



**厦门大学《大学物理 B (下)》课程
期中试卷参考答案**
(考试时间: 2022 年 11 月)

一、选择题: 本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 通过油滴实验成功测出了电子的电荷量的物理学家是 ()

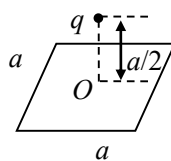
- (A) 库伦 (B) 安培 (C) 密立根 (D) 汤姆孙

2. 在一静电场中, 作一闭合曲面 S , 若 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0$ (\vec{D} 是电位移矢量), 则 S 面内必定

- (A) 既无自由电荷, 也无束缚电荷; (B) 没有自由电荷;
(C) 自由电荷和束缚电荷的代数和为零; (D) 自由电荷的代数和为零。

3. 有一边长为 a 的正方形平面, 在其中垂线上距中心 O 点 $a/2$ 处, 有一电荷为 q 的正点电荷, 如图所示, 则通过该平面的电场强度通量为 ()

- (A) $\frac{q}{3\epsilon_0}$ (B) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0}$ (C) $\frac{q}{3\pi\epsilon_0}$ (D) $\frac{q}{6\epsilon_0}$



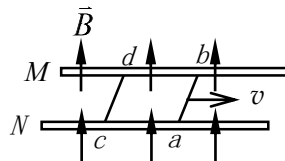
4. 在静电场中, 电场线为均匀分布的平行直线的区域内, 在同一电场线上任意两点的电场强度 \vec{E} 和电势 U 相比较 ()

- (A) \vec{E} 相同, U 不同; (B) \vec{E} 不同, U 相同;
(C) \vec{E} 不同, U 不同; (D) \vec{E} 相同, U 相同。

5. 将一空气平行板电容器充电后断开电源, 然后将相对电容率为 ϵ_r 的电介质充满该电容器, 电容器储存的能量由 W_1 变为 W_2 , 则 $W_2: W_1$ 为 ()

- (A) 1 (B) ϵ_r (C) $\frac{1}{\epsilon_r}$ (D) $1 + \epsilon_r$

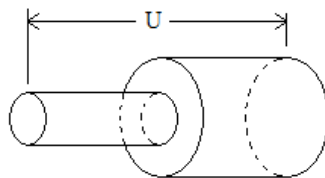
6. M, N 为水平面内两根平行金属导轨, ab 与 cd 为垂直于导轨并可在其上自由滑动的两根直裸导线, 外磁场垂直水平面向上。当外力使 ab 向右平移时, cd ()



- (A) 不动 (B) 转动 (C) 向左移动 (D) 向右移动

7. 两个截面积不同、长度相同的铜棒串联在一起, 如图所示, 在两端加有一定的电压 U , 下列说法正确的是: ()。

- (A) 两个铜棒中的电流密度相同;
(B) 通过两铜棒截面上的电流强度相同;
(C) 两铜棒中的电场强度大小相同;
(D) 两铜棒上的端电压相同。



8. 电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一电阻均匀的圆环, 再由 b 点沿切向从圆环流出, 经长导线 2 返回电源如图。已知直导线上电流强度为 I , 圆环的半径为 R , 且 a 、 b 与圆心 O 三点在同一直线上。设直电流 1、2 及圆环电流分别在 O 点产生的磁感强度为 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 , 则 O 点的磁感应强度的大小为

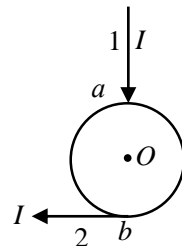
()

(A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3$;

(B) $B=0$, 因为虽然 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3=0$;

(C) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_1=B_3=0$, 但 $B_2 \neq 0$;

(D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_1=B_2=0$, 但 $B_3 \neq 0$;



9. 一电子在水平面内绕一固定的质子作半径为 R , 角速度为 ω 的圆周运动, 该处有一水平的匀强磁场 B , 该电荷系统受到的磁力矩为

(A) $M = \frac{e\omega R^2 B}{4}$ (B) $M = \frac{e\omega R^2 B}{2}$ (C) $M = \frac{e\omega R^2 B}{3}$ (D) $M = \frac{2e\omega R^2 B}{3}$

10. 下列叙述哪种正确? ()

(A) 通过螺线管的电流越大, 螺线管的自感系数越大;

(B) 通过螺线管的电流变化率越大, 螺线管的自感系数越大;

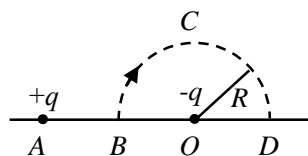
(C) 螺线管的自感系数, 与螺线管是否充有磁介质无关;

(D) 螺线管中单位长度的匝数越多, 螺线管的自感系数越大。

二、填空题: 本大题共 10 空, 每空 2 分, 共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。错填、不填均无分。

11. 一半径为 R 的“无限长”均匀带电圆柱面, 其电荷面密度为 σ . 该圆柱面内场强分布为(\vec{r} 表示在垂直于圆柱面的平面上, 从轴线处引出的矢径): $\vec{E}(\vec{r}) = \underline{\hspace{2cm}} (r < R)$.

12. 图示 BCD 是以 O 点为圆心, 以 R 为半径的半圆弧, 在 A 点有一电荷为 $+q$ 的点电荷, O 点有一电荷为 $-q$ 的点电荷. 线段 $\overline{BA} = R$. 现将一单位正电荷从 B 点沿半圆弧轨道 BCD 移到 D 点, 则电场力所作的功为 $\underline{\hspace{2cm}}$. (整套装置置于真空中)

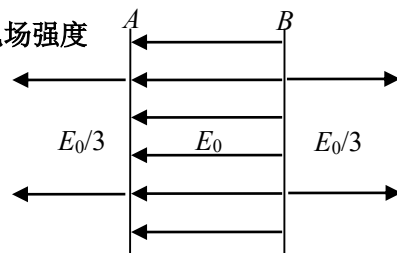


13. 两个电容器的电容分别为 C_1 、 C_2 , 并联后接在电源上, 则它们所带电荷之比 $\frac{Q_1}{Q_2} = \underline{\hspace{2cm}}$.

14. 图中所示为一沿 x 轴放置的长度为 l 的不均匀带电细棒, 其电荷线密度为 $\lambda = \lambda_0(x-a)$, λ_0 为一常量. 取无穷远处为电势零点, 则坐标原点 O 处的电势为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

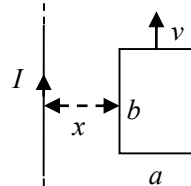


15. A、B 为真空中两个平行的“无限大”均匀带电平面, 已知两平面间的电场强度大小为 E_0 , 两平面外侧电场强度大小都为 $E_0/3$, 方向如图. 则 A 平面上的电荷面密度为 $\sigma_A = \underline{\hspace{2cm}}$.

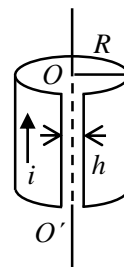


16. 在麦克斯韦方程组的积分形式中, 反映磁场为无源场 (即磁感应线形成闭合曲线) 的方程为_____。

17. 如图所示, 矩形回路与无限长直导线共面, 矩形一边与直导线平行, 导线中通有恒定电流 I , 回路以速度 \vec{v} 平行于直导线方向运动, 则回路中的感应电动势为_____。

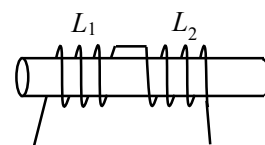


18. 将半径为 R 的无限长导体薄壁管 (厚度忽略) 沿轴向割去一宽度为 h ($h \ll R$) 的无限长狭缝后, 再沿轴向流有在管壁上均匀分布的电流, 其面电流密度 (垂直于电流的单位长度截线上的电流) 为 i (如图), 则管轴线磁感应强度的大小为_____。



19. 一电子以 $v = 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率, 在垂直于均匀磁场的平面内作半径 $R = 1.2 \text{ cm}$ 的圆周运动, 则此圆周所包围的磁通量是 _____ Wb. (已知 $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

20. 把两个自感系数分别为 L_1 和 L_2 的线圈串联在一起, 如图所示, 测得这两个线圈的互感系数为 M , 则这两个线圈串联后的等效自感系数为_____。



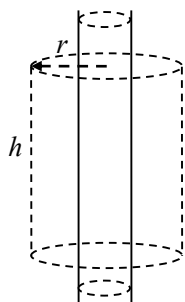
三、计算题: 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

两个均匀带电的无限长同轴圆柱面, 其半径分布为 R_1 和 R_2 ($R_1 < R_2$), 内圆柱面上单位长度带有 $-\lambda$ 的负电荷, 外圆柱面上带有等量的正电荷。一个带有正电荷 q 质量为 m 的质点, 在两个圆柱面之间沿半径为 r 的轨道绕圆柱轴作圆周运动, 求:

- (1) 两圆柱面间半径为 r 处的电场强度大小;
- (2) 质点的运动速率;
- (3) 质点的运动动能。

参考答案:

- (1) 如图所示构造高斯曲面



根据高斯定理有

$$\int_s \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i \Rightarrow 2\pi hrE = -\frac{1}{\epsilon_0} \lambda h \Rightarrow E = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

- (2) 正电荷受到的电场力大小为

$$F = q|E| = \frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

这就是质点受到的向心力，根据牛顿第二定律有

$$\frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0 m}} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

(3) 质点的动能为

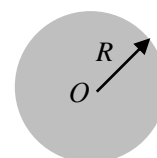
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q\lambda}{4\pi\epsilon_0} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

四、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一个半径为 R 的带电球，其体电荷密度在球内随离球心距离 r 的变化关系为 $\rho = Ar^{1/2}$ ，式中 A 为常数。

试求：

- (1) 球内球外各处的场强；
- (2) 球内球外各处的电势；
- (3) 该球的静电场能。



参考答案：

(1) 由于电荷分布具有球对称性，根据高斯定理有

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dv = \begin{cases} \frac{1}{\epsilon_0} \int_0^r Ar^{1/2} 4\pi r^2 dr & 0 < r < R \\ \frac{1}{\epsilon_0} \int_0^R Ar^{1/2} 4\pi r^2 dr & r > R \end{cases}$$

可得

$$\vec{E} = \begin{cases} \frac{2Ar^{3/2}}{7\epsilon_0} \vec{e}_r & 0 < r < R \\ \frac{2AR^{7/2}}{7\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r & r > R \end{cases} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

(2) 球外的电势为

$$V(r) = \int \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_r^\infty \frac{2AR^{7/2}}{7\epsilon_0 r^2} dr = \frac{2AR^{7/2}}{7\epsilon_0 r} \quad (r > R) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

球内的电势为

$$V(r) = \int \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_r^R \frac{2Ar^{3/2}}{7\epsilon_0} dr + \int_R^\infty \frac{2AR^{7/2}}{7\epsilon_0 r^2} dr = \frac{2A}{35\epsilon_0} (7R^{5/2} - 2r^{5/2}) \quad (0 < r < R) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(3) 球的静电场能为

$$W = \frac{1}{2} \int_Q V dq = \frac{1}{2} \int_0^R \left[\frac{2A}{35\epsilon_0} (7R^{5/2} - 2r^{5/2}) \right] Ar^{1/2} 4\pi r^2 dr = \frac{4\pi A^2 R^6}{21\epsilon_0} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

五、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

两个正电荷 q_1 、 q_2 ，当它们相距为 d 时，运动速度各为 v_1 和 v_2 ，如图所示，求：(1) q_1 在 q_2 处所产生的磁感应强度和作用于 q_2 上的电磁力；(2) q_2 在 q_1 处所产生的磁感应强度和作用于 q_1 的电磁力。(v_1 、 v_2 远小于光速)

参考答案：

(1) 速度为 v_1 的电荷 q_1 在 q_2 处产生的磁感强度方向与 $\vec{r}_{12} \times \vec{v}_1$ 的指向相同，垂直图面向外，其大小为

$$B_{12} = \frac{\mu_0 q_1 v_1}{4\pi d^2} \quad (1 \text{ 分})$$

q_2 所受的洛伦兹力方向水平向右，大小为

$$F_{m2} = \frac{\mu_0 q_1 q_2 v_1 v_2}{4\pi d^2} \quad (2 \text{ 分})$$

q_2 处在 q_1 的电场中，所受电场力方向垂直向下，大小为

$$F_{e2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 d^2} \quad (1 \text{ 分})$$

如图所示，作用于 q_2 的合力大小为

$$F_2 = \sqrt{F_{m2}^2 + F_{e2}^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \sqrt{\mu_0^2 v_1^2 v_2^2 + \frac{1}{\epsilon_0^2}} \quad (2 \text{ 分})$$

与水平方向的夹角为

$$\theta = \arctan \frac{F_{e2}}{F_{m2}} = \arctan \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0 v_1 v_2} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 由于电荷 q_2 的速度 v_2 与 q_2 到 q_1 的径矢 \vec{r}_{21} 方向相同，电荷 q_2 在 q_1 处产生的磁感强度为

$$\vec{B}_{21} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_2 \vec{v}_2 \times \vec{r}_{21}}{r_{21}^3} = 0$$

q_1 所受的洛伦兹力为 $\vec{F}_{m1} = q_1 (\vec{v}_1 \times \vec{B}_{21}) = 0 \quad (2 \text{ 分})$

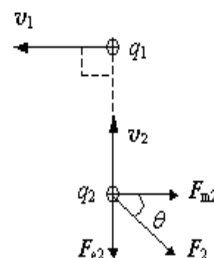
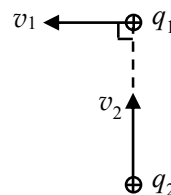
q_1 处在 q_2 的电场中，受到的电场力方向竖直向上，大小为

$$F_{e1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 d^2}$$

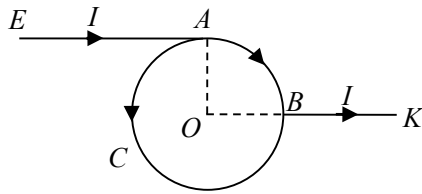
所以作用于 q_1 上的合力方向竖直向上，大小为

$$F_1 = F_{e1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 d^2} \quad (2 \text{ 分})$$

六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。



如图所示，两根半无限长载流导线接在圆导线的 A 、 B 两点，圆心 O 和 EA 的距离为 R ，且在 KB 的延长线上， $AO \perp BO$ ，如导线 ACB 部分的电阻是 AB 部分电阻的 2 倍，当通有电流 I 时，求中心 O 的磁感应强度。



参考答案：

由于半无限长直导线 KB 延长线通过圆心 O ，在 O 点的磁感应强度为零，即

$$B_{KB}=0 \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

半无限长直导线 EA 在 O 点的磁感应强度为

$$B_{EA} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \quad (\text{方向垂直纸面向里}) \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

两个圆弧导线 ACB 、 AB 并联，由于导线 ACB 部分电阻是 AB 部分电阻的 2 倍，所以流过圆弧 ACB 的电流为 $I/3$ ，流过圆弧 AB 的电流为 $2I/3$ 。圆弧 ACB 在 O 点的磁感应强度为

$$B_{ACB} = \int_0^{\frac{3\pi R}{2}} \frac{\mu_0 \frac{I}{3} dl}{4\pi R^2} = \frac{\mu_0 I}{8R} \quad (\text{方向垂直纸面向外}) \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

圆弧 AB 在 O 点的磁感应强度为

$$B_{AB} = \int_0^{\frac{\pi R}{2}} \frac{\mu_0 \frac{2I}{3} dl}{4\pi R^2} = \frac{\mu_0 I}{12R} \quad (\text{方向垂直纸面向里}) \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

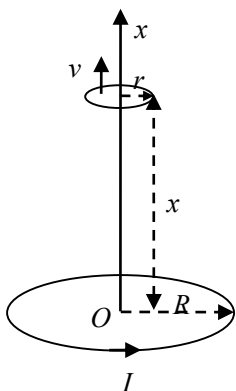
选择方向垂直纸面向里为正方向，则 O 点总的磁感应强度大小为

$$B = B_{EA} + B_{AB} - B_{ACB} = \frac{(6-\pi)\mu_0 I}{24\pi R} \quad (\text{方向垂直纸面向里}) \quad \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

两个半径分别为 R 和 r 的同轴圆形线圈，小的线圈在大的线圈上面相距为 x 处，若大线圈通有电流 I ，方向如图所示，而小线圈沿 Ox 轴方向上以速率 v 运动，试求：

- (1) 大线圈中电流在小线圈圆心产生的磁感应强度大小；
- (2) 若 $r \ll R$ ，小线圈回路中产生的感应电动势大小；
- (3) 若 $r \ll R$ ，两线圈的互感系数。



参考答案:

(1) 在大线圈上取一电流元 Idl , 则电流元在小线圈圆心处产生的磁感应强度微元大小为:

$$dB = \frac{\mu_0 Idl}{4\pi(R^2 + x^2)} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

将磁感应强度微元分解成平行于 Ox 分量 dB_{\parallel} 和垂直于 Ox 轴分量 dB_{\perp}

$$dB_{\parallel} = dB \frac{R}{\sqrt{R^2 + x^2}} = \frac{\mu_0 IRdl}{4\pi(R^2 + x^2)^{3/2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$B_{\parallel} = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0 IRdl}{4\pi(R^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

根据对称性可知

$$B_{\perp} = 0 \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

所以在小线圈圆心处磁感应强度大小为

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2) 若 $r \ll R$, 大线圈在小线圈内产生的磁场可以看作均匀磁场, 其磁感应强度大小等于 $(0, x)$ 处的磁感应强度大小, 则通过小线圈的磁通量为

$$\Phi = B\pi r^2 = \frac{\mu_0 IR^2 \pi r^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

小线圈沿 Ox 轴方向上以速率 v 运动, 在小线圈内产生的感应电动势为

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{3\mu_0 IR^2 \pi r^2 xv}{2(R^2 + x^2)^{5/2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(3) 互感系数为

$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 R^2 \pi r^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

参考答案

一、选择题

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	D	D	A	C	D	B	C	B	D

二、填空题

11. 0,

12. $\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R}$

13. $\frac{C_1}{C_2}$

14. $\frac{\lambda_0}{4\pi\epsilon_0} \left(l - a \ln \frac{a+l}{a} \right)$

15. $-\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$

16. $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$ (或 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0$)

17. 0

18. $\frac{\mu_0 i h}{2\pi R}$

19. 2.14×10^{-8}

20. $L_1 + L_2 + 2M$