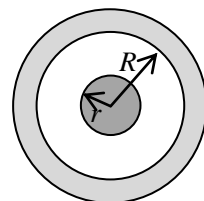
1. (4 分) 两个同心的薄金属球壳, 内、外球壳半径分别为  $R_1$  和  $R_2$ 。球壳间充满两层均匀电介质, 它们的相对介电常数分别为  $\epsilon_{r1}$  和  $\epsilon_{r2}$ 。两层电介质的分界面半径为  $R$ 。设内球壳带负电为  $Q$ 。两层电介质的分界面处的电位移大小为\_\_\_\_\_; 电位移的方向为\_\_\_\_\_; 两球壳之间的电势差为\_\_\_\_\_。

2. (3 分) 电容法测液面高度, 在被测液体介质 (相对介电常数为  $\epsilon_r$ ) 中放入两个同轴圆筒形极板。大圆筒内半径为  $R$ , 小圆筒外半径为  $r$ , 圆筒的高度为  $H$ , 该圆柱形电容器的电容量随筒内液面高度  $h$  的变化而改变。忽略电容器边缘效应。试写出电容量  $C$  与液面高度  $h$  的关系式为\_\_\_\_\_。



3. (3 分) 有两个线圈, 自感系数分别为  $L_1$  和  $L_2$ , 已知:  $L_1=3 \text{ mH}$ ,  $L_2=5 \text{ mH}$ , 串联成一个线圈后测得自感系数  $L=11 \text{ mH}$ , 则两线圈的互感系数  $M=$ \_\_\_\_\_。

4. (3 分) 一同心系统置于真空中, 外面为石英球壳, 球壳内半径  $R=10 \text{ cm}$ , 内壁敷半透明铝薄膜。中间为半径  $r=5 \text{ cm}$  的钠球。今用波长  $300 \text{ nm}$  的单色光照射系统。钠的红限波长为  $540 \text{ nm}$ , 铝的红限波长为  $296 \text{ nm}$ 。则平衡时钠球所带的电量为\_\_\_\_\_。



5. (4 分) 电磁场理论中, 麦克斯韦提出的两个假设是\_\_\_\_\_; 假设  $\vec{H}$  和  $\vec{E}$  分别表示磁场强度和电场强度, 在没有自由电荷与传导电流的变化电磁场中, 沿闭合环路  $l$  (设以环路  $l$  为边界的曲面面积为  $S$ )  $\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} =$ \_\_\_\_\_和  $\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} =$ \_\_\_\_\_。

6. (4 分) 在距地面  $6000 \text{ m}$  处宇宙射线与高层大气相互作用, 产生了一个具有  $2 \times 10^{-6} \text{ s}$  平均固有寿命的  $\mu$  子, 该  $\mu$  子以  $0.998c$  (其中  $c$  为光速) 的速率沿垂直于地面方向朝地面运动。地面上的观测者测定它在衰变以前能够走过的平均距离为\_\_\_\_\_; 对相对于  $\mu$  子静止的观测者来说,  $\mu$  子在衰变以前能否到达地面\_\_\_\_\_ (填写能或不能)。

7. (3 分) 设电子的静止质量为  $m_0$ , 光速为  $c$ 。当电子的动能等于它的静止能量时, 它的德布罗意波长是  $\lambda=$ \_\_\_\_\_。

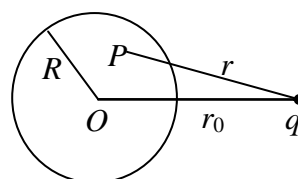
8. (3 分) 当基态能级能量为  $-13.6 \text{ eV}$  的氢原子从某初始状态跃迁到激发能 (从基态到激发态所需的能量) 为  $10.19 \text{ eV}$  的状态时, 发射出光子的波长为  $\lambda=486 \text{ nm}$ , 则该初始状态的能级能量为\_\_\_\_\_eV 和主量子数为\_\_\_\_\_。

9. (3 分) 在激发态能级上的钠原子, 发射出波长为  $589 \text{ nm}$  的光子的时间平均约为  $10^{-8} \text{ s}$ 。根据不确定关系式  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ , 光子能量的不确定度为\_\_\_\_\_eV, 发射波长的不确定范围是\_\_\_\_\_nm。

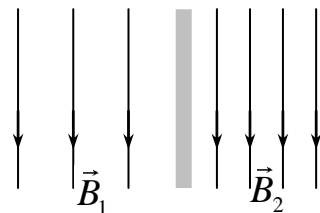
### 三、计算题 (共 46 分), 请将正确答案填写在答题卡对应题号答题区内, 不可跨区答题!

1. (10 分) 如图所示, 半径为  $R$  的导体球原为中性, 现将一点电荷  $q$  放在导体球外离球心  $O$  距离为  $r_0$  ( $r_0 > R$ ) 处, 导体球内  $P$  点离点电荷  $q$  距离为  $r$  处。试求:

- (1) 导体球上的感应电荷在  $P$  点处的电场强度和电势;
- (2) 若导体球接地, 导体表面上感应电荷  $q'$  是多少?

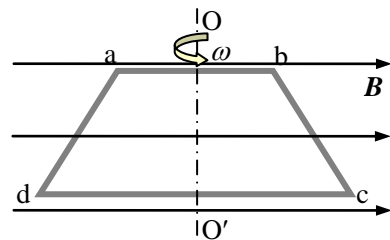


2. (10 分) 如图所示, 将一均匀分布着电流的无限大载流平面放入均匀外磁场中, 电流方向与此磁场垂直。已知平面两侧的磁感应强度分别为  $\vec{B}_1$  和  $\vec{B}_2$ 。试求:



- (1) 外磁场的磁感应强度  $\vec{B}_0$  的大小和方向;
- (2) 面电流密度  $\vec{j}$  的大小和方向;
- (3) 该载流平面单位面积所受的磁场力的大小和方向。

3. (10 分) 如图所示, 在均匀磁场  $\vec{B}$  中有一等腰梯形金属框 abcd, 以匀角速度  $\omega$  绕  $OO'$  轴逆时针转动 (从上往下看), 金属框 abcd 的总电阻为  $R$ , 其中  $ab = 2 \text{ cm}$ ,  $bc = 4 \text{ cm}$ ,  $cd = 6 \text{ cm}$ , 当金属框线圈平面与磁力线平行时, 试求:



- (1) 金属框中的电动势;
- (2) 金属框中 b 点与 c 点之间的电势差  $U_{bc}$  是多少?

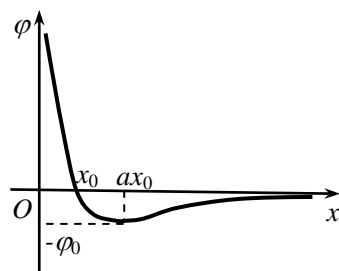
4. (10 分) 宽为  $a$  的一维无限深方势阱中粒子的波函数为

$$\psi_n(x) = A \sin \frac{n\pi}{a} x, \quad 0 < x < a, \quad \text{试求:}$$

- (1) 粒子处于基态时在  $a/4 < x < a$  区间内发现粒子的概率;
- (2) 无限深方势阱中粒子的能量。

(一维定态薛定谔方程为  $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + U(x)\psi = E\psi$ )

5. (6 分) 两个点电荷位于  $x$  轴上, 在它们形成的电场中, 若取无限远的电势为零, 则在正  $x$  轴上各点的电势如图中曲线所示, 当  $x \rightarrow 0$  时, 电势  $\varphi \rightarrow \infty$ ; 当  $x \rightarrow \infty$  时, 电势  $\varphi \rightarrow 0$ ; 电势为零的点的坐标为  $x_0$ , 电势为极小值  $-\varphi_0$  的点的坐标为  $ax_0$  ( $a > 2$ ), 试根据图线提供的信息:



- (1) 定性说明两个点电荷的位置及相互关系及其电量符号及大小关系;
- (2) 定量确定两个点电荷所带电量和在  $x$  轴的位置。