

大学物理 II 期末试题 A 卷

2017 年 1 月 18 日 09:30—11:30

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 总分 _____

注: 本试卷分为两部分。

第一部分 电磁学(66 分)

填空题	选择题	计算 1	计算 2	计算 3	总 分

第二部分 近代物理(34 分)

填空题	选择题	计算 1	计算 2	总 分

可能用到的物理常数

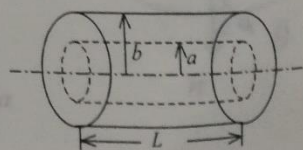
真空介电常量 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, 真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$,普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$,电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{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

第一部分

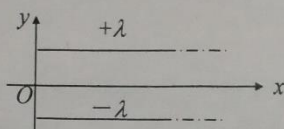
一、填空题(每题 3 分, 共 27 分。请将答案写在卷面指定的横线上)

1. 地球表面附近的电场强度约为 100 N/C , 方向垂直地面向下, 假设地球上的电荷都均匀分布在地表面上, 则地面带 _____ 电(选填 正或负), 电荷面密度 $\sigma = \underline{\hspace{2cm}} \text{ C/m}^2$ 。

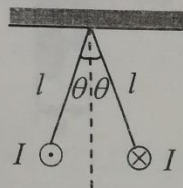
2. 如图所示, 一电容器由两个同轴圆筒组成, 内筒半径为 a , 外筒半径为 b , 筒长都是 L , 中间充满相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质。内、外筒分别带有等量异号电荷 $+Q$ 和 $-Q$ 。设 $(b-a) \ll a$, $L \gg b$, 忽略边缘效应, 电容器贮存的能量为 _____。



3. 两条“半无限长”均匀带电直线平行于 x 轴放置, 距离 x 轴的距离均为 a , 且它们的左端点均在 y 轴上, 如图所示。已知两者的电荷线密度分别为 $+\lambda$ 和 $-\lambda$, 则坐标原点 O 处的场强 \vec{E} 为 _____。



4. 两等长直平行导线, 单位长度的质量为 0.01kg/m , 分别用 0.04m 长的轻绝缘绳, 悬挂于天花板上, 如图所示。当两导线中通以等值反向的电流时, 两绳张开的角度为 $2\theta=10^\circ$, 此时导线中的电流 I 为 _____ A。

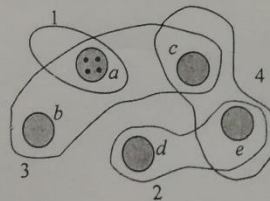


5. 若把氢原子的基态电子轨道看作是圆轨道, 已知电子轨道半径 $r=0.53\times 10^{-10}\text{m}$, 绕核运动速度大小 $v=2.18\times 10^6\text{m/s}$, 则氢原子基态电子在原子核处产生的磁感强度 \vec{B} 的大小为 _____ T。

6. 螺绕环中心周长 $l=10\text{cm}$, 环上均匀密绕线圈, 匝数 $N=200$ 匝, 线圈中通有电流 $I=0.1\text{A}$, 管内充满相对磁导率 $\mu_r=4200$ 的均匀磁介质, 则管内磁场强度的大小为 _____ A/m, 管内磁感强度的大小为 _____ T。

7. 一自感线圈中, 电流强度在 0.002s 内均匀地由 10A 增加到 12A , 此过程中线圈内自感电动势为 400V , 则线圈的自感系数为 $L=$ _____ H。

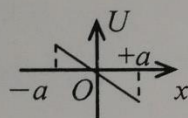
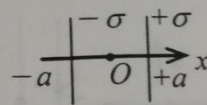
8. 如图所示, 在面积相同的圆形区域 a 、 b 、 c 、 d 、 e 内存在着均匀的磁场, 区域 a 的磁场方向垂直纸面向外, 其他区域内的磁场方向垂直纸面或者向外、或者向里。各区域磁场的大小对时间的变化率均相同。1,2,3,4 为闭合回路。设 $\oint_1 \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = k$, 则 $\oint_2 \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = 2k$, $\oint_3 \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = 3k$, $\oint_4 \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = 0$, 则图中 b 、 c 、 d 、 e 区域的磁场方向分别为 _____。



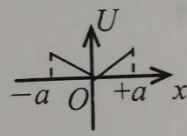
9. 平行板电容器的电容 C 为 20.0pF , 两板上的电压变化率为 $dU/dt=1.50\times 10^5\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$, 则该平行板电容器中的位移电流为 _____ A。

二、选择题(单选, 每题 3 分, 共 9 分, 请将答案写在方括号内)

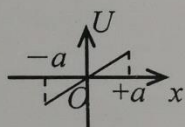
1. 电荷面密度为 $+\sigma$ 和 $-\sigma$ 的两块“无限大”均匀带电的平行平板(不计厚度), 放在与平面相垂直的 x 轴上的 $+a$ 和 $-a$ 位置上, 如图所示. 设坐标原点 O 处电势为零, 则在 $-a < x < +a$ 区域的电势分布曲线为 []



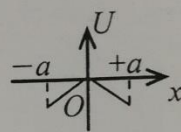
(A).



(B).

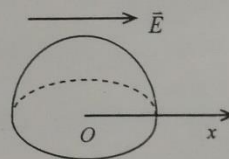


(C).



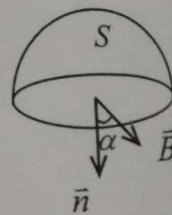
(D).

2. 一电场强度为 \vec{E} 的均匀电场, \vec{E} 的方向与沿 x 轴正向, 如图所示. 则通过图中一半径为 R 的半球面的电场强度通量为 []



- (A). $\pi R^2 E$ (B). $\pi R^2 E/2$ (C). $2\pi R^2 E$ (D). 0

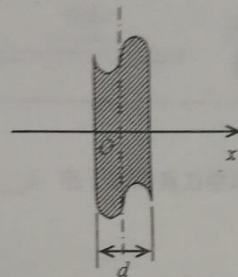
3. 在磁感强度为 B 的均匀磁场中作一半径为 r 的半球面 S , S 边线所在平面的法线方向单位矢量 \vec{n} 与 \vec{B} 的夹角为 α , 则通过半球面 S 的磁通量为 []



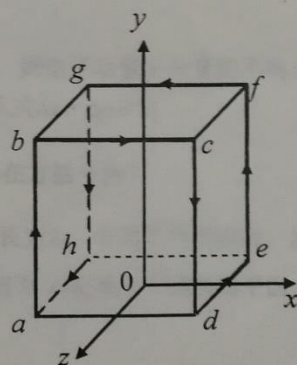
- (A). $\pi r^2 B$ (B). $2\pi r^2 B$ (C). $-\pi r^2 B \sin \alpha$ (D). $-\pi r^2 B \cos \alpha$

三、计算题 (每题 10 分, 共 30 分)

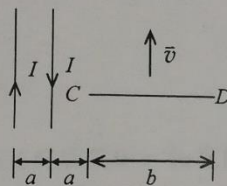
1. 如图所示, 厚度为 d 的“无限大”均匀带电平板, 电荷体密度为 ρ 。试求板内外的场强分布, 并画出场强随坐标 x 变化的图线, 即 $E-x$ 图线(设原点在带电平板的中央平面上, Ox 轴垂直于平板)。



2. 电流沿正方体框架中的 8 条边流动, 形成闭合电流 $abcdefgha$ 。已知正方体的边长为 10cm , 电流强度为 6.0A 。坐标系如图所示, 原点位于正方体底面的中心处。求: (1) 闭合电流 $abcdefgha$ 的磁矩; (2) 该电流在 $(0, 5.0\text{m}, 0)$ 处激发的磁场强度。



3. 两相互平行无限长的直导线载有大小相等方向相反的电流，长度为 b 的金属杆 CD 与两导线共面且垂直，相对位置如图。 CD 杆以速度 \vec{v} 平行直线电流运动。试求 CD 杆中的感应电动势，并判断 C 、 D 两端哪端电势较高。



装

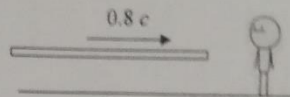
订

线

第二部分

一、填空题(每题3分,共15分,请将答案写在卷面指定的横线上)

1.如图,一观察者发现一根棒以 $0.8c$ 的速度(c 为真空中光速)朝向自己运动。已知这根棒相对于他静止时长度为 l 、截面积为 S 、质量为 m 。则当棒这样运动时,乙测得此棒的密度为_____。



2.一电子以 $0.99c$ 的速率运动,则电子的总能量是_____J,电子的经典力学动能与相对论动能之比是_____。

3.一艘宇宙飞船的船身固有长度为 $L_0=90\text{m}$,相对于地面以 $v=0.8c$ (c 为真空中光速)的匀速度在地面观测站的上空飞过。则观测站测得飞船的船身通过观测站的时间间隔为_____s;宇航员测得船身通过观测站的时间间隔为_____s。

4.在 $B=1.25\times 10^{-2}\text{T}$ 的匀强磁场中沿半径为 $R=1.66\text{cm}$ 的圆轨道运动的 α 粒子的德布罗意波长是_____nm。

5.如果电子被限制在边界 x 与 $x+\Delta x$ 之间, $\Delta x=0.5\text{\AA}$,则电子动量 x 分量的不确定量近似地为_____ $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 。(选用不确定关系式 $\Delta x\cdot\Delta p\geq h$)

二、选择题(单选,每题2分,共4分,请将答案写在方括号内)

1.在均匀磁场 B 内放置一极薄的金属片,其红限波长为 λ_0 。今用单色光照射,发现有电子放出,有些放出的电子(质量为 m ,电荷的绝对值为 e)在垂直于磁场的平面内作半径为 R 的圆周运动,那么此照射光光子的能量是 []

- (A). $\frac{hc}{\lambda_0}$ (B). $\frac{hc}{\lambda_0} + \frac{(eRB)^2}{2m}$
(C). $\frac{hc}{\lambda_0} + \frac{eRB}{m}$ (D). $\frac{hc}{\lambda_0} + 2eRB$

2.在原子的 K 壳层中,电子可能具有四个量子数(n, l, m_l, m_s)是

- (1) $(1, 1, 0, \frac{1}{2})$; (2) $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$; (3) $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$; (4) $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$ 。

以上四种取值中,正确的是 []

- (A). 只有(1)、(3)是正确的 (B). 只有(2)、(4)是正确的
(C). 只有(2)、(3)、(4)是正确的 (D). 全部是正确的

三、计算题（共 15 分）：

1. (10 分) 一电子位于宽为 a 的一维无限深方势阱中，其能量取值和波函数表示如下

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2} n^2, \quad \varphi_n(x) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} x & 0 < x < a \\ 0 & x \leq 0, x \geq a \end{cases} \quad n=1,2,3,\dots$$

该电子吸收 $\Delta E = \frac{3\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ 能量后由低能级跃迁到高能级。求跃迁前后在 $0 < x < \frac{1}{4}a$ 区间内发现电子的概率之比。

装

订

2. (5 分) 在静电场中，按照库伦定律，两个电荷 q_1 和 q_2 间的作用力可以表达为

$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \hat{e}_{r_{21}}, \quad \text{其中 } k \text{ 为常数, } \vec{F}_{21} \text{ 为 } q_2 \text{ 受到的 } q_1 \text{ 对它的库伦力, } \hat{e}_{r_{21}} \text{ 为由 } q_1 \text{ 指向 } q_2$$

的单位矢量, r_{21} 为 q_1 和 q_2 之间的距离。该表达式是否违背狭义相对论呢？请举例说明。

线

北京理工大学 2016—2017 学年第一学期
大学物理 II 期末试题 A 卷答案

第一部分

一、填空题 (每题 3 分, 共 27 分)

1. 负 (1 分) $8.85 \times 10^{-10} \text{ C/m}^2$ (2 分)

2. $[Q^2 / (4\pi\epsilon_0\epsilon_r L)] \ln(b/a)$

3. $-\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a} \vec{j}$

4. 17.2 A

5. 12.4 T

6. 200 A/m 1.06 T

7. 0.400 H

8. b 向外、c 向外、d 向里、e 向里

9. 3 A

二、选择题 (每题 3 分, 共 9 分)

C D D

三、计算题 (共 30 分):

1. (10 分) 解: 由电荷分布的对称性可知在中心平面两侧离中心平面相同距离处场强均沿 x 轴, 大小相等而方向相反。

在板内作底面为 S 的高斯柱面 S_1 (右图中厚度放大了), 两底面距离中心平面均为 $|x|$, 由高斯定理得

$$E_1 \cdot 2S = \rho \cdot 2|x|S / \epsilon_0$$

则得 $E_1 = \rho|x| / \epsilon_0$

$$\text{即 } E_1 = \rho x / \epsilon_0 \quad \left(-\frac{1}{2}d \leq x \leq \frac{1}{2}d \right) \quad (4 \text{ 分})$$

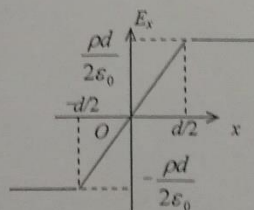
在板外作底面为 S 的高斯柱面 S_2 两底面距中心平面均为 $|x|$,

由高斯定理得 $E_2 \cdot 2S = \rho \cdot Sd / \epsilon_0$

$$\text{则得 } E_2 = \rho \cdot d / (2\epsilon_0) \quad \left(|x| > \frac{1}{2}d \right)$$

$$\text{即 } E_2 = \rho \cdot d / (2\epsilon_0) \quad \left(x > \frac{1}{2}d \right), \quad E_2 = -\rho \cdot d / (2\epsilon_0) \quad \left(x < -\frac{1}{2}d \right) \quad (4 \text{ 分})$$

$E \sim x$ 图线如图所示. (2 分)



2. (10分) 解: (1) 想象设 cf 和 gb 上有两反向电流。这样, $abcfggha$ 可看成由 3 个矩形回路构成, 分别为 $abggha$, $bcfggb$, $caefc$ 。磁矩为三者的矢量和,

$$\vec{m} = ia^2 \vec{j} = 0.060 \vec{j} \text{ (A} \cdot \text{m}^2\text{)} \quad (5 \text{ 分})$$

(2) 场点很远, 故圆电流轴线上磁场公式得

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\vec{m}}{y^3} = 96 \text{ pT } \vec{j} \quad (5 \text{ 分})$$

3. (10分) 解: 建立坐标(如图) 则: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

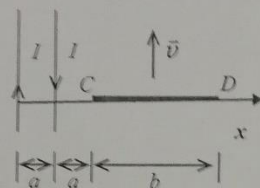
$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)} - \frac{\mu_0 I}{2\pi x}, \quad \vec{B} \text{ 方向 } \odot \quad (5 \text{ 分})$$

$$d\varepsilon = Bv dx = \frac{\mu_0 Iv}{2\pi} \left(\frac{1}{x-a} - \frac{1}{x} \right) dx$$

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 Iv}{2\pi} \left(\frac{1}{x-a} - \frac{1}{x} \right) dx = \frac{\mu_0 Iv}{2\pi} \ln \frac{2(a+b)}{2a+b}$$

感应电动势方向为 $C \rightarrow D$, D 端电势较高。



(5分)

第二部分

一、填空题 (每题 3 分 共 15 分)

1. $\frac{25m}{9IS}$

2. 5.8×10^{-13} 8.04×10^{-2}

3. $2.25 \times 10^{-7} \text{ s}$ $3.75 \times 10^{-7} \text{ s}$

4. 0.01 nm

5. $1.33 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

二、选择题 (每题 2 分, 共 4 分)

BB

三、计算题（共 15 分）：

1. (10 分) 解：电子由 $n=1$ 跃迁到 $n=2$ 态。 (2 分)

跃迁前的概率 P_1

$$P_1 = \int_0^{a/4} \left| \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi}{a} x \right|^2 dx \approx 0.09 \quad (3 \text{ 分})$$

跃迁后的概率 P_2

$$P_2 = \int_0^{a/4} \left| \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{2\pi}{a} x \right|^2 dx \approx 0.25 \quad (3 \text{ 分})$$

跃迁前后概率之比为 $P_1/P_2=0.36$ (2 分)

2. (5 分) 解答：这个表达式是违背相对论的。(2 分)

设想甲持有一个正电荷 q_1 ，乙持有一个正电荷 q_2 ，甲乙两者间的距离为 1 光年。甲对电荷施加一个力，使之等于 q_2 对 q_1 的斥力，以保持 q_1 电荷原地不动。现在乙突然向远离甲的方向移动一点点。按照这个表达式，甲会立刻察觉到电荷间斥力的减少。这样，乙就在瞬间设法向甲发出了一个大于光速信号，而大于光速的信号是违背相对论的。(3 分)