

## 大学物理 A 重修复习资料

### 一、单项选择题

1. 对功的概念有以下几种说法：\_\_\_\_\_

- ①保守力作正功时，系统内相应的势能增加。
- ②质点运动经一闭合路径，保守力对质点作的功为零。
- ③作用力与反作用力大小相等、方向相反，所以两者所作功的代数和必为零。

在上述说法中：

- A ①、②是正确的。
- B ②、③是正确的。
- C 只有②是正确的。
- D 只有③是正确的。

2. 一运动质点在某瞬时位于矢径  $\vec{r}(x, y)$  的端点处，其速度大小 ( )

- (A)  $\frac{dr}{dt}$ ;      (B)  $\frac{d\vec{r}}{dt}$ ;      (C)  $\frac{d|\vec{r}|}{dt}$ ;      (D)  $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

3. 一质点作直线运动，某时刻的瞬时速度  $v = 2\text{m/s}$ ，瞬时加速度  $a = -2\text{m/s}^2$ ，则一秒钟后质点的速度 ( )

- (A)等于零      (B)等于-2m/s      (C)等于 2m/s      (D)不能确定

4. 对质点组有以下几种说法：

- (1) 质点组总动量的改变与内力无关；
- (2) 质点组总动能的改变与内力无关；
- (3) 质点组机械能的改变与保守内力无关。

下列对上述说法判断正确的是\_\_\_\_\_

- A 只有 (1) 是正确的
- B (1)、(2) 是正确的
- C (1)、(3) 是正确的
- D (2)、(3) 是正确的

5. 有两个力作用在一个有固定转轴的刚体上，下列说法中正确的是：( )

- (A) 这两个力都平行于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零；
- (B) 这两个力都垂直于轴作用时，它们对轴的合力矩一定是零；
- (C) 当这两个力的合力为零时，它们对轴的合力矩一定是零；
- (D) 当这两个力对轴的合力矩为零时，它们的合力一定是零。

6. 一质点沿半径为  $R$  的圆周作匀速率运动，每  $t$  秒转一圈，在  $2t$  时间间隔中，其平均速度大小和平均速率大小分别为 ( )

- (A)  $\frac{2\pi R}{t}, \frac{2\pi R}{t}$       (B)  $0, \frac{2\pi R}{t}$       (C)  $0, 0$       (D)  $\frac{2\pi R}{t}, 0$

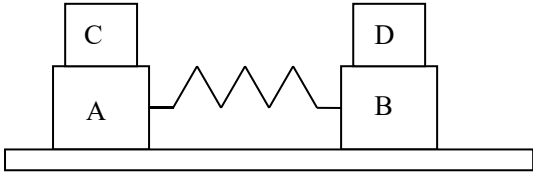
7. 一质点在平面上运动，已知质点位置矢量的表示式为  $\vec{r} = at^2\vec{i} + bt^2\vec{j}$  ( $a, b$  为常数)，则该质点作\_\_\_\_\_

- (A) 匀速直线运动；
- (B) 变加速直线运动；
- (C) 匀变速直线运动；
- (D) 一般曲线运动。

8. 如图所示，质量分别为  $m_1$  和  $m_2$  的物体 A 和 B，置于光滑桌面上，A 和 B 之间连有一轻弹簧，另有质量为  $m_1$  和  $m_2$  的物体 C 和 D 分别置于物体 A 与 B 之上，且物体 A 和 C、B 和 D 之间的摩擦因数均不为零。

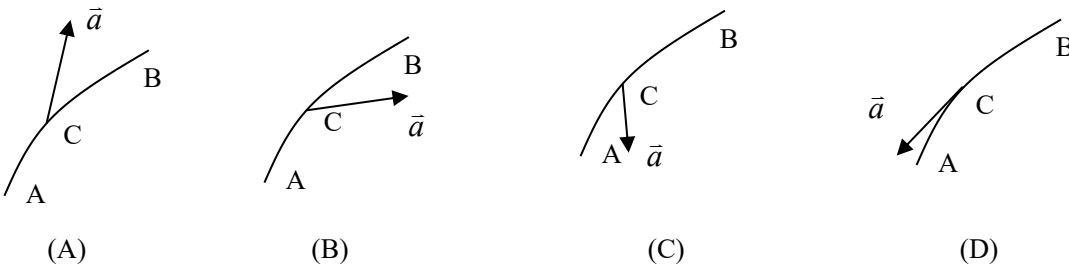
首先用外力沿水平方向相向推压 A 和 B，使弹簧被压缩，然后撤掉外力，则在 A 和 B 弹开的过程中，对 A、B、C、D 以及弹簧组成的系统，有\_\_\_\_\_

- A 动量守恒，机械能守恒      B 动量不守恒，机械能守恒  
C 动量不守恒，机械能不守恒      D 动量守恒，机械能不一定守恒



9. 关于刚体对轴的转动惯量，下列说法中正确的是 ( )  
 (A) 只取决于刚体的质量，与质量的空间分布和轴的位置无关；  
 (B) 取决于刚体的质量和质量的空间分布，与轴的位置无关；  
 (C) 取决于刚体的质量，质量的空间分布和轴的位置；  
 (D) 只取决于转轴的位置，与刚体的质量和质量的空间分布无关。

10. 质点沿 AB 作曲线运动，速率逐渐减小，图中哪一种情况正确表示了质点在 C 处的加速度\_\_\_\_\_



11. 关于力矩有以下几种说法：  
 (1) 对某个定轴转动的刚体而言，内力矩不会改变刚体的角加速度；(2) 一对作用力和反作用力对同一轴的力矩之和必为零；(3) 质量相等，形状和大小不同的两个刚体，在相同力矩的作用下，它们的运动状态一定相同。

- 对上述说法，下列判断正确的是：\_\_\_\_\_
- (A) 只有 (2) 是正确的；      (B) (1)、(2) 是正确的；  
 (C) (2)、(3) 是正确的；      (D) (1)、(2)、(3) 都是正确的。

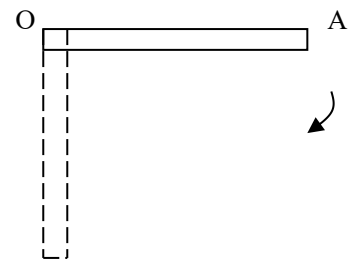
12. 一小球沿斜面向上运动，其运动方程为  $S = 5 + 4t - t^2$  (SI)，则小球运动到最高点的时刻是\_\_\_\_\_

- (A)  $t = 4s$ .      (B)  $t = 2s$ .      (C)  $t = 8s$ .      (D)  $t = 5s$ .

13. 质量为  $m$  的匀质圆盘半径为  $R$ ，过中心垂直盘面的轴转动，角速度为  $\omega$ ，若其角动量大小为  $L$ ，则\_\_\_\_\_

- (A)  $L = mR^2\omega$ ； (B)  $L = \frac{1}{2}mR^2\omega$ ； (C)  $L = \frac{1}{2}mR^2\omega^2$ ； (D)  $L = \frac{1}{4}mR^2\omega^2$ 。

14. 如图，均匀木棒 OA 可绕过其端点 O 并与棒垂直的水平光滑轴转动。令棒从水平位置开始下落，在棒转到竖直位置的过程中，下列说法中正确的是 ( )。



- A. 角速度从小到大, 角加速度从小到大
- B. 角速度从小到大, 角加速度从大到小
- C. 角速度从大到小, 角加速度从大到小
- D. 角速度从大到小, 角加速度从小到大

15. 若质点的质量为  $m$ , 速度为  $\vec{v}$ , 相对于转动中心的位置矢量为  $\vec{r}$ , 则此质点相对于转动中心的角动量为: \_\_\_\_\_

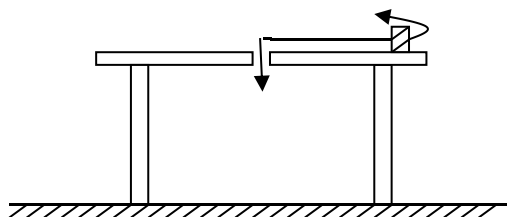
- (A)  $m\vec{v}\vec{r}$ ;      (B)  $m\vec{v}^2\vec{r}$ ;      (C)  $m\vec{v} \times \vec{r}$ ;      (D)  $\vec{r} \times m\vec{v}$ 。

16. 花样滑冰运动员绕自身轴转动, 开始两臂伸开, 转动惯量为  $J_0$ , 角速度为  $\omega_0$ , 当两臂收拢使转动惯量为  $\frac{1}{3}J_0$  时, 转动角速度为: \_\_\_\_\_

- (A)  $\frac{1}{3}\omega_0$ ;      (B)  $\frac{1}{\sqrt{3}}\omega_0$ ;      (C)  $3\omega_0$ ;      (D)  $\sqrt{3}\omega_0$

17. 如图, 一绳穿过水平光滑桌面中心的小孔联结桌面上的小物块. 令物块先在桌面上作以小孔为圆心的圆周运动, 然后将绳的下端缓慢向下拉, 则小物块 ( ) .

- A. 动量、动能、角动量都改变
- B. 动量不变, 动能、角动量都改变
- C. 动能不变, 动量、角动量都改变
- D. 角动量不变, 动量、动能都改变



18. 速度的定义为: \_\_\_\_\_

- (A)  $\frac{d\vec{r}}{dt}$ ;      (B)  $\frac{d\vec{r}}{dt}$ ;      (C)  $\frac{ds}{dt}$ ;      (D) 以上都不正确。

19. 质点的运动方程为  $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$ , 其中  $x = t + 2$  m,  $y = \frac{1}{4}t^2$  m, 则质点在  $t = 2$  s 时的加速度大小为

- (A)  $\frac{1}{4}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;      (B)  $\frac{1}{2}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;      (C)  $\frac{1}{2}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;      (D)  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。

20. 下列几个说法正确的是 ( )

- (A) 电场中某点电场强度的方向, 就是将点电荷放在该点所受电场力的方向;
- (B) 在以点电荷为中心的球面上, 由该点电荷所产生的电场强度处处相同;
- (C) 电场强度的定义式为  $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$ ,  $q$  可正、可负,  $\mathbf{F}$  为试验电荷所受的电场力;
- (D) 以上说法都不正确。

21. 两块金属板的面积均为  $S$ , 相距为  $d$  ( $d$  很小), 分别带电荷  $+q$  与  $-q$ , 两板为真空, 则两板之间的作用力为 ( )

- (A)  $F = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$ ;      (B)  $F = \frac{q^2}{\epsilon_0 S}$ ;      (C)  $F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$ ;      (D)  $F = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d^2}$ 。

22. 对静电场高斯定理的理解, 下列四种说法正确的是 ( )

- (A) 如果通过高斯面的电通量不为零, 则高斯面内必有净电荷;
- (B) 如果通过高斯面的电通量为零, 则高斯面内必无电荷;

- (C) 如果高斯面内无电荷，则高斯面上电场强度必处处为零；  
 (D) 如果高斯面上电场强度处处不为零，则高斯面内必有电荷。

23. 点电荷  $Q$  被闭合曲面  $S$  包围，从无穷远处引入另一点电荷  $q$  至曲面外一点，如图所示，则引入前后 ( )

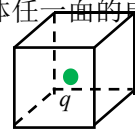
- (A) 曲面  $S$  的电通量不变，曲面上各点的电场强度不变；  
 (B) 曲面  $S$  的电通量变化，曲面上各点的电场强度不变；  
 (C) 曲面  $S$  的电通量变化，曲面上各点的电场强度变化；  
 (D) 曲面  $S$  的电通量不变，曲面上各点的电场强度变化。



选择题23用图

24. 在边长为  $a$  的正立方体中心有一个电量为  $q$  的点电荷，则通过该立方体任一面的电通量为 ( )

- (A)  $\frac{q}{\epsilon_0}$  ; (B)  $\frac{q}{2\epsilon_0}$  ; (C)  $\frac{q}{4\epsilon_0}$  ; (D)  $\frac{q}{6\epsilon_0}$  。



选择题 24 用图

25. 两个同心均匀带电球面，半径分别为  $R_a$  和  $R_b$  ( $R_a < R_b$ )，所带电量分别为  $Q_a$  和  $Q_b$ ，设某点与球心相距  $r$ ，当  $R_a < r < R_b$  时，该点的电场强度的大小为 ( )

- (A)  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_a + Q_b}{r^2}$  ; (B)  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_a - Q_b}{r^2}$  ;  
 (B)  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot (\frac{Q_a}{r^2} + \frac{Q_b}{R_b^2})$  ; (D)  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_a}{r^2}$  。

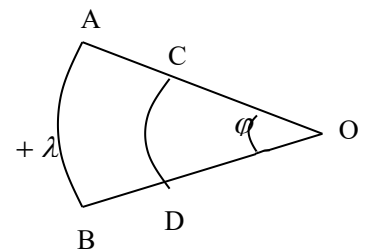
26. 真空中两块互相平行的无限大均匀带电平板，其中一块的电荷面密度为  $+\sigma$ ，另一块的电荷面密度为  $+2\sigma$ ，两板间的电场强度大小为 ( )

- (A)  $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$  ; (B)  $\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$  ; (C)  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$  ; (D) 0 。

27. 电荷分布在有限空间内，则任意两点  $P_1$ 、 $P_2$  之间的电势差取决于 ( )

- (A) 从  $P_1$  移到  $P_2$  的试探电荷电量的大小； (B)  $P_1$  和  $P_2$  处电场强度的大小；  
 (C) 试探电荷由  $P_1$  移到  $P_2$  的路径； (D) 由  $P_1$  移到  $P_2$  电场力对单位正电荷所做的功。

28. 如图所示， $AB$  和  $CD$  为两段同心（在点  $O$ ）的圆弧，它们所张的圆心角都是  $\varphi$ ，两圆弧都均匀带电，并且电荷的线密度也相等。设  $AB$  和  $CD$  在  $O$  点产生的电势分别为  $V_1$  和  $V_2$ ，下列选项正确的是 ( )



- (A)  $V_1 > V_2$  ; (B)  $V_1 < V_2$  ;  
 (C)  $V_1 = V_2$  ; (D)  $V_1, V_2$  大小不定。

选择题 28 用

29. 真空的平行板电容器充电后与电源断开，今将两极板用绝缘工具拉开一些距离，则下列结论中不正确的是 ( )

- (A) 电容器两极板间的电势差增大； (B) 电容器的电容减小；  
 (C) 电容器中的电场能量增加； (D) 电容器两极板间的电场强度增大。

30. 在真空中有一半径为  $R$  的半圆形细导线，通有电流  $I$ ，则圆心处的磁感应强度为 ( )

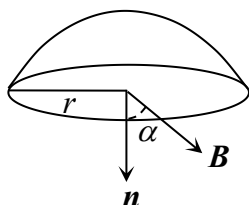
- (A)  $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$ ； (B)  $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$ ； (C)  $\frac{\mu_0 I}{4R}$ ； (D)  $\frac{\mu_0 I}{2R}$ 。

31. 一个半径为  $r$  的半球面如图放在均匀磁场中，通过半球面的磁通量为 ( )

- (A)  $2\pi r^2 B$ ； (B)  $\pi r^2 B$ ； (C)  $2\pi r^2 B \cos \alpha$ ； (D)  $\pi r^2 B \cos \alpha$ 。

32. 下列说法正解的是 ( )

- (A) 闭合回路上各点磁感应强度都为零时，回路内一定没有电流穿过；  
 (B) 闭合回路上各点磁感应强度都为零时，回路内穿过电流的代数和必定为零；  
 (C) 磁感应强度沿闭合回路的积分为零时，回路上各点的磁感应强度必定为零；  
 (D) 磁感应强度沿闭合回路的积分不为零时，回路上任意一点的磁感应强度都不可能为零。



选择题 31 用

33. 对半径为  $R$  载流为  $I$  的无限长直圆柱体，距轴线  $r$  处的磁感应强度  $B$  的大小 ( )

- (A) 内外部磁感应强度  $B$  都与  $r$  成正比；  
 (B) 内部磁感应强度  $B$  与  $r$  成正比，外部磁感应强度  $B$  与  $r$  成反比；  
 (C) 内外部磁感应强度  $B$  都与  $r$  成反比；  
 (D) 内部磁感应强度  $B$  与  $r$  成反比，外部磁感应强度  $B$  与  $r$  成正比。

34. 无限长载流导线通有电流  $I$ ，在其产生的磁场中作一个以载流导线为轴线的同轴圆柱形闭合高斯面，则通过此闭合面的磁通量 ( )

- (A) 等于零； (B) 不一定等于零； (C) 为  $\mu_0 I$ ； (D) 为  $\frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$ 。

35. 磁介质有三种，用相对磁导率  $\mu_r$  表征它们各自的特性时： ( )

- (A) 顺磁质  $\mu_r > 0$ ，抗磁质  $\mu_r < 0$ ，铁磁质  $\mu_r \gg 1$ ；  
 (B) 顺磁质  $\mu_r > 1$ ，抗磁质  $\mu_r = 1$ ，铁磁质  $\mu_r \gg 1$ ；  
 (C) 顺磁质  $\mu_r > 1$ ，抗磁质  $\mu_r < 1$ ，铁磁质  $\mu_r \gg 1$ ；  
 (D) 顺磁质  $\mu_r < 0$ ，抗磁质  $\mu_r < 1$ ，铁磁质  $\mu_r > 0$ 。

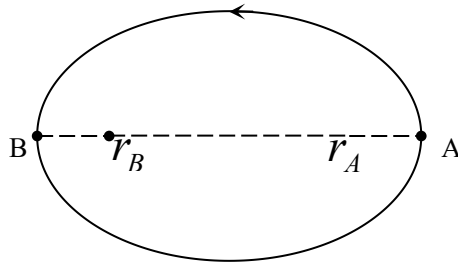
36. 质量为  $m$  电量为  $q$  的粒子，以速率  $v$  与均匀磁场  $B$  成  $\theta$  角入射磁场，轨迹为一螺旋线，若要增大螺距，则要 ( )

- (A) 增大磁场  $B$ ； (B) 减少磁场  $B$ ； (C) 增加  $\theta$  角； (D) 减少速率  $v$ 。

37. 对磁场中的安培环路定理:  $\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum I$  的理解, 有 ( )
- (A)  $\mathbf{B}$  为所有电流激发的总磁场,  $\sum I$  为穿过以  $L$  为边界所围之面的电流;  
 (B)  $\mathbf{B}$  为所有电流激发的总磁场,  $\sum I$  为激发  $\mathbf{B}$  的所有电流;  
 (C)  $\mathbf{B}$  为穿过以  $L$  所围之面的电流所激发,  $\sum I$  为穿过以  $L$  为边界所围之面的电流;  
 (D)  $\mathbf{B}$  为穿过以  $L$  所围之面的电流所激发,  $\sum I$  为激发  $\mathbf{B}$  的所有电
38. 一圆形线圈在磁场中做下列运动时, 哪些情况会产生感应电流 ( )
- (A) 沿垂直磁场方向平移; (B) 以直径为轴转动, 轴跟磁场垂直;  
 (C) 沿平行磁场方向平移; (D) 以直径为轴转动, 轴跟磁场平行。
39. 下列哪些矢量场为保守力场 ( )
- (A) 静电场; (B) 稳恒磁场; (C) 感生电场; (D) 变化的磁场。
40. 一无铁芯的长直螺线管, 在保持其半径和长度不变的情况下, 减少线圈的匝数, 则它的自感将 ( )
- (A) 增大; (B) 减小; (C) 不变; (D) 不能确定。
41. 对于涡旋电场, 下列说法不正确的是 ( )
- (A) 涡旋电场对电荷有作用力; (B) 涡旋电场由变化的磁场产生;  
 (C) 涡旋场由电荷激发; (D) 涡旋电场的电力线闭合的。
42. 尺寸相同的铁环和铜环所包围的面积中, 通以相同变化率的磁通量, 环中 ( )
- (A) 感应电动势不同, 感应电流不同; (B) 感应电动势相同, 感应电流相同;  
 (C) 感应电动势不同, 感应电流相同; (D) 感应电动势相同, 感应电流不同。
43. 下列叙述中, 正确的是 ( )
- (A) 流过线圈的电流强度为  $I$  时, 通过该线圈的磁通量  $\Phi_m = LI$ , 因而线圈的自感系数与回路的电流成反比;  
 (B) 由  $\Phi_m = LI$  可知, 通过回路的磁通量越大, 回路的自感系数也一定大;  
 (C) 感应电场的电场线是一组闭合曲线;  
 (D) 感应电场是保守场。
44. 用线圈的自感系数  $L$  来表示载流线圈磁场能量的公式  $W_m = LI^2 / 2$  ( )
- (A) 只适用于无限长密绕螺线管; (B) 只适用于单匝圆线圈;  
 (C) 只适用于一个匝数很多, 且密绕的螺绕环;  
 (D) 适用于自感系数  $L$  一定的任意线圈。
45. 感生电动势的表达式为  $\oint_L \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l} = - \int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S}$ , 式中  $\mathbf{E}_k$  为感生电场, 此式表明 ( )
- (A) 闭合曲线  $L$  上  $\mathbf{E}_k$  处处相等; (B) 感生电场不能像静电场那样引入电势的概念;  
 (C) 感生电场是保守力场; (D) 感生电场的电场线不闭合。



20. 采用理想模型是物理学研究问题的常用方法之一，忽略次要问题，从而使问题简化。质点就是一种理想模型，它忽略了物体的\_\_\_\_\_。在本学期的学习中，还有\_\_\_\_\_是物理模型（填一个）。
21. 如图所示，人造地球卫星绕地球沿椭圆轨道运转，地球在轨道的一个焦点上。A、B 分别为轨道的远地点和近地点，到地心的距离设为  $r_A$  和  $r_B$ 。若卫星在 A 点的速率为  $v_A$ ，则卫星在 B 点的速率为  $v_B =$ \_\_\_\_\_。



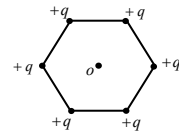
22. 库仑定律给出两个电荷之间的作用力的大小和方向，对这两个电荷的要求是\_\_\_\_\_。

23. 在真空中的静电场中取一个闭合曲面，穿过该闭合曲面的电场强度通量等于\_\_\_\_\_。

24. 在静电场中，电势不变的区域，电场强度为\_\_\_\_\_。

25. 一均匀带电球面，总电量为  $Q$ ，半径为  $R$ ，在  $r < R$  的区域内电场强度大小为\_\_\_\_\_，在  $r > R$  的区域内电场强度大小为\_\_\_\_\_。

26. 边长为  $a$  的正六边形每个顶点处有一个点电荷  $+q$ ，取无限远处作为参考点，则  $O$  点电势为\_\_\_\_\_， $O$  点的电场强度大小为\_\_\_\_\_。



填空题 5 用图

27. 一均匀带电的空心橡皮球，在维持球状吹大的过程中，球内任意点的电场强度\_\_\_\_\_，电势\_\_\_\_\_；始终在球外的任意点的电场强度\_\_\_\_\_，电势\_\_\_\_\_。（填写“变大”、“变小”或“不变”）

28. 静电场中的电场线具有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等特点。

29. 相对于观察者静止的电荷在其周围激发的电场，称为静电场，它是物质存在的一种形式。\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_分别从力和功能角度描述电场性质的物理量。

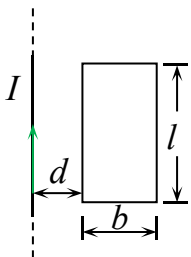
30. 我们可以用多种方法来计算空间某点的电场强度矢量，举出两种计算方法：\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

31. 计算有限长的直线电流产生的磁场\_\_\_\_\_用毕奥—萨伐尔定律，而\_\_\_\_\_用安培环路定理求解。（填“能”或“不能”。）

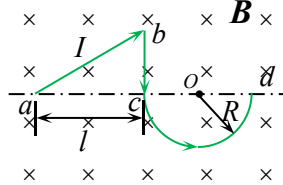
32. 一条载有  $10\text{A}$  的电流的无限长直导线，在离它  $0.5\text{m}$  远的地方产生的磁感应强度大小  $B$  为\_\_\_\_\_  $\text{T}$ 。

33. 边长为  $a$  的正方形导线回路载有电流为  $I$ ，则其中心处的磁感应强度大小为\_\_\_\_\_。

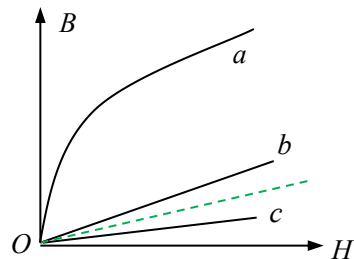
34. 如图所示，一条无限长直导线载有电流  $I$ ，在离它  $d$  远的地方的长  $a$  宽  $l$  的矩形框内穿过的磁通量  $\Phi_m =$ \_\_\_\_\_。



填空 34 题用图



填空 35 题用图



填空 36 题用图

35. 形状如图所示的导线，通有电流  $I$ ，放在与匀强磁场垂直的平面内，导线所受的磁场力  $F =$ \_\_\_\_\_。

36. 图示为三种不同的磁介质的  $B \sim H$  关系曲线，其中虚线表示的是  $B = \mu_0 H$  的关系。试说明  $a$ 、 $b$ 、 $c$  各代表哪

一类磁介质的  $B \sim H$  关系曲线:  $a$  代表\_\_\_\_\_的  $B \sim H$  关系曲线;  $b$  代表\_\_\_\_\_的  $B \sim H$  关系曲线;  $c$  代表\_\_\_\_\_的  $B \sim H$  关系曲线。

37.真空中一载有电流  $I$  的长直螺线管, 单位长度的线圈匝数为  $n$ , 管内中段部分的磁感应强度为\_\_\_\_\_。

38.一条无限长直导线, 在离它  $0.01\text{m}$  远的地方它产生的磁感应强度是  $10^{-4}\text{T}$ , 它所载的电流为\_\_\_\_\_。

39.半径为  $R$ , 载有电流为  $I$  的细圆环在其圆心处  $O$  点所产生的磁感应强度大小为\_\_\_\_\_; 如果上述条件的圆环改为  $\pi/3$  的圆弧, 则圆弧所在圆心处  $O$  点磁感应强度大小为\_\_\_\_\_。

40. 感应电动势根据磁场的变化和回路所围面积的变化, 分为两种, 一种是\_\_\_\_\_; 另一种是\_\_\_\_\_。

41.. 产生动生电动势的非静电力是\_\_\_\_\_, 产生感生电动势的非静电力是\_\_\_\_\_, 激发感生电场的场源是\_\_\_\_\_。

42. 将金属圆环从磁极间沿与磁感应强度垂直的方向抽出时, 圆环将受到\_\_\_\_\_。

43. 已知通过一线圈的磁通量随时间变化的规律  $\Phi_m = 6t^2 + 9t + 2$ , 则当  $t = 2\text{s}$  时, 线圈中的感应电动势为\_\_\_\_\_。

44.. 麦克斯韦提出了\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两个假设, 揭示了电场和磁场之间的内在联系。

45. 电磁感应现象的发现改变了人类的生活。在我们的生活和生产中利用这个基本物理知识的例子很多, 如\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

### 三, 计算题

1. 已知  $\mathbf{r} = b \sin \omega t \mathbf{i} + d \cos \omega t \mathbf{j}$ , 质点做二维平面运动, 其中  $b$ ,  $d$ ,  $\omega$  为常量。求: 任意时刻的速度、加速度和轨迹方程。

解: 根据式 (1-9) 得任意时刻速度为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = b\omega \cos \omega t \mathbf{i} - d\omega \sin \omega t \mathbf{j}$$

根据式 (1-14) 得任意时刻加速度为

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -b\omega^2 \sin \omega t \mathbf{i} - d\omega^2 \cos \omega t \mathbf{j}$$

根据已知的运动方程得

$$x = b \sin \omega t, \quad y = d \cos \omega t$$

上两式联立, 消去时间  $t$ , 得轨迹方程为

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1$$

轨迹为椭圆。

2. 一质点运动方程分量式为  $x = 2t$ ,  $y = 19 - 2t^2$ , 单位为米。求: (1)  $t = 1\text{s}$  时速度和加速度; (2) 求轨迹方程。

解: (1)  $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} = 2t\mathbf{i} + (19 - 2t^2)\mathbf{j}$

任意时刻速度为  $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = 2\mathbf{i} - 4t\mathbf{j}$

任意时刻加速度为  $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -4\mathbf{j}$

将  $t = 1\text{s}$  代入上述公式中, 得

$$\mathbf{v}_1 = 2\mathbf{i} - 4\mathbf{j}$$

$$\mathbf{a}_1 = -4\mathbf{j}$$

(2) 根据已知的运动方程有

$$x = 2t, \quad y = 19 - 2t^2$$

上两式联立, 消去时间  $t$ , 得轨迹方程

$$x^2 + 2y - 38 = 0$$

3. 已知一质点的运动方程为  $\mathbf{r} = 3t\mathbf{i} - 4t^2\mathbf{j}$ , 式中  $\mathbf{r}$  以 m 计,  $t$  以 s 计, 求任意时刻的速度、加速度及轨迹方程。

解:

(1) 求任意时刻的速度

把已知的运动方程  $\mathbf{r}$  表达式, 代入速度定义式中, 得

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = 3\mathbf{i} - 8t\mathbf{j}$$

(2) 求任意时刻的加速度

把上述求出的速度表达式, 代入加速度定义式中, 得

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -8\mathbf{j}$$

(3) 求轨迹方程

将运动方程写成分量式:  $x = 3t, y = -4t^2$

消去变量  $t$ , 得轨迹方程

$$4x^2 + 9y = 0$$

4. 一质点沿  $Ox$  轴运动, 其加速度与速度成正比, 比例系数为  $k$ , 加速度的方向与运动方向相反。设初始坐标为  $x_0$ , 初始速度为  $v_0$ , 试求质点的速度表达式。

**解:** 由已知条件可得, 加速度  $a = -kv$ , 考虑到加速度的定义式, 有

$$dv = a dt = -kv dt$$

分离变量得

$$\frac{dv}{v} = -k dt$$

对上式求定积分, 变量的上下限为初始时到任意时刻的值, 即

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^t (-k) dt$$

有

$$\ln \frac{v}{v_0} = -kt$$

进一步得  $t$  时刻的速度表达式为

$$v = v_0 e^{-kt}$$

5. 一钢球质量是  $m$ , 沿与水平方向成  $\alpha$  与钢板相碰, 之后, 以相同角度被弹回, 速率  $v$  不变。如果碰撞时间为  $\Delta t$ , 求: 钢板受到的作用力 (平均冲力)。

**解:** 如图 2-8 所示, 由于钢球比钢板的信息丰富, 所以应选钢球为研究对象。建立直角坐标系, 利用动量定理分量式可得

$$x: \bar{F}_x \Delta t = mv_x - mv_{0x} = 2mv \cos \alpha$$

$$y: \bar{F}_y \Delta t = mv_y - mv_{0y} = 0$$

钢球在水平方向受力大小  $\bar{F}_x = 2mv \cos \alpha$ , 其方向与  $x$  轴同向, 由牛顿第三定律

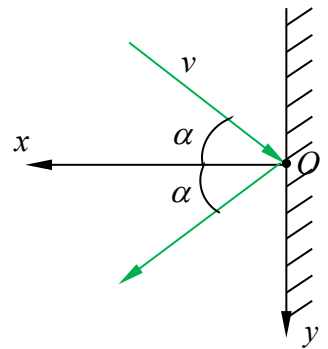


图 5

可知, 钢板受力  $\bar{F}'_x = -\bar{F}_x = -2mv \cos \alpha$ 。

6. 质量为  $m = 2\text{kg}$  物体, 在  $F = 6t$  (SI) 作用下, 从原点由静止出发, 沿  $Ox$  轴做直线运动。求在头 2s 时间内做功及  $t = 2\text{s}$  时的瞬时功率。

**解:** 由于力是时间的函数, 无法直接进行积分, 需要统一变量, 要么统一成  $x$ , 要么统一成  $t$ 。由牛顿第二定律可知

$$F = 6t = m \frac{dv}{dt}$$

移项并积分

$$\int_0^v dv = \int_0^t 3t dt$$

得  $v = \frac{3}{2}t^2$ 。由式 (2-13) 得

$$W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int Fv dt = \int_0^2 9t^3 dt = 36\text{J}$$

由式 (2-16) 得功率为

$$P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = 6t \cdot \frac{3}{2}t^2 \Big|_{t=2} = 72 \text{ W}$$

7. 一质量为 10kg 的物体沿  $x$  轴无摩擦的滑动,  $t=0$  时物体静止于原点。(1) 若物体在力  $F=3+4t(\text{N})$  的作用下运动了 3s, 它的速度增为多大? (2) 物体在力  $F=3+4x(\text{N})$  的作用下运动了 3m, 它的速度增为多大?

解: (1) 由动量定理  $\int_0^t F dt = mv$ , 得

$$v = \frac{1}{m} \int_0^t F dt = \frac{1}{10} \int_0^3 (3+4t) dt = \frac{1}{10} (3t + 2t^2) \Big|_0^3 = 2.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(2) 由动能定理  $\int_0^x F dx = mv^2/2$ , 得

$$v = \sqrt{\frac{2 \int_0^x F dx}{m}} = \sqrt{\frac{\int_0^3 (3+4x) dx}{5}} = \sqrt{\frac{(3x + 2x^2) \Big|_0^3}{5}} = 2.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

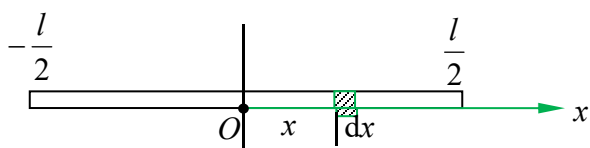
8. 如图 3-6 所示。求质量为  $m$ , 长为  $l$  的匀质细棒的转动惯量: (1) 转轴通过棒的中心并与棒垂直, 如图 3-6 (a) 所示; (2) 转轴通过棒的一端并与棒垂直, 如图 3-6 (b) 所示; (3) 转轴距棒中心为  $d$ , 并与棒垂直, 如图 3-6 (c) 所示。

解: 刚体的质量连续分布, 属于线分布。取转轴与刚体相交处为坐标原点  $O$ , 在刚体上任意位置  $x$  处取线元  $dx$ , 棒的线质量密度  $\lambda = m/l$ , 根据定义式 (3-12) 有

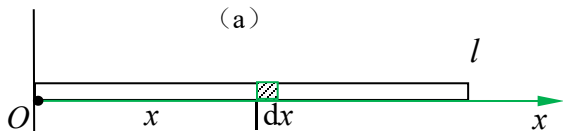
$$(1) \quad J = \int x^2 dm = \lambda \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} x^2 dx = \frac{1}{12} ml^2$$

$$(2) \quad J = \int x^2 dm = \lambda \int_0^l x^2 dx = \frac{1}{3} ml^2$$

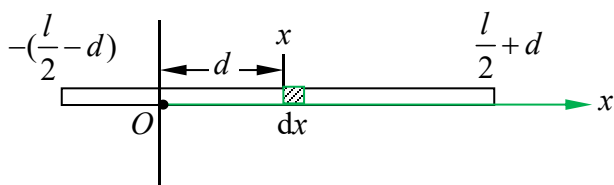
$$(3) \quad J = \int x^2 dm = \lambda \int_{-\frac{l}{2}-d}^{\frac{l}{2}+d} x^2 dx = \frac{1}{12} ml^2 + md^2$$



(a)



(b)



(c)

9. 如图 3-8 所示, 质量为  $m$ 、长为  $l$  的细杆可绕光滑水平轴  $O$  在竖直平面内转动。若使杆从静止释放, 求杆转到任意位置时的角加速度和角速度及质心处的速度。

**解:** 轴的支撑力对轴不产生力矩, 重力矩便是杆受到的外力矩。由于细杆沿顺时针方向转动, 规定转轴正方向垂直纸面向里

$$M = mg \frac{l}{2} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = mg \frac{l}{2} \cos \theta$$

由转动定律得

$$\beta = \frac{M}{J} = \frac{3g \cos \theta}{2l}$$

上式表明, 随着杆向下转动力矩越来越小, 角加速度与其同步减小。

由于角加速度这一结果不显含时间, 用分式变换将其改写

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \omega \frac{d\omega}{d\theta}$$

因此有

$$\int_0^\omega \omega d\omega = \frac{3g}{2l} \int_0^\theta \cos \theta d\theta$$

于是, 杆转到任意位置处角速度为  $\omega = \sqrt{\frac{3g}{l} \sin \theta}$

此时, 质心处的线速度为  $v = \frac{l}{2} \omega = \frac{1}{2} \sqrt{3gl \sin \theta}$

转到竖直位置时其角速度和质心处线速度均达到最大值。

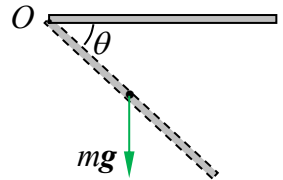


图 3-8

10. 如图 3-15 所示, 一长为  $l$ , 质量为  $m$  的匀质杆, 可绕光滑轴  $O$  在铅直面内摆动。初始时刻, 杆静止, 一颗质量为  $m_0$  的子弹以水平速度  $v_0$  射入与轴相距为  $a$  处的杆内, 并留在杆中, 使得杆能够上偏  $\theta = 30^\circ$ , 求子弹的初速度  $v_0$ 。

**解:** 分为两个过程来讨论。第一个过程是子弹打杆的瞬间, 与子弹打砂箱问题不同, 因为杆为刚性的, 所以杆和子弹组成的系统水平方向外力不为零 (轴对杆作用力的大小和方向均在变化), 但是由于此力过转轴, 对轴的力矩为零, 所以这一过程中, 系统角动量守恒

$$m_0 v_0 a = J \omega \quad (1)$$

第二个过程是子弹留在杆内使得杆和子弹获得了相同的角速度, 一起向上摆动, 这一过程若将地球考虑在内, 则系统中只有保守内力——重力做功, 所以机械能守恒。设固定点  $O$  为重力势能零点 (势能零点最好选在固定点, 以便迅速写出各种状态的重力势能), 则

$$\frac{1}{2} J \omega^2 - m_0 g a - mg \frac{l}{2} = -m_0 g a \cos \theta - mg \frac{l}{2} \cos \theta \quad (2)$$

其中

$$J = \frac{1}{3} m l^2 + m_0 a^2$$

将  $\theta = 30^\circ$  代入, 联立 (1) (2) 求得

$$v_0 = \frac{1}{m_0 a} \sqrt{\frac{2 - \sqrt{3}}{6} (m l + 2 m_0 a) (m l^2 + 3 m_0 a^2) g}$$

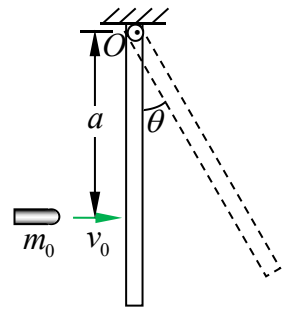


图 3-15

11. 真空中一均匀带电圆环，圆环半径为  $R$ ，带电量  $q$ ，试计算圆环轴线上任一点  $P$  的电场强度。

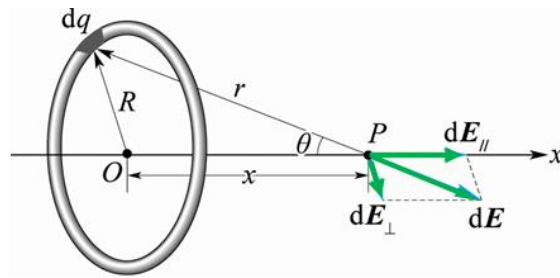


图 7-7 均匀带电圆环轴线上任一点的电场强度

**解：**取环的轴线为  $x$  轴，轴上  $P$  点与环心的距离为  $x$ 。在圆环上取线元  $dl$ ，它与  $P$  点的距离为  $r$ ，如图 7-7 所示。则

$$dq = \lambda dl = \frac{q}{2\pi R} dl$$

$dq$  在  $P$  点产生的电场强度  $d\mathbf{E}$  的方向如图，大小为

$$dE = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$d\mathbf{E}$  与  $x$  轴平行的分量

$$dE_{//} = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos\theta$$

$d\mathbf{E}$  与  $x$  轴垂直的分量

$$dE_{\perp} = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r^2} \sin\theta$$

根据对称性，带电圆环上在同一直径两端的两个电荷元在  $P$  点产生的电场强度在垂直于  $x$  轴方向的分量互相抵消。所以， $P$  点的总电场强度的方向一定沿  $x$  轴，即

$$E = \int_L dE_{//} = \int_L \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos\theta = \int_L \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{x}{r} = \frac{x}{4\pi\epsilon_0 r^3} \int_0^{2\pi R} \lambda dl = \frac{qx}{4\pi\epsilon_0 (R^2 + x^2)^{3/2}}$$

11. 设有一半径为  $R$ ，均匀带正电  $Q$  的球面，求球面内部和外部任意点的电场强度。

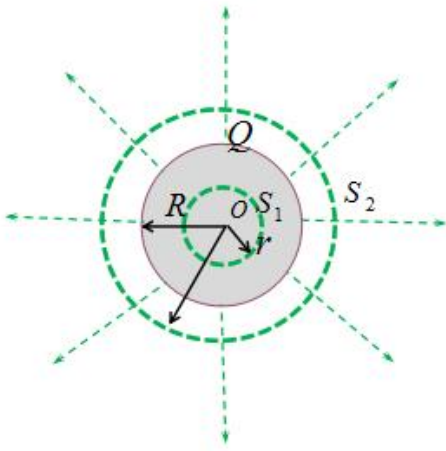


图 7-13 均匀带电球面

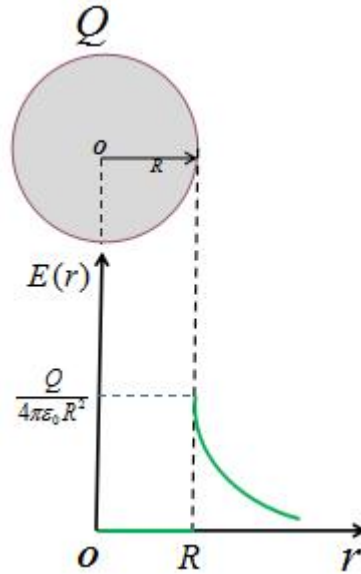


图 7-14 均匀带电球面的电场分布

**解：**由于电荷分布是球对称的，可以判断出空间电场的分布必然具有球对称性，即到球心距离相同的点处，电场强度大小相等，电场强度的方向沿半径呈辐射状。

如图 7-13，设到球心的距离为  $r$  处的电场强度大小为  $E$ ，以  $r$  为半径取一球面为高斯面，则高斯面上任意面元  $d\mathbf{S}$  法线  $\mathbf{n}$  与面元处的电场强度方向相同，高斯面上各点的电场强度大小相等。

(1) 球面内部 ( $0 < r < R$ )，对于高斯面  $S_1$ ，由高斯定理

$$\oint_{S_1} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sum q_{S_1 \text{ 内}}}{\epsilon_0}$$

$$ES_1 = \frac{\sum q_{S_1 \text{ 内}}}{\epsilon_0}$$

由于

$$\sum q = 0$$

所以，可得

$$E = 0$$

即球内任一点处的电场强度为零。

(2) 球面外部 ( $r > R$ )，对于高斯面  $S_2$ ，由高斯定理

$$\oint_{S_2} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sum q_{S_2 \text{ 内}}}{\epsilon_0}$$

有

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

12. 求无限长、均匀带电直线周围的电场强度分布（设电荷的线密度为  $\lambda$ ）。

**解：**无限长均匀带电直线周围的电场强度分布是关于直导线对称分布，即到直线距离相同的点上电场强度的大小相等，电场强度的方向沿垂直于带电直线的方向，呈辐射状（带负电向里、带正电向外）。

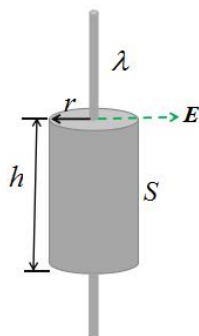


图 7-15 无限长均匀带电直线的电场

如图 7-15，取以直线为轴、高为  $h$ 、底面半径为  $r$  的正圆柱面为高斯面，则高斯面侧面上的每一点电场强度的大小相等，设为  $E$ 。

依据高斯定理：

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{S_{\text{内}}} q_i$$

有

$$E \cdot 2\pi r h = \frac{\lambda h}{\epsilon_0}$$

则

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

13. 求无限大均匀带电平面附近，距离该平面为  $r$  处某点的电场强度（无限大均匀带电平面所带电荷的面密度设为  $\sigma$ ）。

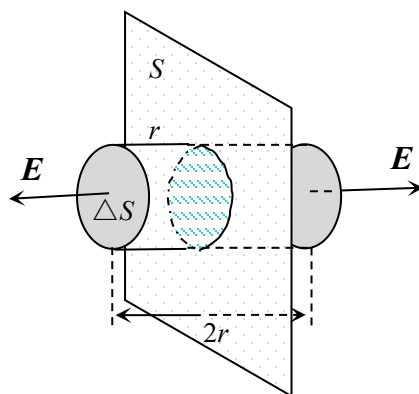
**解：**根据无限大平面电荷的分布特点，的那些点的电场强度的大小相等，方向离开

如图 7-16，选取一高斯面：以  $\Delta S$  为底、用高斯定理

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{S_{\text{内}}} q$$

$$\text{有 } 2E\Delta S = \frac{\sigma\Delta S}{\epsilon_0}$$

$$\text{则 } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



可知距离平面相同平面向外。

高为  $2r$  的圆柱面。应

图 7-16 无限大均匀带电平面空间的电场

上式表明，无限大均匀带电平面附近的两侧是匀强电场。

14. 求无限长载流圆柱体内外的磁场。

解：设圆柱形导体的半径为  $R$ ，恒定电流  $I$  沿轴线方向流动，且电流在截面积上的分布是均匀的。如果圆柱形导体很长，那么在导体的中部，磁场的分布可视为是对称的。下面用安培环路定理来求圆柱体内外的磁感应强度。

根据安培环路定理

$$\oint_l \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^n I_i$$

有 
$$B2\pi r = \mu_0 I$$

得 
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

下面计算圆柱体内距轴线垂直距离为  $r$  处 ( $r < R$ ) 的磁感应强度。

安培环路定理

$$\oint_l \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum I_i$$

式中  $\sum I_i$  是以  $r$  为半径的圆所包围的电流。如果在圆柱体内电流密度是均匀的，通过截面积  $\pi r^2$  的电流  $\sum I_i = (\pi r^2 / \pi R^2) \cdot I$ 。所以

$$\oint_l \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = B2\pi r = \mu_0 \frac{I r^2}{R^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$

15. 载流螺绕环内的磁场。

解：设环上线圈的总匝数为  $N$ ，电流为  $I$ ，求螺绕环内的磁场。

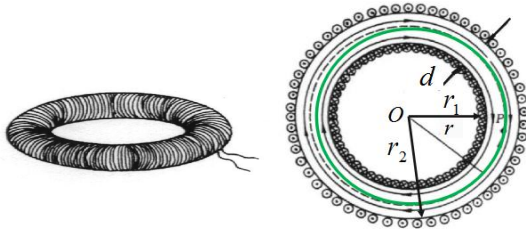


图 8-17 载流螺绕环内磁场的计算

为了计算管内某一点  $P$  的磁感应强度，可选择通过  $P$  点的磁感线  $L$  作为积分回路，由于线上任一点的磁感应强度  $B$  的量值相等，方向都与  $d\mathbf{l}$  同向，由安培环路定理

$$\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum I$$

故得  $B$  的环流

$$B2\pi r = \mu_0 NI$$

式中  $r$  为回路半径，那么  $P$  点的磁感应强度为

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

16. 一无限长直导线，通有电流  $I = 10\text{A}$ ，竖直放置，另一长  $l = 0.9\text{m}$  的水平导体杆  $AC$  处于其附近，并以速度  $v = 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  向上做匀速平动，已知杆  $AC$  与长直载流导线共面，杆的  $A$  端距该导线的距离  $d = 0.1\text{m}$ ，求  $AC$  杆中的动生电动势。

解：由于导体杆  $AC$  是在非均匀磁场中运动，所以要用动生电动势的一般表达式 (9-7) 来计算。

已知通电导线周围的磁场分布表达式为  $B = \mu_0 I / 2\pi x$ ，在导体杆  $AC$  一侧，磁感应强度的方向垂直纸面向里。

在杆上距导线为  $x$  处取一线元  $dx$ ，取  $dx$  的方向由  $A$  到  $C$ 。在  $AC$  导线运动时，线元  $dx$  两端产生的动生电动势为

$$\begin{aligned} d\varepsilon &= (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{x} = vB \sin \frac{\pi}{2} \cdot dx \cos 180^\circ \\ &= -vB dx \end{aligned}$$

$$\varepsilon = \int_A^C d\varepsilon = -\int_A^C \frac{\mu_0 I v}{2\pi x} dx$$

$$= -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \int_d^{d+l} \frac{1}{x} dx = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{d+l}{d} = -9.2 \times 10^{-6} \text{V}$$

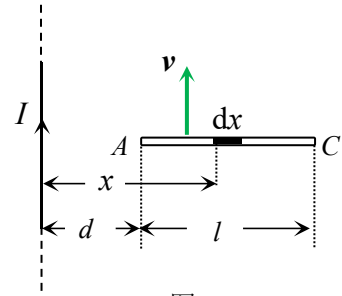


图 16

由于  $\varepsilon_i < 0$ ，所以动生电动势的方向为  $C$  指向  $A$ ，即  $A$  端电势高。

17. 一根长度为  $L$  的铜棒  $OP$ ，在垂直于均匀磁场  $\mathbf{B}$  的平面中以角速度  $\omega$  绕棒的一端  $O$  做匀角速转动，如图 9-7 所示。求在铜棒两端产生的动生电动势。

解：

先判断铜棒中电子受到的洛伦兹力方向，进一步判断动生电动势的方向，再根据 (9-7) 式计算电动势的大小。

在导体棒旋转的过程中，设想导体内有一个电子，受到的洛伦兹力  $\mathbf{F}_m$  方向如图，则电子将向  $O$  端运动，所以  $O$  端为低电势端， $P$  端为高电势端。

$OP$  棒两端的电动势大小的计算：

在棒上距  $O$  端  $l$  处，取一小段  $dl$ ，在运动的过程中，该段两端产生的动生电动势为

$$d\varepsilon = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} = vB \sin 90^\circ dl \cos 0^\circ = vB dl$$

考虑到  $v = l \cdot \omega$ ， $OP$  棒两端电动势的大小为

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = \int_0^L l \omega B dl = \frac{1}{2} \omega B L^2$$

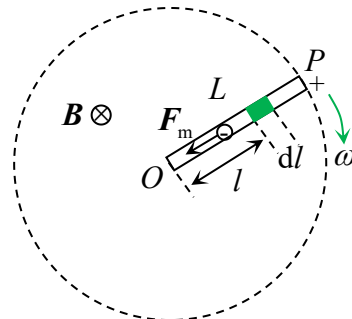


图 17