

本电子版由大鹏复印免费提供
如需纸质版可通过微信、QQ购买

大鹏复印

开学季大优惠!

出售各种历年题、复印版教材、学习资料,打印PPT、讲义

班级团购价: **6分** 钱一面

可送货到寝室!



QQ: 3012296749



微信: 15663529660

电话: 18346185643

质量保证! 欢迎电话、微信、QQ咨询!

目 录

一、 精选习题	1
1. 稳恒磁场	1
2. 电磁感应.....	49
3. 磁介质.....	77
4. 电磁场理论.....	80
5. 气体分子运动论.....	84
6. 热力学.....	103
7. 相对论.....	130
8. 量子力学基础.....	137
二、 习题解答	152
1. 稳恒磁场	152
2. 电磁感应.....	189
3. 磁介质.....	211
4. 电磁场理论.....	212
5. 气体分子运动论.....	214
6. 热力学.....	221
7. 相对论.....	242
8. 量子力学基础.....	251

稳恒磁场

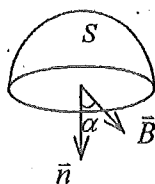
一、选择题

1. 均匀磁场的磁感强度 \vec{B} 垂直于半径为 r 的圆面. 今以该圆周边为边线, 作一半球面 S , 则通过 S 面的磁通量的大小为:

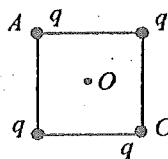
- (A) $2\pi r^2 B$. (B) $\pi r^2 B$. (C) 0. (D) 无法确定的量.

2. 在磁感强度为 \vec{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(取弯面向外为正)为:

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



(2 题图)



(4 题图)

3. 有一个圆形回路 1 及一个正方形回路 2, 圆直径和正方形的边长相等, 二者中通有大小相等的电流, 它们在各自中心产生的磁感强度的大小之比 B_1 / B_2 为:

- (A) 0.90. (B) 1.00. (C) 1.11. (D) 1.22.

4. 如图, 边长为 a 的正方形的四个角上固定有四个电荷均为 q 的点电荷. 此正方形以角速度 ω 绕 AC 轴旋转时, 在中心 O 点产生的磁感强度大小为 B_1 ; 此正方形同样以角速度 ω 绕过 O 点垂直于正方形平面的轴旋转时, 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:

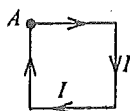
- (A) $B_1 = B_2$. (B) $B_1 = 2B_2$. (C) $B_1 = \frac{1}{2} B_2$. (D) $B_1 = B_2 / 4$.

5. 边长为 L 的一个导体方框上通有电流 I , 则此框中心的磁感强度:

- (A) 与 L 无关. (B) 正比于 L^2 . (C) 与 L 成正比.
(D) 与 L 成反比. (E) 与 I^2 有关.

6. 边长为 l 的正方形线圈中通有电流 I , 此线圈在 A 点(见图)产生的磁感强度 B 为:

- (A) $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{4\pi l}$. (B) $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi l}$. (C) $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}$. (D) 以上均不对.



(6 题图)



(7 题图)

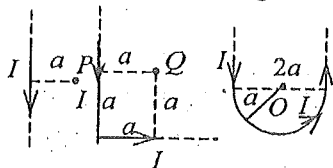
7. 如图所示, 电流从 a 点分两路通过对称的圆环形分路, 汇合于 b 点. 若 ca 、 bd 都沿环的径向, 则在环形分路的环心处的磁感强度:

- (A) 方向垂直环形分路所在平面且指向纸内.

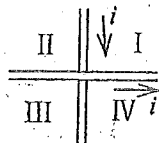
- (B) 方向垂直环形分路所在平面且指向纸外。
 (C) 方向在环形分路所在平面, 且指向 b 。
 (D) 方向在环形分路所在平面内, 且指向 a 。
 (E) 为零。

8. 通有电流 I 的无限长直导线有如图三种形状, 则 P, Q, O 各点磁感强度的大小 B_P, B_Q, B_O 间的关系为:

- (A) $B_P > B_Q > B_O$. (B) $B_Q > B_P > B_O$. $B_Q > B_O > B_P$. (D) $B_O > B_Q > B_P$.



(8 题图)



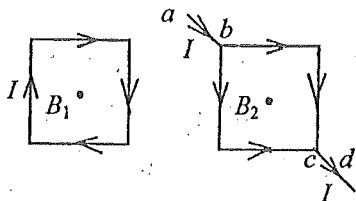
(9 题图)

9. 一平面内, 有两条垂直交叉但相互绝缘的导线, 流过每条导线的电流 i 的大小相等, 其方向如图所示. 问哪些区域中有某些点的磁感强度 B 可能为零?

- (A) 仅在象限 I. (B) 仅在象限 II. (C) 仅在象限 I, III.
 (D) 仅在象限 I, IV. (E) 仅在象限 II, IV.

10. 边长为 l 的正方形线圈, 分别用图示两种方式通以电流 I (其中 ab, cd 与正方形共面), 在这两种情况下, 线圈在其中心产生的磁感强度的大小分别为:

- (A) $B_1 = 0, B_2 = 0$. (B) $B_1 = 0, B_2 = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}$.
 (C) $B_1 = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}, B_2 = 0$. (D) $B_1 = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}, B_2 = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}$.



(10 题图)

11. 在真空中有一根半径为 R 的半圆形细导线, 流过的电流为 I , 则圆心处的磁感强度为:

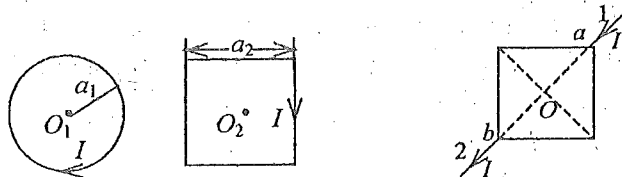
- (A) $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$. (B) $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$. (C) 0. (D) $\frac{\mu_0 I}{4 R}$.

12. 一个电流元 $I d\vec{l}$ 位于直角坐标系原点, 电流沿 z 轴方向, 点 $P(x, y, z)$ 的磁感强度沿 x 轴的分量是:

- (A) 0. (B) $-(\mu_0 / 4\pi) I y dl / (x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}$.
 (C) $-(\mu_0 / 4\pi) I x dl / (x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}$. (D) $-(\mu_0 / 4\pi) I y dl / (x^2 + y^2 + z^2)$.

13. 载流的圆形线圈(半径 a_1) 与正方形线圈(边长 a_2) 通有相同电流 I . 若两个线圈的中心 O_1, O_2 处的磁感强度大小相同, 则半径 a_1 与边长 a_2 之比 $a_1 : a_2$ 为:

- (A) 1:1 (B) $\sqrt{2}\pi : 1$ (C) $\sqrt{2}\pi : 4$ (D) $\sqrt{2}\pi : 8$



(13 题图)

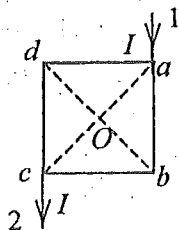
(14 题图)

14. 如图所示, 电流 I 由长直导线 1 经 a 点流入由电阻均匀的导线构成的正方形线框, 由 b 点流出, 经长直导线 2 返回电源(导线 1、2 的延长线均通过 O 点). 设载流导线 1、2 和正方形线框中的电流在框中心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

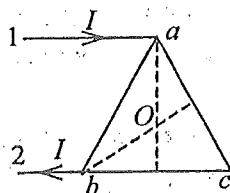
- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
 (B) $B=0$, 因为虽然 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$ 、 $B_3 \neq 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0$.
 (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, 但 $B_3 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$.

15. 如图所示, 电流由长直导线 1 沿 ab 边方向经 a 点流入由电阻均匀的导线构成的正方形线框, 由 c 点沿 dc 方向流出, 经长直导线 2 返回电源. 设载流导线 1、2 和正方形框中的电流在框中心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
 (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 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, 但 $B_3 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$.



(15 题图)



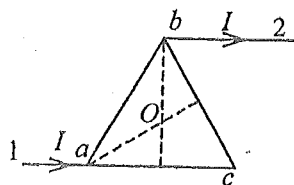
(16 题图)

16. 电流由长直导线 1 沿平行 bc 边方向经过 a 点流入由电阻均匀的导线构成的正三角形线框, 由 b 点流出, 经长直导线 2 沿 cb 延长线方向返回电源(如图). 已知直导线上的电流为 I , 三角框的每一边长为 l . 若载流导线 1、2 和三角框中的电流在三角框中心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

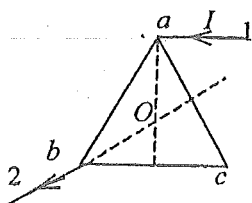
- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
 (B) $B=0$, 因为 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3=0$.
 (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, 但 $B_3 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$.

17. 边长为 l , 由电阻均匀的导线构成的正三角形导线框 abc , 通过彼此平行的长直导线 1 和 2 与电源相连, 导线 1 和 2 分别与导线框在 a 点和 b 点相接, 导线 1 和线框的 ac 边的延长线重合. 导线 1 和 2 上的电流为 I , 如图所示. 令长直导线 1、2 和导线框中电流在线框中心 O 点产生的磁感强度分别为 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 , 则 O 点的磁感强度大小:

- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
- (B) $B=0$, 因为 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$, $B_3=0$
- (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$, 但 $B_3 \neq 0$.
- (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1+\vec{B}_2 \neq 0$.



(17 题图)



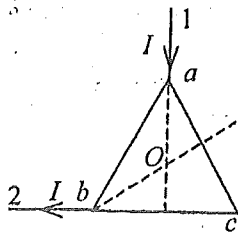
(18 题图)

18. 电流 I 由长直导线 1 沿平行 bc 边方向经 a 点流入由电阻均匀的导线构成的正三角形线框, 再由 b 点沿垂直 ac 边方向流出, 经长直导线 2 返回电源(如图). 若载流直导线 1、2 和三角形框中的电流在框中心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

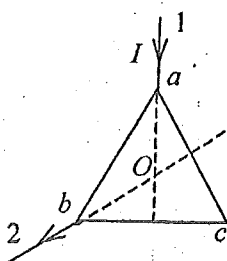
- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
- (B) $B=0$, 因为虽然 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$, 但 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$, $B_3=0$.
- (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_2=0$ 、 $B_3=0$, 但 $B_1 \neq 0$.
- (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1+\vec{B}_2 \neq 0$, 但 $B_3 \neq 0$.

19. 电流 I 由长直导线 1 沿垂直 bc 边方向经 a 点流入由电阻均匀的导线构成的正三角形线框, 再由 b 点流出, 经长直导线 2 沿 cb 延长线方向返回电源(如图). 若载流直导线 1、2 和三角形框中的电流在框中心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
- (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 $B_3=0$ 、 $B_1=0$, 但 $B_2 \neq 0$.
- (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1+\vec{B}_2 \neq 0$, 但 $\vec{B}_3 \neq 0$.



(19 题图)



(20 题图)

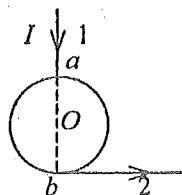
20. 电流 I 由长直导线 1 沿垂直 bc 边方向经 a 点流入由电阻均匀的导线构成的正三角形线

框, 再由 b 点沿垂直 ac 边方向流出, 经长直导线 2 返回电源(如图). 若载流直导线 1、2 和三角形框中的电流在框中心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

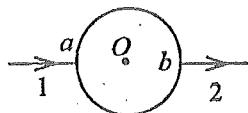
- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
 (B) $B=0$, 因为虽然 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3=0$.
 (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, 但 $B_3 \neq 0$.

21. 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 及 \vec{B}_3 , 则 O 点的磁感强度的大小:

- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
 (B) $B=0$, 因为 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3=0$.
 (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 $B_3 \neq 0$.
 (E) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_2=B_3=0$, 但 $B_1 \neq 0$.



(21 题图)



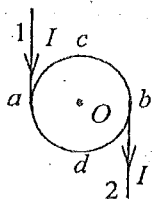
(22 题图)

22. 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 点沿半径方向流出, 经长直导线 2 返回电源(如图). 已知直导线上电流为 I , 圆环的半径为 R , 且 a 、 b 与圆心 O 三点在一直线上. 若载流直导线 1、2 和圆环中的电流在 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 表示, 则 O 点磁感强度的大小为:

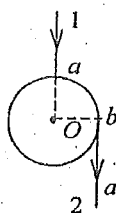
- (A) $B=0$, 因为 $B_1=B_2=B_3=0$.
 (B) $B=0$, 因为虽然 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3=0$.
 (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, 但 $B_3 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3=0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$.

23. 电流由长直导线 1 沿切向经 a 点流入一个电阻均匀的圆环, 再由 b 点沿切向从圆环流出, 经长直导线 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 和圆心 O 在同一直线上. 设长直载流导线 1、2 和圆环中的电流分别在 O 点产生的磁感强度为 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_3 , 则圆心处磁感强度的大小:

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



(23 题图)



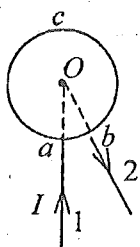
(24 题图)

24. 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, 经长直导线 2 返回电源(如图). 已知直导线上电流为 I , $\angle aOb = \pi/2$. 若载流长直导线 1、2 以及圆环中的电流在圆心 O 点所产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_3 表示, 则 O 点的磁感强度大小:

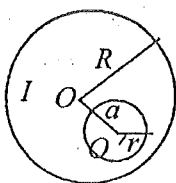
- (A) $B = 0$, 因为 $B_1 = B_2 = B_3 = 0$.
 (B) $B = 0$, 因为 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3 = 0$.
 (C) $B \neq 0$, 因为虽然 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, 但 $B_3 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_1 = B_3 = 0$, 但 $B_2 \neq 0$.
 (E) $B \neq 0$, 因为虽然 $B_2 = B_3 = 0$, 但 $B_1 \neq 0$.

25. 电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的圆环, 再由 b 点沿半径方向从圆环流出, 经长直导线 2 返回电源(如图). 已知直导线上电流强度为 I , $\angle aOb = 30^\circ$. 若长直导线 1、2 和圆环中的电流在圆心 O 点产生的磁感强度分别用 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_3 表示, 则圆心 O 点的磁感强度大小:

- (A) $B = 0$, 因为 $B_1 = B_2 = B_3 = 0$.
 (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 $B_3 = 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$.
 (D) $B \neq 0$, 因为 $B_3 \neq 0$, $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$, 所以 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 \neq 0$.



(25 题图)

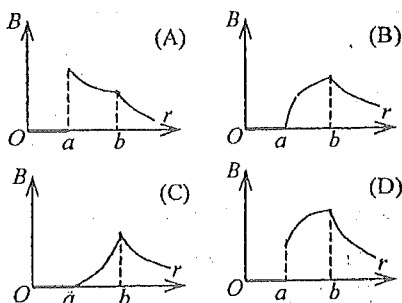


(26 题图)

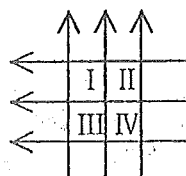
26. 在半径为 R 的长直金属圆柱体内部挖去一个半径为 r 的长直圆柱体, 两柱体轴线平行, 其间距为 a , 如图. 今在此导体上通以电流 I , 电流在截面上均匀分布, 则空心部分轴线上 O' 点的磁感强度的大小为:

- (A) $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \cdot \frac{a^2}{R^2}$ (B) $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \cdot \frac{a^2 - r^2}{R^2}$
 (C) $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \cdot \frac{a^2}{R^2 - r^2}$ (D) $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \left(\frac{a^2}{R^2} - \frac{r^2}{a^2} \right)$

27. 无限长载流空心圆柱导体的内外半径分别为 a 、 b ，电流在导体截面上均匀分布，则空间各处的 \vec{B} 的大小与场点到圆柱中心轴线的距离 r 的关系定性如图示。正确的图是：



(27 题图)



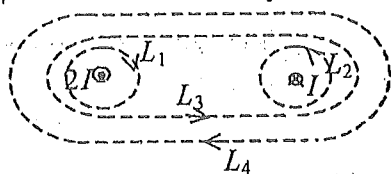
(28 题图)

28. 图中，六根无限长导线互相绝缘，通过电流均为 I ，区域 I、II、III、IV 均为相等的正方形，哪一个区域指向纸内的磁通量最大？

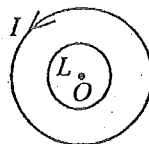
- (A) I 区域. (B) II 区域. (C) III 区域. (D) IV 区域. (E) 最大不止一个.

29. 如图，流出纸面的电流为 $2I$ ，流进纸面的电流为 I ，则下述各式中哪一个是正确的？

- (A) $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} = 2I$. (B) $\oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$ (C) $\oint_{L_3} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$. (D) $\oint_{L_4} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$.



(29 题图)



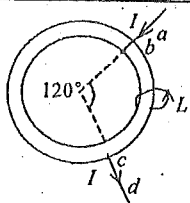
(30 题图)

30. 如图，在一圆形电流 I 所在的平面内，选取一个同心圆形闭合回路 L ，则由安培环路定理可知：

- (A) $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$ ，且环路上任意一点 $B = 0$.
 (B) $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$ ，且环路上任意一点 $B \neq 0$.
 (C) $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq 0$ ，且环路上任意一点 $B \neq 0$.
 (D) $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq 0$ ，且环路上任意一点 $B = \text{常量}$.

31. 如图，两根直导线 ab 和 cd 沿半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上，稳恒电流 I 从 a 端流入而从 d 端流出，则磁感强度 \vec{B} 沿图中闭合路径 L 的积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 等于：

- (A) $\mu_0 I$. (B) $\frac{1}{3} \mu_0 I$. (C) $\mu_0 I / 4$. (D) $2\mu_0 I / 3$.



(31 题图)

32. 无限长直圆柱体, 半径为 R , 沿轴向均匀流有电流. 设圆柱体内 ($r < R$) 的磁感强度为 B_i , 圆柱体外 ($r > R$) 的磁感强度为 B_e , 则有:

- (A) B_i 、 B_e 均与 r 成正比. (B) B_i 、 B_e 均与 r 成反比.
 (C) B_i 与 r 成反比, B_e 与 r 成正比. (D) B_i 与 r 成正比, B_e 与 r 成反比.

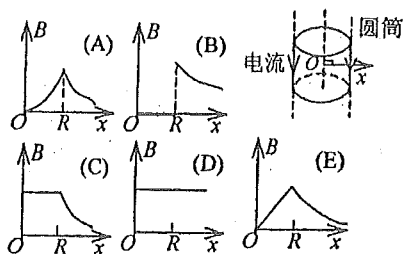
33. 若要使半径为 4×10^{-3} m 的裸铜线表面的磁感强度为 7.0×10^{-5} T, 则铜线中需要通过的电流为 ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T·m·A⁻¹):

- (A) 0.14 A. (B) 1.4 A. (C) 2.8 A. (D) 14 A.

34. 取一闭合积分回路 L , 使三根载流导线穿过它所围成的面. 现改变三根导线之间的相互间隔, 但不越出积分回路, 则:

- (A) 回路 L 内的 ΣI 不变, L 上各点的 \vec{B} 不变.
 (B) 回路 L 内的 ΣI 不变, L 上各点的 \vec{B} 改变.
 (C) 回路 L 内的 ΣI 改变, L 上各点的 \vec{B} 不变.
 (D) 回路 L 内的 ΣI 改变, L 上各点的 \vec{B} 改变.

35. 磁场由沿空心长圆筒形导体的均匀分布的电流产生, 圆筒半径为 R , x 坐标轴垂直圆筒轴线, 原点在中心轴线上. 图(A)~(E)哪一条曲线表示 $B-x$ 的关系?



(35 题图)

36. 若空间存在两根无限长直载流导线, 空间的磁场分布就不具有简单的对称性, 则该磁场分布:

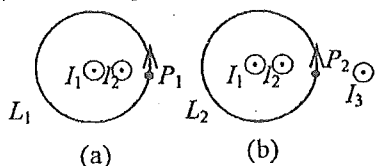
- (A) 不能用安培环路定理来计算.
 (B) 可以直接用安培环路定理求出.
 (C) 只能用毕奥—萨伐尔定律求出.
 (D) 可以用安培环路定理和磁感强度的叠加原理求出.

37. 距一根载有电流为 3×10^4 A 的电线 1 m 处的磁感强度的大小为:

- (A) 3×10^{-5} T. (B) 6×10^{-3} T. (C) 1.9×10^{-2} T. (D) 0.6 T.

38. 在图(a)和(b)中各有一半径相同的圆形回路 L_1 、 L_2 , 圆周内有电流 I_1 、 I_2 , 其分布相同, 且均在真空中, 但在(b)图中 L_2 回路外有电流 I_3 , P_1 、 P_2 为两圆形回路上的对应点, 则:

- (A) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} = B_{P_2}$ (B) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} = B_{P_2}$
 (C) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} \neq B_{P_2}$ (D) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} \neq B_{P_2}$



(38 题图)



(40 题图)

39. 一张气泡室照片表明, 质子的运动轨迹是一半径为 10 cm 的圆弧, 运动轨迹平面与磁场垂直, 磁感强度大小为 0.3 Wb/m^2 . 该质子动能的数量级为:

- (A) 0.01 MeV. (B) 0.1 MeV. (C) 1 MeV. (D) 10 MeV.
 (E) 100 MeV. (已知质子的质量 $m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

40. 一匀强磁场, 其磁感强度方向垂直于纸面(指向如图), 两带电粒子在该磁场中的运动轨迹如图所示, 则:

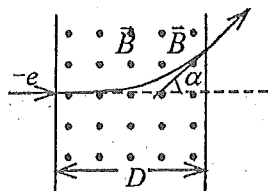
- (A) 两粒子的电荷必然同号. (B) 粒子的电荷可以同号也可以异号.
 (C) 两粒子的动量大小必然不同. (D) 粒子的运动周期必然不同.

41. 一电荷为 q 的粒子在均匀磁场中运动, 下列哪种说法是正确的?

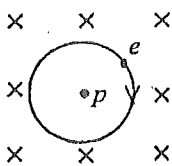
- (A) 只要速度大小相同, 粒子所受的洛伦兹力就相同.
 (B) 在速度不变的前提下, 若电荷 q 变为 $-q$, 则粒子受力反向, 数值不变.
 (C) 粒子进入磁场后, 其动能和动量都不变.
 (D) 洛伦兹力与速度方向垂直, 所以带电粒子运动的轨迹必定是圆.

42. 一个动量为 p 的电子, 沿图示方向入射并能穿过一个宽度为 D 、磁感强度为 \vec{B} (方向垂直纸面向外) 的均匀磁场区域, 则该电子出射方向和入射方向间的夹角为:

- (A) $\alpha = \cos^{-1} \frac{eBD}{p}$. (B) $\alpha = \sin^{-1} \frac{eBD}{p}$.
 (C) $\alpha = \sin^{-1} \frac{BD}{ep}$. (D) $\alpha = \cos^{-1} \frac{BD}{ep}$.



(42 题图)



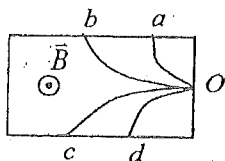
(43 题图)

43. 按玻尔的氢原子理论, 电子在以质子为中心、半径为 r 的圆形轨道上运动. 如果把这样一个原子放在均匀的外磁场中, 使电子轨道平面与 \vec{B} 垂直, 如图所示, 则在 r 不变的情况下, 电子轨道运动的角速度将:

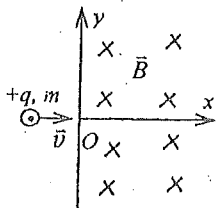
- (A) 增加. (B) 减小. (C) 不变. (D) 改变方向.

44. 图为四个带电粒子在 O 点沿相同方向垂直于磁感线射入均匀磁场后的偏转轨迹的照片. 磁场方向垂直纸面向外, 轨迹所对应的四个粒子的质量相等, 电荷大小也相等, 则其中动能最大的带负电的粒子的轨迹是:

- (A) Oa . (B) Ob . (C) Oc . (D) Od .



(44 题图)



(45 题图)

45. 如图, 一个电荷为 $+q$ 、质量为 m 的质点, 以速度 \bar{v} 沿 x 轴射入磁感强度为 B 的均匀磁场中, 磁场方向垂直纸面向里, 其范围从 $x=0$ 延伸到无限远, 如果质点在 $x=0$ 和 $y=0$ 处进入磁场, 则它将以速度 $-\bar{v}$ 从磁场中某一点出来, 这点坐标是 $x=0$ 和

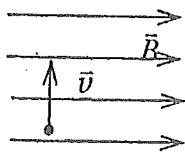
- (A) $y = +\frac{mv}{qB}$. (B) $y = +\frac{2mv}{qB}$. (C) $y = -\frac{2mv}{qB}$. (D) $y = -\frac{mv}{qB}$.

46. 一运动电荷 q , 质量为 m , 进入均匀磁场中,

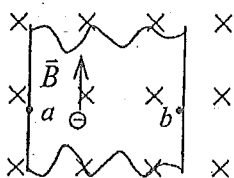
- (A) 其动能改变, 动量不变. (B) 其动能和动量都改变.
(C) 其动能不变, 动量改变. (D) 其动能、动量都不变.

47. 一电子以速度 \bar{v} 垂直地进入磁感强度为 \bar{B} 的均匀磁场中, 此电子在磁场中运动轨道所围的面积内的磁通量将:

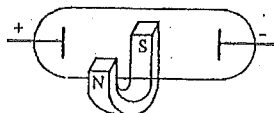
- (A) 正比于 B , 反比于 v^2 . (B) 反比于 B , 正比于 v^2 .
(C) 正比于 B , 反比于 v . (D) 反比于 B , 反比于 v .



(47 题图)



(48 题图)



(49 题图)

48. 一铜条置于均匀磁场中, 铜条中电子流的方向如图所示. 试问下述哪一种情况将会发生?

- (A) 在铜条上 a 、 b 两点产生一小电势差, 且 $U_a > U_b$.
(B) 在铜条上 a 、 b 两点产生一小电势差, 且 $U_a < U_b$.
(C) 在铜条上产生涡流.
(D) 电子受到洛伦兹力而减速.

49. 在阴极射线管外, 如图所示放置一个蹄形磁铁, 则阴极射线将

- (A) 向下偏. (B) 向上偏.
(C) 向纸外偏. (D) 向纸内偏.

50. A 、 B 两个电子都垂直于磁场方向射入一均匀磁场而作圆周运动. A 电子的速率是 B 电子速率的两倍. 设 R_A 、 R_B 分别为 A 电子与 B 电子的轨道半径; T_A 、 T_B 分别为它们各自的周期. 则:

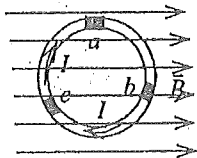
- (A) $R_A : R_B = 2$, $T_A : T_B = 2$; (B) $R_A : R_B = \frac{1}{2}$, $T_A : T_B = 1$.
 (C) $R_A : R_B = 1$, $T_A : T_B = \frac{1}{2}$; (D) $R_A : R_B = 2$, $T_A : T_B = 1$.

51. α 粒子与质子以同一速率垂直于磁场方向入射到均匀磁场中, 它们各自作圆周运动的半径比 R_α / R_p 和周期比 T_α / T_p 分别为:

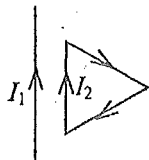
- (A) 1 和 2; (B) 1 和 1; (C) 2 和 2; (D) 2 和 1.

52. 如图所示, 在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, 有一圆形载流导线, a 、 b 、 c 是其上三个长度相等的电流元, 则它们所受安培力大小的关系为:

- (A) $F_a > F_b > F_c$. (B) $F_a < F_b < F_c$. (C) $F_b > F_c > F_a$. (D) $F_a > F_c > F_b$.



(52 题图)



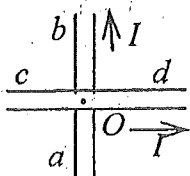
(53 题图)

53. 如图, 无限长直载流导线与正三角形载流线圈在同一平面内, 若长直导线固定不动, 则载流三角形线圈将:

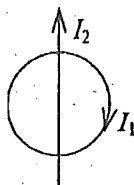
- (A) 向着长直导线平移. (B) 离开长直导线平移. (C) 转动. (D) 不动.

54. 如图, 长载流导线 ab 和 cd 相互垂直, 它们相距 l , ab 固定不动, cd 能绕中点 O 转动, 并能靠近或离开 ab . 当电流方向如图所示时, 导线 cd 将:

- (A) 顺时针转动同时离开 ab . (B) 顺时针转动同时靠近 ab .
 (C) 逆时针转动同时离开 ab . (D) 逆时针转动同时靠近 ab .



(54 题图)



(55 题图)

55. 长直电流 I_2 与圆形电流 I_1 共面, 并与其一直径相重合如图(但两者间绝缘), 设长直电流不动, 则圆形电流将:

- (A) 绕 I_2 旋转. (B) 向左运动. (C) 向右运动.
 (D) 向上运动. (E) 不动.

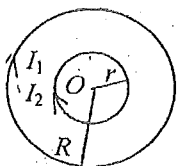
56. 在匀强磁场中, 有两个平面线圈, 其面积 $A_1 = 2A_2$, 通有电流 $I_1 = 2I_2$, 它们所受的最大磁力矩之比 M_1 / M_2 等于:

- (A) 1. (B) 2. (C) 4. (D) 1/4.

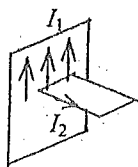
57. 两个同心圆线圈, 大圆半径为 R , 通有电流 I_1 ; 小圆半径为 r , 通有电流 I_2 , 方向如图. 若 $r \ll R$ (大线圈在小线圈处产生的磁场近似为均匀磁场), 当它们处在同一平面内时小线圈

所受磁力矩的大小为

- (A) $\frac{\mu_0 \pi I_1 I_2 r^2}{2R}$ (B) $\frac{\mu_0 I_1 I_2 r^2}{2R}$ (C) $\frac{\mu_0 \pi I_1 I_2 R^2}{2r}$ (D) 0.



(57 题图)



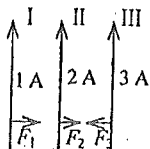
(58 题图)

58. 如图, 在一固定的载流大平板附近有一载流小线框能自由转动或平动. 线框平面与大平板垂直. 大平板的电流与线框中电流方向如图所示, 则通电线框的运动情况对着从大平板看是:

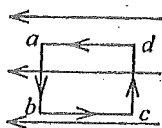
- (A) 靠近大平板. (B) 顺时针转动. (C) 逆时针转动. (D) 离开大平板向外运动.

59. 三条无限长直导线等距地并排放置, 导线 I、II、III 分别载有 1 A, 2 A, 3 A 同方向的电流. 由于磁相互作用的结果, 导线 I, II, III 单位长度上分别受力 F_1 、 F_2 和 F_3 , 如图所示. 则 F_1 与 F_2 的比值是:

- (A) 7/16. (B) 5/8. (C) 7/8. (D) 5/4.



(59 题图)



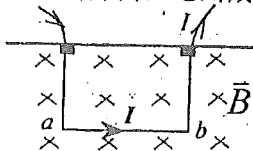
(60 题图)

60. 如图, 匀强磁场中有一矩形通电线圈, 它的平面与磁场平行, 在磁场作用下, 线圈发生转动, 其方向是

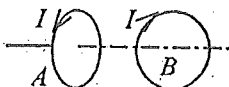
- (A) ab 边转入纸内, cd 边转出纸外. (B) ab 边转出纸外, cd 边转入纸内.
(C) ad 边转入纸内, bc 边转出纸外. (D) ad 边转出纸外, bc 边转入纸内.

61. 如图所示, 一根长为 ab 的导线用软线悬挂在磁感强度为 \vec{B} 的匀强磁场中, 电流由 a 向 b 流. 此时悬线张力不为零(即安培力与重力不平衡). 欲使 ab 导线与软线连接处张力为零则必须:

- (A) 改变电流方向, 并适当增大电流.
(B) 不改变电流方向, 而适当增大电流.
(C) 改变磁场方向, 并适当增大磁感强度 \vec{B} 的大小.
(D) 不改变磁场方向, 适当减小磁感强度 \vec{B} 的大小.



(61 题图)



(62 题图)

62. 有两个半径相同的圆环载流导线 A、B, 它们可以自由转动和移动, 把它们放在相互垂直的位置上, 如图所示, 将发生以下哪一种运动?

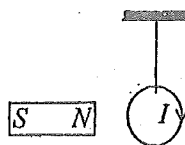
- (A) A 、 B 均发生转动和平动, 最后两线圈电流同方向并紧靠一起。
 (B) A 不动, B 在磁力作用下发生转动和平动。
 (C) A 、 B 都在运动, 但运动的趋势不能确定。
 (D) A 和 B 都在转动, 但不平动, 最后两线圈磁矩同方向平行。

63. 在一个磁性很强的条形磁铁附近放一条可以自由弯曲的软导线, 如图所示。当电流从上向下流经软导线时, 软导线将:

- (A) 不动。(B) 被磁铁推至尽可能远。(C) 被磁铁吸引靠近它, 但导线平行磁棒。
 (D) 缠绕在磁铁上, 从上向下看, 电流是顺时针方向流动的。
 (E) 缠绕在磁铁上, 从上向下看, 电流是逆时针方向流动的。



(63 题图)



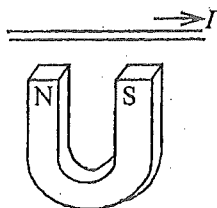
(64 题图)

64. 把轻的导线圈用线挂在磁铁 N 极附近, 磁铁的轴线穿过线圈中心, 且与线圈在同一平面内, 如图所示。当线圈内通以如图所示方向的电流时, 线圈将:

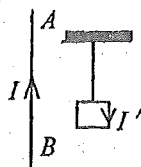
- (A) 不动。(B) 发生转动, 同时靠近磁铁。(C) 发生转动, 同时离开磁铁。
 (D) 不发生转动, 只靠近磁铁。(E) 不发生转动, 只离开磁铁。

65. 把通电的直导线放在蹄形磁铁磁极的上方, 如图所示。导线可以自由活动, 且不计重力。当导线内通以如图所示的电流时, 导线将:

- (A) 不动。(B) 顺时针方向转动(从上往下看)。
 (C) 逆时针方向转动(从上往下看), 然后下降。
 (D) 顺时针方向转动(从上往下看), 然后下降。
 (E) 逆时针方向转动(从上往下看), 然后上升。



(65 题图)



(66 题图)

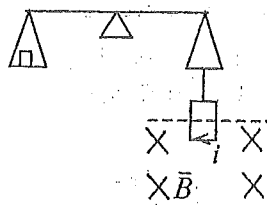
66. 把轻的正方形线圈用细线挂在载流直导线 AB 的附近, 两者在同一平面内, 直导线 AB 固定, 线圈可以活动。当正方形线圈通以如图所示的电流时线圈将:

- (A) 不动。(B) 发生转动, 同时靠近导线 AB 。(C) 发生转动, 同时离开导线 AB 。
 (D) 靠近导线 AB 。(E) 离开导线 AB 。

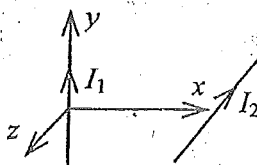
67. 图示一测定水平方向匀强磁场的磁感强度 \vec{B} (方向见图) 的实验装置。位于竖直面内且

横边水平的矩形线框是一个多匝的线圈。线框挂在天平的右盘下，框的下端横边位于待测磁场中。线框没有通电时，将天平调节平衡；通电后，由于磁场对线框的作用力而破坏了天平的平衡，须在天平左盘中加砝码 m 才能使天平重新平衡。若待测磁场的磁感强度增为原来的 3 倍，而通过线圈的电流减为原来的 $1/2$ ，磁场和电流方向保持不变，则要使天平重新平衡，其左盘中加的砝码质量应为：

- (A) $6m$. (B) $3m/2$. (C) $2m/3$. (D) $m/6$. (E) $9m/2$.



(67 题图)



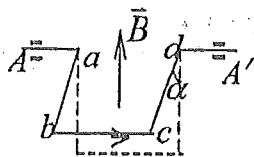
(68 题图)

68. 两根载流直导线相互正交放置，如图所示。 I_1 沿 y 轴的正方向， I_2 沿 z 轴负方向。若载流 I_1 的导线不能动，载流 I_2 的导线可以自由运动，则载流 I_2 的导线开始运动的趋势是：

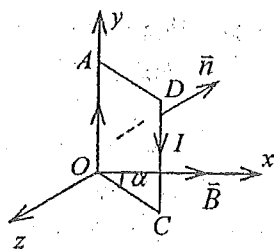
- (A) 沿 x 方向平动。 (B) 绕 x 轴转动。 (C) 绕 y 轴转动。 (D) 无法判断。

69. 如图所示，导线框 $abcd$ 置于均匀磁场中 (\vec{B} 的方向竖直向上)，线框可绕 AA' 轴转动。导线通电时，转过 α 角后，达到稳定平衡。如果导线改用密度为原来 $1/2$ 的材料做，欲保持原来的稳定平衡位置 (即 α 不变)，可以采用下列哪一种办法？ (导线是均匀的)

- (A) 将磁场 \vec{B} 减为原来的 $1/2$ 或线框中电流减为原来的 $1/2$ 。
 (B) 将导线的 bc 部分长度减小为原来的 $1/2$ 。
 (C) 将导线 ab 和 cd 部分长度减小为原来的 $1/2$ 。
 (D) 将磁场 \vec{B} 减少 $1/4$ ，线框中电流也减少 $1/4$ 。



(69 题图)



(70 题图)

70. 有一矩形线圈 $AOCD$ ，通以如图示方向的电流 I ，将它置于均匀磁场 \vec{B} 中， \vec{B} 的方向与 x 轴正方向一致，线圈平面与 x 轴之间的夹角为 α ， $\alpha < 90^\circ$ 。若 AO 边在 y 轴上，且线圈可绕 y 轴自由转动，则线圈将：

- (A) 转动使 α 角减小。 (B) 转动使 α 角增大。 (C) 不会发生转动。
 (D) 如何转动尚不能判定。

71. 有一 N 匝细导线绕成的平面正三角形线圈，边长为 a ，通有电流 I ，置于均匀外磁场 \vec{B} 中，当线圈平面的法向与外磁场同向时，该线圈所受的磁力矩 M_m 值为：

- (A) $\sqrt{3}Na^2IB/2$. (B) $\sqrt{3}Na^2IB/4$. (C) $\sqrt{3}Na^2IB \sin 60^\circ$. (D) 0.

72. 若一平面载流线圈在磁场中既不受力，也不受力矩作用，这说明：

- (A) 该磁场一定均匀，且线圈的磁矩方向一定与磁场方向平行。
 (B) 该磁场一定不均匀，且线圈的磁矩方向一定与磁场方向平行。

(C) 该磁场一定均匀, 且线圈的磁矩方向一定与磁场方向垂直.

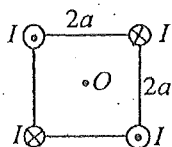
(D) 该磁场一定不均匀, 且线圈的磁矩方向一定与磁场方向垂直.

73. 两根平行的金属线载有沿同一方向流动的电流. 这两根导线将:

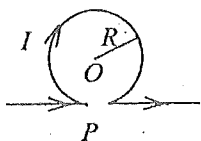
(A) 互相吸引. (B) 互相排斥. (C) 先排斥后吸引. (D) 先吸引后排斥.

74. 四条皆垂直于纸面的载流细长直导线, 每条中的电流皆为 I . 这四条导线被纸面截得的断面, 如图所示, 它们组成了边长为 $2a$ 的正方形的四个角顶, 每条导线中的电流流向亦如图所示. 则在图中正方形中心点 O 的磁感强度的大小为:

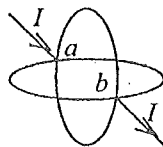
(A) $B = \frac{2\mu_0 I}{\pi a}$. (B) $B = \frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi a}$. (C) $B = 0$. (D) $B = \frac{\mu_0 I}{\pi a}$.



(74 题图)



(75 题图)



(76 题图)

75. 无限长直导线在 P 处弯成半径为 R 的圆, 当通以电流 I 时, 则在圆心 O 点的磁感强度大小等于:

(A) $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$. (B) $\frac{\mu_0 I}{4R}$. (C) 0.

(D) $\frac{\mu_0 I}{2R}(1 - \frac{1}{\pi})$. (E) $\frac{\mu_0 I}{4R}(1 + \frac{1}{\pi})$.

76. 如图两个半径为 R 的相同的金属环在 a, b 两点接触 (ab 连线为环直径), 并相互垂直放置. 电流 I 沿 ab 连线方向由 a 端流入, b 端流出, 则环中心 O 点的磁感强度的大小为:

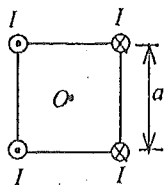
(A) 0. (B) $\frac{\mu_0 I}{4R}$. (C) $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{4R}$. (D) $\frac{\mu_0 I}{R}$. (E) $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{8R}$.

77. 有一半径为 R 的单匝圆线圈, 通以电流 I , 若将该导线弯成匝数 $N=2$ 的平面圆线圈, 导线长度不变, 并通以同样的电流, 则线圈中心的磁感强度和线圈的磁矩分别是原来的:

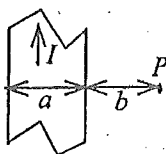
(A) 4 倍和 $1/8$. (B) 4 倍和 $1/2$. (C) 2 倍和 $1/4$. (D) 2 倍和 $1/2$.

78. 四条平行的无限长直导线, 垂直通过边长为 $a=20\text{ cm}$ 的正方形顶点, 每条导线中的电流都是 $I=20\text{ A}$, 这四条导线在正方形中心 O 点产生的磁感强度为:

(A) $B=0$. (B) $B=0.4 \times 10^{-4}\text{ T}$. (C) $B=0.8 \times 10^{-4}\text{ T}$. (D) $B=1.6 \times 10^{-4}\text{ T}$.



(78 题图)



(80 题图)

79. 一载有电流 I 的细导线分别均匀密绕在半径为 R 和 r 的长直圆筒上形成两个螺线管, 两螺线管单位长度上的匝数相等. 设 $R=2r$, 则两螺线管中的磁感强度大小 B_R 和 B_r 应满足:

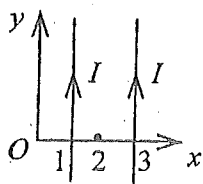
- (A) $B_R = 2B_r$, (B) $B_R = B_r$, (C) $2B_R = B_r$, (D) $B_R = 4B_r$.

80. 有一无限长通电流的扁平铜片, 宽度为 a , 厚度不计, 电流 I 在铜片上均匀分布, 在铜片外与铜片共面, 离铜片右边缘为 b 处的 P 点(如图)的磁感强度 \vec{B} 的大小为

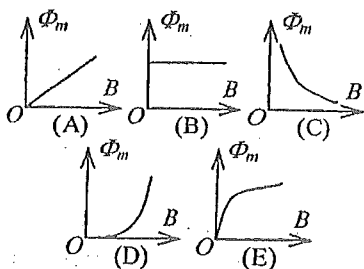
- (A) $\frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}$, (B) $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \frac{a+b}{b}$, (C) $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{a+b}{b}$, (D) $\frac{\mu_0 I}{\pi(a+2b)}$.

81. 如图所示, 有两根载有相同电流的无限长直导线, 分别通过 $x_1 = 1$ 、 $x_2 = 3$ 的点, 且平行于 y 轴, 则磁感强度 B 等于零的地方是

- (A) 在 $x = 2$ 的直线上. (B) 在 $x > 2$ 的区域. (C) 在 $x < 1$ 的区域.
(D) 不在 Oxy 平面上.



(81 题图)

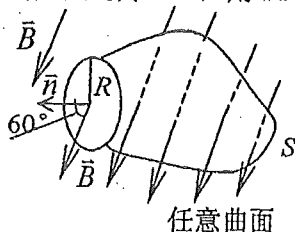


(82 题图)

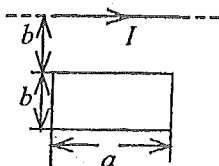
82. 一质量为 m 、电荷为 q 的粒子, 以与均匀磁场 \vec{B} 垂直的速度 v 射入磁场内, 则粒子运动轨道所包围范围内的磁通量 Φ_m 与磁场磁感强度 \vec{B} 大小的关系曲线是图中的哪一条?

二、填空题

1. 磁场中任一点放一个小的载流试验线圈可以确定该点的磁感强度, 其大小等于放在该点处试验线圈所受的_____和线圈的_____的比值.
2. 一磁场的磁感强度为 $\vec{B} = a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}$ (SI), 则通过一半径为 R , 开口向 z 轴正方向的半球壳表面的磁通量的大小为_____ Wb.
3. 真空中有一载有稳恒电流 I 的细线圈, 则通过包围该线圈的封闭曲面 S 的磁通量 $\Phi =$ _____. 若通过 S 面上某面元 $d\vec{S}$ 的元磁通为 $d\Phi$, 而线圈中的电流增加为 $2I$ 时, 通过同一面元的元磁通为 $d\Phi'$, 则 $d\Phi : d\Phi' =$ _____.



(4 题图)



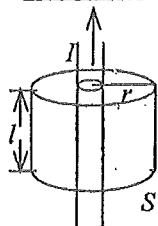
(6 题图)

4. 在匀强磁场 \vec{B} 中, 取一半径为 R 的圆, 圆面的法线 \vec{n} 与 \vec{B} 成 60° 角, 如图所示, 则通过以该圆为边线的如图所示的任意曲面 S 的磁通量 $\Phi_m = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} =$ _____.

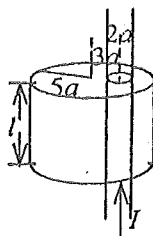
5. 一个密绕的细长螺线管, 每厘米长度上绕有 10 匝细导线, 螺线管的横截面积为 10 cm^2 . 当在螺线管中通入 10 A 的电流时, 它的横截面上的磁通量为 _____.

6. 在一根通有电流 I 的长直导线旁, 与之共面地放着一个长、宽各为 a 和 b 的矩形线框, 线框的长边与载流长直导线平行, 且二者相距为 b , 如图所示. 在此情形中, 线框内的磁通量 $\Phi =$ _____.

7. 半径为 0.5 cm 的无限长直圆柱形导体上, 沿轴线方向均匀地流着 $I = 3 \text{ A}$ 的电流. 作一个半径 $r = 5 \text{ cm}$ 、长 $l = 5 \text{ cm}$ 且与电流同轴的圆柱形闭合曲面 S , 则该面上的磁感强度 \vec{B} 沿曲面的积分 $\oiint \vec{B} \cdot d\vec{S} =$ _____.



(7 题图)

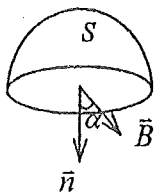


(8 题图)

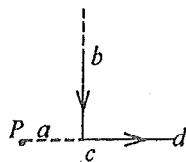
8. 一半径为 a 的无限长直载流导线, 沿轴向均匀地流有电流 I . 若作一个半径为 $R = 5a$ 、高为 l 的柱形曲面, 已知此柱形曲面的轴与载流导线的轴平行且相距 $3a$ (如图). 则 \vec{B} 在圆柱侧面 S 上的积分 $\iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} =$ _____.

9. 一平面试验线圈的磁矩大小 p_m 为 $1 \times 10^{-8} \text{ A} \cdot \text{m}^2$, 把它放入待测磁场中的 A 处, 试验线圈如此之小, 以致可以认为它所占据的空间内场是均匀的. 当此线圈的 p_m 与 z 轴平行时, 所受磁力矩大小为 $M = 5 \times 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{m}$, 方向沿 x 轴负方向; 当此线圈的 p_m 与 y 轴平行时, 所受磁力矩为零. 则空间 A 点处的磁感强度 \vec{B} 的大小为 _____, 方向为 _____.

10. 均匀磁场的磁感强度 \vec{B} 垂直于半径为 r 的圆面. 今以该圆周为边线, 作一半球面 S , 则通过 S 面的磁通量的大小为 _____.



(11 题图)



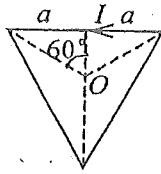
(12 题图)

11. 均匀磁场的磁感强度 \vec{B} 与半径为 r 的圆形平面的法线 \vec{n} 的夹角为 α ，今以圆周为边界，作一个半球面 S ， S 与圆形平面组成封闭面如图。则通过 S 面的磁通量 $\Phi =$ _____。

12. 一条无限长载流导线折成如图示形状，导线上通有电流 $I = 10 \text{ A}$ 。 P 点在 cd 的延长线上，它到折点的距离 $a = 2 \text{ cm}$ ，则 P 点的磁感强度 $B =$ _____。

13. 一质点带有电荷 $q = 8.0 \times 10^{-10} \text{ C}$ ，以速度 $v = 3.0 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 在半径为 $R = 6.00 \times 10^{-3} \text{ m}$ 的圆周上，作匀速圆周运动。该带电质点在轨道中心所产生的磁感强度 $B =$ _____，该带电质点轨道运动的磁矩 $p_m =$ _____。

14. 边长为 $2a$ 的等边三角形线圈，通有电流 I ，则线圈中心处的磁感强度的大小为 _____。



(14 题图)

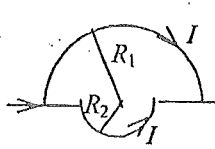


图 1

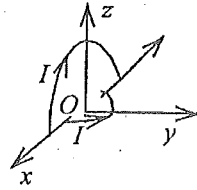


图 2

(15 题图)

15. 真空中稳恒电流 I 流过两个半径分别为 R_1 ， R_2 的同心半圆形导线，两半圆导线间由沿直径的直导线连接，电流沿直导线流入。

(1) 如果两个半圆共面 (图 1)，圆心 O 点的磁感强度 \vec{B}_0 的大小为 _____，方向为 _____。

(2) 如果两个半圆面正交 (图 2)，则圆心 O 点的磁感强度 \vec{B}_0 的大小为 _____， \vec{B}_0 的方向与 y 轴的夹角为 _____。

16. 载有一定电流的圆线圈在周围空间产生的磁场与圆线圈半径 R 有关，当圆线圈半径增大时，(1) 圆线圈中心点 (即圆心) 的磁场 _____。(2) 圆线圈轴线上各点的磁场 _____。

17. 一电子以速度 $v = 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 作直线运动。在电子产生的磁场中与电子相距为 $d = 10^{-9} \text{ m}$ 处，磁感强度最大的值 $B_{\max} =$ _____。($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ ， $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

18. 真空中电流元 $I d\vec{l}$ ，在由它起始的矢径 \vec{r} 的端点处的磁感强度的数学表达式为 _____。

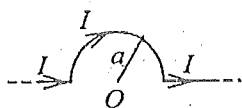
19. 一长直载流导线，沿空间直角坐标 Oy 轴放置，电流沿 y 正向。在原点 O 处取一电流元 $I d\vec{l}$ ，则该电流元在 $(a, 0, 0)$ 点处的磁感强度的大小为 _____，方向为 _____。

20. 一半径为 $r = 10 \text{ cm}$ 的细导线圆环，流过强度 $I = 3 \text{ A}$ 的电流，那么细环中心的磁感强度 $B =$ _____。

21. 半径为 R 的细导线环中的电流为 I ，那么离环上所有点的距离皆等于 r 的一点处的磁感强度大小为 $B =$ _____。($r \geq R$)

22. 在真空中，将一根无限长载流导线在一平面内弯成如图所示的形状，并通以电流 I ，则圆心 O 点的磁感强度 B 的值为 _____。

23. 沿着弯成直角的无限长直导线，流有电流 $I = 10 \text{ A}$ 。在直角所决定的平面内，距两段导线的距离都是 $a = 20 \text{ cm}$ 处的磁感强度 $B =$ _____。



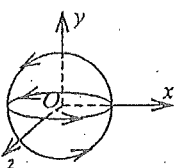
(22 题图)



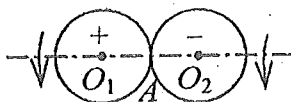
(23 题图)

24. 如图, 两根导线沿半径方向引到铁环的上 A 、 A' 两点, 并在很远处与电源相连, 则环中心的磁感强度为_____.

25. 如图, 球心位于 O 点的球面, 在直角坐标系 xOy 和 xOz 平面上的两个圆形交线上分别流有相同的电流, 其流向各与 y 轴和 z 轴的正方向成右手螺旋关系. 则由此形成的磁场在 O 点的方向为_____.



(25 题图)



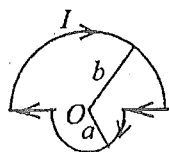
(26 题图)

26. 如图所示, 有两个半径相同的均匀带电绝缘体球面, O_1 为左侧球面的球心, 带的是正电; O_2 为右侧球面的球心, 它带的是负电, 两者的面电荷密度相等. 当它们绕 O_1O_2 轴旋转时, 两球面相切处 A 点的磁感强度 $B_A =$ _____.

27. 在非均匀磁场中, 有一电荷为 q 的运动电荷. 当电荷运动至某点时, 其速率为 v , 运动方向与磁场方向间的夹角为 α , 此时测出它所受的磁力为 f_m . 则该运动电荷所在处的磁感强度的大小为_____. 磁力 f_m 的方向一定垂直于_____.

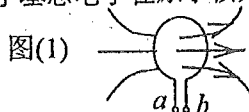
28. 一电流元 $I d\vec{l}$ 在磁场中某处沿正东方向放置时不受力, 把此电流元转到沿正北方向放置时受到的安培力竖直向上. 该电流元所在处 \vec{B} 的方向为_____.

29. 在如图所示的回路中, 两共面半圆的半径分别为 a 和 b , 且有公共圆心 O , 当回路中通有电流 I 时, 圆心 O 处的磁感强度 $B_0 =$ _____, 方向_____.

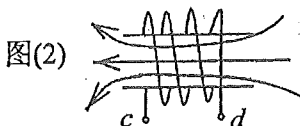


(29 题图)

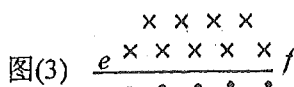
30. 若把氢原子的基态电子轨道看作是圆轨道, 已知电子轨道半径 $r=0.53 \times 10^{-10}$ m, 绕核运动速度大小 $v=2.18 \times 10^8$ m/s, 则氢原子基态电子在原子核处产生的磁感强度 \vec{B} 的大小为_____.



图(1)



图(2)

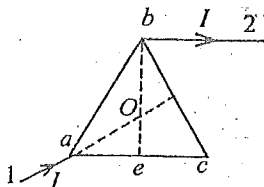


图(3)

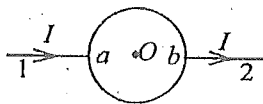
(31 题图)

31. 已知三种载流导线的磁感线的方向如图, 则相应的电流流向在图(1)中为由_____向_____.

_____；图(2)中为由_____向_____；图(3)中为由_____向_____。
 32. 在真空中，电流 I 由长直导线 1 沿垂直 bc 边方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的正三角形线框，再由 b 点沿平行 ac 边方向流出，经长直导线 2 返回电源(如图)。三角形线框每边长为 l ，则在该正三角框中心 O 点处磁感强度的大小 $B =$ _____。



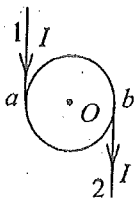
(32 题图)



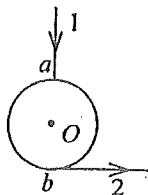
(33 题图)

33. 电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的圆环，再由 b 点沿半径方向流出，经长直导线 2 返回电源(如图)。已知直导线上的电流强度为 I ，圆环的半径为 R ，且 a 、 b 和圆心 O 在同一直线上，则 O 处的磁感强度的大小为_____。

34. 电流由长直导线 1 沿切向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的圆环，再由 b 点沿切线流出，经长直导线 2 返回电源(如图)。已知直导线上的电流强度为 I ，圆环的半径为 R ，且 a 、 b 和圆心 O 在同一直线上，则 O 点的磁感强度的大小为_____。



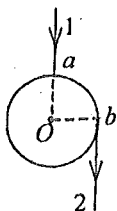
(34 题图)



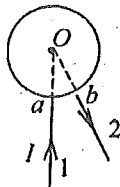
(35 题图)

35. 在真空中，电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的圆环，再由 b 点沿切向从圆环流出，经长直导线 2 返回电源(如图)。已知直导线上的电流强度为 I ，圆环半径为 R ， a 、 b 和圆心 O 在同一直线上，则 O 处的磁感强度 B 的大小为_____。

36. 在真空中，电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的圆环，再由 b 点沿切向流出，经长直导线 2 返回电源(如图)。已知直导线上的电流强度为 I ，圆环半径为 R ， $\angle aOb = 90^\circ$ 。则圆心 O 点处的磁感强度的大小 $B =$ _____。



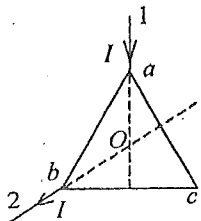
(36 题图)



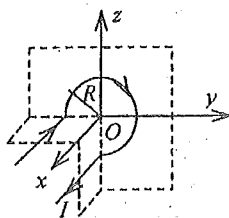
(37 题图)

37. 电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一电阻均匀分布的圆环，再由 b 点沿半径方向从圆环流出，经长直导线 2 返回电源(如图)。已知直导线上的电流强度为 I ，圆环的半径为 R ，且 1、2 两直导线的夹角 $\angle aOb = 30^\circ$ ，则圆心 O 处的磁感强度的大小 $B =$ _____。

38. 电流由长直导线 1 经过 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的正三角形线框, 再由 b 点流出, 经长直导线 2 返回电源(如图). 已知直导线上电流强度为 I , 两直导线的延长线交于三角形中心点 O , 三角框每边长为 l , 则 O 处的磁感强度为_____.



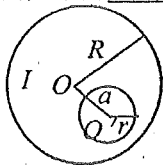
(38 题图)



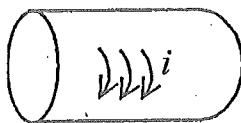
(39 题图)

39. 载有电流 I 的导线由两根半无限长直导线和半径为 R 的、以 xyz 坐标系原点 O 为中心的 $3/4$ 圆弧组成, 圆弧在 yOz 平面内, 两根半无限长直导线与 x 轴平行, 电流流向如图所示. O 点的磁感强度 $\vec{B} =$ _____. (用坐标轴正方向单位矢量 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 表示)

40. 在半径为 R 的长直金属圆柱体内部挖去一个半径为 r 的长直圆柱体, 两柱体轴线平行, 其间距为 a , 如图. 今在此导体上通以电流 I , 电流在截面上均匀分布, 则空心部分轴线上 O' 点的磁感强度的大小为_____.



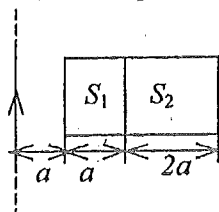
(40 题图)



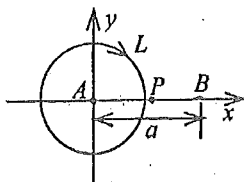
(41 题图)

41. 图中所示的一无限长直圆筒, 沿圆周方向上的面电流密度(单位垂直长度上流过的电流)为 i , 则圆筒内部的磁感强度的大小为 $B =$ _____, 方向_____.

42. 如图, 在无限长直载流导线的右侧有面积为 S_1 和 S_2 的两个矩形回路. 两个回路与长直载流导线在同一平面, 且矩形回路的一边与长直载流导线平行. 则通过面积为 S_1 的矩形回路的磁通量与通过面积为 S_2 的矩形回路的磁通量之比为_____.



(42 题图)

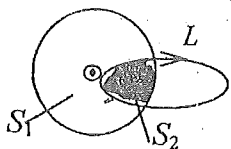


(43 题图)

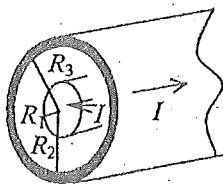
43. 如图, 平行的无限长直载流导线 A 和 B , 电流强度均为 I , 垂直纸面向外, 两根载流导线之间相距为 a , 则(1) AB 中点(P 点)的磁感强度 $\vec{B}_p =$ _____. (2) 磁感强度 \vec{B} 沿

图中环路 L 的线积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} =$ _____.

44. 半径为 R 的圆柱体上载有电流 I , 电流在其横截面上均匀分布, 一回路 L 通过圆柱内将圆柱体横截面分为两部分, 其面积大小分别为 S_1 、 S_2 如图所示, 则 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} =$ _____.



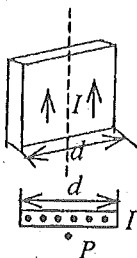
(44 题图)



(45 题图)

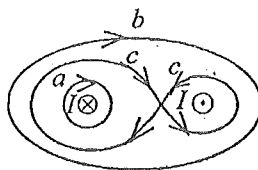
45. 有一同轴电缆, 其尺寸如图所示, 它的内外两导体中的电流均为 I , 且在横截面上均匀分布, 但二者电流的流向正相反, 则在 $r < R_1$ 处磁感强度大小为 _____。(2) 在 $r > R_3$ 处磁感强度大小为 _____.

46. 如图所示, 在宽度为 d 的导体薄片上有电流 I 沿此导体长度方向流过, 电流在导体宽度方向均匀分布. 导体外在导体中线附近处 P 点的磁感强度 \vec{B} 的大小为 _____.



俯视图

(46 题图)



(49 题图)

47. 一条无限长直导线载有 10 A 的电流. 在离它 0.5 m 远的地方它产生的磁感强度 B 为 _____. 一条长直载流导线, 在离它 1 cm 处产生的磁感强度是 10^{-4} T, 它所载的电流为 _____.

48. 在安培环路定理 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_i$ 中, $\sum I_i$ 是指 _____; \vec{B} 是指 _____, 它是由 _____ 决定的.

49. 两根长直导线通有电流 I , 图示有三种环路; 在每种情况下, $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 等于: _____ (对

环路 a). _____ (对环路 b). _____ (对环路 c).

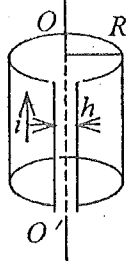
50. 一长直螺线管是由直径 $d = 0.2$ mm 的漆包线密绕而成. 当它通以 $I = 0.5$ A 的电流时, 其内部的磁感强度 $B =$ _____. (忽略绝缘层厚度)

51. 有一长直金属圆筒, 沿长度方向有横截面上均匀分布的稳恒电流 I 流通. 筒内空腔各处的磁感强度为 _____, 筒外空间中离轴线 r 处的磁感强度为 _____.

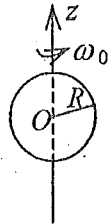
52. 在磁场空间分别取两个闭合回路, 若两个回路各自包围载流导线的根数不同, 但电流的代数和相同. 则磁感强度沿各闭合回路的线积分 _____; 两个回路上的磁场分布 _____.

(填: 相同、不相同)

53. 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 (如上图), 则管轴线磁感强度的大小是_____.



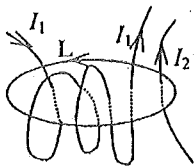
(53 题图)



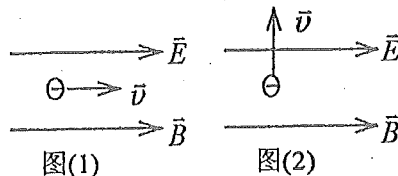
(54 题图)

54. 如图所示, 电荷 q (>0) 均匀地分布在一个半径为 R 的薄球壳外表面上, 若球壳以恒角速度 ω_0 绕 z 轴转动, 则沿着 z 轴从 $-\infty$ 到 $+\infty$ 磁感强度的线积分等于_____.

55. 如图所示, 磁感强度 \vec{B} 沿闭合曲线 L 的环流 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} =$ _____.



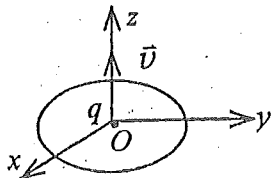
(54 题图)



(55 题图)

56. 在电场强度 \vec{E} 和磁感强度 \vec{B} 方向一致的匀强电场和匀强磁场中, 有一运动着的电子, 某一时刻其速度 \vec{v} 的方向如图(1)和图(2)所示, 则该时刻运动电子的法向和切向加速度的大小分别为:(设电子的质量为 m , 电荷为 e) $a_n =$ _____, (图 1) $a_t =$ _____, (图 1); $a_n =$ _____, (图 2) $a_t =$ _____, (图 2).

57. 如图所示, 一半径为 R , 通有电流为 I 的圆形回路, 位于 Oxy 平面内, 圆心为 O . 一带正电荷为 q 的粒子, 以速度 \vec{v} 沿 z 轴向上运动, 当带正电荷的粒子恰好通过 O 点时, 作用于圆形回路上的力为_____, 作用在带电粒子上的力为_____.



(57 题图)

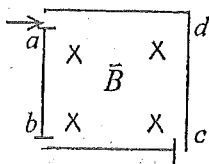
58. 磁场中某点处的磁感强度为 $\vec{B} = 0.40\vec{i} - 0.20\vec{j}$ (SI), 一电子以速度 $\vec{v} = 0.50 \times 10^6 \vec{i} + 1.0 \times 10^6 \vec{j}$ (SI) 通过该点, 则作用于该电子上的磁场力 \vec{F} 为_____.

59. 两个带电粒子, 以相同的速度垂直磁感线飞入匀强磁场, 它们的质量之比是 1:4, 电

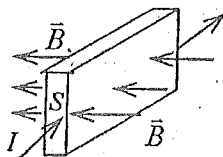
荷之比是 1:2, 它们所受的磁场力之比是 _____, 运动轨迹半径之比是 _____.

60. 一带电粒子平行磁感线射入匀强磁场, 则它作 _____ 运动. 一带电粒子垂直磁感线射入匀强磁场, 则它作 _____ 运动. 一带电粒子与磁感线成任意交角射入匀强磁场, 则它作 _____ 运动.

61. 如图所示的空间区域内, 分布着方向垂直于纸面的匀强磁场, 在纸面内有一正方形边框 $abcd$ (磁场以边框为界). 而 a 、 b 、 c 三个角顶处开有很小的缺口. 今有一束具有不同速度的电子由 a 缺口沿 ad 方向射入磁场区域, 若 b 、 c 两缺口处分别有电子射出, 则此两处出射电子的速率之比 $v_b/v_c =$ _____.



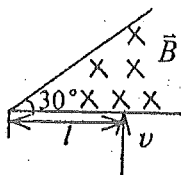
(61 题图)



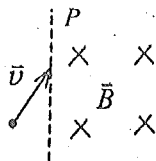
(63 题图)

62. 一电子以 6×10^7 m/s 的速度垂直磁感线射入磁感强度为 $B = 10$ T 的均匀磁场中, 这电子所受的磁场力是本身重量的 _____ 倍. (电子质量为 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg).

63. 截面积为 S , 截面形状为矩形的直的金属条中通有电流 I . 金属条放在磁感强度为 \vec{B} 的匀强磁场中, \vec{B} 的方向垂直于金属条的左、右侧面 (如图所示). 在图示情况下金属条的上侧面将积累 _____ 电荷, 载流子所受的洛伦兹力 $f_m =$ _____. (注: 金属中单位体积内载流子数为 n)



(62 题图)



(63 题图)

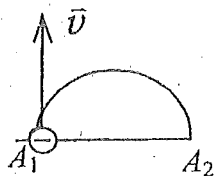
64. 一个顶角为 30° 的扇形区域内有垂直纸面向内的均匀磁场 \vec{B} . 有一质量为 m 、电荷为 q ($q > 0$) 的粒子, 从一个边界上的距顶点为 l 的地方以速率 $v = lqB/(2m)$ 垂直于边界射入磁场, 则粒子从另一边界上的射出的点与顶点的距离为 _____, 粒子出射方向与该边界的夹角为 _____.

65. 如图, 一个均匀磁场 \vec{B} 只存在于垂直于图面的 P 平面右侧, \vec{B} 的方向垂直于图面向里. 一质量为 m 、电荷为 q 的粒子以速度 \vec{v} 射入磁场. \vec{v} 在图面内与界面 P 成某一角度. 那么粒子在从磁场中射出前是做半径为 _____ 的圆周运动. 如果 $q > 0$ 时, 粒子在磁场中的路径与边界围成的平面区域的面积为 S , 那么 $q < 0$ 时, 其路径与边界围成的平面区域的面积是 _____.

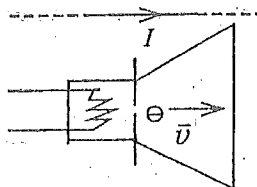
66. 图中 $A_1 A_2$ 的距离为 0.1 m, A_1 端有一电子, 其初速度 $v = 1.0 \times 10^7$ m \cdot s $^{-1}$, 若它所处的空间为均匀磁场, 它在磁场力作用下沿圆形轨道运动到 A_2 端, 则磁场各点的磁感强度 \vec{B} 的大小 $B =$ _____, 方向为 _____, 电子通过这段路程所需时间 $t =$ _____. (电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg, 基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

67. 带电粒子穿过过饱和蒸汽时, 在它走过的路径上, 过饱和蒸汽便凝结成小液滴, 从而

显示出粒子的运动轨迹。这就是云室的原理。今在云室中有磁感强度大小为 $B = 1 \text{ T}$ 的均匀磁场，观测到一个质子的径迹是半径 $r = 20 \text{ cm}$ 的圆弧。已知质子的电荷为 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，静止质量 $m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，则该质子的动能为_____。



(66 题图)



(67 题图)

68. 在阴极射线管的上方平行管轴方向上放置一长直载流导线，电流方向如图所示，那么射线应_____偏转。

69. 若电子在垂直于磁场的平面内运动，均匀磁场作用于电子上的力为 F ，轨道的曲率半径为 R ，则磁感强度的大小应为_____。

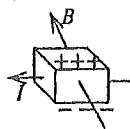
70. 一质量为 m ，电荷为 q 的粒子，以 \bar{v}_0 速度垂直进入均匀的稳恒磁场 \bar{B} 中，电荷将作半径为_____的圆周运动。

71. 电子在磁感强度为 \bar{B} 的匀强磁场中垂直于磁力线运动。若轨道的曲率半径为 R ，则磁场作用于电子上的力的大小 $F =$ _____。

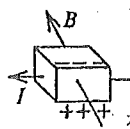
72. 电子在磁感强度为 \bar{B} 的均匀磁场中沿半径为 R 的圆周运动，电子运动所形成的等效圆电流强度 $I =$ _____；等效圆电流的磁矩 $p_m =$ _____。已知电子电荷为 e ，电子的质量为 m_e 。

73. 有半导体通以电流 I ，放在均匀磁场 B 中，其上下表面积累电荷如图所示。试判断它们各是什么类型的半导体？

74. 带电粒子沿垂直于磁感线的方向飞入有介质的匀强磁场中。由于粒子和磁场中的物质相互作用，损失了自己原有动能的一半。路径起点的轨道曲率半径与路径终点的轨道曲率半径之比为_____。



是_____型。



是_____型。

(73 题图)

75. 若在磁感强度 $B = 0.0200 \text{ T}$ 的均匀磁场中，一电子沿着半径 $R = 1.00 \text{ cm}$ 的圆周运动，则该电子的动能 $E_k =$ _____ eV。 ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ， $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

76. 电子以速率 $v = 10^5 \text{ m/s}$ 与磁力线成交角 $\alpha = 30^\circ$ 飞入匀强磁场中，磁场的磁感强度 $B = 0.2 \text{ T}$ ，那么作用在电子上的洛伦兹力 $F =$ _____。

77. 一个带电粒子以某一速度射入均匀磁场中，当粒子速度方向与磁场方向间有一角度 α ($0 < \alpha < \pi$ 且 $\alpha \neq \pi/2$) 时，该粒子的运动轨道是_____。

78. 质量 m ，电荷 q 的粒子具有动能 E ，垂直磁感线方向飞入磁感强度为 B 的匀强磁场中。当该粒子越出磁场时，运动方向恰与进入时的方向相反，那么沿粒子飞入的方向上磁场的最

小宽度 $L =$ _____.

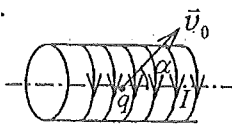
79. 电子质量 m , 电荷 e , 以速度 v 飞入磁感强度为 B 的匀强磁场中, \vec{v} 与 \vec{B} 的夹角为 θ , 电子作螺旋运动, 螺旋线的螺距 $h =$ _____, 半径 $R =$ _____.

80. 电子在磁感强度 $B = 0.1 \text{ T}$ 的匀强磁场中沿圆周运动, 电子运动形成的等效圆电流强度 $I =$ _____ . (电子电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$, 电子质量 $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

81. 电子在磁场强度 $H = 2 \times 10^4 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ 的匀强磁场中沿着圆周运动, 它的回转周期 $T =$ _____ . (电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

82. 一初速为零的带电粒子在通过电势差 $U = 100 \text{ V}$ 的加速电场后, 飞入互相垂直的均匀电场和磁场中. 已知电场强度 $E = 1 \times 10^4 \text{ V/m}$, 磁感强度 $B = 0.1 \text{ T}$, 若粒子在其中沿直线运动且与两个场垂直, 在忽略重力的情况下, 粒子的速度 \vec{v} 的方向与电场强度 \vec{E} 的方向和磁感强度 \vec{B} 的方向之间的关系是 _____, 粒子所带电荷 q 和质量 m 之比 $q/m =$ _____.

83. 半径为 R 的空心载流无限长螺线管, 单位长度有 n 匝线圈, 导线中电流为 I . 今在螺线管中部以与轴成 α 角的方向发射一个质量为 m , 电荷为 q 的粒子(如图). 则该粒子初速 v_0 必须小于或等于 _____, 才能保证它不与螺线管壁相撞.



(83 题图)

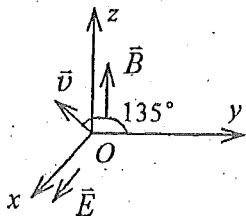


(84 题图)

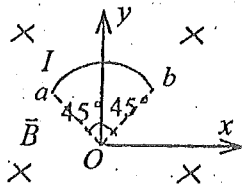
84. 一个摆球带电的单摆其固定端有一无限长直载流导线, 导线垂直于单摆平面(如图所示), 若导线通电前单摆周期为 T_1 , 则导线通电后单摆周期 $T_2 =$ _____.

85. 如图. 均匀电场 \vec{E} 沿 x 轴正方向, 均匀磁场 \vec{B} 沿 z 轴正方向, 今有一电子在 yOz 平面沿着与 y 轴正方向成 135° 角的方向以恒定速度 \vec{v} 运动, 则电场 \vec{E} 与磁场 \vec{B} 在数值上应满足的关系式是 _____.

86. 两个带电粒子的质量比为 $1:6$, 电荷比为 $1:2$, 现以相同的速度垂直磁感线飞入一均匀磁场. 则它们所受的磁场力之比是 _____. 它们各自每秒钟完成圆周运动的次数之比是 _____.



(85 题图)

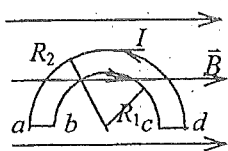


(87 题图)

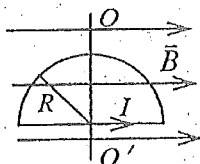
87. 如图, 一根载流导线被弯成半径为 R 的 $1/4$ 圆弧, 放在磁感强度为 B 的均匀磁场中, 则载流导线 ab 所受磁场的作用力的大小为 _____, 方向 _____.

88. 半径分别为 R_1 和 R_2 的两个半圆弧与直径的两小段构成的通电线圈 $abcd$ (如图所示), 放在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, \vec{B} 平行线圈所在平面. 则线圈的磁矩为 _____.

线圈受到的磁力矩为_____。



(88 题图)



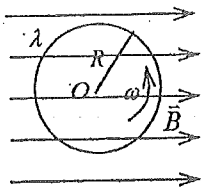
(90 题图)

89. 在磁场中某点磁感强度的大小为 2.0 Wb/m^2 , 在该点一圆形试验线圈所受的最大磁力矩为 $6.28 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$, 如果通过的电流为 10 mA , 则可知线圈的半径为_____m, 这时线圈平面法线方向与该处磁感强度的方向的夹角为_____。

90. 如图, 半圆形线圈(半径为 R)通有电流 I . 线圈处在与线圈平面平行向右的均匀磁场 \vec{B} 中. 线圈所受磁力矩的大小为_____, 方向为_____. 把线圈绕 OO' 轴转过角度_____时, 磁力矩恰为零。

91. 在磁场中某点放一很小的试验线圈. 若线圈的面积增大一倍, 且其中电流也增大一倍, 该线圈所受的最大磁力矩将是原来的_____倍。

92. 如图, 均匀磁场中放一均匀带正电荷的圆环, 其线电荷密度为 λ , 圆环可绕通过环心 O 与环面垂直的转轴旋转. 当圆环以角速度 ω 转动时, 圆环受到的磁力矩为_____, 其方向_____。

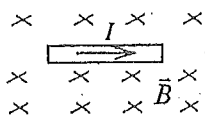


(92 题图)

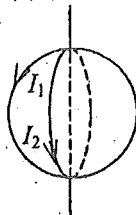
93. 一电子以速率 $v = 2.20 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 垂直磁力线射入磁感强度为 $B = 2.36 \text{ T}$ 的均匀磁场, 则该电子的轨道磁矩为_____. 其方向与磁场方向_____。(电子质量为 $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

94. 空间某处有互相垂直的两个水平磁场 \vec{B}_1 和 \vec{B}_2 , \vec{B}_1 向北, \vec{B}_2 向东. 现在该处有一段载流直导线, 只有当这段导线_____放置时, 才有可能使两磁场作用在它上面的合力为零. 当这段导线与 \vec{B}_2 的夹角为 60° 时, 欲使导线所受合力为零, 则两个水平磁场 \vec{B}_1 与 \vec{B}_2 的大小必须满足的关系为_____。

95. 有一根质量为 m , 长为 l 的直导线, 放在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中 \vec{B} 的方向在水平面内, 导线中电流方向如图所示, 当导线所受磁力与重力平衡时, 导线中电流 $I =$ _____。



(95 题图)



(96 题图)

96. 有两个竖直放置彼此绝缘的圆形刚性线圈(它们的直径几乎相等), 可以分别绕它们的

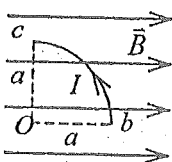
共同直径自由转动，把它们放在互相垂直的位置上。若给它们通以电流（如图），则它们转动的最后状态是_____。

97. 将一个通过电流为 I 的闭合回路置于均匀磁场中，回路所围面积的法线方向与磁场方向的夹角为 α 。若均匀磁场通过此回路的磁通量为 Φ ，则回路所受力矩的大小为_____。

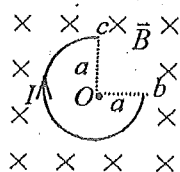
98. 已知面积相等的载流圆线圈与载流正方形线圈的磁矩之比为 2:1，圆线圈在其中心处产生的磁感强度为 B_0 ，那么正方形线圈(边长为 a)在磁感强度为 \vec{B} 的均匀外磁场中所受最大磁力矩为_____。

99. 已知载流圆线圈 1 与载流正方形线圈 2 在其中心 O 处产生的磁感强度大小之比为 $B_1 : B_2 = 1 : 2$ ，若两线圈所围面积相等，两线圈彼此平行地放置在均匀外磁场中，则它们所受力矩之比 $M_1 : M_2 =$ _____。

100. 有一半径为 a ，流过稳恒电流为 I 的 $1/4$ 圆弧形载流导线 bc ，按图示方式置于均匀外磁场 \vec{B} 中，则该载流导线所受的安培力大小为_____。



(100 题图)

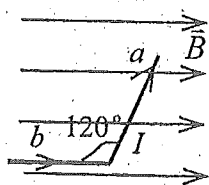


(102 题图)

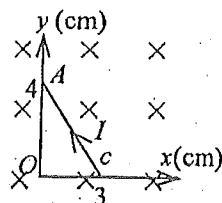
101. 一直导线放在 $B = 0.100 \text{ T}$ 的均匀磁场中并通以电流 $I = 2.00 \text{ A}$ ，导线与磁场成 120° 角。导线上长 0.200 m 的一段受的磁力 $f_m =$ _____。

102. 如图所示，在真空中有一半径为 a 的 $3/4$ 圆弧形导线，其中通以稳恒电流 I ，导线置于均匀外磁场 \vec{B} 中，且 \vec{B} 与导线所在平面垂直，则该载流导线 bc 所受的磁力大小为_____。

103. 如图所示，一根通电流 I 的导线，被折成长度分别为 a 、 b ，夹角为 120° 的两段，并置于均匀磁场 \vec{B} 中，若导线的长度为 b 的一段与 \vec{B} 平行，则 a 、 b 两段载流导线所受的合磁力的大小为_____。



(103 题图)



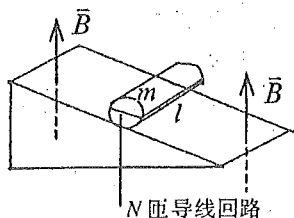
(104 题图)

104. 如图所示，在纸面上的直角坐标系中，有一根载流导线 AC 置于垂直于纸面的均匀磁场 \vec{B} 中，若 $I = 1 \text{ A}$ ， $B = 0.1 \text{ T}$ ，则 AC 导线所受的磁力大小为_____。

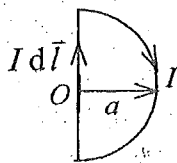
105. 在边长分别为 a 、 b 的 N 匝矩形平面线圈中流过电流 I ，将线圈置于均匀外磁场 \vec{B} 中，当线圈平面的正法向与外磁场方向间的夹角为 120° 时，此线圈所受的磁力矩的大小为_____。

106. 如图，在粗糙斜面上放有一长为 l 的木制圆柱，已知圆柱质量为 m ，其上绕有 N 匝导线，圆柱体的轴线位于导线回路平面内，整个装置处于磁感强度大小为 B 、方向竖直向上

的均匀磁场中. 如果绕组的平面与斜面平行, 则当通过回路的电流 $I =$ _____ 时; 圆柱体可以稳定在斜面上不滚动.



(106 题图)



(108 题图)

107. 氢原子中, 电子绕原子核沿半径为 r 的圆周运动, 它等效于一个圆形电流. 如果外加一个磁感强度为 B 的磁场, 其磁感线与轨道平面平行, 那么这个圆电流所受的磁力矩的大小 $M =$ _____ . (设电子质量为 m_e , 电子电荷的绝对值为 e)

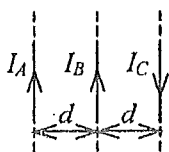
108. 如图所示, 在真空中有一半圆形闭合线圈, 半径为 a , 流过稳恒电流 I , 则圆心 O 处的电流元 $I d\vec{l}$ 所受的安培力 $d\vec{F}$ 的大小为 _____, 方向 _____.

109. 导线绕成一边长为 15 cm 的正方形线框, 共 100 匝, 当它通有 $I = 5$ A 的电流时, 线框的磁矩 $p_m =$ _____.

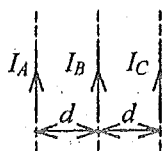
110. 在磁感强度 $B = 0.02$ T 的匀强磁场中, 有一半径为 10 cm 圆线圈, 线圈磁矩与磁感线同向平行, 回路中通有 $I = 1$ A 的电流. 若圆线圈绕某个直径旋转 180° , 使其磁矩与磁感线反向平行, 且线圈转动过程中电流 I 保持不变, 则外力的功 $A =$ _____.

111. A 、 B 、 C 为三根平行共面的长直导线, 导线间距 $d = 10$ cm, 它们通过的电流分别为 $I_A = I_B = 5$ A, $I_C = 10$ A, 其中 I_C 与 I_B 、 I_A 的方向相反, 每根导线每厘米所受的力的大小为

$$\frac{dF_A}{dl} = \underline{\hspace{2cm}}, \quad \frac{dF_B}{dl} = \underline{\hspace{2cm}}, \quad \frac{dF_C}{dl} = \underline{\hspace{2cm}}.$$



(111 题图)



(112 题图)

112. A 、 B 、 C 为三根共面的长直导线, 各通有 10 A 的同方向电流, 导线间距 $d = 10$ cm,

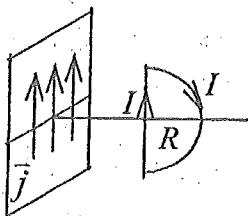
那么每根导线每厘米所受的力的大小为 $\frac{dF_A}{dl} =$ _____, $\frac{dF_B}{dl} =$ _____, $\frac{dF_C}{dl} =$ _____.

113. 氢原子中电子质量 m , 电荷 e , 它沿某一圆轨道绕原子核运动, 其等效圆电流的磁矩

大小 p_m 与电子轨道运动的动量矩大小 L 之比 $\frac{p_m}{L} =$ _____.

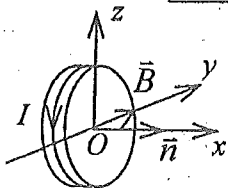
114. 载流平面线圈在均匀磁场中所受的力矩大小与线圈所围面积 _____; 在面积一定

- 时, 与线圈的形状_____ ; 与线圈相对于磁场的方向_____ . (填: 有关、无关)
115. 周长相等的平面圆线圈和正方形线圈, 载有相同大小的电流, 今把这两个线圈放入同一均匀磁场中, 则圆线圈与正方形线圈所受最大磁力矩之比为_____ .
116. 在一非均匀磁场中, 放入一个面积为 S 的单匝小线圈 (S 小到可以认为在此区域内磁场均匀). 当小线圈中通以电流 I 时, 测出它所受的磁力矩为 M , 磁场与小线圈磁矩方向间的夹角为 α , 则小线圈所在位置的磁感强度大小为_____ .
117. 如图, 在面电流密度为 \vec{j} 的均匀载流无限大平板附近, 有一载流为 I 半径为 R 的半圆形刚性线圈, 线圈平面与载流大平板垂直, 与 \vec{j} 平行线圈所受磁力矩为_____, 受力为_____ .

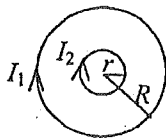


(117 题图)

118. 有两个线圈 1 和 2, 面积分别为 S_1 和 S_2 且 $S_2 = 2S_1$, 将两线圈分别置于不同的均匀磁场中并通过相同的电流, 若两线圈受到相同的最大磁力矩, 则通过两线圈的最大磁通量 $\Phi_{1\max}$ 和 $\Phi_{2\max}$ 的关系为_____ ; 两均匀磁场的磁感强度大小 B_1 和 B_2 的关系为_____ .
119. 一面积为 S , 载有电流 I 的平面闭合线圈置于磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, 此线圈受到的最大磁力矩的大小为_____, 此时通过线圈的磁通量为_____. 当此线圈受到最小的磁力矩作用时通过线圈的磁通量为_____ .
120. 如图, 有一 N 匝载流为 I 的平面线圈 (密绕), 其面积为 S , 则在图示均匀磁场 \vec{B} 的作用下, 线圈所受到的磁力矩为_____. 线圈法向矢量 \vec{n} 将转向_____ .



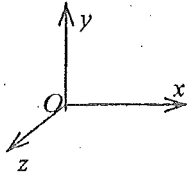
(120 题图)



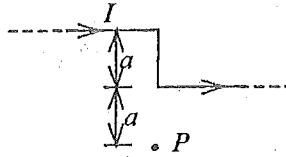
(121 题图)

121. 在同一平面上有两个同心的圆线圈, 大圆半径为 R , 通有电流 I_1 , 小圆半径为 r , 通有电流 I_2 (如图), 则小线圈所受的磁力矩为_____. 同时小线圈还受到使它_____ 的力.
122. 电流元 $I d\vec{l}$ 在磁场中某处沿直角坐标系的 x 轴方向放置时不受力, 把电流元转到 y 轴正方向时受到的力沿 z 轴反方向, 该处磁感强度 \vec{B} 指向_____ 方向.
123. 有一长 20 cm、直径 1 cm 的螺线管, 它上面均匀绕有 1000 匝线圈, 通以 $I = 10$ A 的电流. 今把它放入 $B = 0.2$ T 的均匀磁场中, 则螺线管受到的最大的作用力 $F =$ _____ .

螺线管受到的最大力矩值 $M = \underline{\hspace{2cm}}$.



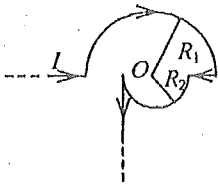
(122 题图)



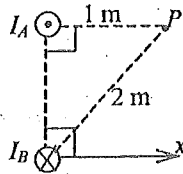
(124 题图)

124. 一无限长载流直导线, 通有电流 I , 弯成如图形状. 设各线段皆在纸面内, 则 P 点磁感强度 \vec{B} 的大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

125. 一弯曲的载流导线在同一平面内, 形状如图(O 点是半径为 R_1 和 R_2 的两个半圆弧的共同圆心, 电流自无穷远来到无穷远去), 则 O 点磁感强度的大小是 $\underline{\hspace{2cm}}$.



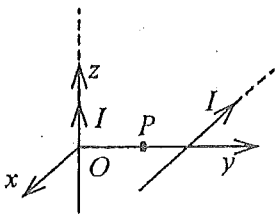
(125 题图)



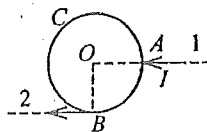
(126 题图)

126. 已知两长直细导线 A 、 B 通有电流 $I_A = 1 \text{ A}$, $I_B = 2 \text{ A}$, 电流流向和放置位置如图. 设 I_A 与 I_B 在 P 点产生的磁感强度大小分别为 B_A 和 B_B , 则 B_A 与 B_B 之比为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 此时 P 点处磁感强度 \vec{B}_P 与 x 轴夹角为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

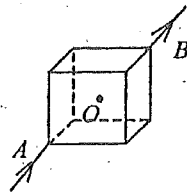
127. 两根无限长直导线互相垂直地放着, 相距 $d = 2.0 \times 10^2 \text{ m}$, 其中一根导线与 z 轴重合, 另一根导线与 x 轴平行且在 Oxy 平面内. 设两导线中皆通过 $I = 10 \text{ A}$ 的电流, 则在 y 轴上离两根导线等距的点 P 处的磁感强度的大小为 $B = \underline{\hspace{2cm}}$.



(127 题图)



(128 题图)



(129 题图)

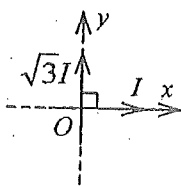
128. 如图所示, 用均匀细金属丝构成一半径为 R 的圆环 C , 电流 I 由导线 1 流入圆环 A 点, 并由圆环 B 点流入导线 2. 设导线 1 和导线 2 与圆环共面, 则环心 O 处的磁感强度大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 方向 $\underline{\hspace{2cm}}$.

129. 将同样的几根导线焊成立方体, 并在其对顶角 A 、 B 上接上电源, 则立方体框架中的电流在其中心处所产生的磁感强度等于 $\underline{\hspace{2cm}}$.

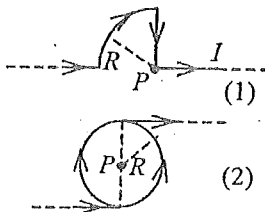
130. 两条相距为 d 的无限长平行载流直导线, 通以同向电流. 已知 P 点离第一条导线和第二条导线的距离分别为 r_1 和 r_2 , 两根载流导线在 P 点产生的磁感强度 \vec{B}_1 和 \vec{B}_2 的夹角 $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$.

131. 在 xy 平面内, 有两根互相绝缘, 分别通有电流 $\sqrt{3}I$ 和 I 的长直导线, 设两根导线互相垂直(如图), 则在 xy 平面内, 磁感强度为零的点的轨迹方程为_____.

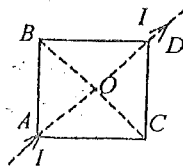
132. 试写出下列两种情况的平面内的载流均匀导线在给定 P 处所产生的磁感强度的大小. (1) $B =$ _____. (2) $B =$ _____.



(131 题图)



(132 题图)

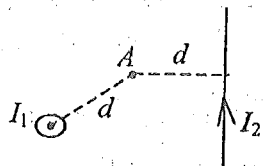


(133 题图)

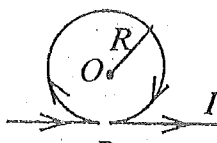
133. 有一流过电流 $I = 10 \text{ A}$ 的圆线圈, 放在磁感强度等于 0.015 T 的匀强磁场中, 处于平衡位置. 线圈直径 $d = 12 \text{ cm}$. 使线圈以它的直径为轴转过角 $\alpha = \pi/2$ 时, 外力所必需作的功 $A =$ _____, 如果转角 $\alpha = 2\pi$, 必需作的功 $A =$ _____.

134. 如图所示, 有一用均匀导线绕成的闭合正方形平面线圈 $ABCD$, 在顶角 B 、 D 处分别用两根与线圈共面的长直导线注入电流 I (而且这两长直导线在同一直线上), 则中心 O 处的磁感强度为_____.

135. 沿着图示的两条不共面而彼此垂直的无限长的直导线, 流过电流强度 $I_1 = 3 \text{ A}$ 和 $I_2 = 4 \text{ A}$ 的电流. 在距离两导线皆为 $d = 20 \text{ cm}$ 处的 A 点处磁感强度的大小 $B =$ _____.



(135 题图)

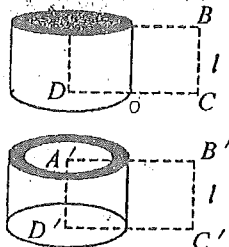


(136 题图)

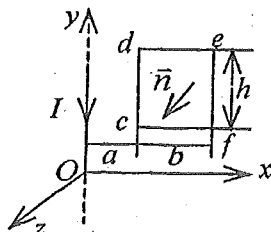
136. 一根无限长直导线通有电流 I , 在 P 点处被弯成了一个半径为 R 的圆, 且 P 点处无交叉和接触, 则圆心 O 处的磁感强度大小为_____, 方向为_____.

三、计算题

1. 半径为 R 的无限长圆柱形导体和内半径为 R_0 , 外半径也为 R 的无限长圆筒形导体, 都通有沿轴向的, 在横截面上均匀分布的电流 I , 导体的磁导率都为 μ_0 . 今取长为 l 、宽为 $2R$ 的矩形平面 $ABCD$ 和 $A'B'C'D'$, AD 及 $A'D'$ 正好在导体的轴线上, 如图所示. (1) 通过 $ABCD$ 的磁通量大小为多少? (2) 通过 $A'B'C'D'$ 的磁通量为多少? (3) 若电流 I 不变, 外半径 R 不变, 圆筒壁变薄, 直至壁厚趋于零, 再求(2).

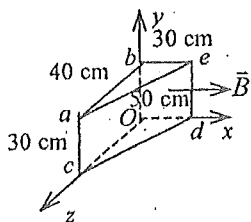


(1 题图)

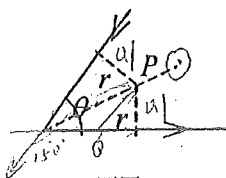


(3 题图)

2. 已知空间各处的磁感强度 \vec{B} 都沿 x 轴正方向, 而且磁场是均匀的, $B = 1 \text{ T}$. 求下列三种情形中, 穿过一面积为 2 m^2 的平面的磁通量. (1) 平面与 yz 平面平行; (2) 平面与 xz 平面平行; (3) 平面与 y 轴平行, 又与 x 轴成 45° 角.
 情形中, 穿过一面积为 2 m^2 的平面的磁通量. (1) 平面与 yz 平面平行; (2) 平面与 xz 平面平行; (3) 平面与 y 轴平行, 又与 x 轴成 45° 角.
 3. 在无限长直载流导线产生的磁场中, 有一个与导线共面的矩形平面线圈 $cdef$, 线圈 cd 和 ef 边与长直导线平行, 线圈尺寸和其与长导线的距离如图所示. 现在使平面线圈沿其平面法线方向 \vec{n} (平行 z 轴) 移动 Δz 距离, 求在此位置上通过线圈的磁通量.
 4. 已知均匀磁场, 其磁感强度 $B = 2.0 \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$, 方向沿 x 轴正向, 如图所示. 试求: (1) 通过图中 $abOc$ 面的磁通量; (2) 通过图中 $bedO$ 面的磁通量; (3) 通过图中 $acde$ 面的磁通量.

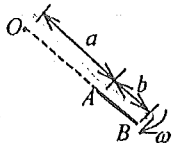


(4 题图)

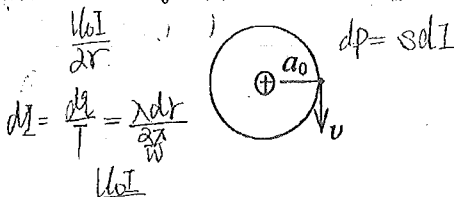


(5 题图)

5. 如图所示, 一无限长直导线通有电流 $I = 10 \text{ A}$, 在一处折成夹角 $\theta = 60^\circ$ 的折线, 求角平分线上与导线的垂直距离均为 $r = 0.1 \text{ cm}$ 的 P 点处的磁感强度. ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$)
 6. 均匀带电刚性细杆 AB , 线电荷密度为 λ , 绕垂直于直线的轴 O 以 ω 角速度匀速转动 (O 点在细杆 AB 延长线上). 求: (1) O 点的磁感强度 \vec{B}_0 ; (2) 系统的磁矩 \vec{p}_m ; (3) 若 $a \gg b$, 求 B_0 及 p_m .

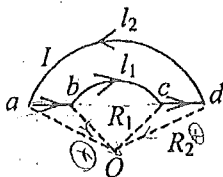


(6 题图)

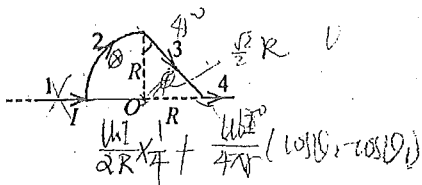


(7 题图)

7. 设氢原子基态的电子轨道半径为 a_0 , 求由于电子的轨道运动 (如图) 在原子核处 (圆心处) 产生的磁感强度的大小和方向.
 8. 有一条载有电流 I 的导线弯成如图示 $abcd$ 形状. 其中 ab 、 cd 是直线段, 其余为圆弧. 两段圆弧的长度和半径分别为 l_1 、 R_1 和 l_2 、 R_2 , 且两段圆弧共面共心. 求圆心 O 处的磁感强度 \vec{B} 的大小.



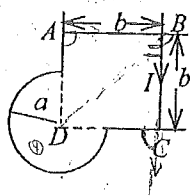
(8 题图)



(9 题图)

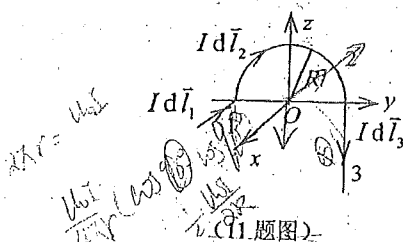
9. 一根无限长导线弯成如图形状, 设各线段都在同一平面内 (纸面内), 其中第二段是半径为 R 的四分之一圆弧, 其余为直线. 导线中通有电流 I , 求图中 O 点处的磁感强度.

10. 将通有电流 I 的导线在同一平面内弯成如图所示的形状, 求 D 点的磁感强度 \vec{B} 的大小.



(10 题图)

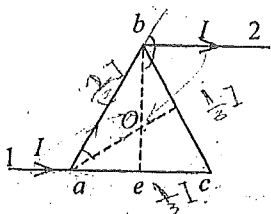
11. 如图, 1、3 为半无限长直载流导线, 它们与半圆形载流导线 2 相连. 导线 1 在 xOy 平面内, 导线 2、3 在 Oyz 平面内. 试指出电流元 $Id\vec{l}_1$ 、 $Id\vec{l}_2$ 、 $Id\vec{l}_3$ 在 O 点产生的 $d\vec{B}$ 的方向, 并写出此载流导线在 O 点总磁感强度(包括大小与方向).



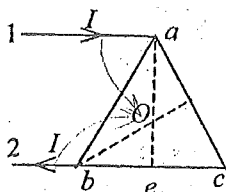
(11 题图)

12. 在真空中, 电流由长直导线 1 沿底边 ac 方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的正三角形线框, 再由 b 点沿平行底边 ac 方向从三角形框流出, 经长直导线 2 返回电源(如图). 已知直导线的电流强度为 I , 三角形框的每一边长为 l , 求正三角形中心 O 处的磁感强度 \vec{B} .

13. 真空中有一边长为 l 的正三角形导体框架. 另有相互平行并与三角形的 bc 边平行的长直导线 1 和 2 分别在 a 点和 b 点与三角形导体框架相连(如图). 已知直导线中的电流为 I , 三角形框的每一边长为 l , 求正三角形中心点 O 处的磁感强度 \vec{B} .

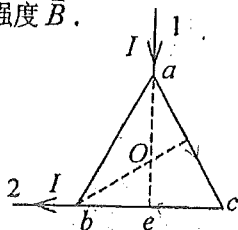


(12 题图)

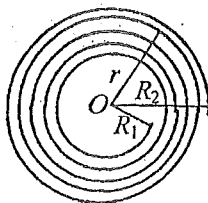


(13 题图)

✓ 14. 在真空中, 电流由长直导线 1 沿垂直于底边 bc 方向经 a 点流入一由电阻均匀的导线构成的正三角形金属线框, 再由 b 点从三角形框流出, 经长直导线 2 沿 cb 延长线方向返回电源(如图). 已知长直导线上的电流强度为 I , 三角框的每一边长为 l , 求正三角形的中心点 O 处的磁感强度 \vec{B} .



(14 题图)



(15 题图)

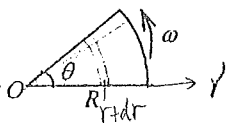
15. 在平面螺旋线中, 流过一强度为 I 的电流, 求在螺旋线中点的磁感强度的大小. 螺旋

线被限制在半径为 R_1 和 R_2 的两圆之间, 共 n 圈. [提示: 螺旋线的极坐标方程为 $r = a\theta + b$, 其中 a, b 为待定系数]

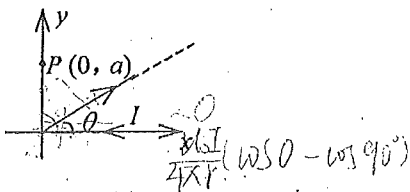
16. 有二根导线, 分别长 2 米和 3 米, 将它们弯成闭合的圆, 且分别通以电流 I_1 和 I_2 , 已知两个圆电流在圆心处的磁感强度大小相等. 求圆电流的比值 I_1/I_2 . $R \sim \sqrt{2\pi R}$ $\frac{I_1 I_2}{2R}$

17. 氢原子可以看成电子在平面内绕核作匀速圆周运动的带电系统. 已知电子电荷为 e , 质量为 m_e , 圆周运动的速率为 v , 求圆心处的磁感强度的值 B .

18. 如图所示, 一扇形薄片, 半径为 R , 张角为 θ , 其上均匀分布正电荷, 电荷密度为 σ , 薄片绕过角顶 O 点且垂直于薄片的轴转动, 角速度为 ω . 求 O 点处的磁感强度.



(18 题图)

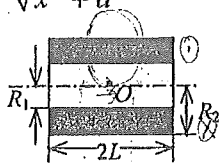


(19 题图)

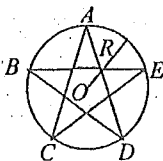
19. 无限长直导线折成 V 形, 顶角为 θ , 置于 xy 平面内, 一个角边与 x 轴重合, 如图. 当导线中有电流 I 时, 求 y 轴上一点 $P(0, a)$ 处的磁感强度大小.

20. 一多层密绕螺线管的内半径为 R_1 , 外半径为 R_2 , 长为 $2L$, 设总匝数为 N , 导线很细, 其中通过的电流为 I , 求螺线管中心 O 点的磁感强度.

[积分公式: $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2})$]



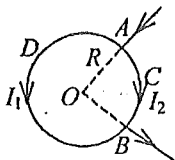
(20 题图)



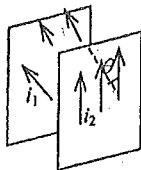
(21 题图)

21. 如图示, 由一根细绝缘导线按 $ACEBDA$ 折成一个正五角星形, 并按以上流向通电流 $I = 1$ A, 星形之外接圆半径为 $R = 1$ m, 求五角星任一顶点处磁感强度的大小. ($\sin 72^\circ = 0.9511$, $\sin 36^\circ = 0.5878$, $\cos 72^\circ = 0.3090$, $\cos 36^\circ = 0.8090$)

22. 两根导线沿半径方向接到一半径 $R = 9.00$ cm 的导电圆环上. 如图: 圆弧 ADB 是铝导线, 铝线电阻率为 $\rho_1 = 2.50 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, 圆弧 ACB 是铜导线, 铜线电阻率为 $\rho_2 = 1.60 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$. 两种导线截面积相同, 圆弧 ACB 的弧长是圆周长的 $1/\pi$. 直导线在很远处与电源相联, 弧 ACB 上的电流 $I_2 = 2.00$ A, 求圆心 O 点处磁感强度 B 的大小.



(22 题图)



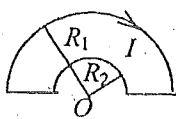
(23 题图)

23. 两个无穷大平行平面上都有均匀分布的面电流, 面电流密度分别为 i_1 和 i_2 , 若 i_1 和 i_2 之间夹角为 θ , 如图, 求: (1) 两面之间的磁感强度的值 B_i . (2) 两面之外空间的磁感强度 B_e

度的值 B_0 。(3) 当 $i_1 = i_2 = i$, $\theta = 0$ 时以上结果如何?

24. 假定地球的磁场是由地球中心的载流小环产生的, 已知地极附近磁感强度 B 为 6.27×10^{-5} T, 地球半径为 $R = 6.37 \times 10^6$ m, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m. 试用毕奥—萨伐尔定律求该电流环的磁矩大小.

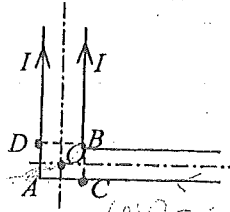
25. 平面闭合回路由半径为 R_1 及 R_2 ($R_1 > R_2$) 的两个同心半圆弧和两个直导线段组成(如图). 已知两个直导线段在两半圆弧中心 O 处的磁感强度为零, 且闭合载流回路在 O 处产生的总的磁感强度 B 与半径为 R_2 的半圆弧在 O 点产生的磁感强度 B_2 的关系为 $B = 2B_2/3$, 求 R_1 与 R_2 的关系.



(25 题图)



(26 题图)



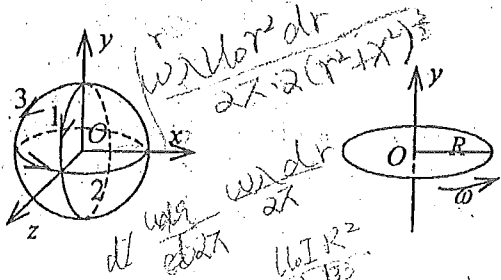
(27 题图)

26. 图中实线所示的闭合回路 $ABCD$ 中, 通有电流 10 A, 两弧的半径均为 $R = 0.5$ m, 且 $AB = CD$, 求: (1) O 点处的磁感强度 \vec{B} . (2) 在 O 点处放置一个正方形小试验线圈, 线圈各边长为 5 mm, 通有电流 0.1 A, 问线圈如何取向时所受磁力矩最大? 此最大磁力矩的值为多少?

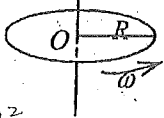
27. 两根长直载流导线在同一平面内, 其间距为 a , 今将两导线中部折成直角, 如图. 导线中的电流均为 I , 试求 O 点 (O 在 AB 两点联线的中心) 的磁感强度?

28. 已知半径为 R 的载流圆线圈与边长为 a 的载流正方形线圈的磁矩之比为 2:1, 且载流圆线圈在中心 O 处产生的磁感应强度为 B_0 , 求在正方形线圈中心 O' 处的磁感强度的大小.

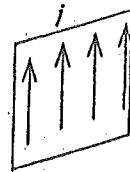
29. 如图, 在球面上互相垂直的三个线圈 1、2、3, 通有相等的电流, 电流方向如箭头所示. 试求出球心 O 点的磁感强度的方向. (写出在直角坐标系中的方向余弦角)



(29 题图)



(30 题图)



(32 题图)

30. 如图所示, 半径为 R , 线电荷密度为 $\lambda (> 0)$ 的均匀带电的圆线圈, 绕过圆心与圆平面垂直的轴以角速度 ω 转动, 求轴上任一点的 \vec{B} 的大小及其方向.

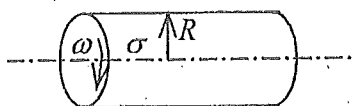
31. 将细导线弯成边长 $d = 10$ cm 的正六边形, 若沿导线流过电流强度为 $I = 25$ A 的电流, 求六边形中心点的磁感强度 B . ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N·A⁻²)

32. 电流均匀地流过无限大平面导体薄板, 面电流密度为 j , 设板的厚度可以忽略不计, 试用毕奥—萨伐尔定律求板外任意一点的磁感强度.

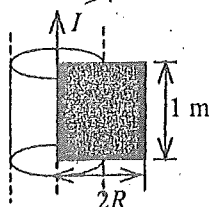
33. AA' 和 CC' 为两个正交地放置的圆形线圈, 其圆心相重合. AA' 线圈半径为 20.0 cm, 共 10 匝, 通有电流 10.0 A; 而 CC' 线圈的半径为 10.0 cm, 共 20 匝, 通有电流 5.0 A. 求两线圈公共中心 O 点的磁感强度的大小和方向.

34. 从经典观点来看, 氢原子可看作是一个电子绕核作高速旋转的体系. 已知电子和质子的电荷分别为 $-e$ 和 e , 电子质量为 m_e , 氢原子的圆轨道半径为 r , 电子作平面轨道运动, 试求电子轨道运动的磁矩 \vec{p}_m 的数值? 它在圆心处所产生磁感强度的数值 B_0 为多少?

35. 如图所示, 一半径为 R 的均匀带电无限长直圆筒, 面电荷密度为 σ , 该筒以角速度 ω 绕其轴线匀速旋转. 试求圆筒内部的磁感强度.



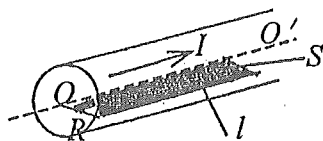
(35 题图)



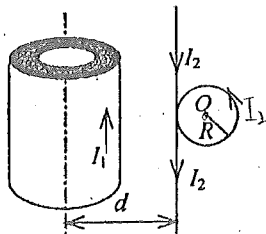
(36 题图)

36. 一无限长圆柱形铜导体(磁导率 μ_0), 半径为 R , 通有均匀分布的电流 I . 今取一矩形平面 S (长为 1 m, 宽为 $2R$), 位置如右图中画斜线部分所示, 求通过该矩形平面的磁通量.

37. 一根半径为 R 的长直导线载有电流 I , 作一宽为 R 、长为 l 的假想平面 S , 如图所示. 若假想平面 S 可在导线直径与轴 OO' 所确定的平面内离开 OO' 轴移动至远处. 试求当通过 S 面的磁通量最大时 S 平面的位置(设直导线内电流分布是均匀的).



(37 题图)



(38 题图)

38. 有一长直导体圆管, 内外半径分别为 R_1 和 R_2 , 如图, 它所载的电流 I_1 均匀分布在其横截面上. 导体旁边有一绝缘“无限长”直导线, 载有电流 I_2 , 且在中部绕了一个半径为 R 的圆圈. 设导体管的轴线与长直导线平行, 相距为 d , 而且它们与导体圆圈共面, 求圆心 O 点处的磁感强度 \vec{B} .

39. 一线电荷密度为 λ 的带电正方形闭合线框绕过其中心并垂直于其平面的轴以角速度 ω 旋转, 试求正方形中心处的磁感强度的大小. [积分公式 $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \ln(x+\sqrt{x^2+a^2})$]

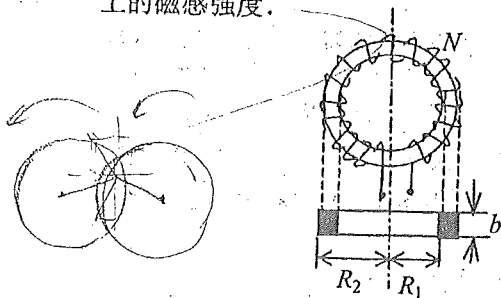
40. 横截面为矩形的环形螺线管, 圆环内外半径分别为 R_1 和 R_2 , 芯子材料的磁导率为 μ ,

导线总匝数为 N ，绕得很密，若线圈通电流 I ，求：(1) 芯子中的 B 值和芯子截面的磁通量。(2) 在 $r < R_1$ 和 $r > R_2$ 处的 B 值。

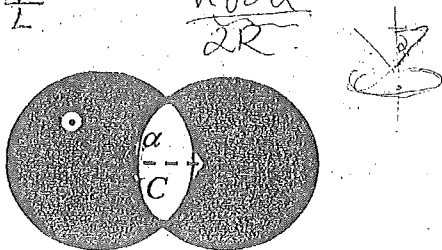
41. 半径为 R 的无限长圆筒上有一层均匀分布的面电流，这些电流环绕着轴线沿螺旋线流动并与轴线方向成 α 角。设面电流密度(沿筒面垂直电流方向单位长度的电流)为 i ，求轴线上的磁感强度。

$$= nI = \frac{NI}{L}$$

$$\frac{Nis\alpha}{2R}$$



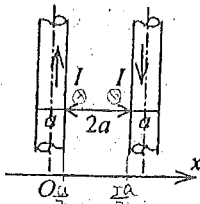
(40 题图)



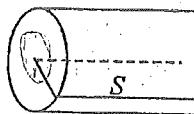
(41 题图)

42. 两彼此绝缘的无限长且具有缺口的圆柱形导线的横截面如图中阴影部分所示。它们的半径同为 R ，两圆心的距离 $O_1O_2 = 1.60R$ ，沿轴向反向通以相同大小的电流 I 。求在它们所包围的缺口空间 C 中的磁感强度。(cos36.87° = 0.8000)

43. 如图所示，有两根平行放置的长直载流导线，它们的直径为 a ，反向流过相同大小的电流 I ，电流在导线内均匀分布。试在图示的坐标系中求出 x 轴上两导线之间区域 $[a/2, 5a/2]$ 内磁感强度的分布。



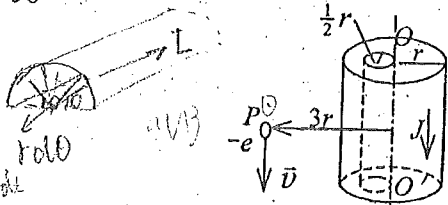
(43 题图)



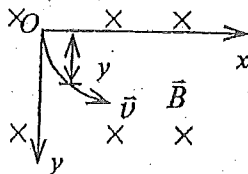
(44 题图)

44. 一根很长的圆柱形铜导线均匀载有 10 A 电流，在导线内部作一平面 S ， S 的一个边是导线的中心轴线，另一边是 S 平面与导线表面的交线，如图所示。试计算通过沿导线长度方向长为 1m 的一段 S 平面的磁通量。(铜的相对磁导率 $\mu \approx 1$)

45. 在一半径 $R = 1.0$ cm 的无限长半圆筒形金属薄片，沿长度方向有横截面上均匀分布的电流 $I = 5.0$ A 通过。试求圆柱轴线任一点的磁感强度。



(46 题图)



(48 题图)

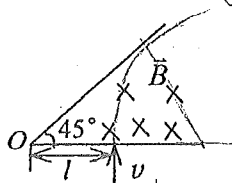
46. 空气中有一半径为 r 的“无限长”直圆柱金属导体，竖直线 OO' 为其中心轴线，在圆柱体内挖一个直径为 $\frac{1}{2}r$ 的圆柱空洞，空洞侧面与 OO' 相切，在未挖洞部分通以均匀分布的电流 I ，方向沿 OO' 向下，如图所示。在距轴线 $3r$ 处有一电子(电荷为 $-e$)沿平行于

OO' 轴方向, 在中心轴线 OO' 和空洞轴线所决定的平面内, 向下以速度 \bar{v} 飞经 P 点, 求电子经 P 时, 所受的磁场力.

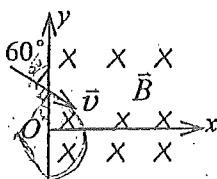
47. 质子和电子以相同的速度垂直飞入磁感强度为 \bar{B} 的匀强磁场中, 试求质子轨道半径 R_1 与电子轨道半径 R_2 的比值.

48. 带电粒子在均匀磁场中由静止开始下落, 磁场方向与重力方向(x 轴方向)垂直, 求粒子下落距离为 y 时的速率 v , 并叙述求解方法的理论依据.

49. 在一顶点为 45° 的扇形区域, 有磁感强度为 \bar{B} 方向垂直指向纸面内的均匀磁场, 如图. 今有一电子(质量为 m , 电荷为 $-e$) 在底边距顶点 O 为 l 的地方, 以垂直底边的速度 \bar{v} 射入该磁场区域, 若要使电子不从上面边界跑出, 电子的速度最大不应超过多少?



(49 题图)



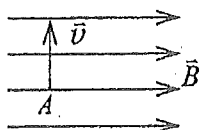
(50 题图)

50. 磁感强度为 \bar{B} 的均匀磁场只存在于 $x > 0$ 的空间中, 在 $x = 0$ 的平面上有理想边界, 且 \bar{B} 垂直纸面向内, 如图所示. 一电子质量为 m 、电荷为 $-e$, 它在纸面内以与 $x = 0$ 的界面成 60° 角的速度 \bar{v} 进入磁场. 求电子在磁场中的出射点与入射点间的距离.

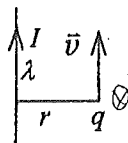
51. 一电子以 $v = 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率, 在垂直于均匀磁场的平面内作半径 $R = 1.2 \text{ cm}$ 的圆周运动, 求此圆周所包围的磁通量. (忽略电子运动产生的磁场, 已知基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

52. 空间某一区域有均匀电场 \bar{E} 和均匀磁场 \bar{B} , \bar{E} 和 \bar{B} 同方向. 一电子(质量 m , 电荷 $-e$) 以初速 \bar{v} 在场中开始运动, \bar{v} 与 \bar{E} 夹角 α , 求电子的加速度的大小并指出电子的运动轨迹.

53. 在 $B = 0.1 \text{ T}$ 的均匀磁场中, 有一个速度大小为 $v = 10^4 \text{ m/s}$ 的电子沿垂直于 \bar{B} 的方向(如图)通过 A 点, 求电子的轨道半径和旋转频率.



(53 题图)



(55 题图)

54. 一电子以速率 $v = 1 \times 10^4 \text{ m/s}$ 在磁场中运动, 当电子沿 x 轴正方向通过空间 A 点时, 受到一个沿 $+y$ 方向的作用力, 力的大小为 $F = 8.00 \times 10^{-17} \text{ N}$; 当电子沿 $+y$ 方向以同一速率通过 A 点时, 所受的力沿 z 轴的分量 $F = 1.39 \times 10^{-16} \text{ N}$. 求 A 点磁感强度的大小及方向.

55. 如图所示, 一个带有正电荷 q 的粒子, 以速度 \bar{v} 平行于一均匀带电的长直导线运动, 该导线的线电荷密度为 λ , 并载有传导电流 I . 试问粒子要以多大的速度运动, 才能使其

$$qE = qvB$$

$$\int \frac{\lambda}{r} dr = \frac{\lambda}{r_0}$$

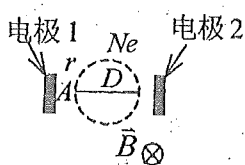
保持在一条与导线距离为 r 的平行直线上?

review

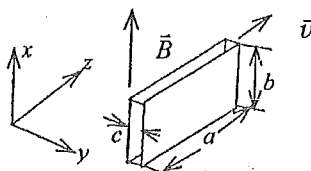
56. 图为一磁控管的示意图。一群电子在垂直于均匀磁场 \vec{B} 的平面内作圆周运动。在其运行过程中，与电极 1 和 2 最近的距离为 r ，圆周运动的轨道直径为 D 。电子群中包含 N 个电荷为 e 、质量为 m 的电子。设电极 1 和 2 上电位由运动的电子决定，求两电极上电压变化幅度和变化频率。

57. 如图，一无净电荷的金属块，是一扁长方体。三边长分别为 a 、 b 、 c 且 a 、 b 都远大于 c 。金属块在磁感强度为 \vec{B} 的磁场中，以速度 \vec{v} 运动。求 (1) 金属块中的电场强度，(2) 金属块上的面电荷密度。

$\oint E \cdot ds = \int \rho_e \cdot dV$
 $\oint E \cdot ds = E \cdot b \cdot c = \rho_e \cdot a \cdot b \cdot c$
 $E = \rho_e \cdot a$
 $E = v \times B$

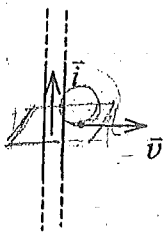


(56 题图)

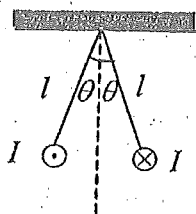


(57 题图)

58. 有一无限大平面导体薄板，自下而上均匀通有电流，已知其面电流密度为 i (即单位宽度上通有的电流强度)。 (1) 试求板外空间任一点磁感强度的大小和方向。 (2) 有一质量为 m ，带正电荷 q 的粒子，以速度 v 沿平板法线方向向外运动 (如图)，求： (a) 带电粒子最初至少在距板什么位置处才不与大平板碰撞？ (b) 需经多长时间，才能回到初始位置 (不计粒子重力)？



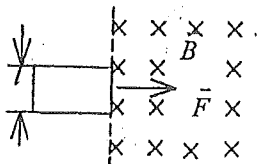
(58 题图)



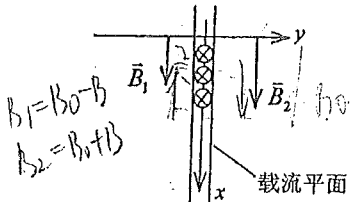
(59 题图)

59. 两长直平行导线，每单位长度的质量为 $m=0.01 \text{ kg/m}$ ，分别用 $l=0.04 \text{ m}$ 长的轻绳，悬挂于天花板上，如截面图所示。当导线通以等值反向的电流时，已知两悬线张开的角度为 $2\theta=10^\circ$ ，求电流 I 。 ($\text{tg}5^\circ = 0.087$; $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$)

60. 如图所示，电阻为 R 、质量为 m 、宽为 l 的矩形导电回路。从所画的静止位置开始受恒力 \vec{F} 的作用。在虚线右方空间内有磁感强度为 \vec{B} 且垂直于图面的均匀磁场。忽略回路自感。求在回路左边未进入磁场前，作为时间函数的速度表示式， $v(t)$



(60 题图)



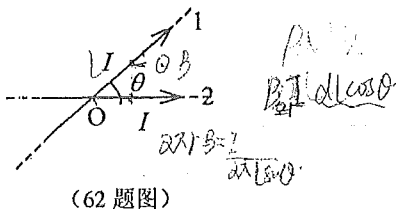
(61 题图)

$B_1 = B_0 - B$
 $B_2 = B_0 + B$
 $B \cdot l = \int B \cdot dx \cdot dz = \int B \cdot dx \cdot h$
 $B \cdot l = \int B \cdot dx \cdot dz = \int B \cdot dx \cdot h$
 $B \cdot l = \int B \cdot dx \cdot dz = \int B \cdot dx \cdot h$

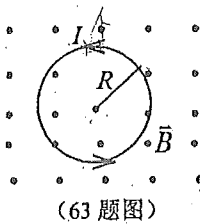
面电流密度 i (单位宽度上通有的电流强度) \star
 $i = I/L$ (宽度上的电流强度 I)
 大学物理习题集 — 稳恒磁场

61. 如图所示, 将一无限大均匀载流平面放入均匀磁场中, (设均匀磁场方向沿 Ox 轴正方向) 且其电流方向与磁场方向垂直指向纸内. 已知放入后平面两侧的总磁感强度分别为 \vec{B}_1 与 \vec{B}_2 . 求: 该载流平面上单位面积所受的磁场力的大小及方向?

62. 如图所示, 两根相互绝缘的无限长直导线 1 和 2 绞接于 O 点, 两导线间夹角为 θ , 通有相同的电流 I . 试求单位长度的导线所受磁力对 O 点的力矩.



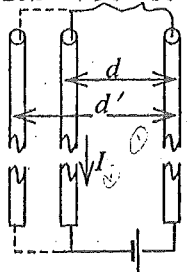
(62 题图)



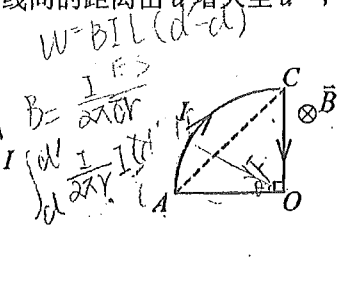
(63 题图)

63. 一圆线圈的半径为 R , 载有电流 I , 置于均匀外磁场 \vec{B} 中(如图所示). 在不考虑载流圆线圈本身所激发的磁场的情况下, 求线圈导线上的张力. (载流线圈的法线方向规定与 \vec{B} 的方向相同.)

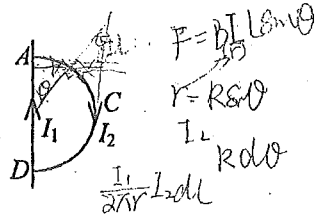
64. 两根很长的平行直细导线, 其间距离为 d , 它们与电源组成回路(如图), 回路中电流为 I . 若保持电流 I 不变, 使导线间的距离由 d 增大至 d' , 求磁场对单位长度直导线所作的功.



(64 题图)



(66 题图)



(67 题图)

65. 若把氢原子的核外电子轨道看作是圆轨道: 已知基态氢原子的电子轨道半径 $r = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$, 速度大小 $v = 2.18 \times 10^8 \text{ m/s}$. 求对应的轨道磁矩大小.

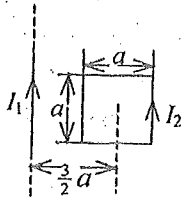
66. 一平面线圈由半径为 0.2 m 的 $1/4$ 圆弧和相互垂直的二直线组成, 通以电流 2 A . 把它放在磁感强度为 0.5 T 的均匀磁场中, 求: (1) 线圈平面与磁场垂直时(如图), 圆弧 AC 段所受的磁力. (2) 线圈平面与磁场成 60° 角时, 线圈所受的磁力矩.

67. 半径为 R 的半圆线圈 ACD 通有电流 I_2 , 置于电流为 I_1 的无限长直线电流的磁场中, 直线电流 I_1 恰过半圆的直径, 两导线相互绝缘. 求半圆线圈受到长直线电流 I_1 的磁力.

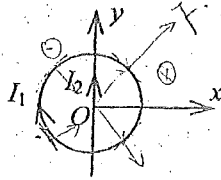
68. 一通有电流 I_1 (方向如图) 的长直导线, 旁边有一个与它共面通有电流 I_2 (方向如图) 每边长为 a 的正方形线圈, 线圈的一对边和长直导线平行, 线圈的中心与长直导线间的距离为 $\frac{3}{2}a$ (如图), 在维持它们的电流不变和保证共面的条件下, 将它们的距离从 $\frac{3}{2}a$ 变为 $\frac{5}{2}a$, 求磁场对正方形线圈所做的功.

69. 在 xOy 平面内有一圆心在 O 点的圆线圈, 通以顺时针绕向的电流 I_1 另有一无限长直导线与 y 轴重合, 通以电流 I_2 , 方向向上, 如图所示. 求此时圆线圈所受的磁力.

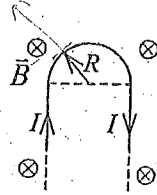
$$M = \int \vec{r} \times \vec{F} \quad A = \int \vec{r} \times d\vec{l} \times \vec{B}$$



(68 题图)



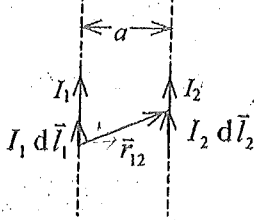
(69 题图)



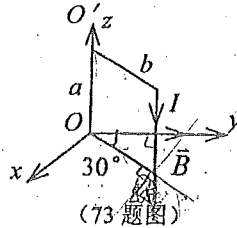
(70 题图)

70. 通有电流 I 的长直导线在一平面内被弯成如图形状, 放于垂直进入纸面的均匀磁场 \vec{B} 中, 求整个导线所受的安培力 (R 为已知).

71. 图示相距为 a 通电流为 I_1 和 I_2 的两根无限长平行载流直导线. (1) 写出电流元 $I_1 d\vec{l}_1$ 对电流元 $I_2 d\vec{l}_2$ 的作用力的数学表达式; (2) 推出载流导线单位长度上所受力的公式.



(71 题图)

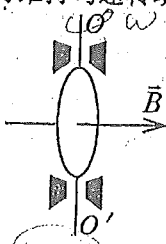


(73 题图)

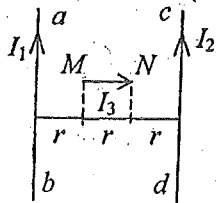
72. 一边长 $a = 10 \text{ cm}$ 的正方形铜线圈, 放在均匀外磁场中, \vec{B} 竖直向上, 且 $B = 9.40 \times 10^{-3} \text{ T}$, 线圈中电流为 $I = 10 \text{ A}$. (1) 今使线圈平面保持竖直, 问线圈所受的磁力矩为多少? (2) 假若线圈能以某一条水平边为固定轴自由摆动, 问线圈平衡时, 线圈平面与竖直面夹角为多少? (已知铜线横截面积 $S = 2.00 \text{ mm}^2$, 铜的密度 $\rho = 8.90 \text{ g/cm}^3$)

73. 一矩形线圈边长分别为 $a = 10 \text{ cm}$ 和 $b = 5 \text{ cm}$, 导线中电流为 $I = 2 \text{ A}$, 此线圈可绕它的一边 OO' 转动, 如图. 当加上正 y 方向的 $B = 0.5 \text{ T}$ 均匀外磁场 \vec{B} , 且与线圈平面成 30° 角时, 线圈的角加速度为 $\beta = 2 \text{ rad/s}^2$, 求: 线圈对 OO' 轴的转动惯量 $J = ?$ 线圈平面由初始位置转到与 B 垂直时磁力所做的功?

74. 均匀磁场 B 沿水平方向. 有一竖直面内的圆形线圈可绕通过其圆心的竖直轴 OO' 以匀角速度 ω 转动, 如图. 已知线圈内产生的感应电流为 $i = I_0 \sin \omega t$ (忽略自感, 且 $t = 0$ 时线圈平面法线沿着 \vec{B}). 若线圈半径为 a , 试求: (1) 在转动过程中, 该线圈所受的磁力矩 $M(t)$. (2) 为维持匀速转动, 外界需供给的平均功率 \bar{P} (不计轴上摩擦).



(74 题图)



(75 题图)

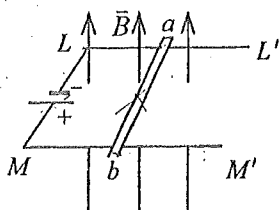
75. 已知载流圆线圈中心处的磁感强度为 B_0 , 此圆线圈的磁矩与一边长为 a 通过电流为 I

的正方形线圈的磁矩之比为 2:1, 求载流线圈的半径.

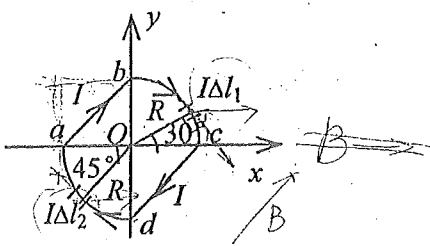
76. 如图所示, 载有电流 I_1 和 I_2 的长直导线 ab 和 cd 相互平行, 相距为 $3r$, 今有载有电流 I_3 的导线 $MN = r$, 水平放置, 且其两端 MN 分别与 I_1 、 I_2 的距离都是 r , ab 、 cd 和 MN 共面, 求导线 MN 所受的磁力大小和方向.

77. 在氢原子中, 电子沿着某一圆轨道绕核运动, 求等效圆电流的磁矩 \vec{p}_m 与电子轨道运动的动量矩 \vec{L} 大小之比, 并指出 \vec{p}_m 和 \vec{L} 方向间的关系. (电子电荷为 e , 电子质量为 m) mvr

78. 在图示回路中, 导线 ab 可以在相距为 0.10 m 的两平行光滑导线 LL' 和 MM' 上水平地滑动. 整个回路放在磁感强度为 0.50 T 的均匀磁场中, 磁场方向竖直向上, 回路中电流为 4.0 A . 如要保持导线作匀速运动, 求须加外力的大小和方向.



(78 题图)



(79、80 题图)

79. 如图所示, 在 xOy 平面(即纸面)内有一载流线圈 $abcd$, 其中 bc 弧和 da 弧皆为以 O 为圆心半径 $R=20\text{ cm}$ 的 $1/4$ 圆弧, ab 和 cd 皆为直线, 电流 $I=20\text{ A}$, 其流向沿 $abcd$ 的绕向. 设该线圈处于磁感强度 $B=8.0 \times 10^{-2}\text{ T}$ 的均匀磁场中, \vec{B} 方向沿 x 轴正方向. 试求:

(1) 图中电流元 $I\Delta l_1$ 和 $I\Delta l_2$ 所受安培力 $\Delta \vec{F}_1$ 和 $\Delta \vec{F}_2$ 的大小和方向, 设 $\Delta l_1 = \Delta l_2 = 0.10\text{ mm}$; (2) 线圈上直线段 ab 和 cd 所受到的安培力 \vec{F}_{ab} 和 \vec{F}_{cd} 的大小和方向; (3) 线圈上圆弧段 bc 弧和 da 弧所受到的安培力 \vec{F}_{bc} 和 \vec{F}_{da} 的大小和方向.

80. 如图所示, 在 xOy 平面(即纸面)内有一载流线圈 $abcd$, 其中 bc 弧和 da 弧皆为以 O 为圆心半径 $R=20\text{ cm}$ 的 $1/4$ 圆弧, ab 和 cd 皆为直线, 电流 $I=20\text{ A}$, 其流向沿 $abcd$ 的绕向. 设该线圈处于磁感强度 $B=8.0 \times 10^{-2}\text{ T}$ 的均匀磁场中, 方向沿 $a \rightarrow b$ 方向相一致的均匀磁场中. 试求: (1) 图中电流元 $I\Delta l_1$ 和 $I\Delta l_2$ 所受安培力 $\Delta \vec{F}_1$ 和 $\Delta \vec{F}_2$ 的大小和方向, 设 $\Delta l_1 = \Delta l_2 = 0.10\text{ mm}$; (2) 线圈上直线段 ab 和 cd 所受到的安培力 \vec{F}_{ab} 和 \vec{F}_{cd} 的大小和方向; (3) 线圈上圆弧段 bc 弧和 da 弧所受到的安培力 \vec{F}_{bc} 和 \vec{F}_{da} 的大小和方向.

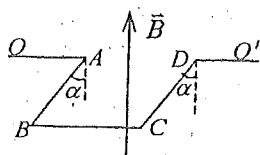
81. 如图所示线框, 铜线横截面积 $S=2.0\text{ mm}^2$, 其中 OA 和 DO' 两段保持水平不动, $ABCD$ 段是边长为 a 的正方形的三边, 它可绕 OO' 轴无摩擦转动. 整个导线放在匀强磁场 \vec{B} 中, \vec{B} 的方向竖直向上. 已知铜的密度 $\rho=8.9 \times 10^3\text{ kg/m}^3$, 当铜线中的电流 $I=10\text{ A}$ 时, 导线处于平衡状态, AB 段和 CD 段与竖直方向的夹角 $\alpha=15^\circ$. 求磁感强度 \vec{B} 的大小.

82. 一半径为 4.0 cm 的圆环放在磁场中, 磁场的方向对环而言是对称发散的, 如图所示. 圆环所在处的磁感强度的大小为 0.10 T , 磁场的方向与环面法向成 60° 角. 求当圆环中通有电流 $I=15.8\text{ A}$ 时, 圆环所受磁力的大小和方向.

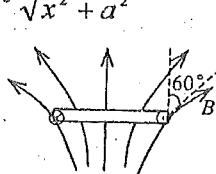
83. 两条细导线, 长度都是 L , 平行齐头放置, 相距为 q , 通有同向等值电流 I . 求它们之

$$D = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi a} (\sin\beta_2 - \sin\beta_1)$$

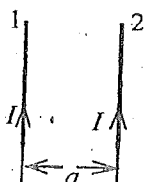
间作用力的大小和方向: [积分公式 $\int \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \sqrt{x^2 + a^2}$]



(81 题图)



(82 题图)

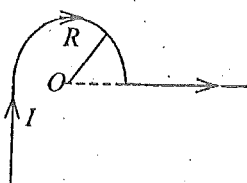


(83 题图)

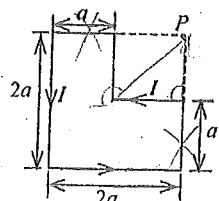
84. 假设把氢原子看成是一个电子绕核作匀速圆周运动的带电系统. 已知平面轨道的半径为 r , 电子的电荷为 e , 质量为 m_e . 将此系统置于磁感强度为 \vec{B}_0 的均匀外磁场中, 设 \vec{B}_0 的方向与轨道平面平行, 求此系统所受的力矩 \vec{M} .

85. 半径为 R 的导体球壳表面流有沿同一绕向均匀分布的面电流, 通过垂直于电流方向的每单位长度的电流为 K . 求球心处的磁感强度大小.

86. 将通有电流 $I = 5.0 \text{ A}$ 的无限长导线折成如图形状, 已知半圆环的半径为 $R = 0.10 \text{ m}$. 求圆心 O 点的磁感强度.



(86 题图)



(87 题图)

87. 计算如图所示的平面载流线圈在 P 点产生的磁感强度, 设线圈中的电流强度为 I .

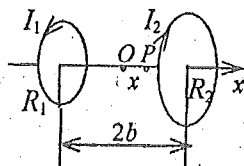
88. 一无限长载有电流 I 的直导线在一处折成直角, P 点位于导线所在平面内, 距一条折线的延长线和另一条导线的距离都为 a , 如图. 求 P 点的磁感强度 \vec{B} .

89. 如图两共轴线圈, 半径分别为 R_1 、 R_2 , 电流为 I_1 、 I_2 . 电流的方向相反, 求轴线上相距中点 O 为 x 处的 P 点的磁感强度.

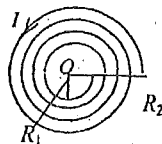
90. 如图所示, 有一密绕平面螺旋线圈, 其上通有电流 I , 总匝数为 N , 它被限制在半径为 R_1 和 R_2 的两个圆周之间. 求此螺旋线圈中心 O 处的磁感强度.



(88 题图)



(89 题图)



(90 题图)

91. 有一螺线管长 $L = 20 \text{ cm}$, 半径为 $r = 2 \text{ cm}$, 导线中通有 $I = 5 \text{ A}$ 的电流, 若在螺线管轴线中点处产生的磁感强度为 $B = 6.16 \times 10^{-3} \text{ T}$ 试求该螺线管每单位长度有多少匝.

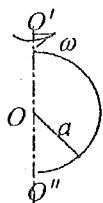
92. 如图, 半径为 a , 带正电荷且线密度是 λ (常量) 的半圆以角速度 ω 绕轴

$$\frac{dI}{2\pi r} \rightarrow \frac{dq}{2\pi r} (\cos\beta_1 - \cos\beta_2) \cdot (v) \cdot dl \rightarrow \frac{1}{2} \omega r dl (\cos\beta_1 - \cos\beta_2)$$

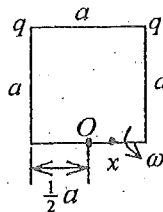
电荷面密度 σ $dq = \sigma ds$ 大学物理习题集 — 稳恒磁场

$O' O''$ 匀速旋转. 求: (1) O 点的 \vec{B} ; (2) 旋转的带电半圆的磁矩 \vec{p}_m . (积分公式

$$\int_0^\pi \sin^2 \theta d\theta = \frac{1}{2} \pi)$$



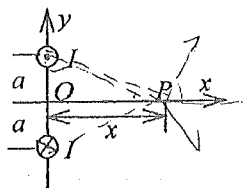
(92 题图)



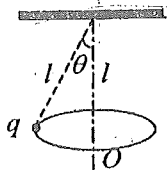
(93 题图)

93. 边长为 a 的正方形的两个角上固定有两个电荷皆为 q (>0) 的点电荷. 现以该正方形不带电荷的一边为轴, 使正方形以角速度 ω 快速旋转. 试求与轴上 O 点 (正方形边的中点) 相距 x 处的磁感强度, 并说明轴线上 O 点附近磁场分布的特点.

94. 图所示为两条穿过 y 轴且垂直于 $x-y$ 平面的平行长直导线的正视图, 两条导线皆通有电流 I , 但方向相反, 它们到 x 轴的距离皆为 a . (1) 推导出 x 轴上 P 点处的磁感强度 $\vec{B}(x)$ 的表达式. (2) 求 P 点在 x 轴上何处时, 该点的 B 取得最大值.



(94 题图)

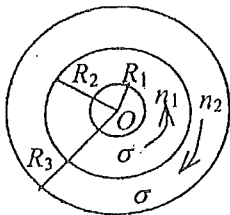


(95 题图)

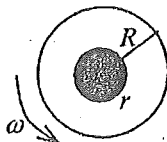
95. 绕铅直轴作匀角速度转动的圆锥摆, 摆长为 l , 摆球所带电荷为 q . 求角速度 ω 为何值时, 该带电摆球在轴上悬点为 O 点产生的磁感强度沿竖直方向的分量值最大.

96. 如图所示, 两个共面的平面带电圆环, 其内外半径分别为 R_1 、 R_2 和 R_2 、 R_3 , 外面的圆环以每秒钟 n_2 转的转速顺时针转动, 里面的圆环以每秒钟 n_1 转的转速反时针转动. 若电荷面密度都是 σ , 求 n_1 和 n_2 的比值多大时, 圆心处的磁感强度为零.

97. 如图, 一半径为 R 的带电塑料圆盘, 其中半径为 r 的阴影部分均匀带正电荷, 面电荷密度为 $+\sigma$, 其余部分均匀带负电荷, 面电荷密度为 $-\sigma$ 当圆盘以角速度 ω 旋转时, 测得圆盘中心 O 点的磁感强度为零, 问 R 与 r 满足什么关系?

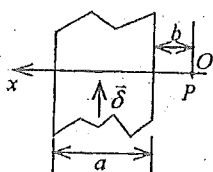


(96 题图)

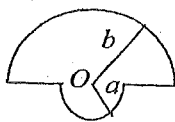


(97 题图)

98. 如图所示, 一无限长载流平板宽度为 a , 线电流密度 (即沿 x 方向单位长度上的电流) 为 δ , 求与平板共面且距平板一边为 b 的任意点 P 的磁感强度.



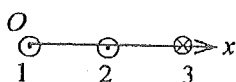
(98 题图)



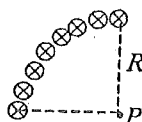
(99 题图)

99. 有一闭合回路由半径为 a 和 b 的两个同心共面半圆连接而成, 如图. 其上均匀分布线密度为 λ 的电荷, 当回路以匀角速度 ω 绕过 O 点垂直于回路平面的轴转动时, 求圆心 O 点处的磁感强度的大小.

100. 三根平行长直导线在同一平面内, 1、2 和 2、3 之间距离都是 $d=3\text{cm}$, 其中电流 $I_1 = I_2$, $I_3 = -(I_1 + I_2)$, 方向如图. 试求在该平面内 $B=0$ 的直线的位置.

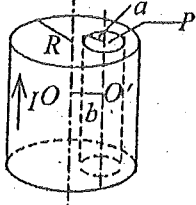


(100 题图)

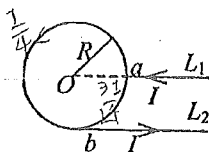


(101 题图)

101. 一半径 $R=1.0\text{cm}$ 的无限长 $1/4$ 圆柱形金属薄片, 沿轴向通有电流 $I=10.0\text{A}$ 的电流, 设电流在金属片上均匀分布, 试求圆柱轴线上任意一点 P 的磁感强度.



(102 题图)

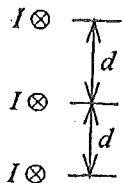


(103 题图)

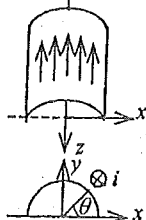
102. 如图, 一无限长圆柱形直导体, 横截面半径为 R , 在导体内有一半半径为 a 的圆柱形孔, 它的轴平行于导体轴并与它相距为 b , 设导体载有均匀分布的电流 I , 求孔内任意一点 P 的磁感强度 B 的表达式.

103. 用两根彼此平行的半无限长直导线 L_1 、 L_2 把半径为 R 的均匀导体圆环联到电源上, 如图所示. 已知直导线中的电流为 I . 求圆环中心 O 点的磁感强度.

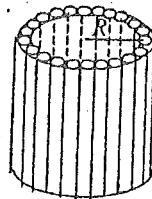
104. 三根平行的无限长直导线, 在同一平面内, 相邻导线间的距离为 d , 如图, 每根载有同向电流 I , 且假设导线的半径远小于 d . 求磁感强度为零的点的空间位置.



(104 题图)



(105 题图)



(106 题图)

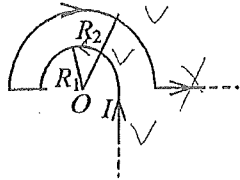
105. 在一无限长的半圆筒形的金属薄片, 沿轴向流有电流, 在垂直电流方向单位长度的

电流为 $i = k \sin \theta$, 其中 k 为常量, θ 如图所示. 求半圆筒轴线上的磁感强度.

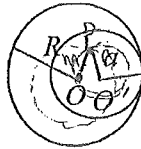
106. 将 N 根很长的相互绝缘的细直导线平行紧密排成一圆筒形, 筒半径为 R 如图, 每根导线都通以方向相同, 大小相等的电流, 总电流为 I . 求每根导线单位长度上所受的力的大小和方向.

107. 载有电流 I 的平面闭合回路由半径为 R_1 及 R_2 ($R_1 > R_2$) 的两个同心半圆弧和两个直导线段组成. 已知两个直导线段在半圆弧中心 O 点产生的磁感强度均为零. 若闭合回路在 O 点产生的总的磁感强度 B 大于半径为 R_2 的半圆弧在 O 点产生的磁感强度 B_2 , (1) 画出载流回路的形状; (2) 求出 O 点的总磁感强度 B .

108. 无限长载流直导线弯成如图形状, 图中各段共面, 其中两段圆弧分别是半径为 R_1 与 R_2 的同心半圆弧. (1) 求半圆弧中心 O 点的磁感强度 \vec{B} ; (2) 在 $R_1 < R_2$ 的情形下, 半径 R_1 和 R_2 满足什么样的关系时, O 点的磁感强度 B 近似等于距 O 点为 R_1 的半无限长直导线单独存在时在 O 点产生的磁感强度.



(108 题图)



(109 题图)

109. 一长直载流导体, 具有半径为 R 的圆形横截面, 在其内部有一与导体相切的半径为 a 的柱形长孔, 其轴与导体轴平行, 两轴相距 $b = R - a$. 导体载有均匀分布的电流 I . (1) 证明. 空孔内的磁场为均匀的, 并求出磁感强度 B 的值. (2) 若要获得与载有电流 I , 单位长度匝数为 n 的长螺线管内部磁场相等的均匀磁场, a 应满足什么条件?

110. 已知半径之比为 $2:1$ 的两载流圆线圈各自在其中心处产生的磁感强度相等, 求当两线圈平行放在均匀外场中时, 两圆线圈所受力矩大小之比. [102]

111. 如图弯成半圆形的细导线紧密排列, 可认为电流连续分布, 在半径方向单位长度内导线的根数为 n , 每根导线内通过的电流为 I , 求 O 点的磁感强度.

112. 已知真空中电流分布如图, 两个半圆共面, 且具有公共圆心, 试求 O 点处的磁感强度.



(111 题图)



(112 题图)



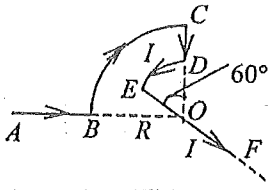
(113 题图)

113. 如图, 电流从内部开始沿第一根导线顺时针通过后, 紧挨着沿第二根逆时针返回, 如此由内到外往返. 最后一根导线中的电流沿 (1) 逆时针方向 (2) 顺时针方向, 设导线中的电流强度为 I , R 远大于导线的直径. 求(1)、(2)两种情况下, O 点处的磁感强度 B 的大小与方向.

114. 在一平面内有三根平行的载流直长导线, 已知导线 1 和导线 2 中的电流 $I_1 = I_2$ 流向相

同，两者相距 d ，并且在导线 1 和导线 2 之间距导线 1 为 $a = d/3$ 处 $B = 0$ ，求第三根导线放置的位置与所通电流 I_3 之间的关系。

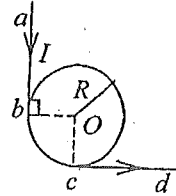
115. 在真空中将一根细长导线弯成如图所示的形状(在同一平面内，由实线表示)， $\overline{AB} = \overline{EF} = R$ ，大圆弧 \widehat{BC} 的半径为 R ，小圆弧 \widehat{DE} 的半径为 $R/2$ ，求圆心 O 处的磁感强度 B 的大小和方向。



(115 题图)



(116 题图)



(117 题图)

√116. 一无限长导线弯成如图形状，弯曲部分是一半径为 R 的半圆，两直线部分平行且与半圆平面垂直，如在导线上通有电流 I ，方向如图。(半圆导线所在平面与两直导线所在平面垂直)求圆心 O 处的磁感强度。

117. 半径为 R 的均匀环形导线在 b 、 c 两点处分别与两根互相垂直的载流导线相连接，已知环与二导线共面，如图所示。若直导线中的电流强度为 I ，求：环心 O 处磁感强度的大小和方向。

118. 在真空中有两根相互平行的无限长直导线 L_1 和 L_2 ，相距 10 cm ，通有方向相反的电流， $I_1 = 20\text{ A}$ ， $I_2 = 10\text{ A}$ ，试求与两根导线在同一平面内且在导线 L_2 两侧并与导线 L_2 的距离均为 5.0 cm 的两点的磁感强度的大小。

√119. 半径为 R 的薄圆盘均匀带电，总电荷为 q 。令此盘绕通过盘心且垂直盘面的轴线匀速转动，角速度为 ω ，求轴线上距盘心 x 处的磁感强度的大小。

[积分公式 $\int \frac{x^3}{(a^2 + x^2)^{3/2}} dx = \frac{x^2 + 2a^2}{(x^2 + a^2)^{1/2}} + C$]

$$dB = \frac{\mu_0 I^2 dI}{2(y^2 + x^2)^{3/2}}$$

$y+dy$ 圆面上电荷为

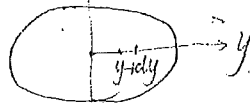
$$dQ = \frac{q}{\pi R^2} \cdot 2\pi y dy = \frac{2q y dy}{R^2}$$

$$dI = \frac{dQ}{2\pi} \omega = \frac{2q y dy}{R^2} \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{q\omega y dy}{\pi R^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0 y^2 \cdot \frac{q\omega y dy}{\pi R^2}}{2(y^2 + x^2)^{3/2} \pi R^2} = \frac{\mu_0 q \omega}{2\pi R^2} \cdot \frac{y^3 dy}{(y^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 q \omega}{2\pi R^2} \int_0^R \frac{y^3}{(y^2 + x^2)^{3/2}} dy = \frac{\mu_0 q \omega}{2\pi R^2} \left. \frac{y^2 + 2x^2}{(y^2 + x^2)^{1/2}} \right|_0^R$$

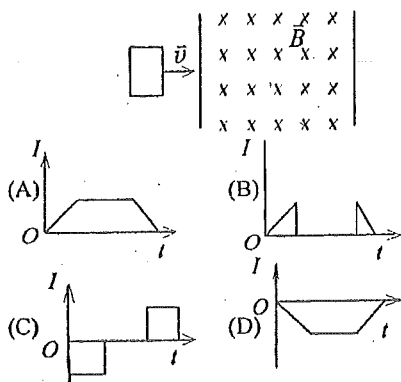
$$= \frac{\mu_0 q \omega}{2\pi R^2} \left(\frac{R^2 + 2x^2}{(R^2 + x^2)^{1/2}} - 2x \right)$$



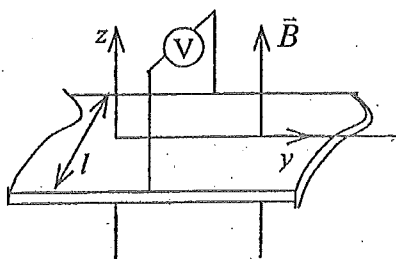
电磁感应

一、选择题

1. 如图所示, 一矩形金属线框, 以速度 \bar{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)



(1 题图)

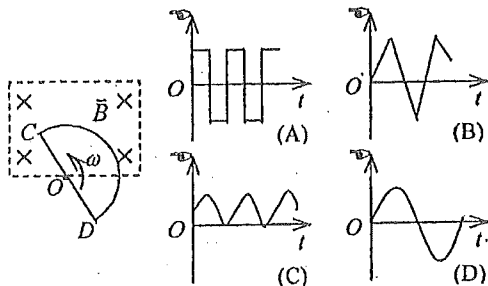


(2 题图)

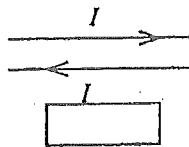
2. 一无限长直导体薄板宽为 l , 板面与 z 轴垂直, 板的长度方向沿 y 轴, 板的两侧与一个伏特计相接, 如图. 整个系统放在磁感强度为 \bar{B} 的均匀磁场中, \bar{B} 的方向沿 z 轴正方向. 如果伏特计与导体平板均以速度 \bar{v} 向 y 轴正方向移动, 则伏特计指示的电压值为

- (A) 0. (B) $\frac{1}{2} \nu Bl$. (C) νBl . (D) $2\nu Bl$.

3. 如图所示, 矩形区域为均匀稳恒磁场, 半圆形闭合导线回路在纸面内绕轴 O 作逆时针方向匀角速转动, O 点是圆心且恰好落在磁场的边缘上, 半圆形闭合导线完全在磁场外时开始计时. 图(A)—(D)的 $\varphi-t$ 函数图象中哪一条属于半圆形导线回路中产生的感应电动势?



(3 题图)

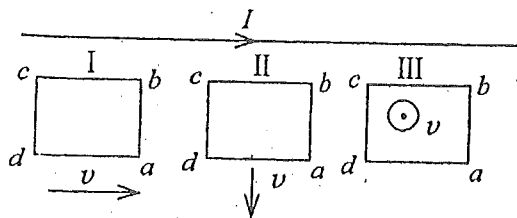


(4 题图)

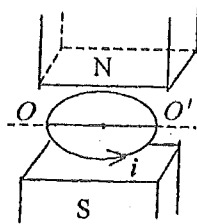
4. 两根无限长平行直导线载有大小相等方向相反的电流 I , 并各以 dI/dt 的变化率增长, 一矩形线圈位于导线平面内(如图), 则:

- (A) 线圈中无感应电流.
 (B) 线圈中感应电流为顺时针方向.
 (C) 线圈中感应电流为逆时针方向.
 (D) 线圈中感应电流方向不确定.

5. 一块铜板垂直于磁场方向放在磁感强度正在增大的磁场中时, 铜板中出现的涡流(感应电流)将
- (A) 加速铜板中磁场的增加. (B) 减缓铜板中磁场的增加.
(C) 对磁场不起作用. (D) 使铜板中磁场反向.
6. 一导体圆线圈在均匀磁场中运动, 能使其产生感应电流的一种情况是
- (A) 线圈绕自身直径轴转动, 轴与磁场方向平行.
(B) 线圈绕自身直径轴转动, 轴与磁场方向垂直.
(C) 线圈平面垂直于磁场并沿垂直磁场方向平移.
(D) 线圈平面平行于磁场并沿垂直磁场方向平移.
7. 半径为 a 的圆线圈置于磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, 线圈平面与磁场方向垂直, 线圈电阻为 R ; 当把线圈转动使其法向与 \vec{B} 的夹角 $\alpha=60^\circ$ 时, 线圈中通过的电荷与线圈面积及转动所用的时间的关系是
- (A) 与线圈面积成正比, 与时间无关.
(B) 与线圈面积成正比, 与时间成正比.
(C) 与线圈面积成反比, 与时间成正比.
(D) 与线圈面积成反比, 与时间无关.
8. 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.
9. 在无限长的载流直导线附近放置一矩形闭合线圈, 开始时线圈与导线在同一平面内, 且线圈中两条边与导线平行, 当线圈以相同的速率作如图所示的三种不同方向的平动时, 线圈中的感应电流
- (A) 以情况 I 中为最大. (B) 以情况 II 中为最大.
(C) 以情况 III 中为最大. (D) 在情况 I 和 II 中相同.



(9 题图)

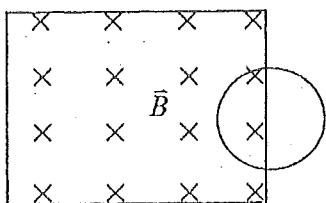


(10 题图)

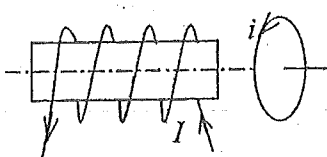
10. 在两个永久磁极中间放置一圆形线圈, 线圈的大小和磁极大小约相等, 线圈平面和磁场方向垂直. 今欲使线圈中产生逆时针方向(俯视)的瞬时感应电流 i (如图), 可选择下列哪一个方法?
- (A) 把线圈在自身平面内绕圆心旋转一个小角度.
(B) 把线圈绕通过其直径的 OO' 轴转一个小角度.
(C) 把线圈向上平移.
(D) 把线圈向右平移.

11. 一个圆形线环，它的一半放在一分布在方形区域的匀强磁场 \vec{B} 中，另一半位于磁场之外，如图所示。磁场 \vec{B} 的方向垂直指向纸内。欲使圆线环中产生逆时针方向的感应电流，应使

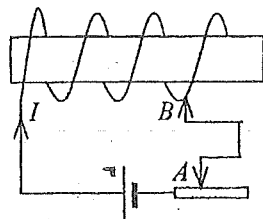
- (A) 线环向右平移. (B) 线环向上平移.
(C) 线环向左平移. (D) 磁场强度减弱.



(11 题图)



(12 题图)



(13 题图)

12. 如图所示，一载流螺线管的旁边有一圆形线圈，欲使线圈产生图示方向的感应电流 i ，下列哪一种情况可以做到？

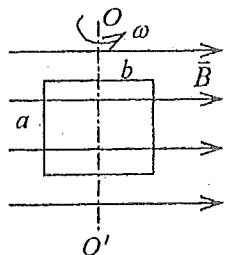
- (A) 载流螺线管向线圈靠近. (B) 载流螺线管离开线圈.
(C) 载流螺线管中电流增大. (D) 载流螺线管中插入铁芯.

13. 如图所示，闭合电路由带铁芯的螺线管，电源，滑线变阻器组成。问在下列哪一种情况下可使线圈中产生的感应电动势与原电流 I 的方向相反。

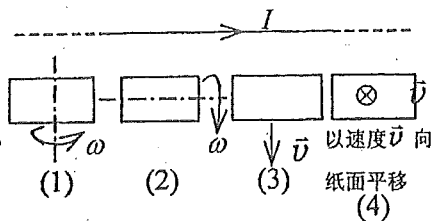
- (A) 滑线变阻器的触点 A 向左滑动.
(B) 滑线变阻器的触点 A 向右滑动.
(C) 螺线管上接点 B 向左移动(忽略长螺线管的电阻).
(D) 把铁芯从螺线管中抽出.

14. 一矩形线框长为 a 宽为 b ，置于均匀磁场中，线框绕 OO' 轴，以匀角速度 ω 旋转(如图所示)。设 $t=0$ 时，线框平面处于纸面内，则任一时刻感应电动势的大小为

- (A) $2abB|\cos\omega t|$. (B) ωabB (C) $\frac{1}{2}\omega abB|\cos\omega t|$.
(D) $\omega abB|\cos\omega t|$. (E) $\omega abB|\sin\omega t|$.



(14 题图)



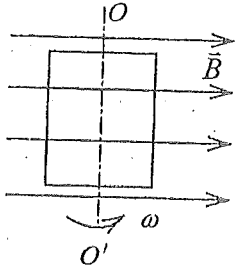
(15 题图)

15. 如图所示，一矩形线圈，放在一无限长载流直导线附近，开始时线圈与导线在同一平面内，矩形的长边与导线平行。若矩形线圈以图(1)，(2)，(3)，(4)所示的四种方式运动，则在开始瞬间，以哪种方式运动的矩形线圈中的感应电流最大？

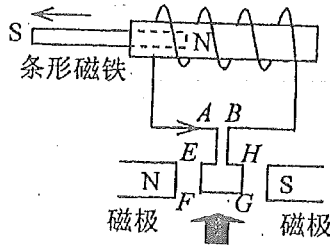
- (A) 以图(1)所示方式运动. (B) 以图(2)所示方式运动.
(C) 以图(3)所示方式运动. (D) 以图(4)所示方式运动.

16. 一闭合正方形线圈放在均匀磁场中, 绕通过其中心且与一边平行的转轴 OO' 转动, 转轴与磁场方向垂直, 转动角速度为 ω , 如图所示. 用下述哪一种办法可以使线圈中感应电流的幅值增加到原来的两倍(导线的电阻不能忽略)?

- (A) 把线圈的匝数增加到原来的两倍.
- (B) 把线圈的面积增加到原来的两倍, 而形状不变.
- (C) 把线圈切割磁力线的两条边增长到原来的两倍.
- (D) 把线圈的角速度 ω 增大到原来的两倍.



(16 题图)



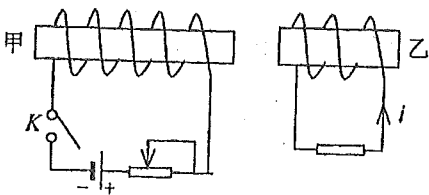
(17 题图)

17. 在如图所示的装置中, 把静止的条形磁铁从螺线管中按图示情况抽出时

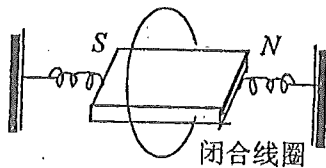
- (A) 螺线管线圈中感生电流方向如 A 点处箭头所示.
- (B) 螺线管右端感应呈 S 极.
- (C) 线框 $EFGH$ 从图下方粗箭头方向看去将逆时针旋转.
- (D) 线框 $EFGH$ 从图下方粗箭头方向看去将顺时针旋转.

18. 有甲乙两个带铁芯的线圈如图所示. 欲使乙线圈中产生图示方向的感生电流 i , 可以采用下列哪一种办法?

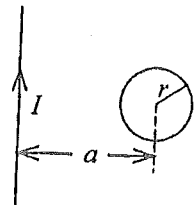
- (A) 接通甲线圈电源.
- (B) 接通甲线圈电源后, 减少变阻器的阻值.
- (C) 接通甲线圈电源后, 甲乙相互靠近.
- (D) 接通甲线圈电源后, 抽出甲中铁芯.



(18 题图)



(19 题图)



(20 题图)

19. 在如图所示的装置中, 当不太长的条形磁铁在闭合线圈内作振动时(忽略空气阻力),

- (A) 振幅会逐渐加大. (B) 振幅会逐渐减小.
- (C) 振幅不变. (D) 振幅先减小后增大.

20. 在一通有电流 I 的无限长直导线所在平面内, 有一半径为 r 、电阻为 R 的导线小环, 环中心距直导线为 a , 如图所示, 且 $a \gg r$. 当直导线的电流被切断后, 沿着导线环流过的电荷约为

- (A) $\frac{\mu_0 I r^2}{2\pi R} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+r} \right)$
- (B) $\frac{\mu_0 I r}{2\pi R} \ln \frac{a+r}{a}$

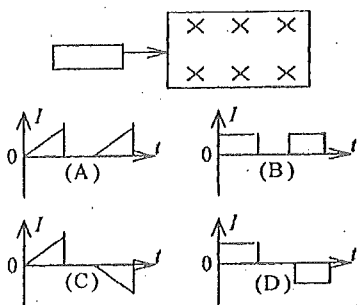
(C) $\frac{\mu_0 I r^2}{2aR}$

(D) $\frac{\mu_0 I a^2}{2rR}$

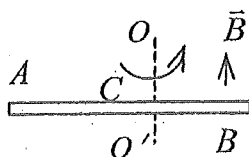
21. 尺寸相同的铁环与铜环所包围的面积中, 通以相同变化率的磁通量, 当不计环的自感时, 环中

- (A) 感应电动势不同. (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.

22. 如图所示, 一矩形线圈, 以匀速自无场区平移进入均匀磁场区, 又平移穿出. 在(A)、(B)、(C)、(D)各 $I-t$ 曲线中哪一种符合线圈中的电流随时间的变化关系(取逆时针指向为电流正方向, 且不计线圈的自感)?



(22 题图)



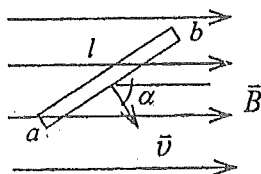
(23 题图)

23. 如图所示, 导体棒 AB 在均匀磁场 B 中绕通过 C 点的垂直于棒长且沿磁场方向的轴 OO' 转动 (角速度 ω 与 \vec{B} 同方向), BC 的长度为棒长的 $\frac{1}{3}$, 则

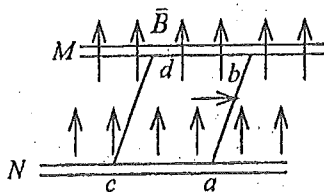
- (A) A 点比 B 点电势高. (B) A 点与 B 点电势相等.
 (C) A 点比 B 点电势低. (D) 有稳恒电流从 A 点流向 B 点.

24. 如图, 长度为 l 的直导线 ab 在均匀磁场 \vec{B} 中以速度 \vec{v} 移动, 直导线 ab 中的电动势为

(A) Blv . (B) $Blv\sin\alpha$.
 (C) $Blv\cos\alpha$. (D) 0.



(24 题图)



(25 题图)

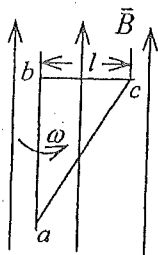
25. 如图所示, M 、 N 为水平面内两根平行金属导轨, ab 与 cd 为垂直于导轨并可在其上自由滑动的两根直裸导线. 外磁场垂直水平面向上. 当外力使 ab 向右平移时, cd

- (A) 不动. (B) 转动.
 (C) 向左移动. (D) 向右移动.

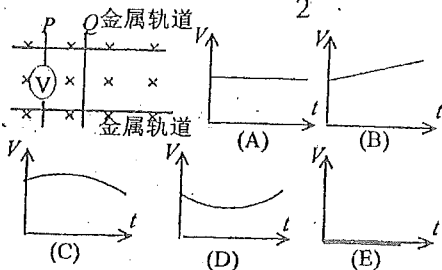
26. 如图所示, 直角三角形金属框架 abc 放在均匀磁场中, 磁场 \vec{B} 平行于 ab 边, bc 的长

度为 l 。当金属框架绕 ab 边以匀角速度 ω 转动时, abc 回路中的感应电动势 \mathcal{E} 和 a 、 c 两点间的电势差 $U_a - U_c$ 为

- (A) $\mathcal{E}=0, U_a - U_c = \frac{1}{2} B\omega l^2$ (B) $\mathcal{E}=0, U_a - U_c = -\frac{1}{2} B\omega l^2$
 (C) $\mathcal{E}=B\omega l^2, U_a - U_c = \frac{1}{2} B\omega l^2$ (D) $\mathcal{E}=B\omega l^2, U_a - U_c = -\frac{1}{2} B\omega l^2$



(26 题图)

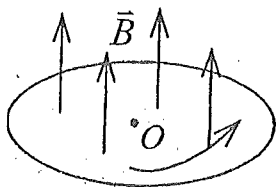


(27 题图)

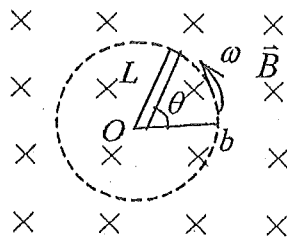
27. 两条金属轨道放在均匀磁场中, 磁场方向垂直纸面向里, 如图所示. 在这两条轨道上垂直于轨道架设两条长而刚性的裸导线 P 与 Q . 金属线 P 中接入一个高阻伏特计. 令导线 Q 保持不动, 而导线 P 以恒定速度平行于导轨向左移动. (A) — (E) 各图中哪一个正确表示伏特计电压 V 与时间 t 的关系?

28. 圆铜盘水平放置在均匀磁场中, \vec{B} 的方向垂直盘面向上. 当铜盘绕通过中心垂直于盘面的轴沿图示方向转动时,

- (A) 铜盘上有感应电流产生, 沿着铜盘转动的相反方向流动.
 (B) 铜盘上有感应电流产生, 沿着铜盘转动的方向流动.
 (C) 铜盘上产生涡流.
 (D) 铜盘上有感应电动势产生, 铜盘边缘处电势最高.
 (E) 铜盘上有感应电动势产生, 铜盘中心处电势最高.



(28 题图)



(29 题图)

29. 一根长度为 L 的铜棒, 在均匀磁场 \vec{B} 中以匀角速度 ω 绕通过其一端 O 的定轴旋转着, \vec{B} 的方向垂直铜棒转动的平面, 如图所示. 设 $t=0$ 时, 铜棒与 Ob 成 θ 角 (b 为铜棒转动的平面上一个固定点), 则在任一时刻 t 这根铜棒两端之间的感应电动势是:

- (A) $\omega L^2 B \cos(\omega t + \theta)$. (B) $\frac{1}{2} \omega L^2 B \cos \omega t$.
 (C) $2\omega L^2 B \cos(\omega t + \theta)$. (D) $\omega L^2 B$.

(E) $\frac{1}{2}\omega L^2 B.$

30. 自感为 0.25 H 的线圈中, 当电流在 (1/16) s 内由 2 A 均匀减小到零时, 线圈中自感电动势的大小为:

- (A) 7.8×10^{-3} V. (B) 3.1×10^{-2} V.
 (C) 8.0 V. (D) 12.0 V.

31. 两个相距不太远的平面圆线圈, 怎样可使其互感系数近似为零? 设其中一线圈的轴线恰通过另一线圈的圆心.

- (A) 两线圈的轴线互相平行放置. (B) 两线圈并联.
 (C) 两线圈的轴线互相垂直放置. (D) 两线圈串联.

32. 两个通有电流的平面圆线圈相距不远, 如果要使其互感系数近似为零, 则应调整线圈的取向使

- (A) 两线圈平面都平行于两圆心连线.
 (B) 两线圈平面都垂直于两圆心连线.
 (C) 一个线圈平面平行于两圆心连线, 另一个线圈平面垂直于两圆心连线.
 (D) 两线圈中电流方向相反.

33. 对于单匝线圈取自感系数的定义式为 $L = \Phi / I$. 当线圈的几何形状、大小及周围磁介质分布不变, 且无铁磁性物质时, 若线圈中的电流强度变小, 则线圈的自感系数 L

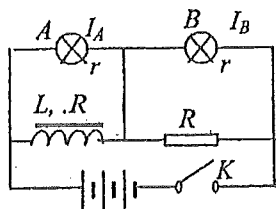
- (A) 变大, 与电流成反比关系.
 (B) 变小.
 (C) 不变.
 (D) 变大, 但与电流不成反比关系.

34. 已知一螺绕环的自感系数为 L . 若将该螺绕环锯成两个半环式的螺线管, 则两个半环螺线管的自感系数

- (A) 都等于 $\frac{1}{2}L$. (B) 有一个大于 $\frac{1}{2}L$, 另一个小于 $\frac{1}{2}L$.
 (C) 都大于 $\frac{1}{2}L$. (D) 都小于 $\frac{1}{2}L$.

35. 如图所示的电路中, A 、 B 是两个完全相同的小灯泡, 其内阻 $r \gg R$, L 是一个自感系数相当大的线圈, 其电阻与 R 相等. 当开关 K 接通和断开时, 关于灯泡 A 和 B 的情况下面哪一种说法正确?

- (A) K 接通时, $I_A > I_B$. (B) K 接通时, $I_A = I_B$.
 (C) K 断开时, 两灯同时熄灭.
 (D) K 断开时, $I_A = I_B$.



36. 有两个线圈, 线圈 1 对线圈 2 的互感系数为 M_{21} , 而线圈 2 对线圈 1 的互感系数为 M_{12} . 若它们分别流过 i_1 和 i_2 的变化电流且 $\left| \frac{di_1}{dt} \right| > \left| \frac{di_2}{dt} \right|$, 并设由 i_2 变化在线圈 1 中产生的互感电动势为 \mathcal{E}_{12} , 由 i_1 变化在线圈 2 中产生的互感电动势为 \mathcal{E}_{21} , 判断下述哪个论断正确.

- (A) $M_{12} = M_{21}$, $\mathcal{E}_{21} = \mathcal{E}_{12}$. (B) $M_{12} \neq M_{21}$, $\mathcal{E}_{21} \neq \mathcal{E}_{12}$.

(C) $M_{12} = M_{21}$, $L_{21} > L_{12}$. (D) $M_{12} = M_{21}$, $L_{21} < L_{12}$.

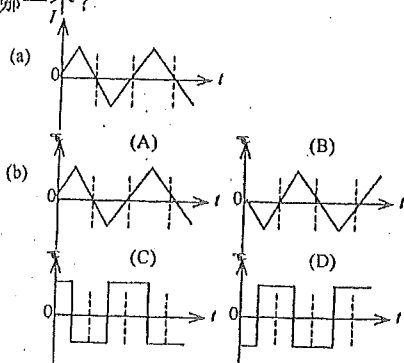
37. 在真空中一个通有电流的线圈 a 所产生的磁场内有另一个线圈 b , a 和 b 相对位置固定, 若线圈 b 中电流为零(断路), 则线圈 b 与 a 间的互感系数:

- (A) 一定为零. (B) 一定不为零.
(C) 可为零也可不为零, 与线圈 b 中电流无关. (D) 是不可能确定的.

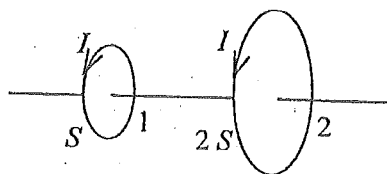
38. 一个电阻为 R , 自感系数为 L 的线圈, 将它接在一个电动势为 $\mathcal{E}(t)$ 的交变电源上, 线圈的自感电动势为 $E_L = -L \frac{dI}{dt}$, 则流过线圈的电流为:

- (A) $\mathcal{E}(t)/R$ (B) $[\mathcal{E}(t) - E_L]/R$ (C) $[\mathcal{E}(t) + E_L]/R$ (D) E_L/R

39. 在一自感线圈中通过的电流 I 随时间 t 的变化规律如图(a)所示, 若以 I 的正流向作为 \mathcal{E} 的正方向, 则代表线圈内自感电动势 \mathcal{E} 随时间 t 变化规律的曲线应为图(b)中(A)、(B)、(C)、(D)中的哪一个?



(39 题图)



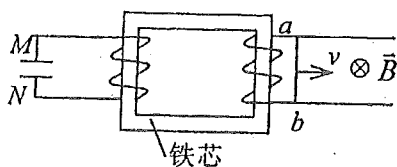
(40 题图)

40. 面积为 S 和 $2S$ 的两圆线圈 1、2 如图放置, 通有相同的电流 I . 线圈 1 的电流所产生的通过线圈 2 的磁通量 Φ_{21} 表示, 线圈 2 的电流所产生的通过线圈 1 的磁通量 Φ_{12} 表示, 则 Φ_{21} 和 Φ_{12} 的大小关系为:

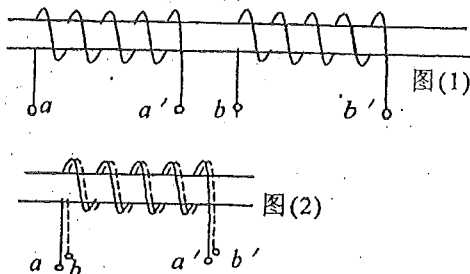
- (A) $\Phi_{21} = 2\Phi_{12}$. (B) $\Phi_{21} > \Phi_{12}$. (C) $\Phi_{21} = \Phi_{12}$. (D) $\Phi_{21} = \frac{1}{2}\Phi_{12}$.

41. 如图, 一导体棒 ab 在均匀磁场中沿金属导轨向右作匀速运动, 磁场方向垂直导轨所在平面. 若导轨电阻忽略不计, 并设铁芯磁导率为常数, 则达到稳定后在电容器的 M 极板上

- (A) 带有一定量的正电荷. (B) 带有一定量的负电荷.
(C) 带有越来越多的正电荷. (D) 带有越来越多的负电荷.



(41 题图)



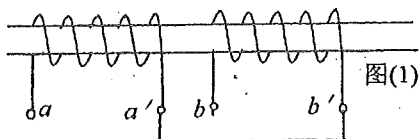
(42 题图)

42. 在一个塑料圆筒上紧密地绕有两个完全相同的线圈 aa' 和 bb' , 当线圈 aa' 和 bb' 如图(1)绕制时其互感系数为 M_1 , 如图(2)绕制时其互感系数为 M_2 , M_1 与 M_2 的关系是

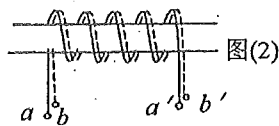
- (A) $M_1 = M_2 \neq 0$. (B) $M_1 = M_2 = 0$.
 (C) $M_1 \neq M_2, M_2 = 0$. (D) $M_1 \neq M_2, M_2 \neq 0$.

43. 在一中空圆柱面上绕有两个完全相同的线圈 aa' 和 bb' , 当线圈 aa' 和 bb' 如图(1)绕制及联结时, ab 间自感系数为 L_1 ; 如图(2)彼此重叠绕制及联结时, ab 间自感系数为 L_2 . 则

- (A) $L_1 = L_2 = 0$. (B) $L_1 = L_2 \neq 0$.
 (C) $L_1 = 0, L_2 \neq 0$. (D) $L_1 \neq 0, L_2 = 0$.

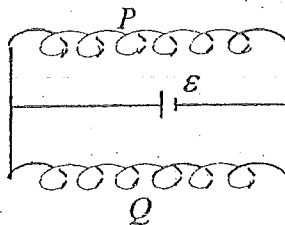


图(1)



图(2)

(43 题图)



(44 题图)

44. 如图所示, 两个线圈 P 和 Q 并联地接到一电动势恒定的电源上. 线圈 P 的自感和电阻分别是线圈 Q 的两倍, 线圈 P 和 Q 之间的互感可忽略不计. 当达到稳定状态后, 线圈 P 的磁场能量与 Q 的磁场能量的比值是

- (A) 4. (B) 2. (C) 1. (D) $\frac{1}{2}$.

45. 用线圈的自感系数 L 来表示载流线圈磁场能量的公式 $W_m = \frac{1}{2} LI^2$

- (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.

46. 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 μ_1 和 μ_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) $L_1 : L_2 = 2 : 1, W_{m1} : W_{m2} = 2 : 1$.

47. 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 μ_1 和 μ_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) $L_1 : L_2 = 2 : 1, W_{m1} : W_{m2} = 2 : 1$.

48. 两根很长的平行直导线, 其间距离 d 、与电源组成回路如图. 已知导线上的电流为 I , 两根导线的横截面的半径均为 r_0 . 设用 L 表示两导线回路单位长度的自感系数, 则沿导线单位长度的空间内的总磁能 W_m 为

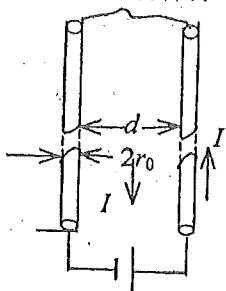
- (A) $\frac{1}{2} LI^2$.
 (B) $\frac{1}{2} LI^2 + I^2 \int_{r_0}^{\infty} \left[\frac{\mu_0 I}{2\pi r} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(d+r)} \right]^2 2\pi r dr$
 (C) ∞ .
 (D) $\frac{1}{2} LI^2 + \frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \ln \frac{d}{r_0}$

49. 真空中一根无限长直细导线上通电流 I , 则距导线垂直距离为 a 的空间某点处的磁能密度为

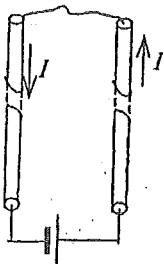
- (A) $\frac{1}{2} \mu_0 \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)^2$ (B) $\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)^2$
 (C) $\frac{1}{2} \left(\frac{2\pi a}{\mu_0 I} \right)^2$ (D) $\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{2a} \right)^2$

50. 两根很长的平行直导线, 其间距离为 a , 与电源组成闭合回路, 如图. 已知导线上的电流为 I , 在保持 I 不变的情况下, 若将导线间的距离增大, 则空间的

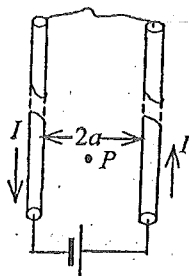
- (A) 总磁能将增大. (B) 总磁能将减少.
 (C) 总磁能将保持不变. (D) 总磁能的变化不能确定.



(48 题图)



(50 题图)



(51 题图)

51. 真空中两根很长的相距为 $2a$ 的平行直导线与电源组成闭合回路如图. 已知导线中的电流为 I , 则在两导线正中间某点 P 处的磁能密度为

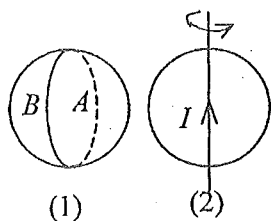
- (A) $\frac{1}{\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)^2$ (B) $\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)^2$
 (C) $\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{\pi a} \right)^2$ (D) 0.

二、填空题

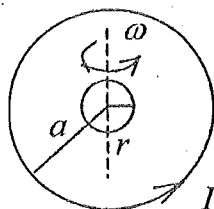
1. 判断在下列情况下, 线圈中是否有感应电流, 若有, 在图中标明感应电流的方向.

(1) 两圆环形导体互相垂直地放置. 两环的中心重合, 且彼此绝缘, 当 B 环中的电流发生变化时, 在 A 环中

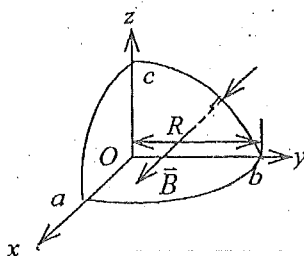
(2) 无限长载流直导线处在导体圆环所在平面并通过环的中心, 载流直导线与圆环互相绝缘, 当圆环以直导线为轴匀速转动时, 圆环中_____。



(1 题图)



(3 题图)



(4 题图)

2. 用导线制成一半径为 $r=10\text{ cm}$ 的闭合圆形线圈, 其电阻 $R=10\ \Omega$, 均匀磁场垂直于线圈平面. 欲使电路中有一稳定的感应电流 $i=0.01\text{ A}$, B 的变化率应为 $\frac{dB}{dt} =$ _____。

3. 如图所示, 一半径为 r 的很小的金属圆环, 在初始时刻与一半径为 $a(a \gg r)$ 的大金属圆环共面且同心. 在大圆环中通以恒定的电流 I , 方向如图. 如果小圆环以匀角速度 ω 绕其任一方向的直径转动, 并设小圆环的电阻为 R , 则任一时刻 t 通过小圆环的磁通量 $\Phi =$ _____, 小圆环中的感应电流 $i =$ _____。

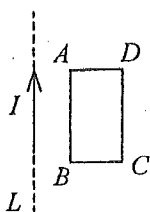
4. 一段导线被弯成圆心在 O 点、半径为 R 的三段圆弧 ab 、 bc 、 ca , 它们构成了一个闭合回路, ab 位于 xOy 平面内, bc 和 ca 分别位于另两个坐标面中(如图). 均匀磁场 \vec{B} 沿 x 轴正方向穿过圆弧 bc 与坐标轴所围成的平面. 设磁感强度随时间的变化率为 $K(K > 0)$, 则闭合回路 $abca$ 中感应电动势的数值为_____; 圆弧 bc 中感应电流的方向是_____。

5. 一半径 $r=10\text{ cm}$ 的圆形闭合导线回路置于均匀磁场 \vec{B} ($B=0.80\text{ T}$) 中, \vec{B} 与回路平面正交. 若圆形回路的半径从 $t=0$ 开始以恒定的速率 $dr/dt=-80\text{ cm/s}$ 收缩, 则在这 $t=0$ 时刻, 闭合回路中的感应电动势大小为_____; 如要求感应电动势保持这一数值, 则闭合回路面积应以 $dS/dt =$ _____ 的恒定速率收缩。

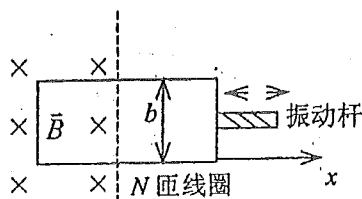
6. 如图所示, 在一长直导线 L 中通有电流 I , $ABCD$ 为一矩形线圈, 它与 L 皆在纸面内, 且 AB 边与 L 平行。

(1) 矩形线圈在纸面内向右移动时, 线圈中感应电动势方向为_____。

(2) 矩形线圈绕 AD 边旋转, 当 BC 边已离开纸面正向外运动时, 线圈中感应电动势的方向为_____。



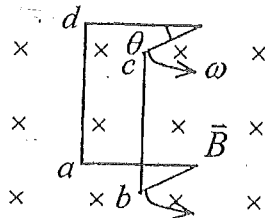
(6 题图)



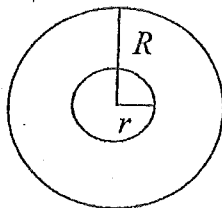
(7 题图)

7. 磁换能器常用来检测微小的振动. 如图, 在振动杆的一端固接一个 N 匝的矩形线圈, 线圈的一部分在匀强磁场 \vec{B} 中, 设杆的微小振动规律为 $x=A\cos\omega t$, 线圈随杆振动时, 线圈中的感应电动势为_____。

8. 如图所示, 一导线构成一正方形线圈然后对折, 并使其平面垂直置于均匀磁场 \vec{B} . 当线圈的一半不动, 另一半以角速度 ω 张开时(线圈边长为 $2l$), 线圈中感应电动势的大小 $\mathcal{E} =$ _____ . (设此时的张角为 θ , 见图)



(8 题图)

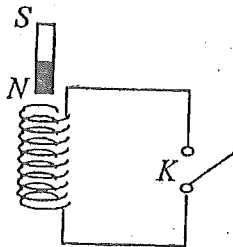


(9 题图)

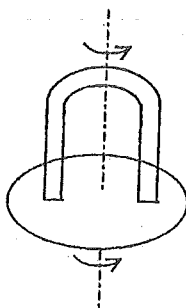
9. 半径为 r 的小绝缘圆环, 置于半径为 R 的大导线圆环中心, 二者在同一平面内, 且 $r \ll R$. 在大导线环中通有正弦电流 (取逆时针方向为正) $I = I_0 \sin \omega t$, 其中 ω 、 I_0 为常数, t 为时间, 则任一时刻小线环中感应电动势 (取逆时针方向为正) 为

10. 一面积为 S 的平面导线闭合回路, 置于载流长螺线管中, 回路的法向与螺线管轴线平行. 设长螺线管单位长度上的匝数为 n , 通过的电流为 $I = I_m \sin \omega t$ (电流的正向与回路的正法向成右手关系), 其中 I_m 和 ω 为常数, t 为时间, 则该导线回路中的感生电动势为

11. 如图所示, 一磁铁竖直地自由落入一螺线管中, 如果开关 K 是断开的, 磁铁在通过螺线管的整个过程中, 下落的平均加速度 _____ 重力加速度; 如果开关 K 是闭合的, 磁铁在通过螺线管的整个过程中, 下落的平均加速度 _____ 重力加速度. (空气阻力不计. 填入大于, 小于或等于)



(11 题图)



(12 题图)

12. 在一马蹄形磁铁下面放一铜盘, 铜盘可自由绕轴转动, 如图所示. 当上面的磁铁迅速旋转时, 下面的铜盘也跟着以相同转向转动起来. 这是因为 _____.

13. 将条形磁铁插入与冲击电流计串联的金属环中时, 有 $q = 2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的电荷通过电流计. 若连接电流计的电路总电阻 $R = 25 \Omega$, 则穿过环的磁通的变化 $\Delta \Phi =$ _____.

14. 半径为 a 的无限长密绕螺线管, 单位长度上的匝数为 n , 通以交变电流 $i = I_m \sin \omega t$, 则围在管外的同轴圆形回路(半径为 r)上的感生电动势为 _____.

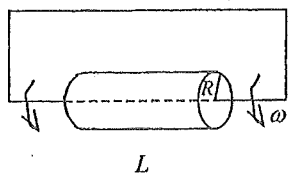
15. 桌子上水平放置一个半径 $r = 10 \text{ cm}$ 的金属圆环, 其电阻 $R = 1 \Omega$. 若地球磁场磁感强度的竖直分量为 $5 \times 10^{-5} \text{ T}$. 那么将环面翻转一次, 沿环流过任一横截面的电荷 $q =$ _____.

16. 在竖直放置的一根无限长载流直导线右侧有一与其共面的任意形状的平面线圈. 直导

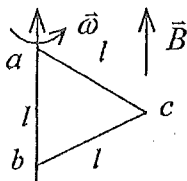
线中的电流由下向上，当线圈平行于导线向下运动时，线圈中的感应电动势_____；当线圈以垂直于导线的速度靠近导线时，线圈中的感应电动势_____。(填>0, <0 或=0) (设顺时针方向的感应电动势为正)。

17. 已知在一个面积为 S 的平面闭合线圈的范围内，有一随时间变化的均匀磁场 $\vec{B}(t)$ ，则此闭合线圈内的感应电动势 $\mathcal{E} =$ _____。

18. 如图所示，电荷 Q 均匀分布在一半径为 R ，长为 L ($L \gg R$) 的绝缘长圆筒上。一静止的单匝矩形线圈的一个边与圆筒的轴线重合。若筒以角速度 $\omega = \omega_0(1 - \alpha t)$ 减速旋转，则线圈中的感应电流为_____。



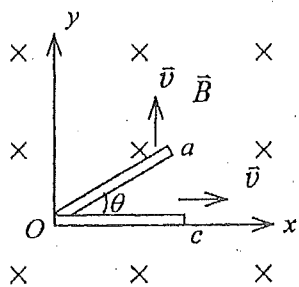
(17 题图)



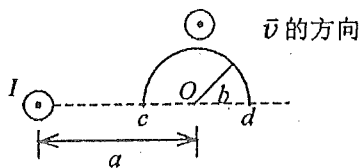
(18 题图)

19. 如图所示，等边三角形的金属框，边长为 l ，放在均匀磁场中， ab 边平行于磁感强度 \vec{B} ，当金属框绕 ab 边以角速度 ω 转动时， bc 边上沿 bc 的电动势为_____， ca 边上沿 ca 的电动势为_____，金属框内的总电动势为_____。(规定电动势沿 $abca$ 绕向为正值)

20. 如图所示， aOc 为一折成 \angle 形的金属导线 ($aO = Oc = L$)，位于 xy 平面中；磁感强度为 \vec{B} 的匀强磁场垂直于 xy 平面。当 aOc 以速度 \vec{v} 沿 x 轴正向运动时，导线上 a 、 c 两点间电势差 $U_{ac} =$ _____；当 aOc 以速度 \vec{v} 沿 y 轴正向运动时， a 、 c 两点的电势相比较，是_____点电势高。



(20 题图)



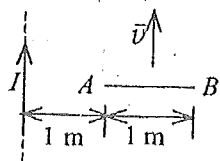
(21 题图)

21. 载有恒定电流 I 的长直导线旁有一半圆环导线 cd ，半圆环半径为 b ，环面与直导线垂直，且半圆环两端点连线的延长线与直导线相交，如图。当半圆环以速度 \vec{v} 沿平行于直导线的方向平移时，半圆环上的感应电动势的大小是_____。

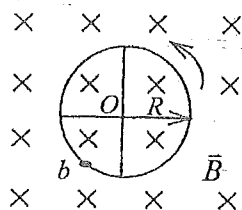
22. 金属杆 AB 以匀速 $v = 2 \text{ m/s}$ 平行于长直载流导线运动，导线与 AB 共面且相互垂直，如图所示。已知导线载有电流 $I = 40 \text{ A}$ ，则此金属杆中的感应电动势 $\mathcal{E} =$ _____，电势较高端为_____。($\ln 2 = 0.69$)

23. 四根辐条的金属轮子在均匀磁场 \vec{B} 中转动，转轴与 \vec{B} 平行，轮子和辐条都是导体，辐条长为 R ，轮子转速为 n ，则轮子中心 O 与轮边缘 b 之间的感应电动势为_____。

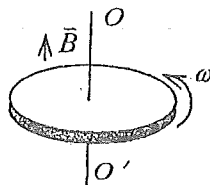
电势最高点是在_____处。



(22 题图)



(23 题图)

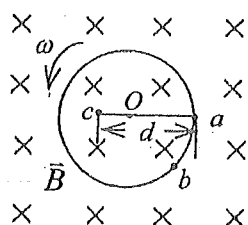


(24 题图)

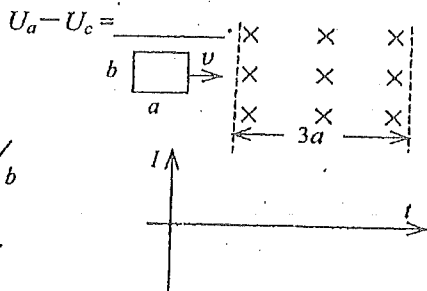
24. 金属圆板在均匀磁场中以角速度 ω 绕中心轴旋转, 均匀磁场的方向平行于转轴, 如图所示. 这时板中由中心至同一边缘点的不同曲线上总感应电动势的大小_____, 方向_____.

25. 半径为 r 的均匀导体圆盘绕通过中心 O 的垂直轴转动, 角速度为 ω , 盘面与均匀磁场 \vec{B} 垂直, 如图. (1) 图上 Oa 线段中动生电动势的方向为_____. (2) 填写下列电势差的值(设 ca 段长度为 d):

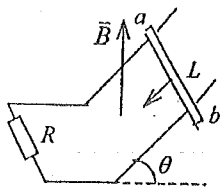
$U_a - U_o =$ _____. $U_a - U_b =$ _____.



(25 题图)



(27 题图)



(26 题图)

26. 在竖直向上的均匀稳恒磁场中, 有两条与水平面成 θ 角的平行导轨, 相距 L , 导轨下端与电阻 R 相连, 一段质量为 m 的裸导线 ab 在导轨上保持匀速下滑. 在忽略导轨与导线的电阻和其间摩擦的情况下, 感应电动势 $\mathcal{E} =$ _____; 导线 ab 上_____端电势高; 感应电流的大小 $i =$ _____, 方向_____.

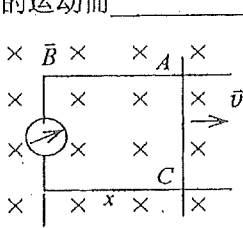
27. 由导线弯成的宽为 a 高为 b 的矩形线圈, 以不变速率 v 平行于其宽度方向从无磁场空间垂直于边界进入一宽为 $3a$ 的均匀磁场中, 线圈平面与磁场方向垂直(如图), 然后又从磁场中出来, 继续在无磁场的空间运动. 设线圈右边刚进入磁场时为 $t=0$ 时刻, 试在附图中画出感应电流 I 与时间 t 的函数关系曲线. 线圈的电阻为 R , 取线圈刚进入磁场时感应电流的方向为正向. (忽略线圈自感)

28. 在磁感强度为 \vec{B} 的磁场中, 以速率 v 垂直切割磁力线运动的一长度为 L 的金属杆, 相当于_____, 它的电动势 $\mathcal{E} =$ _____, 产生此电动势的非静电力是_____.

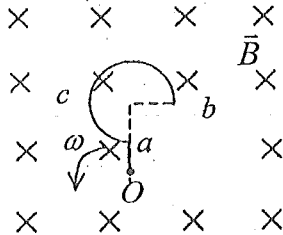
29. 长为 l 的金属直导线在垂直于均匀磁场的平面内以角速度 ω 转动. 如果转轴在导线上的位置是在_____, 整个导线上的电动势为最大, 其值为_____; 如果转轴位置是在_____, 整个导线上的电动势为最小, 其值为_____.

30. 一段直导线在垂直于均匀磁场的平面内运动. 已知导线绕其一端以角速度 ω 转动时的电动势与导线以垂直于导线方向的速度 \vec{v} 作平动时的电动势相同, 那么, 导线的长度为

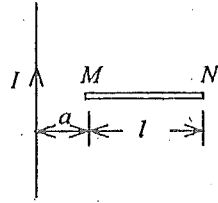
31. 在图示的电路中, 导线 AC 在固定导轨上向右匀速平移, 速度 $v=2\text{m/s}$. 设 $AC=5\text{cm}$, 均匀磁场随时间的变化率 $\text{d}B/\text{d}t=-0.1\text{T/s}$, 某一时刻 $B=0.5\text{T}$, $x=10\text{cm}$, 则这时动生电动势的大小为 _____, 总感应电动势的大小为 _____. 以后动生电动势的大小随着 AC 的运动而 _____.



(31 题图)



(32 题图)



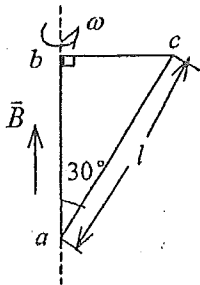
(33 题图)

32. 一导线被弯成如图所示形状, acb 为半径为 R 的四分之三圆弧, 直线段 Oa 长为 R . 若此导线放在匀强磁场 \vec{B} 中, \vec{B} 的方向垂直图面向内. 导线以角速度 ω 在图面内绕 O 点匀速转动, 则此导线中的动生电动势 $\mathcal{E}_i =$ _____, 电势最高的点是 _____.

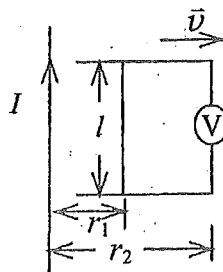
33. 如图所示, 一段长度为 l 的直导线 MN , 水平放置在载电流为 I 的竖直长导线旁与竖直导线共面, 并从静止由图示位置自由下落, 则 t 秒末导线两端的电势差 $U_M - U_N =$ _____.

34. 一根直导线在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中以速度 \vec{v} 运动切割磁力线. 导线中对应于非静电力的场强(称作非静电场场强) $\vec{E}_K =$ _____.

35. 如图所示, 一直角三角形 abc 回路放在一磁感强度为 B 的均匀磁场中, 磁场的方向与直角边 ab 平行, 回路绕 ab 边以匀角速度 ω 旋转, 则 ac 边中的动生电动势为 _____, 整个回路产生的动生电动势为 _____.



(35 题图)



(36 题图)

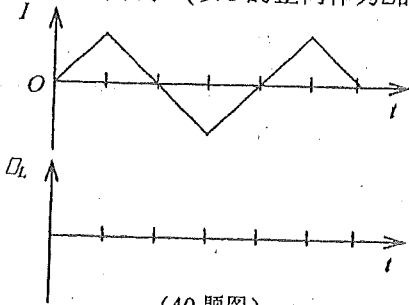
36. 如图所示, 在与纸面相平行的平面内有一载有电流 I 的无限长直导线和一接有电压表的矩形线框. 线框与长直导线相平行的边的长度为 l , 电压表两端 a, b 间的距离和 l 相比可以忽略不计. 今使线框在与导线共同所在的平面内以速度 \vec{v} 沿垂直于载流导线的方向离开导线, 当运动到线框与载流导线相平行的两个边距导线分别为 r_1 和 r_2 ($r_2 > r_1$) 时, 电压表的读数 $V =$ _____, 电压表的正极端为 _____.

37. 在直角坐标系中, 沿 z 轴有一根无限长载流直导线, 另有一与其共面的短导体棒. 若只使导体棒沿某坐标轴方向平动而产生动生电动势, 则 (1) 导体棒平行 x 轴放置时, 其速度方向而沿 _____ 轴. (2) 导体棒平行 z 轴放置时, 其速度方向而沿 _____ 轴.

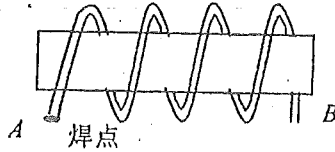
38. 一无铁芯的长直螺线管, 在保持其半径和总匝数不变的情况下, 把螺线管拉长一些, 则它的自感系数将_____.

39. 无铁芯的长直螺线管的自感系数表达式为 $L = \mu_0 n^2 V$, 其中 n 为单位长度上的匝数, V 为螺线管的体积. 若考虑端缘效应时, 实际的自感系数应_____ (填: 大于、小于或等于) 此式给出的值. 若在管内装上铁芯, 则 L 与电流_____ (填: 有关, 无关).

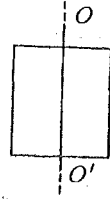
40. 一线圈中通过的电流 I 随时间 t 变化的曲线如图所示. 试定性画出自感电动势 \mathcal{E}_L 随时间变化的曲线. (以 I 的正向作为 \mathcal{E}_L 的正向)



(40 题图)



(44 题图)



(45 题图)

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

42. 位于空气中的长为 l , 横截面半径为 a , 用 N 匝导线绕成的直螺线管, 当符合_____和_____的条件时, 其自感系数可表成 $L = \mu_0 (N/l)^2 V$, 其中 V 是螺线管的体积.

43. 在自感系数 $L = 0.05\text{ mH}$ 的线圈中, 流过 $I = 0.8\text{ A}$ 的电流. 在切断电路后经过 $t = 100\ \mu\text{s}$ 的时间, 电流强度近似变为零, 回路中产生的平均自感电动势 $\overline{\mathcal{E}_L} =$ _____.

44. 如图, 两根彼此紧靠的绝缘的导线绕成一个线圈, 其 A 端用焊锡将二根导线焊在一起, 另一端 B 处作为连接外电路的两个输入端. 则整个线圈的自感系数为_____.

45. 有一根无限长直导线绝缘地紧贴在矩形线圈的中心轴 OO' 上, 则直导线与矩形线圈间的互感系数为_____.

46. 面积为 S 的平面线圈置于磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中. 若线圈以匀角速度 ω 绕位于线圈平面内且垂直于 \vec{B} 方向的固定轴旋转, 在时刻 $t = 0$ \vec{B} 与线圈平面垂直. 则任意时刻 t 时通过线圈的磁通量为_____, 线圈中的感应电动势为_____. 若均匀磁场 \vec{B} 是由通有电流 I 的线圈所产生, 且 $B = kI$ (k 为常量), 则旋转线圈相对于产生磁场的线圈最大互感系数为_____.

47. 在国际单位制中, 磁场强度的单位是 $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$. 磁感强度的单位是 T , 用 $\frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H}$ 表示的单位体积内储存的磁能的单位是 $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$.

48. 真空中两只长直螺线管 1 和 2, 长度相等, 单层密绕匝数相同, 直径之比 $d_1 / d_2 = 1/4$. 当它们通以相同电流时, 两螺线管贮存的磁能之比为 $W_1 / W_2 =$ _____.

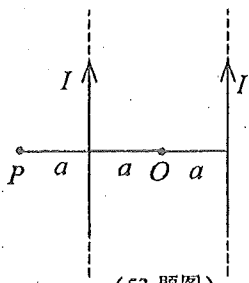
49. 有两个长度相同, 匝数相同, 截面积不同的长直螺线管, 通以相同大小的电流. 现在将小螺线管完全放入大螺线管里(两者轴线重合), 且使两者产生的磁场方向一致, 则小螺线管内的磁能密度是原来的_____倍; 若使两螺线管产生的磁场方向相反, 则小螺线管中的磁能密度为_____ (忽略边缘效应).

50. 一个中空的螺绕环上每厘米绕有 20 匝导线, 当通以电流 $I=3\text{ A}$ 时, 环中磁场能量密度 $w = \underline{\hspace{2cm}}$. ($\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{ N/A}^2$)

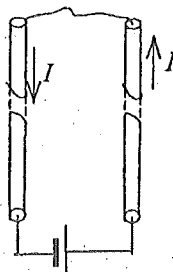
51. 自感系数 $L=0.3\text{ H}$ 的螺线管中通以 $I=8\text{ A}$ 的电流时, 螺线管存储的磁场能量 $W = \underline{\hspace{2cm}}$.

52. 半径为 R 的无限长柱形导体上均匀流有电流 I , 该导体材料的相对磁导率 $\mu_r=1$, 则在导体轴线上一点的磁场能量密度为 $w_{m0} = \underline{\hspace{2cm}}$, 在与导体轴线相距 r 处 ($r < R$) 的磁场能量密度 $w_{mr} = \underline{\hspace{2cm}}$.

53. 真空中两条相距 $2a$ 的平行长直导线, 通以方向相同, 大小相等的电流 I , O 、 P 两点与两导线在同一平面内, 与导线的距离如图所示, 则 O 点的磁场能量密度 $w_{m0} = \underline{\hspace{2cm}}$, P 点的磁场能量密度 $w_{mr} = \underline{\hspace{2cm}}$.



(53 题图)



(55 题图)

54. 无限长密绕直螺线管通以电流 I , 内部充满均匀、各向同性的磁介质, 磁导率为 μ . 管上单位长度绕有 n 匝导线, 则管内部的磁感强度为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 内部的磁能密度为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

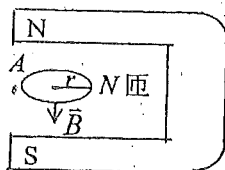
55. 两根很长的平行直导线与电源组成回路, 如图. 已知导线上的电流为 I , 两导线单位长度的自感系数为 L , 则沿导线单位长度的空间内的总磁能 $W_m = \underline{\hspace{2cm}}$.

56. 真空中一根无限长直导线中通有电流 I , 则距导线垂直距离为 a 的某点的磁能密度 $w_m = \underline{\hspace{2cm}}$.

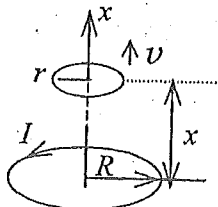
三、计算题

1. 如图所示，在马蹄形磁铁的中间 A 点处放置一半径 $r=1\text{ cm}$ 、匝数 $N=10$ 匝的小线圈，且线圈平面法线平行于 A 点磁感应强度，今将此线圈移到足够远处，在这期间若线圈中流过的总电荷为 $Q=\pi\times 10^{-5}\text{ C}$ ，试求 A 点处磁感强度是多少？（已知线圈的电阻 $R=10\ \Omega$ ，线圈的自感忽略不计）

$$\frac{dQ}{dt}$$



(1 题图)

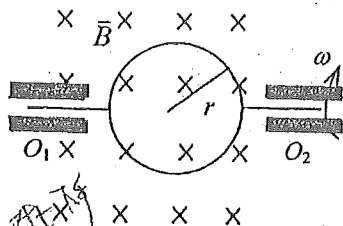


(2 题图)

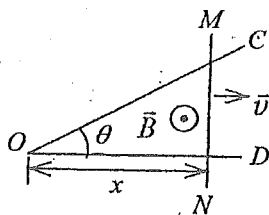
2. 两个半径分别为 R 和 r 的同轴圆形线圈相距 x ，且 $R \gg r$ ， $x \gg R$ 。若大线圈通有电流 I 而小线圈沿 x 轴方向以速率 v 运动，试求 $x=NR$ 时 (N 为正数) 小线圈回路中产生的感应电动势的大小。

3. 如图所示，有一半径为 $r=10\text{ cm}$ 的多匝圆形线圈，匝数 $N=100$ ，置于均匀磁场 \vec{B} 中 ($B=0.5\text{ T}$)。圆形线圈可绕通过圆心的轴 O_1O_2 转动，转速 $n=600\text{ rev/min}$ 。求圆线圈自图示的初始位置转过 $\frac{1}{2}\pi$ 时，

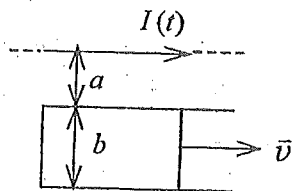
- (1) 线圈中的瞬时电流值 (线圈的电阻 R 为 $100\ \Omega$ ，不计自感)；
- (2) 圆心处的磁感强度。 ($\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{ H/m}$)



(3 题图)



(4 题图)



(5 题图)

4. 如图所示，有一弯成 θ 角的金属架 COD 放在磁场中，磁感强度 \vec{B} 的方向垂直于金属架 COD 所在平面。一导体杆 MN 垂直于 OD 边，并在金属架上以恒定速度 \vec{v} 向右滑动， \vec{v} 与 MN 垂直。设 $t=0$ 时， $x=0$ 。求下列两情形，框架内的感应电动势 \mathcal{E} 。

(1) 磁场分布均匀，且 \vec{B} 不随时间改变。

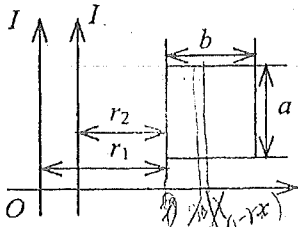
(2) 非均匀的时变磁场 $B = Kx \cos \omega t$ (式中 K, ω 为常量， t 为时间)。

5. 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 \mathcal{E} 并讨论 \mathcal{E} 方向。

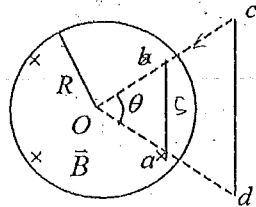
6. 如图所示，两条平行长直导线和一个矩形导线框共面。且导线框的一个边与长直导线平行，他到两长直导线的距离分别为 r_1, r_2 。已知两导线中电流都为 $I = I_0 \sin \omega t$ ，其中 I_0 和 ω 为常数， t 为时间。导线框长为 a 宽为 b ，求导线框中的感应电动势。

$$\mathcal{E} = \left| -\frac{d\phi}{dt} \right| = \frac{d(BXY)}{dt} = BY \frac{dx}{dt} = BYV$$

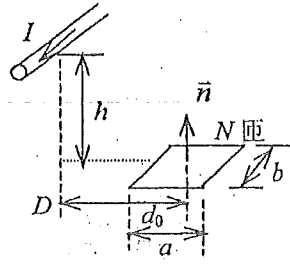
7. 均匀磁场 \vec{B} 被限制在半径 $R=10\text{ cm}$ 的无限长圆柱空间内, 方向垂直纸面向里. 取一固定的等腰梯形回路 $abcd$, 梯形所在平面的法向与圆柱空间的轴平行, 位置如图所示. 设磁感强度以 $dB/dt=1\text{ T/s}$ 的匀速率增加, 已知 $\theta = \frac{1}{3}\pi$, $\overline{Oa} = \overline{Ob} = 6\text{ cm}$, 求等腰梯形回路中感生电动势的大小和方向. $\frac{d\phi}{dt} = S \frac{dB}{dt}$



(6 题图)



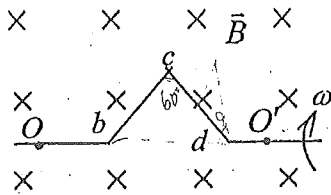
(7 题图)



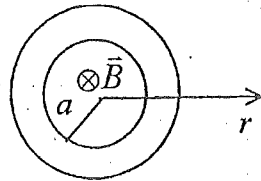
(8 题图)

8. 有一水平的无限长直导线, 线中通有交变电流 $I = I_0 \cos \omega t$, 其中 I_0 和 ω 为常数, t 为时间, $I > 0$ 的方向如图所示. 导线离地面的高度为 h , D 点在导线的正下方. 地面上有一 N 匝平面矩形线圈其一对边与导线平行. 线圈中心离 D 点水平距离为 d_0 , 线圈的边长为 a ($\frac{1}{2}a < d_0$) 及 b , 总电阻为 R . 取法线 \vec{n} 竖直向上, 试计算导线中的交流电在线圈中引起的感应电流(忽略线圈自感).

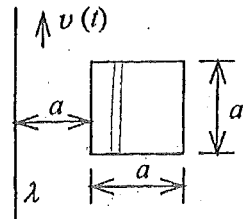
9. 一导线弯成如图形状, 放在均匀磁场 \vec{B} 中, \vec{B} 的方向垂直图面向里. $\angle bcd = 60^\circ$, $bc = cd = a$. 使导线绕轴 OO' 旋转, 如图, 转速为每分钟 n 转. 计算 $\mathcal{E}_{OO'}$.



(9 题图)



(10 题图)



(11 题图)

11. 如图所示, 一电荷线密度为 λ 的长直带电线(与一正方形线圈共面并与其一对边平行)以变速率 $v = v(t)$ 沿着其长度方向运动, 正方形线圈中的总电阻为 R , 求 t 时刻方形线圈中感应电流 $i(t)$ 的大小(不计线圈自身的自感).

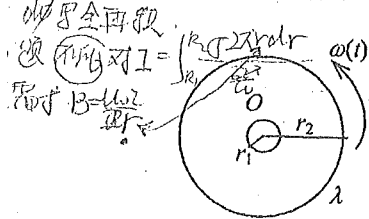
12. 一面积为 S 的单匝平面线圈, 以恒定角速度 ω 在磁感强度 $\vec{B} = B_0 \sin \omega t \vec{k}$ 的均匀外磁场中转动, 转轴与线圈共面且与 \vec{B} 垂直 (\vec{k} 为沿 z 轴的单位矢量). 设 $t=0$ 时线圈的正法向与 \vec{k} 同方向, 求线圈中的感应电动势.

13. 如图所示, 一半径为 r_2 电荷线密度为 λ 的均匀带电圆环, 里边有一半径为 r_1 总电阻为 R

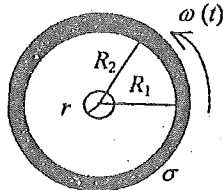
打I 磁十R
对磁的 磁通量 磁通量

的导体环，两环共面同心($r_2 \gg r_1$)，当大环以变角速度 $\omega = \omega(t)$ 绕垂直于环面的中心轴旋转时，求小环中的感应电流。其方向如何？

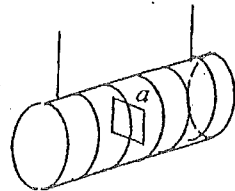
14. 一内外半径分别为 R_1, R_2 的均匀带电平面圆环，电荷面密度为 σ ，其中心有一半径为 r 的导体小环($R_1 \gg r$)，二者同心共面如图。设带电圆环以变角速度 $\omega = \omega(t)$ 绕垂直于环面的中心轴旋转，导体小环中的感应电流 i 等于多少？方向如何(已知小环的电阻为 R')？



(13 题图)



(14 题图)



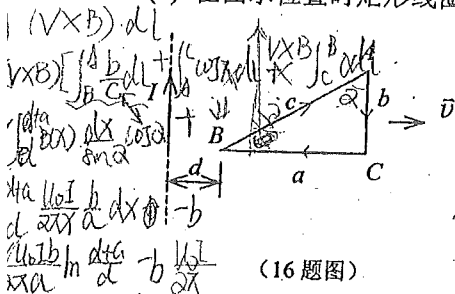
(15 题图)

15. 在一长直密绕的螺线管中间放一正方形小线圈，若螺线管长 1 m ，绕了 1000 匝，通以电流 $I = 10\cos 100\pi t$ (SI)，正方形小线圈每边长 5 cm ，共 100 匝，电阻为 $1\ \Omega$ ，求线圈中感应电流的最大值(正方形线圈的法线方向与螺线管的轴线方向一致， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m/A}$.)

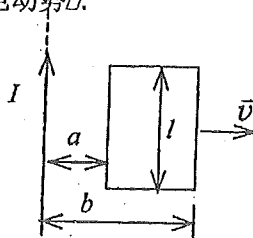
16. 无限长直导线，通以恒定电流 I 。有一与之共面的直角三角形线圈 ABC 。已知 AC 边长为 b ，且与长直导线平行， BC 边长为 a 。若线圈以垂直于导线方向的速度 \bar{v} 向右平移，当 B 点与长直导线的距离为 d 时，求线圈 ABC 内的感应电动势的大小和感应电动势的方向。

17. 如图所示，有一根长直导线，载有直流电流 I ，近旁有一个两条对边与它平行并与它共面的矩形线圈，以匀速度 \bar{v} 沿垂直于导线的方向离开导线。设 $t=0$ 时，线圈位于图示位置，求 (1) 在任意时刻 t 通过矩形线圈的磁通量 Φ 。

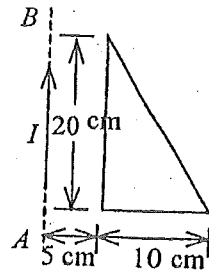
(2) 在图示位置时矩形线圈中的电动势 \mathcal{E} 。



(16 题图)

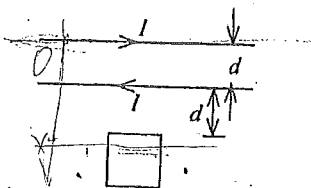


(17 题图)

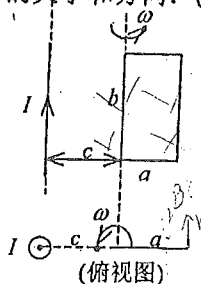


(18 题图)

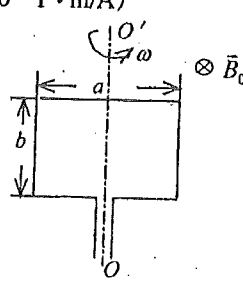
18. 如图所示，长直导线 AB 中的电流 I 沿导线向上，并以 $dI/dt = 2\text{ A/s}$ 的变化率均匀增长。导线附近放一个与之同面的直角三角形线框，其一边与导线平行，位置及线框尺寸如图所示。求此线框中产生的感应电动势的大小和方向。($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m/A}$)



(19 题图)



(20 题图)



(21 题图)

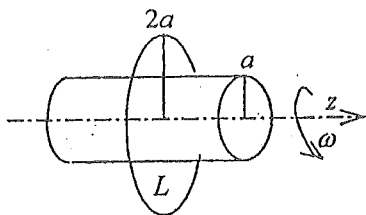
19. 两根平行无限长直导线相距为 d , 载有大小相等方向相反的电流 I , 电流变化率 $dI/dt = \alpha > 0$. 一个边长为 d 的正方形线圈位于导线平面内与一根导线相距 d , 如图所示. 求线圈中的感应电动势 \mathcal{E} , 并说明线圈中的感应电流是顺时针还是逆时针方向.

20. 一边长为 a 及 b 的矩形导线框, 它的边长为 b 的边与一载有电流为 I 的长直导线平行, 其中一条边与长直导线相距为 $c, c > a$, 如图所示. 今线框以此边为轴以角速度 ω 匀速旋转, 求框中的感应电动势 \mathcal{E} .

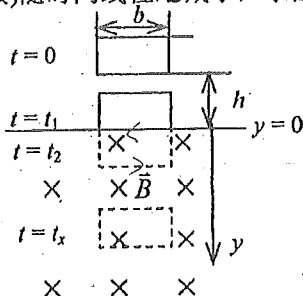
21. 一边长为 a 和 b 的矩形线圈, 以角速度 ω 绕平行某边的对称轴 OO' 转动. 线圈放在一个随时间变化的均匀磁场 $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin \omega t$ 中, (\vec{B}_0 为常矢量.) 磁场方向垂直于转轴, 且时间 $t=0$ 时, 线圈平面垂直于 \vec{B} , 如图所示. 求线圈内的感应电动势 \mathcal{E} , 并证明 \mathcal{E} 的变化频率 f' 是 \vec{B} 的变化频率的二倍.

22. 一个密绕的探测线圈面积为 4 cm^2 , 匝数 $N=160$, 电阻 $R=50 \Omega$. 线圈与一个内阻 $r=30 \Omega$ 的冲击电流计相连. 今把探测线圈放入一均匀磁场中, 线圈法线与磁场方向平行. 当把线圈法线转到垂直磁场的方向时, 电流计指示通过的电荷为 $4 \times 10^{-5} \text{ C}$. 问磁场的磁感强度为多少?

23. 电荷 Q 均匀分布在半径为 a 、长为 L ($L \gg a$) 的绝缘薄壁长圆筒表面上, 圆筒以角速度 ω 绕中心轴线旋转. 一半径为 $2a$ 、电阻为 R 的单匝圆形线圈套在圆筒上(如图所示). 若圆筒转速按照 $\omega = \omega_0(1-t/t_0)$ 的规律(ω_0 和 t_0 是已知常数)随时间线性地减小, 求圆形线圈中感应电流的大小和流向.



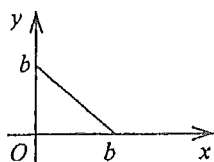
(23 题图)



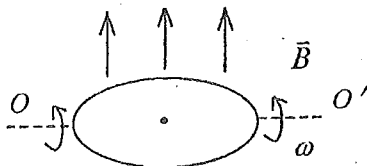
(24 题图)

24. 由质量为 m 、电阻为 R 的均匀导线做成的矩形线框, 宽为 b , 在 $t=0$ 时由静止下落, $t_1 < t < t_2$. 这时线框的下底边在 $y=0$ 平面上方高度为 h 处(如图所示). $y=0$ 平面以上没有磁场; $y=0$ 平面以下则有匀强磁场 \vec{B} , 其方向在图中垂直纸面向里. 现已知在时刻 $t=t_1$ 和 $t=t_2$, 线框位置如图所示, 求线框速度 v 与时间 t 的函数关系(不计空气阻力, 且忽略线框自感).

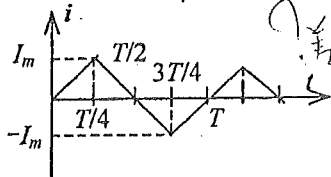
25. 有一三角形闭合导线, 如图放置. 在这三角形区域中的磁感强度为 $\vec{B} = B_0 x^2 y e^{-\alpha \vec{k}}$ 式中 B_0 和 a 是常量, \vec{k} 为 z 轴方向单位矢量, 求导线中的感生电动势.



(25 题图)



(26 题图)



(27 题图)

26. 如图所示, 由质量密度为 ρ , 电导率为 σ 的均匀细导线制成的圆环, 在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, 绕着通过圆环直径的固定光滑轴旋转 OO' . 已知 $t=0$ 时, 圆环面与 \vec{B} 垂直,

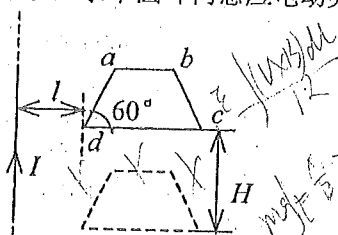
角速度为 ω_0 。假设损耗的能量全部变成焦耳热。求它的角速度降低到初始值的 $1/e$ 所需的时间。

27. 半径为 R 的长直螺线管单位长度上密绕有 n 匝线圈。在管外有一包围着螺线管、面积为 S 的圆线圈，其平面垂直于螺线管轴线。螺线管中电流 i 随时间作周期为 T 的变化，如图所示。求圆线圈中的感生电动势 \mathcal{E} 。画出 $\mathcal{E}-t$ 曲线，注明时间坐标。

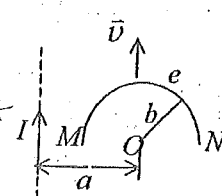
28. 如图所示，一长直导线通有电流 I ，其旁共面地放置一匀质金属梯形线框 $abcd$ ，已知： $da=ab=bc=L$ ，两斜边与下底边夹角均为 60° ， d 点与导线相距 l 。今线框从静止开始自由下落 H 高度，且保持线框平面与长直导线始终共面，求：

- (1) 下落高度为 H 的瞬间，线框中的感应电流为多少？
 (2) 该瞬时线框中电势最高处与电势最低处之间的电势差为多少？

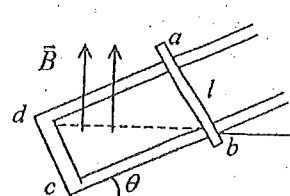
29. 载有电流的 I 长直导线附近，放一导体半圆环 MeN 与长直导线共面，且端点 MN 的连线与长直导线垂直。半圆环的半径为 b ，环心 O 与导线相距 a 。设半圆环以速度 \bar{v} 平行导线平移，求半圆环内感应电动势的大小和方向以及 MN 两端的电压 $U_M - U_N$ 。



(28 题图)



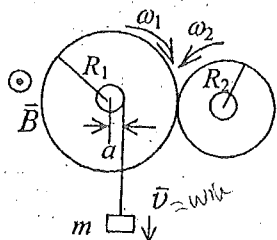
(29 题图)



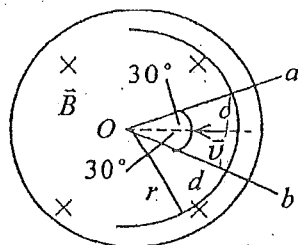
(30 题图)

30. 有一很长的长方形的 U 形导轨，与水平面成 θ 角，裸导线 ab 可在导轨上无摩擦地下滑，导轨位于磁感强度 \bar{B} 竖直向上的均匀磁场中，如图所示。设导线 ab 的质量为 m ，电阻为 R ，长度为 l ，导轨的电阻略去不计， $abcd$ 形成电路， $t=0$ 时， $v=0$ 。试求：导线 ab 下滑的速度 v 与时间 t 的函数关系。

31. 半径分别为 $R_1=50\text{ mm}$ 和 $R_2=10\text{ mm}$ 的两个金属细齿轮互相吻合地装配在一起(如图)，转轴(垂直轮面与齿轮固结)的半径都是 $a=1.0\text{ mm}$ ，整个装置放在磁感强度为 $B=0.50\text{ T}$ 的均匀磁场中，磁场的方向平行于转轴。两轴装在金属支架上互相连通，两齿轮分开时，量得从一轮边缘经过转轴与支架到另一轮边缘的电路上电阻为 $R_0=1.0 \times 10^{-2} \Omega$ ，不计啮合处接触电阻。现将一质量为 $m=100\text{ g}$ 的物体用轻线绕在大齿轮的轴上，忽略摩擦损耗，设齿轮分别以 ω_1 和 ω_2 的角速度转动时，悬挂物体在重力作用下匀速下落，求其下落的速度。



(31 题图)

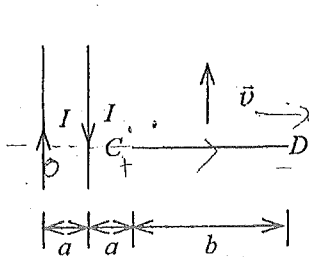


(32 题图)

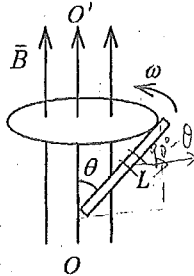
32. 在垂直图面的圆柱形空间内有一随时间均匀变化的匀强磁场，其磁感强度的方向垂直图面向里。在图面内有两条相交于 O 点夹角为 60° 的直导线 Oa 和 Ob ，而 O 点则是圆柱形空间的轴线与图面的交点。此外，在图面内另有一半径为 r 的半圆环形导线在上述两条

直导线上以速度 \vec{v} 匀速滑动. \vec{v} 的方向与 $\angle aOb$ 的平分线一致, 并指向 O 点(如图). 在时刻 t , 半圆环的圆心正好与 O 点重合, 此时磁感强度的大小为 B , 磁感强度大小随时间的变化率为 k (k 为正数). 求此时半圆环导线与两条直线所围成的闭合回路 $cOdc$ 中的感应电动势 \mathcal{E} .

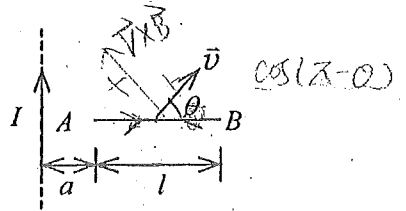
33. 两相互平行无限长的直导线载有大小相等方向相反的电流, 长度为 b 的金属杆 CD 与两导线共面且垂直, 相对位置如图. CD 杆以速度 \vec{v} 平行直线电流运动, 求 CD 杆中的感应电动势, 并判断 C 、 D 两端哪端电势较高?



(33 题图)



(34 题图)



(35 题图)

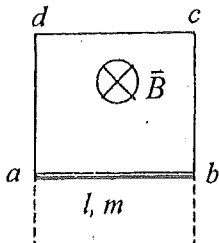
35. 如图所示, 一长直导线中通有电流 I , 有一垂直于导线、长度为 l 的金属棒 AB 在包含导线的平面内, 以恒定的速度 \vec{v} 沿与棒成 θ 角的方向移动. 开始时, 棒的 A 端到导线的距离为 a , 求任意时刻金属棒中的动生电动势, 并指出棒哪端的电势高.

36. 如图所示, 在竖直面内有一矩形导体回路 $abcd$ 置于均匀磁场 \vec{B} 中, \vec{B} 的方向垂直于回路平面, $abcd$ 回路中的 ab 边的长为 l , 质量为 m , 可以在保持良好接触的情况下下滑, 且摩擦力不计. ab 边的初速度为零, 回路电阻 R 集中在 ab 边上.

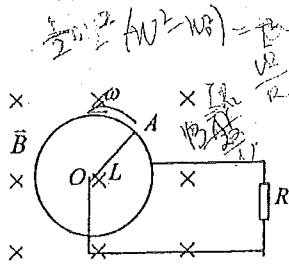
(1) 求任一时刻 ab 边的速率 v 和 t 的关系;

(2) 设两竖直边足够长, 最后达到稳定的速率为若干?

37. 在水平光滑的桌面上, 有一根长为 L , 质量为 m 的匀质金属棒. 该棒绕过棒的一端 O 且垂直于桌面的轴旋转. 其另一端 A 在半径为 L 的金属圆环上滑动, 且接触良好. 在棒的 O 端和金属环之间接一电阻 R (如图). 在垂直桌面的方向加一均匀磁场. 已知棒在起始时刻的角速度为 ω_0 , 在 t 时刻的角速度为 ω . 求磁感强度 \vec{B} 的大小. (机械摩擦可以忽略, 金属棒、金属环以及接线的电阻全部归入 R , 不另计算, 棒对过 O 端的轴的转动惯量为 $\frac{1}{3}mL^2$.)

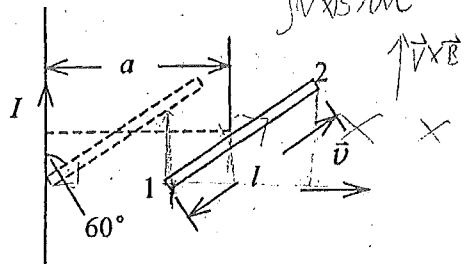


(36 题图)



(俯视图)

(37 题图)



(38 题图)

38. 无限长直导线载有电流 I , 其旁放置一段长度为 l 与载流导线在同一平面内且成 60° 的导线. 计算当该导线在平面上以垂直于载流导线的速度 \vec{v} 平移到该导线的中点距载流导线

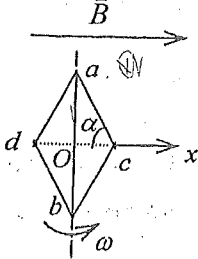
为 a 时, 其上的动生电动势, 并说明其方向.

39. 一菱形线圈在均匀恒定磁场 \vec{B} 中, 以匀角速度 ω 绕其对角线 ab 逆时针方向转动, 转轴与 \vec{B} 垂直, 如图所示. 当线圈平面转至与 \vec{B} 平行时, 求 ac 边中的感应电动势 \mathcal{E} . 已知 $\angle acd = \alpha$, 对角线 dc 的长度为 $2x_c$. (x 坐标原点在 O)

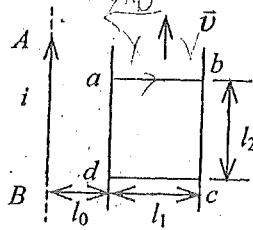
40. 如图所示, 长直导线中电流为 i , 矩形线框 $abcd$ 与长直导线共面, 且 $ad \parallel AB$, dc 边固定, ab 边沿 da 及 cb 以速度 \vec{v} 无摩擦地匀速平动. $t=0$ 时, ab 边与 cd 边重合. 设线框自感忽略不计.

(1) 如 $i = I_0$, 求 ab 中的感应电动势. ab 两点哪点电势高?

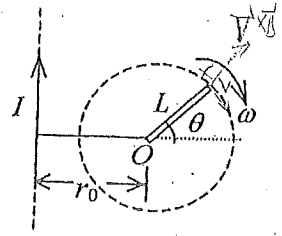
(2) 如 $i = I_0 \cos \omega t$, 求 ab 边运动到图示位置时线框中的总感应电动势.



(39 题图)



(40 题图)



(41 题图)

41. 一无限长竖直导线上通有稳定电流 I , 电流方向向上. 导线旁有一与导线共面、长度为 L 的金属棒, 绕其一端 O 在该平面内顺时针匀速转动, 如图所示. 转动角速度为 ω . O 点到导线的垂直距离为 r_0 ($r_0 > L$). 试求金属棒转到与水平面成 θ 角时, 棒内感应电动势的大小和方向.

42. 在匀强磁场 \vec{B} 中, 导线 $\overline{OM} = \overline{MN} = a$, $\angle OMN = 120^\circ$, OMN 整体可绕 O 点在垂直于磁场的平面内逆时针转动, 如图所示. 若转动角速度为 ω ,

(1) 求 OM 间电势差 U_{OM} ,

(2) 求 ON 间电势差 U_{ON} ,

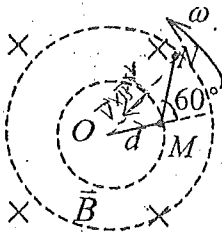
(3) 指出 O 、 M 、 N 三点中哪点电势最高.

43. 载流长直导线与矩形回路 $ABCD$ 共面, 导线平行于 AB , 如图所示. 求下列情况下 $ABCD$ 中的感应电动势:

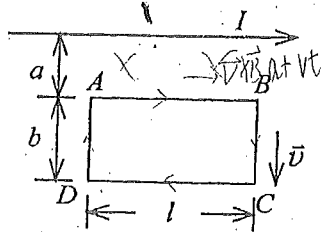
(1) 长直导线中电流 $I = I_0$ 不变, $ABCD$ 以垂直于导线的速度 \vec{v} 从图示初始位置远离导线匀速平移到某一位置时 (t 时刻).

(2) 长直导线中电流 $I = I_0 \sin \omega t$, $ABCD$ 不动.

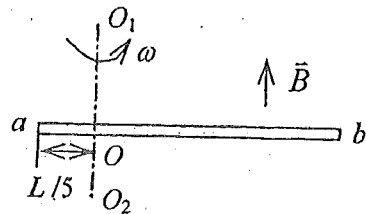
(3) 长直导线中电流 $I = I_0 \sin \omega t$, $ABCD$ 以垂直于导线的速度 \vec{v} 远离导线匀速运动, 初始位置也如图.



(42 题图)



(43 题图)



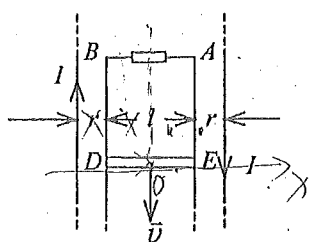
(44 题图)

44. 如图所示, 一根长为 L 的金属细杆 ab 绕竖直轴 O_1O_2 以角速度 ω 在水平面内旋转. O_1O_2

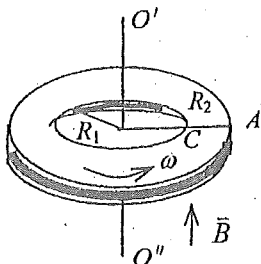
在离细杆 a 端 $L/5$ 处. 若已知地磁场在竖直方向的分量为 \bar{B} . 求 ab 两端间的电势差 $U_a - U_b$.

45. 在相距 $2r+l$ 的平行长直载流导线中间放置一固定的 Π 字形支架, 如图. 该支架由硬导线和一电阻串联而成且与载流导线在同一平面内. 两长直导线中电流的方向相反, 大小均为 I . 金属杆 DE 垂直嵌在支架两臂导线之间, 以速度 v 在支架上滑动, 求此时 DE 中的感应电动势.

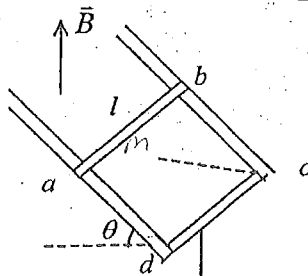
46. 如图所示, 有一中心挖空的水平金属圆盘, 内圆半径为 R_1 , 外圆半径为 R_2 . 圆盘绕竖直中心轴 $O'O''$ 以角速度 ω 匀速转动. 均匀磁场 \bar{B} 的方向为竖直向上. 求圆盘的内圆边缘处 C 点与外圆边缘 A 点之间的动生电动势的大小及指向.



(45 题图)



(46 题图)

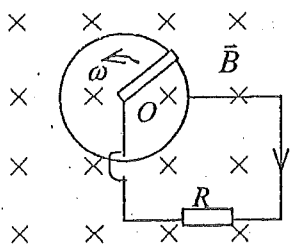


(47 题图)

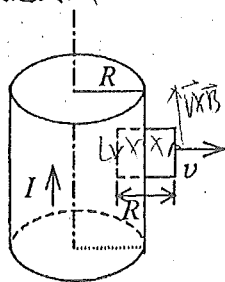
47. 一根长为 l , 质量为 m , 电阻为 R 的导线 ab 沿两平行的导电轨道无摩擦下滑, 如图所示. 轨道平面的倾角为 θ , 导线 ab 与轨道组成矩形闭合导电回路 $abdc$. 整个系统处在竖直向上的均匀磁场 \bar{B} 中, 忽略轨道电阻. 求 ab 导线下滑所达到的稳定速度.

48. 长为 L , 质量为 m 的均匀金属细棒, 以棒端 O 为中心在水平面内旋转, 棒的另一端在 $(\frac{1}{2}mL^2 = J)$ 半径为 L 的金属环上滑动. 棒端 O 和金属环之间接一电阻 R , 整个环面处于均匀磁场 \bar{B} 中, $M = \int_0^L rBld$ \bar{B} 的方向垂直纸面向里, 如图. 设 $t=0$ 时, 初角速度为 ω_0 . 忽略摩擦力及金属棒、导线和圆环的电阻. 求

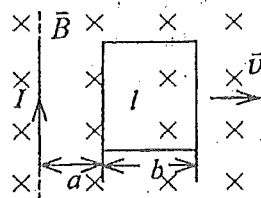
- (1) 当角速度为 ω 时金属棒内的动生电动势的大小.
- (2) 棒的角速度随时间变化的表达式.



(48 题图)



(49 题图)



(50 题图)

49. 半径为 R 的无限长实心圆柱导体载有电流 I , 电流沿轴向流动, 并均匀分布在导体横截面上. 一宽为 R , 长为 l 的矩形回路(与导体轴线同平面)以速度 \bar{v} 向导体外运动(设导体内有一很小的缝隙, 但不影响电流及磁场的分布). 设初始时刻矩形回路一边与导体轴线重合, 求: (1) $t(t < \frac{R}{v})$ 时刻回路中的感应电动势.

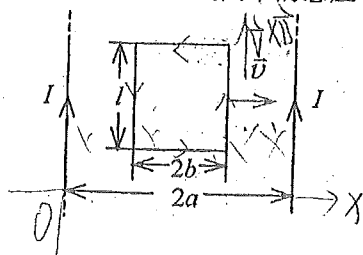
注不用 $\frac{d\Phi}{dt}$
 $\Phi = \int_0^R B(r) l dx$
 $\frac{d\Phi}{dt} = \int_0^R B(r) l v dx$
 $\int_0^R B(r) dx = \int_0^R \frac{\mu_0 I r}{2R} dx = \frac{\mu_0 I}{2R} \int_0^R r dx = \frac{\mu_0 I}{2R} \cdot \frac{R^2}{2} = \frac{\mu_0 I R}{4}$
 $\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 I R}{4} l v$
 $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 I R l v}{4}$

(2) 回路中的感应电动势改变方向的时刻。

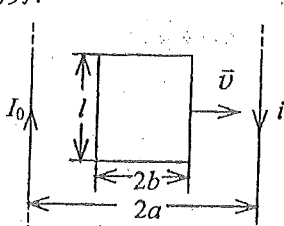
50. 无限长直导线旁有一与其共面的矩形线圈，直导线中通有恒定电流 I ，将此直导线及线圈共同置于随时间变化的而空间分布均匀的磁场 \vec{B} 中。设 $\frac{\partial B}{\partial t} > 0$ ，当线圈以速度 \vec{v} 垂直长直导线向右运动时，求线圈在如图所示位置时的感应电动势。

51. 在两根平行放置相距 $2a$ 的无限长直导线之间，有一与其共面的矩形线圈，线圈边长分别为 l 和 $2b$ ，且 l 边与长直导线平行。两根长直导线中通有等值同向稳恒电流 I ，线圈以恒定速度 \vec{v} 垂直直导线向右运动(如图所示)。求：线圈运动到两导线的中心位置(即线圈的中心线与两根导线距离均为 a)时，线圈中的感应电动势。

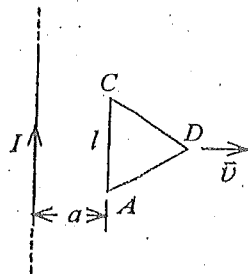
52. 两根平行放置相距为 $2a$ 的无限长载流直导线，其中一根通以稳恒电流 I_0 ，另一根通以交变电流 $i = I_0 \cos \omega t$ 。两导线间有一与其共面的矩形线圈，线圈的边长分别为 l 和 $2b$ ， l 边与长直导线平行，且线圈以速度 \vec{v} 垂直直导线向右运动(如图)。当线圈运动到两导线的中心位置(即线圈中心线与距两导线均为 a 的中心线重合)时，两导线中的电流方向恰好相反，且 $i = I_0$ ，求此时线圈中的感应电动势。



(51 题图)



(52 题图)

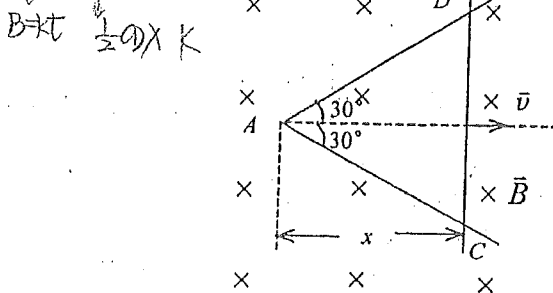


(53 题图)

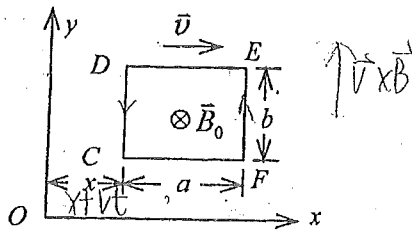
53. 如图所示，在纸面所在的平面内有一载有电流 I 的无限长直导线，其旁另有一边长为 l 的等边三角形线圈 ACD ：该线圈的 AC 边与长直导线距离最近且相互平行。今使线圈 ACD 在纸面内以匀速 \vec{v} 远离长直导线运动，且 \vec{v} 与长直导线相垂直。求当线圈 AC 边与长直导线相距 a 时，线圈 ACD 内的动生电动势 \mathcal{E} 。

54. 如图所示，等边三角形平面回路 $ACDA$ 位于磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中，磁场方向垂直于回路平面。回路上的 CD 段为滑动导线，它以匀速 \vec{v} 远离 A 端运动，并始终保持回路是等边三角形。设滑动导线 CD 到 A 端的垂直距离为 x ，且时间 $t=0$ 时， $x=0$ 。试求在下述两种不同的磁场情况下，回路中的感应电动势 \mathcal{E} 和时间 t 的关系：

(1) $\vec{B} = \vec{B}_0 = \text{常矢量}$. (2) $\vec{B} = \vec{K}t$, $\vec{K} = \text{常矢量}$.



(54 题图)

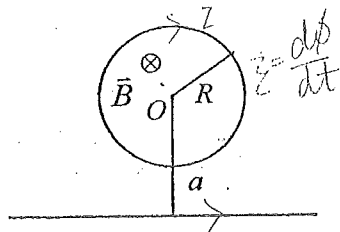


(55 题图)

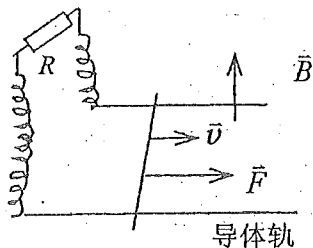
55. 如图所示，有一矩形回路，边长分别为 a 和 b ，它在 xy 平面内以匀速 \vec{v} 沿 x 轴方向移

动, 空间磁场的磁感强度 \vec{B} 与回路平面垂直, 且为位置的 x 坐标和时间 t 的函数, 即 $\vec{B}(x, t) = \vec{B}_0 \sin \omega t \sin kx$, 其中 \vec{B}_0, ω, k 均为已知常数. 设在 $t=0$ 时, 回路在 $x=0$ 处. 求回路中感应电动势对时间的关系.

56. 在半径为 R 的圆柱形空间内, 存在磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场, \vec{B} 的方向与圆柱的轴线平行. 有一无限长直导线在垂直圆柱中心轴线的平面内, 两线相距为 $a, a > R$, 如图所示. 已知磁感强度随时间的变化率为 dB/dt , 求长直导线中的感应电动势 \mathcal{E} , 并说明其方向.



(56 题图)



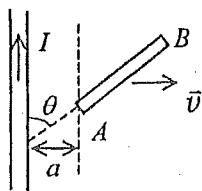
(57 题图)

57. 如图所示, 一个恒力 \vec{F} 作用在质量为 m , 长为 l 垂直于导轨滑动的裸导线上, 该导线两端通过导体轨与电阻 R 相通(导线电阻也计入 R). 导线从静止开始, 在均匀磁场 \vec{B} 中运动, 其速度 \vec{v} 的方向与 \vec{B} 和导线皆垂直, 假定滑动是无摩擦的且忽略导线与电阻 R 形成的回路的自感, 试求导线的速度与时间的关系式.

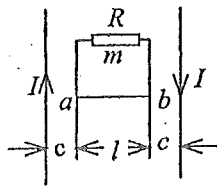
58. 在一无限长载有电流 I 的直导线产生的磁场中, 有一长度为 b 的平行于导线的短铁棒, 它们相距为 a . 若铁棒以速度 \vec{v} 垂直于导线与铁棒初始位置组成的平面匀速运动, 求 t 时刻铁棒两端的感应电动势 \mathcal{E} 的大小.

59. 一长直导线载有电流 I , 在它的旁边有一段直导线 AB ($\overline{AB} = L$), 长直载流导线与直导线在同一平面内, 夹角为 θ . 直导线 AB 以速度 \vec{v} (\vec{v} 的方向垂直于载流导线) 运动. 已知: $I=100\text{A}, v=5.0\text{m/s}, a=2\text{cm}, \overline{AB}=16\text{cm}$, 求:

- (1) 在图示位置 AB 导线中的感应电动势 \mathcal{E} .
- (2) A 和 B 哪端电势高.



(59 题图)



(60 题图)

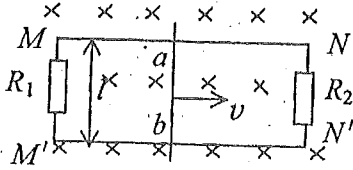
60. 如图在真空中两条无限长载流均为 I 的直导线中间, 放置一门框形支架(支架固定), 该支架由导线和电阻联接而成. 载流导线和门框形支架在同一竖直平面内. 另一质量为 m 的长为 l 的金属杆 ab 可以在支架上无摩擦地滑动. 将 ab 从静止释放. 求:

- (1) ab 上的感应电动势.
- (2) ab 上的电流.
- (3) ab 所能达到的最大速度.

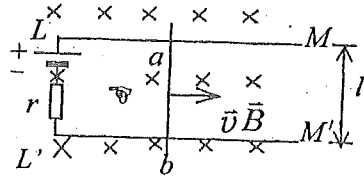
61. 如图所示, 水平面内有两条相距 l 的平行长直光滑裸导线 $MN, M'N'$, 其两端分别与电阻 R_1, R_2 相连; 匀强磁场 \vec{B} 垂直于图面向里; 裸导线 ab 垂直搭在平行导线上, 并在外力

作用下以速率 v 平行于导线 MN 向右作匀速运动。裸导线 MN 、 $M'N'$ 与 ab 的电阻均不计。

- (1) 求电阻 R_1 与 R_2 中的电流 I_1 与 I_2 ，并说明其流向。
- (2) 设外力提供的功率不能超过某值 P_0 ，求导线 ab 的最大速率。



(61 题图)



(62 题图)

62. 图中所示为水平面内的两条平行长直裸导线 LM 与 $L'M'$ ，其间距离为 l ，其左端与电动势为 E_0 的电源连接。匀强磁场 \vec{B} 垂直于图面向里。一段直裸导线 ab 横嵌在平行导线间(并可保持在导线间无摩擦地滑动)把电路接通。由于磁场力的作用， ab 将从静止开始向右运动起来。求

- (1) ab 能达到的最大速度 v 。
- (2) ab 达到最大速度时通过电源的电流 I 。

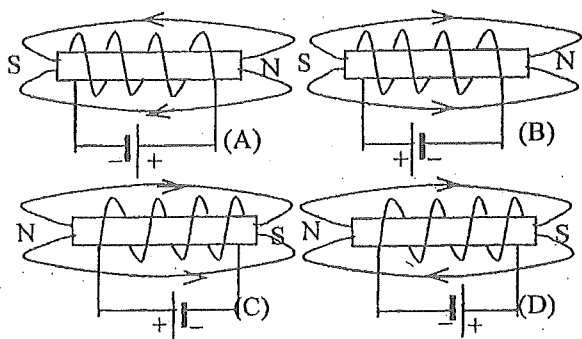
63. 一螺绕环单位长度上的线圈匝数为 $n=10$ 匝/cm。环心材料的磁导率 $\mu=\mu_0$ 。求在电流强度 I 为多大时，线圈中磁场的能量密度 $w=1$ J/m³? ($\mu_0=4\pi\times 10^{-7}$ T·m/A)

$w = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 I^2$

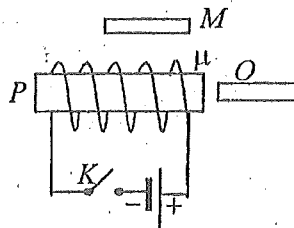
磁介质

一、选择题

- 关于稳恒电流磁场的磁场强度 \vec{H} ，下列几种说法中哪个是正确的？
 - \vec{H} 仅与传导电流有关。
 - 若闭合曲线内没有包围传导电流，则曲线上各点的 \vec{H} 必为零。
 - 若闭合曲线上各点 \vec{H} 均为零，则该曲线所包围传导电流的代数和为零。
 - 以闭合曲线 L 为边缘的任意曲面的 \vec{H} 通量均相等。
- 图示载流铁芯螺线管，其中哪个图画得正确？（即电源的正负极，铁芯的磁性，磁力线方向相互不矛盾。）



(2 题图)



(3 题图)

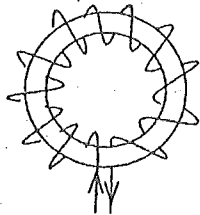
- 附图中， M 、 P 、 O 为软磁材料制成的棒，三者在同一平面内，当 K 闭合后，
 - M 的左端出现 N 极。
 - P 的左端出现 N 极。
 - O 的右端出现 N 极。
 - P 的右端出现 N 极。
- 磁介质有三种，用相对磁导率 μ_r 表征它们各自的特性时，
 - 顺磁质 $\mu_r > 0$ ，抗磁质 $\mu_r < 0$ ，铁磁质 $\mu_r \gg 1$ 。
 - 顺磁质 $\mu_r > 1$ ，抗磁质 $\mu_r = 1$ ，铁磁质 $\mu_r \gg 1$ 。
 - 顺磁质 $\mu_r > 1$ ，抗磁质 $\mu_r < 1$ ，铁磁质 $\mu_r \gg 1$ 。
 - 顺磁质 $\mu_r < 0$ ，抗磁质 $\mu_r < 1$ ，铁磁质 $\mu_r > 0$ 。
- 用细导线均匀密绕成长为 l 、半径为 a ($l \gg a$)、总匝数为 N 的螺线管，管内充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质。若线圈中载有稳恒电流 I ，则管中任意一点的
 - 磁感强度大小为 $B = \mu_0 \mu_r NI$ 。
 - 磁感强度大小为 $B = \mu_r NI / l$ 。
 - 磁场强度大小为 $H = \mu_0 NI / l$ 。
 - 磁场强度大小为 $H = NI / l$ 。
- 顺磁物质的磁导率：
 - 比真空的磁导率略小。
 - 比真空的磁导率略大。
 - 远小于真空的磁导率。
 - 远大于真空的磁导率。
- 如图所示的一细螺绕环，它由表面绝缘的导线在铁环上密绕而成，每厘米绕 10 匝。当

$$\chi_m = \frac{\mu_r \mu_0}{\mu_0} - 1 = \frac{\mu_r}{\mu_0} - 1$$

$$= \mu_r - 1 = \frac{B}{H} - 1$$

导线中的电流 I 为 2.0 A 时，测得铁环内的磁感应强度的大小 B 为 1.0 T，则可求得铁环的相对磁导率 μ_r 为(真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$)

- (A) 7.96×10^2 (B) 3.98×10^2
 (C) 1.99×10^2 (D) 63.3



(7 题图)

二、填空题

1. 一个绕有 500 匝导线的平均周长 50 cm 的细环，载有 0.3 A 电流时，铁芯的相对磁导率为 600.

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint \vec{H} \cdot H = NI, \quad H = \frac{NI}{L} = \frac{500 \times 0.3}{0.5}$$

(1) 铁芯中的磁感强度 B 为 $1.8 \times 10^5 \text{ T}$

(2) 铁芯中的磁场强度 H 为 $3000 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$

2. 长直电缆由一个圆柱导体和一共轴圆筒状导体组成，两导体中有等值反向均匀电流 I 通过，其间充满磁导率为 μ 的均匀磁介质，介质中离中心轴距离为 r 的某点处的磁场强度的大小 $H =$ _____，磁感强度的大小 $B =$ _____.

3. 铜的相对磁导率 $\mu_r = 0.9999912$ ，其磁化率 $\chi_m =$ _____ 它是 抗 磁性磁介质.

4. 硬磁材料的特点是 矫顽力大 剩磁大，适于制造 永久磁铁.

5. 软磁材料的特点是 磁导率大 矫顽力小 剩磁小，它们适于用来制造 变压器 等.

6. 在国际单位制中，磁场强度 H 的单位是 A/m ，磁导率 μ 的单位是 Tm/A .

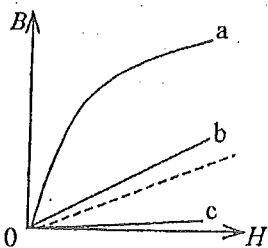
7. 图示为三种不同的磁介质的 $B \sim H$ 关系曲线，其中虚线表示的是 $B = \mu_0 H$ 的关系. 说明 a、

b、c 各代表哪一类磁介质的 $B \sim H$ 关系曲线：

a 代表 铁磁质 的 $B \sim H$ 关系曲线.

b 代表 顺磁质 的 $B \sim H$ 关系曲线.

c 代表 抗磁质 的 $B \sim H$ 关系曲线.



(7 题图)

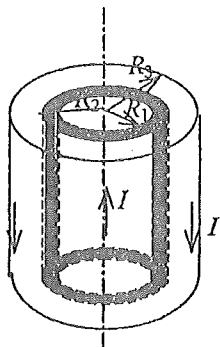
8. 一个单位长度上密绕有 n 匝线圈的长直螺线管，每匝线圈中通有强度为 I 的电流，管内

充满相对磁导率为 μ_r 的磁介质，则管内中部附近磁感强度 $B =$ _____，磁场强度 $H =$ _____。

9. 有很大的剩余磁化强度的软磁材料不能做成永磁体，这是因为软磁材料 矫顽力小，如果做成永磁体 磁性弱。

三、计算题

1. 一根同轴线由半径为 R_1 的长导线和套在它外面的内半径为 R_2 、外半径为 R_3 的同轴导体圆筒组成。中间充满磁导率为 μ 的各向同性均匀非铁磁绝缘材料，如图。传导电流 I 沿导线向上流去，由圆筒向下流回，在它们的截面上电流都是均匀分布的。求同轴线内外的磁感强度大小 B 的分布。



(1题图)

2. 螺绕环中心周长 $l = 10$ cm，环上均匀密绕线圈 $N = 200$ 匝，线圈中通有电流 $I = 0.1$ A。管内充满相对磁导率 $\mu_r = 4200$ 的磁介质。求管内磁场强度和磁感强度的大小。

3. 一铁环中心线周长 $l = 30$ cm，横截面 $S = 1.0$ cm²，环上紧密地绕有 $N = 300$ 匝线圈。当导线中电流 $I = 32$ mA 时，通过环截面的磁通量 $\Phi = 2.0 \times 10^{-5}$ Wb。试求铁芯的磁化率 χ_m 。

$$2. \oint_L H \cdot dl = \sum I$$

$$lH = NI$$

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{200 \times 0.1}{0.1} = 200 \text{ A/m}$$

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

$$3. \left\{ \begin{array}{l} B = \frac{\Phi}{S} \\ H = \frac{NI}{l} \\ \mu = \frac{B}{H} \end{array} \right.$$

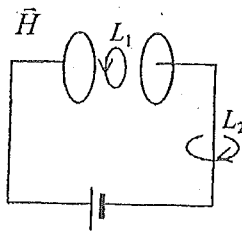
$$\chi_m = \mu - 1$$

电磁场理论

一、选择题

1. 如图, 平板电容器(忽略边缘效应)充电时, 沿环路 L_1 的磁场强度 \vec{H} 的环流与沿环路 L_2 的磁场强度 \vec{H} 的环流两者, 必有:

- (A) $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l}' > \oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l}'$.
 (B) $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l}' = \oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l}'$.
 (C) $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l}' < \oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l}'$.
 (D) $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l}' = 0$.



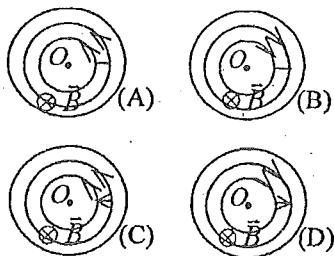
2. 电位移矢量的时间变化率 $d\vec{D}/dt$ 的单位是

- (A) 库仑 / 米² (B) 库仑 / 秒
 (C) 安培 / 米² (D) 安培 · 米²

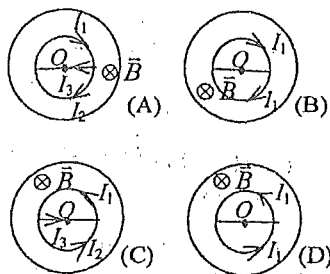
3. 在感应电场中电磁感应定律可写成 $\oint_L \vec{E}_K \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$, 式中 \vec{E}_K 为感应电场的电场强度. 此式表明:

- (A) 闭合曲线 L 上 \vec{E}_K 处处相等.
 (B) 感应电场是保守力场.
 (C) 感应电场的电场强度线不是闭合曲线.
 (D) 在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念.

4. 用导线围成的回路(两个以 O 点为心半径不同的同心圆, 在一处用导线沿半径方向相连), 放在轴线通过 O 点的圆柱形均匀磁场中, 回路平面垂直于柱轴, 如图所示. 如磁场方向垂直图面向里, 其大小随时间减小, 则(A)→(D)各图中哪个图上正确表示了感应电流的流向?



(4 题图)

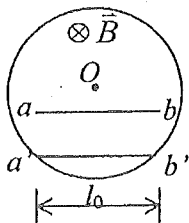


(5 题图)

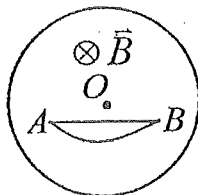
5. 用导线围成如图所示的回路(以 O 点为心的圆, 加一直径), 放在轴线通过 O 点垂直于图面的圆柱形均匀磁场中, 如磁场方向垂直图面向里, 其大小随时间减小, 则感应电流的流向为

6. 在圆柱形空间内有一磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场, 如图所示, \vec{B} 的大小以速率 dB/dt 变化. 有一长度为 l_0 的金属棒先后放在磁场的两个不同位置 1(ab)和 2($a'b'$), 则金属棒在这两个位置时棒内的感应电动势的大小关系为

- (A) $\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \neq 0$. (B) $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$.
 (C) $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$. (D) $\varepsilon_2 = \varepsilon_1 = 0$.



(6 题图)



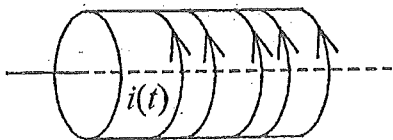
(7 题图)

7. 在圆柱形空间内有一磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场, 如图所示. \vec{B} 的大小以速率 dB/dt 变化. 在磁场中有 A 、 B 两点, 其间可放直导线 AB 和弯曲的导线 AB , 则

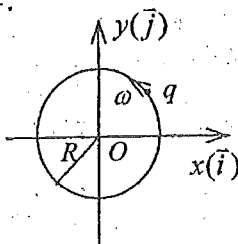
- (A) 电动势只在 AB 导线中产生.
 (B) 电动势只在 AB 导线中产生.
 (C) 电动势在 AB 和 AB 中都产生, 且两者大小相等.
 (D) AB 导线中的电动势小于 AB 导线中的电动势.

8. 如图所示, 空气中有一无限长金属薄壁圆筒, 在表面上沿圆周方向均匀地流着一层随时间变化的面电流 $i(t)$, 则

- (A) 圆筒内均匀地分布着变化磁场和变化电场.
 (B) 任意时刻通过圆筒内假想的任一球面的磁通量和电通量均为零.
 (C) 沿圆筒外任意闭合环路上磁感强度的环流不为零.
 (D) 沿圆筒内任意闭合环路上电场强度的环流为零.



(8 题图)



(10 题图)

9. 对位移电流, 有下述四种说法, 请指出哪一种说法正确.

- (A) 位移电流是指变化电场.
 (B) 位移电流是由线性变化磁场产生的.
 (C) 位移电流的热效应服从焦耳—楞次定律.
 (D) 位移电流的磁效应不服从安培环路定理.

10. 如图所示. 一电荷为 q 的点电荷, 以匀角速度 ω 作圆周运动, 圆周的半径为 R . 设 $t=0$ 时 q 所在点的坐标为 $x_0=R$, $y_0=0$, 以 \vec{i} 、 \vec{j} 分别表示 x 轴和 y 轴上的单位矢量, 则圆心处 O 点的位移电流密度为:

- (A) $\frac{q\omega}{4\pi R^2} \sin \omega t \vec{i}$ (B) $\frac{q\omega}{4\pi R^2} \cos \omega t \vec{j}$
 (C) $\frac{q\omega}{4\pi R^2} \vec{k}$ (D) $\frac{q\omega}{4\pi R^2} (\sin \omega t \vec{i} - \cos \omega t \vec{j})$

二、填空题

1. 写出麦克斯韦方程组的积分形式：

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = q_{ext}, \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{ext} + \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

2. 坡印廷矢量 \vec{S} 的物理意义是：电磁波能流密度矢量；其定义式为 $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ 。

3. 反映电磁场基本性质和规律的积分形式的麦克斯韦方程组为

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV, \quad \textcircled{1}$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}, \quad \textcircled{2}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \textcircled{3}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}. \quad \textcircled{4}$$

试判断下列结论是包含于或等效于哪一个麦克斯韦方程式的。将你确定的方程式用代号填在相应结论后的空白处。

(1) 变化的磁场一定伴随有电场； ②

(2) 磁感线是无头无尾的； ③

(3) 电荷总伴随有电场。 ①

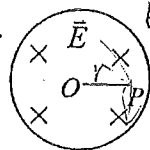
4. 在没有自由电荷与传导电流的变化电磁场中，沿闭合环路 l (设环路包围的面积为 S)

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}, \quad \oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

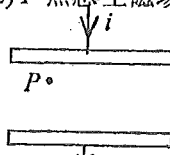
5. 图示为一圆柱体的横截面，圆柱体内有一均匀电场 \vec{E} ，其方向垂直纸面向内， \vec{E} 的大小随时间 t 线性增加， P 为柱体内与轴线相距为 r 的一点则

(1) P 点的位移电流密度的方向为 沿 \vec{E} 方向。 (2) P 点感生磁场的方向为 沿逆时针方向。

位移电流
 $D = \epsilon E + P$
 $\frac{\partial D}{\partial t} = \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t}$
 $\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial P}{\partial t}$



(5 题图)



(7 题图)

6. 平行板电容器的电容 C 为 $20.0 \mu\text{F}$ ，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 0.03 A。

7. 圆形平行板电容器，从 $q=0$ 开始充电，试画出充电过程中，极板间某点 P 处电场强度的方向和磁场强度的方向。

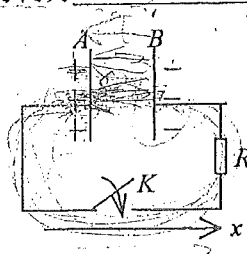
$$\oint D ds = q \quad \vec{j} = \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\oint E ds = \frac{q}{\epsilon_0}$$

8. 加在平行板电容器极板上的电压变化率 $1.0 \times 10^6 \text{ V/s}$, 在电容器内产生 1.0 A 的位移电流, 则该电容器的电容量为 $\underline{\hspace{2cm}} \mu\text{F}$.

9. 半径为 r 的两块圆板组成的平行板电容器充了电, 在放电时两板间的电场强度的大小为 $E = E_0 e^{-t/RC}$, 式中 E_0, R, C 均为常数, 则两板间的位移电流的大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 其方向与场强方向 $\underline{\hspace{2cm}}$.

10. 图示一充电后的平行板电容器, A 板带正电, B 板带负电. 当将开关 K 合上放电时, AB 板之间的电场方向为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 位移电流的方向为 $\underline{\hspace{2cm}}$ (按图上所标 x 轴正方向来回答).



(10 题图)

11. 一平行板空气电容器的两极板都是半径为 R 的圆形导体片, 在充电时, 板间电场强度的变化率为 dE/dt . 若略去边缘效应, 则两板间的位移电流为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

三、计算题

$$\oint E ds = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \pi r^2 \frac{dE}{dt} = I \quad \pi r^2 \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

1. 给电容为 C 的平行板电容器充电, 电流为 $i = 0.2e^{-t} \text{ (SI)}$, $t = 0$ 时电容器极板上无电荷. 求:

- (1) 极板间电压 U 随时间 t 而变化的关系.

$$I = C \frac{dU}{dt} \quad U = \int_0^{t} \frac{I}{C} dt =$$

- (2) t 时刻极板间总的位移电流 I_d (忽略边缘效应).

2. 一球形电容器, 内导体半径为 R_1 , 外导体半径为 R_2 . 两球间充有相对介电常数为 ϵ_r 的介质. 在电容器上加电压, 内球对外球的电压为 $U = U_0 \sin \omega t$. 假设 ω 不太大, 以致电容器电场分布与静态场情形近似相同, 求介质中各处的位移电流密度, 再计算通过半径为 r ($R_1 < r < R_2$) 的球面的总位移电流.

3. 一电荷为 q 的点电荷, 以匀角速度 ω 作圆周运动, 圆周的半径为 R . 设 $t = 0$ 时 q 所在点的坐标为 $x_0 = R, y_0 = 0$, 以 \vec{i}, \vec{j} 分别表示 x 轴和 y 轴上的单位矢量, 求圆心处的位移电流密度 \vec{J} .

气体分子运动论

一、选择题

1. 在一密闭容器中, 储有 A、B、C 三种理想气体, 处于平衡状态. A 种气体的分子数密度为 n_1 , 它产生的压强为 p_1 , B 种气体的分子数密度为 $2n_1$; C 种气体的分子数密度为 $3n_1$, 则混合气体的压强 p 为

- (A) $3p_1$. (B) $4p_1$.
(C) $5p_1$. (D) $6p_1$.

2. 若理想气体的体积为 V , 压强为 p , 温度为 T , 一个分子的质量为 m , k 为玻尔兹曼常量, R 为普适气体常量, 则该理想气体的分子数为:

- (A) pV/m . (B) $pV/(kT)$.
(C) $pV/(RT)$. (D) $pV/(mT)$.

3. 若理想气体的体积为 V , 压强为 p , 温度为 T , 一个分子的质量为 m , k 为玻尔兹曼常量, R 为普适气体常量, 则该理想气体的分子数为:

- (A) pV/m . (B) $pV/(kT)$.
(C) $pV/(RT)$. (D) $pV/(mT)$.

4. 一定量的理想气体贮于某一容器中, 温度为 T , 气体分子的质量为 m . 根据理想气体的分子模型和统计假设, 分子速度在 x 方向的分量平方的平均值

- (A) $\overline{v_x^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$. (B) $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{3kT}{m}}$.
(C) $\overline{v_x^2} = 3kT/m$. (D) $\overline{v_x^2} = kT/m$.

5. 一定量的理想气体贮于某一容器中, 温度为 T , 气体分子的质量为 m . 根据理想气体分子模型和统计假设, 分子速度在 x 方向的分量的平均值

- (A) $\overline{v_x} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$. (B) $\overline{v_x} = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$.
(C) $\overline{v_x} = \sqrt{\frac{8kT}{3\pi m}}$. (D) $\overline{v_x} = 0$.

6. 在标准状态下, 任何理想气体在 1 m^3 中含有的分子数都等于

- (A) 6.02×10^{23} . (B) 6.02×10^{21} .
(C) 2.69×10^{25} . (D) 2.69×10^{23} .

(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

7. 三个容器 A、B、C 中装有同种理想气体, 其分子数密度 n 相同, 而方均根速率之比为

$(\overline{v_A^2})^{1/2} : (\overline{v_B^2})^{1/2} : (\overline{v_C^2})^{1/2} = 1 : 2 : 4$, 则其压强之比 $p_A : p_B : p_C$ 为:

- (A) $1 : 2 : 4$. (B) $1 : 4 : 8$.
(C) $1 : 4 : 16$. (D) $4 : 2 : 1$.

8. 一定量某理想气体按 $pV^2 = \text{恒量}$ 的规律膨胀, 则膨胀后理想气体的温度

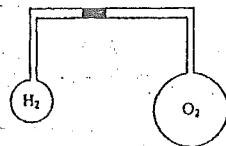
- (A) 将升高. (B) 将降低.
(C) 不变. (D) 升高还是降低, 不能确定.

9. 若室内生起炉子后温度从 15°C 升高到 27°C , 而室内气压不变, 则此时室内的分子数减

少了

- (A) 0.5% . (B) 4% .
(C) 9% . (D) 21% .

10. 如图所示, 两个大小不同的容器用均匀的细管相连, 管中有一水银滴作活塞, 大容器装有氧气, 小容器装有氢气. 当温度相同时, 水银滴静止于细管中央, 则此时这两种气体中



(10 题图)

- (A) 氧气的密度较大. (B) 氢气的密度较大.
(C) 密度一样大. (D) 那种的密度较大是无法判断的.

11. 一个容器内贮有 1 摩尔氢气和 1 摩尔氦气, 若两种气体各自对器壁产生的压强分别为 p_1 和 p_2 , 则两者的大小关系是:

- (A) $p_1 > p_2$. (B) $p_1 < p_2$.
(C) $p_1 = p_2$. (D) 不确定的.

12. 已知氢气与氧气的温度相同, 请判断下列说法哪个正确?

- (A) 氧分子的质量比氢分子大, 所以氧气的压强一定大于氢气的压强.
(B) 氧分子的质量比氢分子大, 所以氧气的密度一定大于氢气的密度.
(C) 氧分子的质量比氢分子大, 所以氢分子的速率一定比氧分子的速率大.
(D) 氧分子的质量比氢分子大, 所以氢分子的方均根速率一定比氧分子的方均根速率大.

大.

13. 关于温度的意义, 有下列几种说法:

- (1) 气体的温度是分子平均平动动能的量度.
(2) 气体的温度是大量气体分子热运动的集体表现, 具有统计意义.
(3) 温度的高低反映物质内部分子运动剧烈程度的不同.
(4) 从微观上看, 气体的温度表示每个气体分子的冷热程度.

这些说法中正确的是

- (A) (1)、(2)、(4).
(B) (1)、(2)、(3).
(C) (2)、(3)、(4).
(D) (1)、(3)、(4).

14. 一瓶氢气和一瓶氮气密度相同, 分子平均平动动能相同, 而且它们都处于平衡状态, 则它们

- (A) 温度相同、压强相同.
(B) 温度、压强都不相同.
(C) 温度相同, 但氢气的压强大于氮气的压强.
(D) 温度相同, 但氢气的压强小于氮气的压强.

15. 温度、压强相同的氢气和氧气, 它们分子的平均动能 $\bar{\epsilon}$ 和平均平动动能 $\bar{\omega}$ 有如下关系:

- (A) $\bar{\epsilon}$ 和 $\bar{\omega}$ 都相等. (B) $\bar{\epsilon}$ 相等, 而 $\bar{\omega}$ 不相等.
(C) $\bar{\omega}$ 相等, 而 $\bar{\epsilon}$ 不相等. (D) $\bar{\epsilon}$ 和 $\bar{\omega}$ 都不相等.

16. 1 mol 刚性双原子分子理想气体, 当温度为 T 时, 其内能为

- (A) $\frac{3}{2}RT$. (B) $\frac{3}{2}kT$.
 (C) $\frac{5}{2}RT$. (D) $\frac{5}{2}kT$.

(式中 R 为普适气体常量, k 为玻尔兹曼常量)

17. 在标准状态下, 若氧气(视为刚性双原子分子的理想气体)和氮气的体积比 $V_1/V_2=1/2$, 则其内能之比 E_1/E_2 为:

- (A) 3/10. (B) 1/2.
 (C) 5/6. (D) 5/3.

18. 水蒸气分解成同温度的氢气和氧气, 内能增加了百分之几(不计振动自由度和化学能)?

- (A) 66.7%. (B) 50%.
 (C) 25%. (D) 0.

19. 两瓶不同种类的理想气体, 它们的温度和压强都相同, 但体积不同, 则单位体积内的气体分子数 n , 单位体积内的气体分子的总平动动能(E_k/V), 单位体积内的气体质量 ρ , 分别有如下关系:

- (A) n 不同, (E_k/V)不同, ρ 不同.
 (B) n 不同, (E_k/V)不同, ρ 相同.
 (C) n 相同, (E_k/V)相同, ρ 不同.
 (D) n 相同, (E_k/V)相同, ρ 相同.

20. 有容积不同的 A 、 B 两个容器, A 中装有单原子分子理想气体, B 中装有双原子分子理想气体, 若两种气体的压强相同, 那么, 这两种气体的单位体积的内能(E/V) $_A$ 和 (E/V) $_B$ 的关系

- (A) 为 (E/V) $_A < (E/V)$ $_B$.
 (B) 为 (E/V) $_A > (E/V)$ $_B$.
 (C) 为 (E/V) $_A = (E/V)$ $_B$.
 (D) 不能确定.

21. 两个相同的容器, 一个盛氢气, 一个盛氦气(均视为刚性分子理想气体), 开始时它们的压强和温度都相等, 现将 6 J 热量传给氦气, 使之升高到一定温度. 若使氢气也升高同样温度, 则应向氢气传递热量

- (A) 12 J. (B) 10 J.
 (C) 6 J. (D) 5 J.

22. 压强为 p 、体积为 V 的氢气(视为刚性分子理想气体)的内能为:

- (A) $\frac{5}{2}pV$. (B) $\frac{3}{2}pV$.
 (C) pV . (D) $\frac{1}{2}pV$.

23. 在标准状态下体积比为 1:2 的氧气和氦气(均视为刚性分子理想气体)相混合, 混合气体中氧气和氦气的内能之比为

- (A) 1:2. (B) 5:6.
 (C) 5:3. (D) 10:3.

24. 在容积 $V=4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的容器中, 装有压强 $P=5 \times 10^2 \text{ Pa}$ 的理想气体, 则容器中气体分子的平动动能总和为

- (A) 2 J. (B) 3 J.
(C) 5 J. (D) 9 J.

25. 下列各式中哪一式表示气体分子的平均平动动能? (式中 M 为气体的质量, m 为气体分子质量, N 为气体分子总数目, n 为气体分子数密度, N_A 为阿伏加得罗常量)

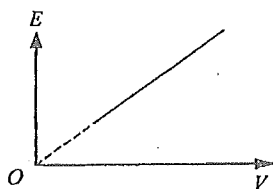
- (A) $\frac{3m}{2M} pV$. (B) $\frac{3M}{2M_{\text{mol}}} pV$.
(C) $\frac{3}{2} npV$. (D) $\frac{3M_{\text{mol}}}{2M} N_A pV$.

26. 两容器内分别盛有氢气和氦气, 若它们的温度和质量分别相等, 则:

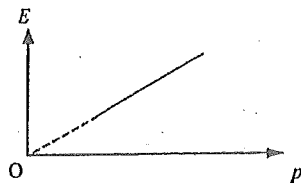
- (A) 两种气体分子的平均平动动能相等.
(B) 两种气体分子的平均动能相等.
(C) 两种气体分子的平均速率相等.
(D) 两种气体的内能相等.

27. 一定质量的理想气体的内能 E 随体积 V 的变化关系为一直线(其延长线过 $E \sim V$ 图的原点), 则此直线表示的过程为:

- (A) 等温过程. (B) 等压过程.
(C) 等体过程. (D) 绝热过程.



(27 题图)



(28 题图)

28. 若在某个过程中, 一定量的理想气体的内能 E 随压强 p 的变化关系为一直线(其延长线过 $E \sim p$ 图的原点), 则该过程为

- (A) 等温过程. (B) 等压过程.
(C) 等体过程. (D) 绝热过程.

29. 一容器内装有 N_1 个单原子理想气体分子和 N_2 个刚性双原子理想气体分子, 当该系统处在温度为 T 的平衡态时, 其内能为

- (A) $(N_1 + N_2) \left(\frac{3}{2} kT + \frac{5}{2} kT \right)$.
(B) $\frac{1}{2} (N_1 + N_2) \left(\frac{3}{2} kT + \frac{5}{2} kT \right)$.
(C) $N_1 \frac{3}{2} kT + N_2 \frac{5}{2} kT$.
(D) $N_1 \frac{5}{2} kT + N_2 \frac{3}{2} kT$.

30. 玻尔兹曼分布律表明: 在某一温度的平衡态,

- (1) 分布在某一区间(坐标区间和速度区间)的分子数, 与该区间粒子的能量成正比.
(2) 在同样大小的各区间(坐标区间和速度区间)中, 能量较大的分子数较少; 能量较小

的分子数较多。

(3) 在大小相等的各区间(坐标区间和速度区间)中比较, 分子总是处于低能态的概率大些。

(4) 分布在某一坐标区间内、具有各种速度的分子总数只与坐标区间的间隔成正比, 与粒子能量无关。

以上四种说法中,

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

31. 温度为 T 时, 在方均根速率 $(\overline{v^2})^{1/2} \pm 50\text{m/s}$ 的速率区间内, 氢、氮两种气体分子数占总分子数的百分率相比较; 则有 (附: 麦克斯韦速率分布定律:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right) \cdot v^2 \cdot \Delta v,$$

符号 $\exp(a)$, 即 e^a 。

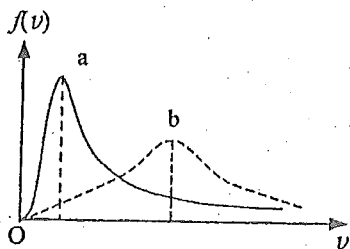
- (A) $(\Delta N/N)_{\text{H}_2} > (\Delta N/N)_{\text{N}_2}$
- (B) $(\Delta N/N)_{\text{H}_2} = (\Delta N/N)_{\text{N}_2}$
- (C) $(\Delta N/N)_{\text{H}_2} < (\Delta N/N)_{\text{N}_2}$
- (D) 温度较低时 $(\Delta N/N)_{\text{H}_2} > (\Delta N/N)_{\text{N}_2}$, 温度较高时 $(\Delta N/N)_{\text{H}_2} < (\Delta N/N)_{\text{N}_2}$

32. 设声波通过理想气体的速率正比于气体分子的热运动平均速率, 则声波通过具有相同温度的氧气和氢气的速率之比 $v_{\text{O}_2} / v_{\text{H}_2}$ 为

- (A) 1 .
- (B) 1/2 .
- (C) 1/3 .
- (D) 1/4 .

33. 设图示的两条曲线分别表示在相同温度下氧气和氢气分子的速率分布曲线; 令 $(v_p)_{\text{O}_2}$ 和 $(v_p)_{\text{H}_2}$ 分别表示氧气和氢气的最概然速率, 则

- (A) 图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线;
 $(v_p)_{\text{O}_2} / (v_p)_{\text{H}_2} = 4$.
- (B) 图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线;
 $(v_p)_{\text{O}_2} / (v_p)_{\text{H}_2} = 1/4$.
- (C) 图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线;
 $(v_p)_{\text{O}_2} / (v_p)_{\text{H}_2} = 1/4$.



(33 题图)

- (D) 图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线
 $(v_p)_{\text{O}_2} / (v_p)_{\text{H}_2} = 4$.

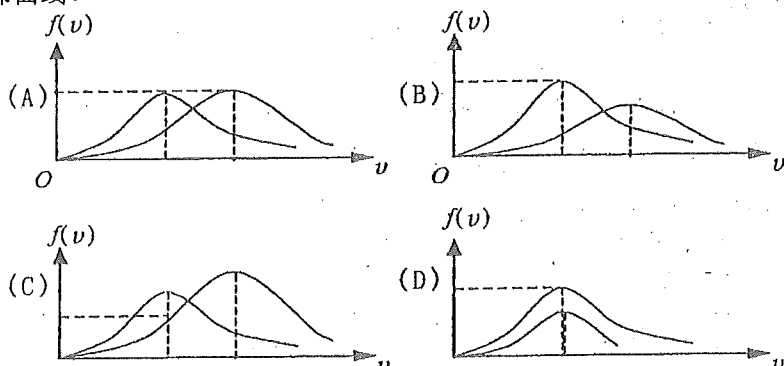
34. 设 \bar{v} 代表气体分子运动的平均速率, v_p 代表气体分子运动的最概然速率, $(\overline{v^2})^{1/2}$ 代表气体分子运动的方均根速率. 处于平衡状态下理想气体, 三种速率关系为

- (A) $(\overline{v^2})^{1/2} = \bar{v} = v_p$ (B) $\bar{v} = v_p < (\overline{v^2})^{1/2}$
 (C) $v_p < \bar{v} < (\overline{v^2})^{1/2}$ (D) $v_p > \bar{v} > (\overline{v^2})^{1/2}$

35. 已知一定量的某种理想气体, 在温度为 T_1 与 T_2 时的分子最概然速率分别为 v_{p1} 和 v_{p2} , 分子速率分布函数的最大值分别为 $f(v_{p1})$ 和 $f(v_{p2})$. 若 $T_1 > T_2$, 则

- (A) $v_{p1} > v_{p2}$, $f(v_{p1}) > f(v_{p2})$.
 (B) $v_{p1} > v_{p2}$, $f(v_{p1}) < f(v_{p2})$.
 (C) $v_{p1} < v_{p2}$, $f(v_{p1}) > f(v_{p2})$.
 (D) $v_{p1} < v_{p2}$, $f(v_{p1}) < f(v_{p2})$.

36. 下列各图所示的速率分布曲线, 哪一图中的两条曲线能是同一温度下氮气和氢气的分子速率分布曲线?



37. 在一容积不变的封闭容器内理想气体分子的平均速率若提高为原来的 2 倍, 则

- (A) 温度和压强都提高为原来的 2 倍.
 (B) 温度为原来的 2 倍, 压强为原来的 4 倍.
 (C) 温度为原来的 4 倍, 压强为原来的 2 倍.
 (D) 温度和压强都为原来的 4 倍.

38. 两种不同的理想气体, 若它们的最概然速率相等, 则它们的

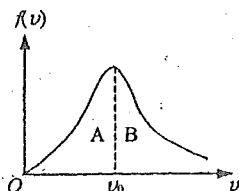
- (A) 平均速率相等, 方均根速率相等.
 (B) 平均速率相等, 方均根速率不相等.
 (C) 平均速率不相等, 方均根速率相等.
 (D) 平均速率不相等, 方均根速率不相等.

39. 假定氧气的热力学温度提高一倍, 氧分子全部离解为氧原子, 则这些氧原子的平均速率是原来氧分子平均速率的

- (A) 4 倍. (B) 2 倍.
 (C) $\sqrt{2}$ 倍. (D) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍.

40. 麦克斯韦速率分布曲线如图所示, 图中 A、B 两部分面积相等, 则该图表示

- (A) v_0 为最概然速率.
 (B) v_0 为平均速率.
 (C) v_0 为方均根速率.



(D) 速率大于和小于 v_0 的分子数各占一半。

41. 速率分布函数 $f(v)$ 的物理意义为:

- (A) 具有速率 v 的分子占总分子数的百分比。
 (B) 速率分布在 v 附近的单位速率间隔中的分子数占总分子数的百分比。
 (C) 具有速率 v 的分子数。
 (D) 速率分布在 v 附近的单位速率间隔中的分子数。

42. 若氧分子 $[O_2]$ 气体离解为氧原子 $[O]$ 气后, 其热力学温度提高一倍, 则氧原子的平均速率是氧分子的平均速率的

- (A) $1/\sqrt{2}$ 倍. (B) $\sqrt{2}$ 倍.
 (C) 2 倍. (D) 4 倍.

43. 若 $f(v)$ 为气体分子速率分布函数, N 为分子总数, m 为分子质量, 则 $\int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2} m v^2 N f(v) dv$ 的物理意义是

- (A) 速率为 v_2 的各分子的总平动动能与速率为 v_1 的各分子的总平动动能之差。
 (B) 速率为 v_2 的各分子的总平动动能与速率为 v_1 的各分子的总平动动能之和。
 (C) 速率处在速率间隔 $v_1 \sim v_2$ 之内的分子的平均平动动能。
 (D) 速率处在速率间隔 $v_1 \sim v_2$ 之内的分子平动动能之和。

44. 若 N 表示分子总数, T 表示气体温度, m 表示气体分子的质量, 那么当分子速率 v 确定后, 决定麦克斯韦速率分布函数 $f(v)$ 的数值的因素是

- (A) m, T . (B) N .
 (C) N, m . (D) N, T .
 (E) N, m, T .

45. 设某种气体的分子速率分布函数为 $f(v)$, 则速率在 $v_1 \sim v_2$ 区间内的分子的平均速率为

- (A) $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$.
 (B) $v \int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$.
 (C) $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv / \int_{v_1}^{v_2} f(v) dv$.
 (D) $\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv / \int_{v_1}^{v_2} f(v) dv$.

46. 已知分子总数为 N , 它们的速率分布函数为 $f(v)$, 则速率分布在 $v_1 \sim v_2$ 区间内的分子的平均速率为

- (A) $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$. (B) $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv / \int_{v_1}^{v_2} f(v) dv$.
 (C) $\int_{v_1}^{v_2} N v f(v) dv$. (D) $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv / N$.

47. 气缸内盛有一定量的氢气(可视作理想气体), 当温度不变而压强增大一倍时, 氢气分子的平均碰撞频率 \bar{Z} 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 的变化情况是:

- (A) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都增大一倍。
 (B) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都减为原来的一半。

- (C) \bar{Z} 增大一倍而 $\bar{\lambda}$ 减为原来的一半。
 (D) \bar{Z} 减为原来的一半而 $\bar{\lambda}$ 增大一倍。
48. 一定量的理想气体, 在温度不变的条件下, 当体积增大时, 分子的平均碰撞频率 \bar{Z} 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 的变化情况是:
 (A) \bar{Z} 减小而 $\bar{\lambda}$ 不变. (B) \bar{Z} 减小而 $\bar{\lambda}$ 增大.
 (C) \bar{Z} 增大而 $\bar{\lambda}$ 减小. (D) \bar{Z} 不变而 $\bar{\lambda}$ 增大。
49. 一定量的理想气体, 在温度不变的条件下, 当压强降低时, 分子的平均碰撞频率 \bar{Z} 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 的变化情况是:
 (A) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都增大. (B) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都减小.
 (C) \bar{Z} 增大而 $\bar{\lambda}$ 减小. (D) \bar{Z} 减小而 $\bar{\lambda}$ 增大。
50. 一定量的理想气体, 在体积不变的条件下, 当温度降低时, 分子的平均碰撞频率 \bar{Z} 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 的变化情况是:
 (A) \bar{Z} 减小, 但 $\bar{\lambda}$ 不变. (B) \bar{Z} 不变, 但 $\bar{\lambda}$ 减小.
 (C) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都减小. (D) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都不变。
51. 一定量的理想气体, 在体积不变的条件下, 当温度升高时, 分子的平均碰撞频率 \bar{Z} 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 的变化情况是:
 (A) \bar{Z} 增大, $\bar{\lambda}$ 不变. (B) \bar{Z} 不变, $\bar{\lambda}$ 增大.
 (C) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都增大. (D) \bar{Z} 和 $\bar{\lambda}$ 都不变。
52. 在一个体积不变的容器中, 储有一定量的理想气体, 温度为 T_0 时, 气体分子的平均速率为 \bar{v}_0 , 分子平均碰撞次数为 \bar{Z}_0 , 平均自由程为 $\bar{\lambda}_0$. 当气体温度升高为 $4T_0$ 时, 气体分子的平均速率 \bar{v} , 平均碰撞频率 \bar{Z} 和平均自由程 $\bar{\lambda}$ 分别为:
 (A) $\bar{v} = 4\bar{v}_0$, $\bar{Z} = 4\bar{Z}_0$, $\bar{\lambda} = 4\bar{\lambda}_0$.
 (B) $\bar{v} = 2\bar{v}_0$, $\bar{Z} = 2\bar{Z}_0$, $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0$.
 (C) $\bar{v} = 2\bar{v}_0$, $\bar{Z} = 2\bar{Z}_0$, $\bar{\lambda} = 4\bar{\lambda}_0$.
 (D) $\bar{v} = 4\bar{v}_0$, $\bar{Z} = 2\bar{Z}_0$, $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0$.
53. 在一封闭容器中盛有 1 mol 氦气(视作理想气体), 这时分子无规则运动的平均自由程仅决定于
 (A) 压强 p . (B) 体积 V .
 (C) 温度 T . (D) 平均碰撞频率 \bar{Z} .
54. 一定量的某种理想气体若体积保持不变, 则其平均自由程 $\bar{\lambda}$ 和平均碰撞频率 \bar{Z} 与温度的关系是:
 (A) 温度升高, $\bar{\lambda}$ 减少而 \bar{Z} 增大.
 (B) 温度升高, $\bar{\lambda}$ 增大而 \bar{Z} 减少.
 (C) 温度升高, $\bar{\lambda}$ 和 \bar{Z} 均增大.
 (D) 温度升高, $\bar{\lambda}$ 保持不变而 \bar{Z} 增大。
55. 一容器贮有某种理想气体, 其分子平均自由程为 $\bar{\lambda}_0$, 若气体的热力学温度降到原来的一半, 但体积不变, 分子作用球半径不变, 则此时平均自由程为

- (A) $\sqrt{2}\lambda_0$. (B) λ_0 .
 (C) $\lambda_0/\sqrt{2}$. (D) $\lambda_0/2$.

56. 容积恒定的容器内盛有一定量某种理想气体, 其分子热运动的平均自由程为 $\bar{\lambda}_0$, 平均碰撞频率为 \bar{Z}_0 , 若气体的热力学温度降低为原来的 1/4 倍, 则此时分子平均自由程 $\bar{\lambda}$ 和平均碰撞频率 \bar{Z} 分别为

- (A) $\bar{\lambda} = \lambda_0, \bar{Z} = Z_0$.
 (B) $\bar{\lambda} = \lambda_0, \bar{Z} = \frac{1}{2} Z_0$.
 (C) $\bar{\lambda} = 2\lambda_0, \bar{Z} = 2Z_0$.
 (D) $\bar{\lambda} = \sqrt{2}\lambda_0, \bar{Z} = \frac{1}{2} Z_0$.

57. 在恒定不变的压强下, 气体分子的平均碰撞频率 \bar{Z} 与气体的热力学温度 T 的关系为

- (A) \bar{Z} 与 T 无关. (B) \bar{Z} 与 \sqrt{T} 成正比.
 (C) \bar{Z} 与 \sqrt{T} 成反比. (D) \bar{Z} 与 T 成正比.

二、填空题

1. 理想气体微观模型(分子模型)的主要内容是:

- (1) 气体分子的大小与气体分子间的间距比较, 忽略不计;
 (2) 除分子碰撞瞬间外, 分子间作用力可忽略;
 (3) 分子间及分子与器壁间碰撞为完全弹性碰撞;

2. 某容器内分子数密度为 10^{26} m^{-3} , 每个分子的质量为 $3 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 设其中 1/6 分子数以速率 $v = 200 \text{ m/s}$ 垂直地向容器的一壁运动, 而其余 5/6 分子或者离开此壁、或者平行此壁方向运动, 且分子与容器壁的碰撞为完全弹性的. 则

(1) 每个分子作用于器壁的冲量 $\Delta P =$ _____;

(2) 每秒碰在器壁单位面积上的分子数 $n_0 =$ _____;

(3) 作用在器壁上的压强 $p =$ _____.

3. 有一个电子管, 其真空度(即电子管内气体压强)为 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mmHg}$, 则 27°C 时管内单位体积的分子数为 _____ . (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 76 \text{ cmHg}$)

4. 在容积为 10^{-2} m^3 的容器中, 装有质量 100 g 的气体, 若气体分子的方均根速率为 $200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则气体的压强为 _____.

5. 氢分子的质量为 $3.3 \times 10^{-24} \text{ g}$, 如果每秒有 10^{23} 个氢分子沿着与容器器壁的法线成 45° 角的方向以 10^5 cm/s 的速率撞击在 2.0 cm^2 面积上(碰撞是完全弹性的), 则此氢气的压强为 _____.

6. 若某种理想气体分子的方均根速率 $(\bar{v}^2)^{1/2} = 450 \text{ m/s}$, 气体压强为 $p = 7 \times 10^4 \text{ Pa}$, 则该气体的密度为 $\rho =$ _____.

则这气体的摩尔质量 $M_{\text{mol}} = \underline{\hspace{2cm}}$. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

19. A、B、C 三个容器中皆装有理想气体, 它们的分子数密度之比为 $n_A : n_B : n_C = 4 : 2 : 1$, 而分子的平均平动动能之比为 $w_A : w_B : w_C = 1 : 2 : 4$, 则它们的

压强之比 $p_A : p_B : p_C = \underline{\hspace{2cm}}$.

20. 三个容器内分别贮有 1 mol 氦(He)、1 mol 氢(H_2)和 1 mol 氨(NH_3)(均视为刚性分子的理想气体). 若它们的温度都升高 1 K, 则三种气体的内能的增加值分别为: (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

氦: $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$;

氢: $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$;

氨: $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$.

21. 1 mol 氧气(视为刚性双原子分子的理想气体)贮于一氧气瓶中, 温度为 27°C , 这瓶氧气的内能为 $\underline{\hspace{2cm}}$ J; 分子的平均平动动能为 $\underline{\hspace{2cm}}$ J; 分子的平均总动能为 $\underline{\hspace{2cm}}$ J.

(摩尔气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

22. 有一瓶质量为 M 的氢气(视作刚性双原子分子的理想气体), 温度为 T , 则氢分子的平均平动动能为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 氢分子的平均动能为 $\underline{\hspace{2cm}}$, 该瓶氢气的内能为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

23. 分子的平均动能公式 $\bar{\epsilon} = \frac{1}{2} i k T$ (i 是分子的自由度)的适用条件是 $\underline{\hspace{2cm}}$

$\underline{\hspace{2cm}}$. 室温下 1 mol 双原子分子理想气体的压强为 p , 体积为 V , 则此气体分子的平均动能为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

24. 一能量为 10^{12} eV 的宇宙射线粒子, 射入一氖管中, 氖管内充有 0.1 mol 的氖气, 若宇宙射线粒子的能量全部被氖气分子所吸收, 则氖气温度升高了 $\underline{\hspace{2cm}}$ K. ($1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K})$)

25. 一气体分子的质量可以根据该气体的定体比热来计算. 氦气的定体比热 $c_V = 0.314 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 则氦原子的质量 $m = \underline{\hspace{2cm}}$. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} / \text{K}$)

26. 容器中储有 1 mol 的氮气, 压强为 1.33 Pa, 温度为 7°C , 则

(1) 1 m^3 中氮气的分子数为 $\underline{\hspace{2cm}}$;

(2) 容器中的氮气的密度为 $\underline{\hspace{2cm}}$;

(3) 1 m^3 中氮分子的总平动动能为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, N_2 气的摩尔质量 $M_{\text{mol}} = 28 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

27. 一铁球由 10 m 高处落到地面, 回升到 0.5 m 高处. 假定铁球与地面碰撞时损失的宏观机械能全部转变为铁球的内能, 则铁球的温度将升高 $\underline{\hspace{2cm}}$.

(已知铁的比热 $c = 501.6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

28. 储有氢气的容器以某速度 v 作定向运动, 假设该容器突然停止, 气体的全部定向运动动能都变为气体分子热运动的动能, 此时容器中气体的温度上升 0.7 K, 则容器作定向运动的速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s, 容器中气体分子的平均动能增加了 $\underline{\hspace{2cm}}$ J.

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, 氢气分子可视为刚性分子.)

29. 储有某种刚性双原子分子理想气体的容器以速度 $v = 100 \text{ m/s}$ 运动, 假设该容器突然停

止, 气体的全部定向运动动能都变为气体分子热运动的动能, 此时容器中气体的温度上升 6.74 K, 由此可知容器中气体的摩尔质量 $M_{\text{mol}} = \underline{\hspace{2cm}}$. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

30. 容积为 10 L(升)的盒子以速率 $v = 200 \text{ m/s}$ 匀速运动, 容器中充有质量为 50 g, 温度为 18°C 的氢气, 设盒子突然停止, 气体的全部定向运动的动能都变为气体分子热运动的动能, 容器与外界没有热量交换, 则达到热平衡后; 氢气的温度将增加 $\underline{\hspace{2cm}}$ K; 氢气的压强将增加 $\underline{\hspace{2cm}}$ Pa.

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 氢气分子可视为刚性分子.)

31. 2 g 氢气与 2 g 氦气分别装在两个容积相同的封闭容器内, 温度也相同. (氢气分子视为刚性双原子分子)

(1) 氢气分子与氦气分子的平均平动动能之比 $\bar{\epsilon}_{\text{H}_2} / \bar{\epsilon}_{\text{He}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

(2) 氢气与氦气压强之比 $p_{\text{H}_2} = p_{\text{He}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

(3) 氢气与氦气内能之比 $E_{\text{H}_2} / E_{\text{He}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

32. 已知一容器内的理想气体在温度为 273 K、压强为 $1.0 \times 10^{-2} \text{ atm}$ 时, 其密度为 $1.24 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3$, 则该气体的摩尔质量 $M_{\text{mol}} = \underline{\hspace{2cm}}$; 容器单位体积内分子的总平动动能 = $\underline{\hspace{2cm}}$. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

33. 理想气体分子的平均平动动能 与热力学温度 T 的关系式是 $\underline{\hspace{2cm}}$, 此式所揭示的气体温度的统计意义是 $\underline{\hspace{2cm}}$.

34. 若气体分子的平均平动动能等于 $1.06 \times 10^{-19} \text{ J}$, 则该气体的温度 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ K. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

35. 对于单原子分子理想气体, 下面各式分别代表什么物理意义?

(1) $\frac{3}{2} RT$: $\underline{\hspace{2cm}}$,

(2) $\frac{3}{2} R$: $\underline{\hspace{2cm}}$,

(3) $\frac{5}{2} R$: $\underline{\hspace{2cm}}$.

(式中 R 为普适气体常量, T 为气体的温度)

36. 若某容器内温度为 300 K 的二氧化碳气体(视为刚性分子理想气体)的内能为 $3.74 \times 10^3 \text{ J}$, 则该容器内气体分子总数为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, 阿伏伽德罗常量 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

37. 一定量 H_2 气(视为刚性分子的理想气体), 若温度每升高 1 K, 其内能增加 41.6 J, 则该 H_2 气的质量为 $\underline{\hspace{2cm}}$. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

38. 1 mol 的单原子分子理想气体, 在 1 atm 的恒定压强下, 从 0°C 加热到 100°C , 则气体的内能改变了 $\underline{\hspace{2cm}}$ J. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

39. 体积和压强都相同的氢气和氦气(均视为刚性分子理想气体), 在某一温度 T 下混合, 所有氢分子所具有的热运动动能在系统总热运动动能中所占的百分比为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

40. 体积为 10^{-3} m^3 、压强为 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的气体分子的平均平动动能的总和为 $\underline{\hspace{2cm}}$ J.

41. 1 大气压、 27°C 时, 一立方米体积中理想气体的分子数 $n = \underline{\hspace{2cm}}$, 分子热运动的平均平动动能 = $\underline{\hspace{2cm}}$. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

42. 根据能量按自由度均分原理, 设气体分子为刚性分子, 分子自由度数为 i , 则当温度为

T 时,

- (1) 一个分子的平均动能为_____。
 (2) 一摩尔氧气分子的转动动能总和为_____。

43. 1 mol 氮气, 由状态 $A(p_1, V)$ 变到状态 $B(p_2, V)$, 气体内能的增量为_____。
 44. 有两瓶气体, 一瓶是氦气, 另一瓶是氢气(均视为刚性分子理想气体), 若它们的压强、体积、温度均相同, 则氢气的内能是氦气的_____倍。
 45. 用绝热材料制成的一个容器, 体积为 $2V_0$, 被绝热板隔成 A、B 两部分, A 内储有 1 mol 单原子分子理想气体, B 内储有 2 mol 刚性双原子分子理想气体, A、B 两部分压强相等均为 p_0 , 两部分体积均为 V_0 , 则

(1) 两种气体各自的内能分别为 $E_A = \underline{\hspace{2cm}}$; $E_B = \underline{\hspace{2cm}}$;

(2) 抽去绝热板, 两种气体混合后处于平衡时的温度为 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

46. 在温度为 127°C 时, 1 mol 氧气(其分子可视为刚性分子)的内能为_____ J, 其中分子转动的总动能为_____ J。(普适气体常量 $R = 8.31\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

47. 对于处在平衡态下温度为 T 的理想气体, $\frac{3}{2}kT$ 的物理意义是_____。
 _____。(k 为玻尔兹曼常量)

48. 对于处在平衡态下温度为 T 的理想气体, $\frac{1}{2}kT$ 的物理意义是_____。
 _____。(k 为玻尔兹曼常量)

49. 分子热运动自由度为 i 的一定量刚性分子理想气体, 当其体积为 V 、压强为 p 时, 其内能 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

50. 在一个以匀速度 u 运动的容器中, 盛有分子质量为 m 的某种单原子理想气体。若使容器突然停止运动, 则气体状态达到平衡后, 其温度的增量 $\Delta T = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

51. 在相同的温度和压强下, 氢气(视为刚性双原子分子气体)与氦气的单位体积内能之比为_____。氢气与氦气的单位质量内能之比为_____。

52. 一氧气瓶的容积为 V , 充入氧气的压强为 p_1 , 用了一段时间后压强降为 p_2 , 则瓶中剩下的氧气的内能与未用前氧气的内能之比为_____。

53. 处于重力场中的某种气体, 在高度 z 处单位体积内的分子数即分子数密度为 n 。若 $f(v)$ 是分子的速率分布函数, 则坐标介于 $x \sim x+dx$ 、 $y \sim y+dy$ 、 $z \sim z+dz$ 区间内,

速率介于 $v \sim v+dv$ 区间内的分子数 $dN = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

54. 重力场中大气压强随高度 h 的变化规律为

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{M_{\text{mol}}gh}{RT}\right)$$

当随着高度增加, 大气压强 p 减至为地面压强 p_0 的 75% 时, 该处距离地面的高度 $h = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(设空气的温度为 0°C , 普适气体常量 $R = 8.31\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 空气的摩尔质量为 $29 \times 10^{-3}\text{kg/mol}$, 符号 $\exp(a)$, 即 e^a)

55. 已知大气中分子数密度 n 随高度 h 的变化规律

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{M_{\text{mol}}gh}{RT}\right)$$

式中 n_0 为 $h=0$ 处的分子数密度。若大气中空气的摩尔质量为 M_{mol} , 温度为 T , 且处处相同, 并设重力场是均匀的, 则空气分子数密度减少到地面的一半时的高度为_____。(符号 $\exp(a)$, 即 e^a)

56. 已知大气压强随高度 h 变化的规律为

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{M_{\text{mol}}gh}{RT}\right)$$

拉萨海拔约为 3600 m, 设大气温度 $t=27^\circ\text{C}$, 而且处处相同, 则拉萨的气压 $p=$ _____ . (空气的摩尔质量 $M_{\text{mol}}=29\times 10^{-3}\text{ kg/mol}$, 普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, 海平面处的压强 $p=1\text{ atm}$, 符号 $\exp(a)$, 即 e^a)

57. 已知大气压强随高度 h 的变化规律为

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{M_{\text{mol}}gh}{RT}\right)$$

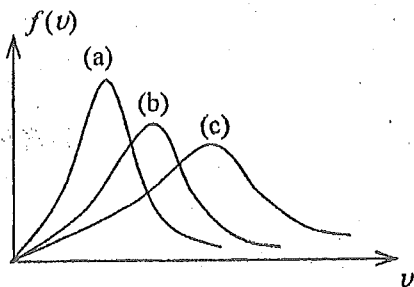
设气温 $t=5^\circ\text{C}$, 同时测得海平面的气压和山顶的气压分别为 750 mmHg 和 590 mmHg, 则山顶的海拔 $h=$ _____ m. (普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, 空气的摩尔质量 $M_{\text{mol}}=29\times 10^{-3}\text{ kg/mol}$, p_0 为 $h=0$ 处的压强, 符号 $\exp(a)$, 即 e^a)

58. 分子质量为 m 、温度为 T 的气体, 其分子数密度按高度 h 分布的规律是 _____ . (已知 $h=0$ 时, 分子数密度为 n_0)

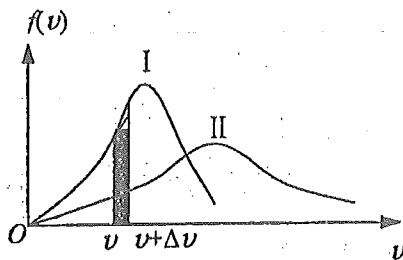
59. 在无外力场作用的条件下, 处于平衡态的气体分子按速度分布的规律, 可用 _____ 分布律来描述.

如果气体处于外力场中, 气体分子在空间的分布规律, 可用 _____ 分布律来描述.

60. 由玻尔兹曼分布律可知, 在温度为 T 的平衡态中, 分布在某一状态区间的分子数 dN 与该区间粒子的能量 ε 有关, 其关系为 $dN \propto$ _____ .



(61 题图)



(62 题图)

61. 图示曲线为处于同一温度 T 时氦 (原子量 4)、氖 (原子量 20) 和氩 (原子量 40) 三种气体分子的速率分布曲线。其中

曲线 (a) 是 氦 气分子的速率分布曲线;

曲线 (c) 是 氩 气分子的速率分布曲线;

62. 图示的两条曲线分别表示氦、氧两种气体在相同温度 T 时分子按速率的分布, 其中

(1) 曲线 I 表示 氦 气分子的速率分布曲线;

曲线 II 表示 氧 气分子的速率分布曲线.

(2) 画有阴影的小长条面积表示 速率在 $v \sim v+\Delta v$ 内所含分子数占总分子数的百分比

(3) 分布曲线下所包围的面积表示 速率在 $0 \sim \infty$ 内分子数所占百分率总和

63. 在平衡状态下, 已知理想气体分子的麦克斯韦速率分布函数为 $f(v)$ 、分子质量为 m 、最概然速率为 v_0 , 试说明下列各式的物理意义:

(1) $\int_p^{\infty} f(v)dv$ 表示 $v_p \sim \infty$ 内分子数与总分子数的百分比;

(2) $\int_0^{\infty} \frac{1}{2}mv^2 f(v)dv$ 表示 分子平均动能的平均值

64. 用总分子数 N 、气体分子速率 v 和速率分布函数 $f(v)$ 表示下列各量:

(1) 速率大于 v_0 的分子数 = _____;

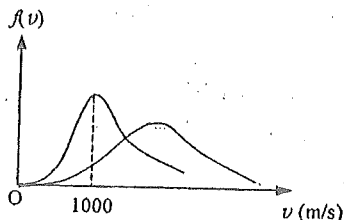
(2) 速率大于 v_0 的那些分子的平均速率 = _____;

(3) 多次观察某一分子的速率, 发现其速率大于 v_0 的概率 = _____.

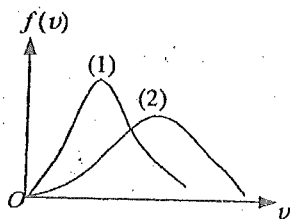
65. 已知 $f(v)$ 为麦克斯韦速率分布函数, v_p 为分子的最概然速率, 则 $\int_0^{v_p} f(v)dv$

表示 _____; 速率 $v > v_p$ 的分子的平均速率表达式为 _____.

66. 图示的曲线分别表示了氢气和氦气在同一温度下的分子速率的分布情况. 由图可知, 氦气分子的最概然速率为 _____, 氢气分子的最概然速率为 _____.



(66 题图)



(69 题图)

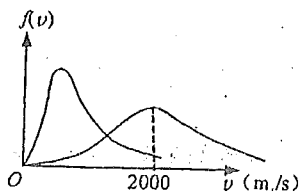
67. 某气体在温度为 $T=273\text{ K}$ 时, 压强为 $p=1.0 \times 10^{-2}\text{ atm}$, 密度 $\rho=1.24 \times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$, 则该气体分子的方均根速率为 _____ . ($1\text{ atm}=1.013 \times 10^5\text{ Pa}$)

68. 在容积为 V 的容器内, 同时盛有质量为 M_1 和质量为 M_2 的两种单原子分子的理想气体, 已知此混合气体处于平衡状态时它们的内能相等, 且均为 E . 则混合气体压强 $p=$ _____; 两种分子的平均速率之比 $\bar{v}_1/\bar{v}_2=$ _____.

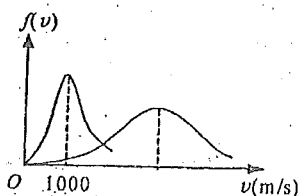
69. 现有两条气体分子速率分布曲线(1)和(2), 如图所示. 若两条曲线分别表示同一种气体处于不同的温度下的速率分布, 则曲线 _____ 表示气体的温度较高. 若两条曲线分别表示同一温度下的氢气和氧气的速率分布, 则曲线 _____ 表示的是氧气的速率分布.

70. 当理想气体处于平衡态时, 若气体分子速率分布函数为 $f(v)$, 则分子速率处于最概然速率 v_p 至 ∞ 范围内的概率 $\Delta N/N=$ _____.

71. 图示的两条 $f(v) \sim v$ 曲线分别表示氢气和氧气在同一温度下的麦克斯韦速率分布曲线. 由此可得 氢气分子的最概然速率为 _____; 氧气分子的最概然速率为 _____.



(71 题图)



(74 题图)

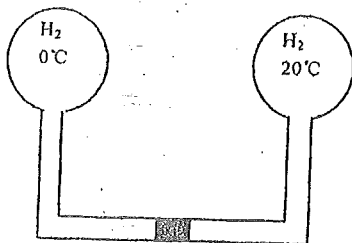
72. 一容器内盛有密度为 ρ 的单原子理想气体, 其压强为 p , 此气体分子的方均根速率为 _____; 单位体积内气体的内能是 _____.
73. 已知 $f(v)$ 为麦克斯韦速率分布函数, N 为总分子数, 则
 (1) 速率 $v > 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的分子数占总分子数的百分比的表达式为 _____;
 (2) 速率 $v > 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的分子数的表达式为 _____.
74. 图示氢气分子和氧气分子在相同温度下的麦克斯韦速率分布曲线, 则氢气分子的最概然速率为 _____, 氧分子的最概然速率为 _____.
75. 一个容器内有摩尔质量分别为 M_{mol1} 和 M_{mol2} 的两种不同的理想气体 1 和 2, 当此混合气体处于平衡状态时,
 1 和 2 两种气体分子的方均根速率之比是 _____.
76. 设容器内盛有质量为 M_1 和质量为 M_2 的两种不同单原子分子理想气体, 并处于平衡态, 其内能均为 E . 则此两种气体分子的平均速率之比为 _____.
77. 在相同温度下, 氢分子与氧分子的平均平动动能的比值为 _____.
 方均根速率的比值为 _____.
78. 设气体分子服从麦克斯韦速率分布律, \bar{v} 代表平均速率, Δv 为一固定的速率区间, 速率在 \bar{v} 到 $\bar{v} + \Delta v$ 范围内的分子数占分子总数的百分率随气体的温度升高而 _____ (增加、降低或保持不变).
79. 氮气在标准状态下的分子平均碰撞频率为 $5.42 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$, 分子平均自由程为 $6 \times 10^{-6} \text{ cm}$, 若温度不变, 气压降为 0.1 atm , 则分子的平均碰撞频率变为 _____; 平均自由程变为 _____.
80. (1) 分子的有效直径的数量级是 _____.
 (2) 在常温下, 气体分子的平均速率的数量级是 _____.
 (3) 在标准状态下气体分子的碰撞频率的数量级是 _____.
81. 一定量的理想气体, 经等压过程从体积 V_0 膨胀到 $2V_0$, 则描述分子运动的下列各量与原来的量值之比是
 (1) 平均自由程 $\frac{\bar{\lambda}}{\lambda_0} =$ _____.
 (2) 平均速率 $\frac{\bar{v}}{v_0} =$ _____.
 (3) 平均动能 $\frac{\epsilon_K}{\epsilon_{K0}} =$ _____.
82. 一定质量的理想气体, 先经过等体过程使其热力学温度升高一倍, 再经过等温过程使其体积膨胀为原来的两倍, 则分子的平均自由程变为原来的 _____ 倍.
83. 一定量的某种理想气体, 先经过等体过程使其热力学温度升高为原来的 2 倍; 再经过等压过程使其体积膨胀为原来的 2 倍, 则分子的平均自由程变为原来的 _____ 倍.
84. 一定量的某种理想气体, 先经过等体过程使其热力学温度升高为原来的 4 倍; 再经过等温过程使其体积膨胀为原来的 2 倍, 则分子的平均碰撞频率变为原来的 _____ 倍.

三、计算题

1. 两个相同的容器装有氢气, 以一细玻璃管相连通, 管中用一滴水银作活塞, 如图所示. 当左边容器的温度为 0°C 、而右边容器的温度为 20°C 时, 水银滴刚好在管的中央. 试问, 当左边容器温度由 0°C 增到 5°C 、而右边容器温度由 20°C 增到 30°C 时, 水银滴是否会移动?

T 变化时
P 变化吗?

如何移动?



(1 题图)

2. 黄绿光的波长是 5000 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$). 理想气体在标准状态下, 以黄绿光的波长为边长的立方体内有多少个分子?(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{\text{mol}}}}$

3. 已知某理想气体分子的方均根速率为 $400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. 当其压强为 1 atm 时, 求气体的密度.

$\frac{1}{2}kT$
不同分子

4. 一容积为 10 cm^3 的电子管, 当温度为 300 K 时, 用真空泵把管内空气抽成压强为 $5 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$ 的高真空, 问此时管内有多少个空气分子? 这些空气分子的平均平动动能的总和是多少? 平均转动动能的总和是多少? 平均动能的总和是多少? ($760 \text{ mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 空气分子可认为是刚性双原子分子) (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

$\frac{1}{2}kT$

5. 容积为 20.0 L (升)的瓶子以速率 $v = 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 匀速运动, 瓶子中充有质量为 100 g 的氦气. 设瓶子突然停止, 且气体的全部定向运动动能都变为气体分子热运动的动能, 瓶子与外界没有热量交换, 求热平衡后氦气的温度、压强、内能及氦气分子的平均动能各增加多少?(摩尔气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}RT$

6. 一密封房间的体积为 $5 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$; 室温为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 室内空气分子热运动的平均平动动能的总和是多少? 如果气体的温度升高 1.0 K , 而体积不变, 则气体的内能变化多少? 气体分子的方均根速率增加多少? 已知空气的密度 $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$, 摩尔质量 $M_{\text{mol}} = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, 且空气分子可认为是刚性双原子分子. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

$\frac{1}{2}kT$

7. 有 $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 刚性双原子分子理想气体, 其内能为 $6.75 \times 10^2 \text{ J}$.

$\frac{1}{2}kT$

(1) 试求气体的压强;

$\frac{1}{2}kT$

(2) 设分子总数为 5.4×10^{22} 个, 求分子的平均平动动能及气体的温度. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

8. 一瓶氢气和一瓶氧气温度相同. 若氢气分子的平均平动动能为 $\bar{\epsilon} = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$. 试求:

(1) 氧气分子的平均平动动能和方均根速率.

(2) 氧气的温度.

(阿伏伽德罗常量 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

9. 某理想气体的定压摩尔热容为 $29.1 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. 求它在温度为 273 K 时分子平均转动动能. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

10. 一超声波源发射超声波的功率为 10 W . 假设它工作 10 s , 并且全部波动能量都被 1 mol 氧气吸收而用于增加其内能, 则氧气的温度升高了多少?

(氧气分子视为刚性分子, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

11. 储有 1 mol 氧气, 容积为 1 m^3 的容器以 $v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度运动. 设容器突然停止, 其中氧气的 80% 的机械运动动能转化为气体分子热运动动能, 问气体的温度及压强各升高了多少? (氧气分子视为刚性分子, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \quad M_{He} = 4g$$

12. 水蒸气分解为同温度 T 的氢气和氧气 $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$ 时, 1 摩尔的水蒸气可分解成

1 摩尔氢气和 $\frac{1}{2}$ 摩尔氧气. 当不计振动自由度时, 求此过程中内能的增量.

13. 容器内有 $M = 2.66$ kg 氧气, 已知其气体分子的平均动能总和是 $E_k = 4.14 \times 10^5$ J, 求:

(1) 气体分子的平均平动动能;

(2) 气体温度.

(阿伏伽德罗常量 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ /mol, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J · K⁻¹)

14. 容积 $V = 1$ m³ 的容器内混有 $N_1 = 1.0 \times 10^{25}$ 个氢气分子和 $N_2 = 4.0 \times 10^{25}$ 个氧气分子, 混合气体的温度为 400 K, 求:

(1) 气体分子的平均动能总和.

(2) 混合气体的压强. (普适气体常量 $R = 8.31$ J · mol⁻¹ · K⁻¹)

15. 1 kg 某种理想气体, 分子平均动能总和是 1.86×10^6 J, 已知每个分子的质量是 3.34×10^{-27} kg, 试求气体的温度. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J · K⁻¹)

16. 将 1 kg 氢气和 M kg 氦气混合, 平衡后混合气体的内能是 2.45×10^6 J, 氦分子平均动能是 6×10^{-21} J, 求氦气质量 M .

(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J · K⁻¹, 普适气体常量 $R = 8.31$ J · mol⁻¹ · K⁻¹)

17. 容器内有 11 kg 二氧化碳和 2 kg 氢气(两种气体均视为刚性分子的理想气体), 已知混合气体的内能是 8.1×10^6 J. 求:

(1) 混合气体的温度;

(2) 两种气体分子的平均动能.

(二氧化碳的 $M_{mol} = 44 \times 10^{-3}$ kg · mol⁻¹, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J · K⁻¹ 摩尔气体常量 $R = 8.31$ J · mol⁻¹ · K⁻¹)

18. 容器内混有二氧化碳和氧气两种气体, 混合气体的温度是 290 K, 内能是 9.64×10^5 J, 总质量是 5.4 kg, 试分别求二氧化碳和氧气的质量.

(二氧化碳的 $M_{mol} = 44 \times 10^{-3}$ kg · mol⁻¹, 氧气的 $M_{mol} = 32 \times 10^{-3}$ kg · mol⁻¹, 普适气体常量 $R = 8.31$ J · mol⁻¹ · K⁻¹)

19. 容积 $V = 1$ m³ 的容器内混有 $N_1 = 1.0 \times 10^{25}$ 个氧气分子和 $N_2 = 4.0 \times 10^{25}$ 个氮气分子, 混合气体的压强是 2.76×10^5 Pa, 求:

(1) 分子的平均平动动能;

(2) 混合气体的温度. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J · K⁻¹)

20. 当氢气和氦气的压强、体积和温度都相等时, 求它们的质量比 $\frac{M(H_2)}{M(He)}$ 和内能比

$\frac{E(H_2)}{E(He)}$. (将氦气视为刚性双原子分子气体)

21. 有 ν 摩尔的刚性双原子分子理想气体, 原来处在平衡态, 当它从外界吸收热量 Q 并对外作功 A 后, 又达到一新的平衡态. 试求分子的平均平动动能增加了多少. (用 ν , Q , A 和阿伏伽德罗常数 N_A 表示)

22. 假设地球大气层由同种分子构成, 且充满整个空间, 并设各处温度 T 相等. 试根据玻尔兹曼分布律计算大气层中分子的平均重力势能 ε_p .

(已知积分公式 $\int_0^\infty x^n e^{-ax} dx = n! / a^{n+1}$)

23. 计算下列一组粒子的平均速率和方均根速率.

粒子数 N_i	2	4	6	8	2
速率 v_i (m/s)	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0

24. 质量 $m=6.2 \times 10^{-17}$ g 的微粒悬浮在 27°C 的液体中, 观察到悬浮粒子的方均根速率为 $1.4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. 假设粒子速率服从麦克斯韦速率分布, 求阿伏伽德罗常数. (普适气体常量 $R=8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

25. 许多星球的温度达到 10^8 K . 在这温度下原子已经不存在了, 而氢核(质子)是存在的. 若把氢核视为理想气体, 求:

- (1) 氢核的方均根速率是多少?
- (2) 氢核的平均平动动能是多少电子伏特?

(普适气体常量 $R=8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $1 \text{ eV}=1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, 玻尔兹曼常量 $k=1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

26. 一氧气的容积为 V , 充了气未使用时压强为 p_1 , 温度为 T_1 ; 使用后瓶内氧气的质量减少为原来的一半, 其压强降为 p_2 , 试求此时瓶内氧气的温度 T_2 . 及使用前后分子热运动平均速率之比 $\overline{v_1}/\overline{v_2}$.

27. 今测得温度为 $t_1=15^\circ\text{C}$, 压强为 $p_1=0.76 \text{ m}$ 汞柱高时, 氩分子和氖分子的平均自由程分别为: $\overline{\lambda}_{\text{Ar}}=6.7 \times 10^{-8} \text{ m}$ 和 $\overline{\lambda}_{\text{Ne}}=13.2 \times 10^{-8} \text{ m}$, 求:

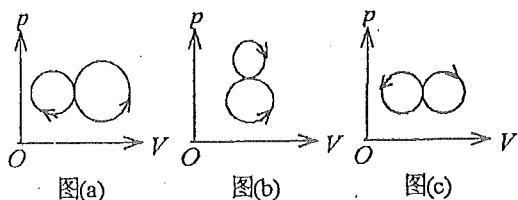
- (1) 氖分子和氩分子有效直径之比 $d_{\text{Ne}}/d_{\text{Ar}}=?$
- (2) 温度为 $t_2=20^\circ\text{C}$, 压强为 $p_2=0.15 \text{ m}$ 汞柱高时, 氩分子的平均自由程 $\overline{\lambda}'_{\text{Ar}}=?$

热力学

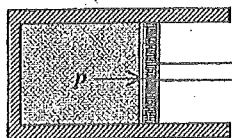
一、选择题

1. 图(a)、(b)、(c)各表示联接在一起的两个循环过程, 其中(c)图是两个半径相等的圆构成的两个循环过程, 图(a)和(b)则为半径不等的两个圆. 那么:

- (A) 图(a)总净功为负. 图(b)总净功为正. 图(c)总净功为零.
- (B) 图(a)总净功为负. 图(b)总净功为负. 图(c)总净功为正.
- (C) 图(a)总净功为负. 图(b)总净功为负. 图(c)总净功为零.
- (D) 图(a)总净功为正. 图(b)总净功为正. 图(c)总净功为负.



(1 题图)



(3 题图)

2. 关于可逆过程和不可逆过程的判断:

- (1) 可逆热力学过程一定是准静态过程.
- (2) 准静态过程一定是可逆过程.
- (3) 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程.
- (4) 凡有摩擦的过程, 一定是不可逆过程.

以上四种判断, 其中正确的是

- (A) (1)、(2)、(3).
- (B) (1)、(2)、(4).
- (C) (2)、(4).
- (D) (1)、(4).

3. 如图所示, 当气缸中的活塞迅速向外移动从而使气体膨胀时, 气体所经历的过程

- (A) 是平衡过程, 它能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示.
- (B) 不是平衡过程, 但它能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示.
- (C) 不是平衡过程, 它不能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示.
- (D) 是平衡过程, 但它不能用 $p-V$ 图上的一条曲线表示.

4. 在下列各种说法

- (1) 平衡过程就是无摩擦力作用的过程.
- (2) 平衡过程一定是可逆过程.
- (3) 平衡过程是无限多个连续变化的平衡态的连接.
- (4) 平衡过程在 $p-V$ 图上可用一连续曲线表示.

中, 哪些是正确的?

- (A) (1)、(2).
- (B) (3)、(4).
- (C) (2)、(3)、(4).
- (D) (1)、(2)、(3)、(4).

5. 设有下列过程:

- (1) 用活塞缓慢地压缩绝热容器中的理想气体。(设活塞与器壁无摩擦)
- (2) 用缓慢地旋转的叶片使绝热容器中的水温上升.
- (3) 一滴墨水在水杯中缓慢弥散开.
- (4) 一个不受空气阻力及其它摩擦力作用的单摆的摆动.

其中是可逆过程的为

- (A) (1)、(2)、(4).
- (B) (1)、(2)、(3).
- (C) (1)、(3)、(4).
- (D) (1)、(4).

6. 在下列说法

- (1) 可逆过程一定是平衡过程.
 - (2) 平衡过程一定是可逆的.
 - (3) 不可逆过程一定是非平衡过程.
 - (4) 非平衡过程一定是不可逆的.
- 中, 哪些是正确的?

- (A) (1)、(4).
- (B) (2)、(3).
- (C) (1)、(2)、(3)、(4).
- (D) (1)、(3).

7. 置于容器内的气体, 如果气体内各处压强相等, 或气体内各处温度相同, 则这两种情况下气体的状态

- (A) 一定都是平衡态.
- (B) 不一定是平衡态.
- (C) 前者一定是平衡态, 后者一定不是平衡态.
- (D) 后者一定是平衡态, 前者一定不是平衡态.

8. 气体在状态变化过程中, 可以保持体积不变或保持压强不变, 这两种过程

- (A) 一定都是平衡过程.
- (B) 不一定是平衡过程.
- (C) 前者是平衡过程, 后者不是平衡过程.
- (D) 后者是平衡过程, 前者不是平衡过程.

9. 关于可逆过程和不可逆过程有以下几种说法:

- (1) 可逆过程一定是平衡过程.
- (2) 平衡过程一定是可逆过程.
- (3) 不可逆过程发生后一定找不到另一过程使系统和外界同时复原.
- (4) 非平衡过程一定是不可逆过程.

以上说法, 正确的是:

- (A) (1)、(2)、(3).
- (B) (2)、(3)、(4).
- (C) (1)、(3)、(4).
- (D) (1)、(2)、(3)、(4).

10. 一定量的理想气体, 开始时处于压强, 体积, 温度分别为 p_1, V_1, T_1 的平衡态, 后来变到压强, 体积, 温度分别为 p_2, V_2, T_2 的终态. 若已知 $V_2 > V_1$, 且 $T_2 = T_1$, 则以下各种说法中正确的是:

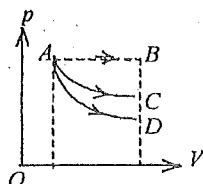
- (A) 不论经历的是什么过程, 气体对外净作的功一定为正值.

(B) 不论经历的是什么过程, 气体从外界净吸的热一定为正值.

(C) 若气体从始态变到终态经历的是等温过程, 则气体吸收的热量最少.

(D) 如果不给定气体所经历的是什么过程, 则气体在过程中对外净作功和从外界净吸热的正负皆无法判断.

11. 如图所示, 一定量理想气体从体积 V_1 , 膨胀到体积 V_2 分别经历的过程是: $A \rightarrow B$ 等压过程, $A \rightarrow C$ 等温过程; $A \rightarrow D$ 绝热过程, 其中吸热量最多的过程



(A) 是 $A \rightarrow B$.

(B) 是 $A \rightarrow C$.

(C) 是 $A \rightarrow D$.

(D) 既是 $A \rightarrow B$ 也是 $A \rightarrow C$, 两过程吸热一样多.

12. 质量一定的理想气体, 从相同状态出发, 分别经历等温过程、等压过程和绝热过程, 使其体积增加一倍. 那么气体温度的改变(绝对值)在

(A) 绝热过程中最大, 等压过程中最小.

(B) 绝热过程中最大, 等温过程中最小.

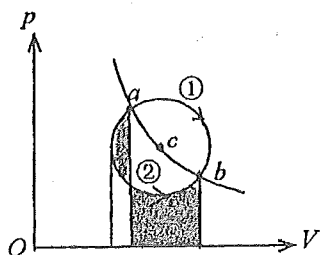
(C) 等压过程中最大, 绝热过程中最小.

(D) 等压过程中最大, 等温过程中最小.

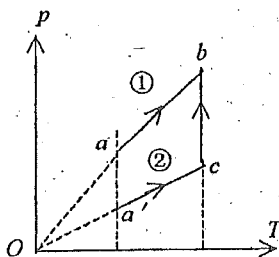
13. 一定量的理想气体, 从 a 态出发经过①或②过程到达 b 态, acb 为等温线(如图), 则①、②两过程中外界对系统传递的热量 Q_1 、 Q_2 是

(A) $Q_1 > 0$, $Q_2 > 0$. (B) $Q_1 < 0$, $Q_2 < 0$.

(C) $Q_1 > 0$, $Q_2 < 0$. (D) $Q_1 < 0$, $Q_2 > 0$.



(13 题图)



(14 题图)

14. 一定量的理想气体分别由初态 a 经①过程 ab 和由初态 a' 经②过程 $a'cb$ 到达相同的终态 b , 如 $p-T$ 图所示, 则两个过程中气体从外界吸收的热量 Q_1 、 Q_2 的关系为:

(A) $Q_1 < 0$, $Q_1 > Q_2$. (B) $Q_1 > 0$, $Q_1 > Q_2$.

(C) $Q_1 < 0$, $Q_1 < Q_2$. (D) $Q_1 > 0$, $Q_1 < Q_2$.

15. 理想气体向真空作绝热膨胀.

(A) 膨胀后, 温度不变, 压强减小.

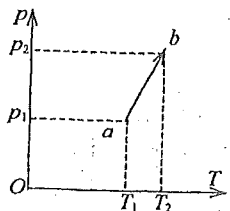
(B) 膨胀后, 温度降低, 压强减小.

(C) 膨胀后, 温度升高, 压强减小.

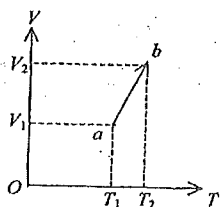
(D) 膨胀后, 温度不变, 压强不变.

16. 一定量的理想气体, 其状态改变在 $p-T$ 图上沿着一条直线从平衡态 a 到平衡态 b (如图).

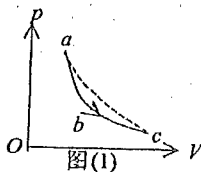
- (A) 这是一个膨胀过程.
- (B) 这是一个等体过程.
- (C) 这是一个压缩过程.
- (D) 数据不足, 不能判断这是那种过程.



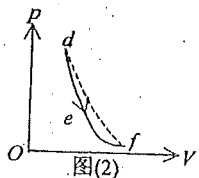
(16 题图)



(17 题图)



图(1)



图(2)

(18 题图)

17. 一定量的理想气体, 其状态在 $V-T$ 图上沿着一条直线从平衡态 a 改变到平衡态 b (如图).

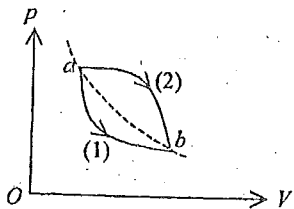
- (A) 这是一个等压过程.
- (B) 这是一个升压过程.
- (C) 这是一个降压过程.
- (D) 数据不足, 不能判断这是哪种过程

18. 一定量的理想气体, 分别经历如图(1) 所示的 abc 过程, (图中虚线 ac 为等温线), 和图(2) 所示的 def 过程(图中虚线 df 为绝热线). 判断这两种过程是吸热还是放热.

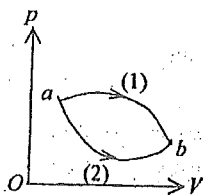
- (A) abc 过程吸热, def 过程放热.
- (B) abc 过程放热, def 过程吸热.
- (C) abc 过程和 def 过程都吸热.
- (D) abc 过程和 def 过程都放热.

19. 一定量的理想气体, 从 $p-V$ 图上初态 a 经历(1)或(2)过程到达末态 b , 已知 a, b 两态处于同一条绝热线上(图中虚线是绝热线), 则气体在

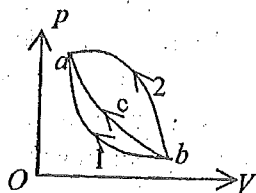
- (A) (1)过程中吸热, (2) 过程中放热.
- (B) (1)过程中放热, (2) 过程中吸热.
- (C) 两种过程中都吸热.
- (D) 两种过程中都放热.



(19 题图)



(20 题图)



(21 题图)

20. 1 mol 理想气体从 $p-V$ 图上初态 a 分别经历如图所示的(1) 或(2)过程到达末态 b . 已知 $T_a < T_b$, 则这两过程中气体吸收的热量 Q_1 和 Q_2 的关系是

- (A) $Q_1 > Q_2 > 0$.
- (B) $Q_2 > Q_1 > 0$.
- (C) $Q_2 < Q_1 < 0$.
- (D) $Q_1 < Q_2 < 0$.

(E) $Q_1 = Q_2 > 0$.

21. 如图, bca 为理想气体绝热过程, $b1a$ 和 $b2a$ 是任意过程, 则上述两过程中气体做功与吸收热量的情况是:

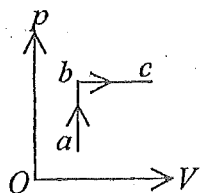
- (A) $b1a$ 过程放热, 作负功; $b2a$ 过程放热, 作负功.
- (B) $b1a$ 过程吸热, 作负功; $b2a$ 过程放热, 作负功.
- (C) $b1a$ 过程吸热, 作正功; $b2a$ 过程吸热, 作负功.
- (D) $b1a$ 过程放热, 作正功; $b2a$ 过程吸热, 作正功.

22. 对于理想气体系统来说, 在下列过程中, 哪个过程系统所吸收的热量、内能的增量和对外作的功三者均为负值?

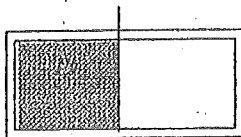
- (A) 等体降压过程. (B) 等温膨胀过程.
- (C) 绝热膨胀过程. (D) 等压压缩过程.

23. 理想气体经历如图所示的 abc 平衡过程, 则该系统对外做功 W , 从外界吸收的热量 Q 和内能的增量 ΔE 的正负情况如下:

- (A) $\Delta E > 0, Q > 0, W < 0$. (B) $\Delta E > 0, Q > 0, W > 0$.
- (C) $\Delta E > 0, Q < 0, W < 0$. (D) $\Delta E < 0, Q < 0, W < 0$.



(23 题图)



(26 题图)

24. 一物质系统从外界吸收一定的热量, 则

- (A) 系统的内能一定增加.
- (B) 系统的内能一定减少.
- (C) 系统的内能一定保持不变.
- (D) 系统的内能可能增加, 也可能减少或保持不变.

25. 一物质系统从外界吸收一定的热量, 则

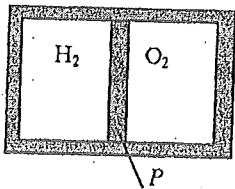
- (A) 系统的温度一定升高.
- (B) 系统的温度一定降低.
- (C) 系统的温度一定保持不变.
- (D) 系统的温度可能升高, 也可能降低或保持不变.

26. 如图所示, 一绝热密闭的容器, 用隔板分成相等的两部分, 左边盛有一定量的理想气体, 压强为 p_0 , 右边为真空. 今将隔板抽去, 气体自由膨胀, 当气体达到平衡时, 气体的压强是

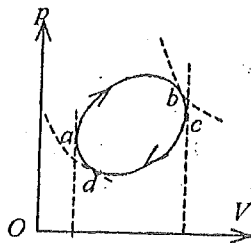
- (A) p_0 . (B) $p_0/2$.
- (C) $2^{\gamma} p_0$. (D) $p_0/2^{\gamma}$.

27. 两个完全相同的气缸内盛有同种气体, 设其初始状态相同, 今使它们分别作绝热压缩至相同的体积, 其中气缸 1 内的压缩过程是非准静态过程, 而气缸 2 内的压缩过程则是准静态过程. 比较这两种情况的温度变化:

- (A) 气缸 1 和 2 内气体的温度变化相同。
 (B) 气缸 1 内的气体较气缸 2 内的气体的温度变化大。
 (C) 气缸 1 内的气体较气缸 2 内的气体的温度变化小。
 (D) 气缸 1 和 2 内的气体的温度无变化。
28. 氦气、氮气、水蒸汽(均视为刚性分子理想气体), 它们的摩尔数相同, 初始状态相同, 若使它们在体积不变情况下吸收相等的热量, 则
 (A) 它们的温度升高相同, 压强增加相同。
 (B) 它们的温度升高相同, 压强增加不相同。
 (C) 它们的温度升高不相同, 压强增加不相同。
 (D) 它们的温度升高不相同, 压强增加相同。
29. 热力学第一定律表明:
 (A) 系统对外作的功不可能大于系统从外界吸收的热量。
 (B) 系统内能的增量等于系统从外界吸收的热量。
 (C) 不可能存在这样的循环过程, 在此循环过程中, 外界对系统作的功不等于系统传给外界的热量。
 (D) 热机的效率不可能等于 1。
30. 一定量的理想气体, 经历某过程后, 温度升高了, 则根据热力学定律可以断定:
 (1) 该理想气体系统在此过程中吸了热。
 (2) 在此过程中外界对该理想气体系统作了正功。
 (3) 该理想气体系统的内能增加了。
 (4) 在此过程中理想气体系统既从外界吸了热, 又对外作了正功。
 以上正确的断言是:
 (A) (1)、(3). (B) (2)、(3).
 (C) (3). (D) (3)、(4). (E) (4).



(31 题图)



(32 题图)

31. 一个绝热容器, 用质量可忽略的绝热板分成体积相等的两部分. 两边分别装入质量相等、温度相同的 H_2 气和 O_2 气. 开始时绝热板 P 固定. 然后释放之, 板 P 将发生移动(绝热板与容器壁之间不漏气且摩擦可以忽略不计), 在达到新的平衡位置后, 若比较两边温度的高低, 则结果是:
 (A) H_2 气比 O_2 气温度高.
 (B) O_2 气比 H_2 气温度高.
 (C) 两边温度相等且等于原来的温度.
 (D) 两边温度相等但比原来的温度降低了。

32. 理想气体经历如图中实线所示的循环过程，两条等体线分别和该循环过程曲线相切于 a 、 c 点，两条等温线分别和该循环过程曲线相切于 b 、 d 点 a 、 b 、 c 、 d 将该循环过程分成了 ab 、 bc 、 cd 、 da 四个阶段，则该四个阶段中从图上可肯定为放热的阶段为

- (A) ab . (B) bc . (C) cd . (D) da .

33. 有两个相同的容器，容积固定不变，一个盛有氮气，另一个盛有氢气（看成刚性分子的理想气体），它们的压强和温度都相等，现将 5J 的热量传给氢气，使氢气温度升高，如果使氮气也升高同样的温度，则应向氮气传递热量是：

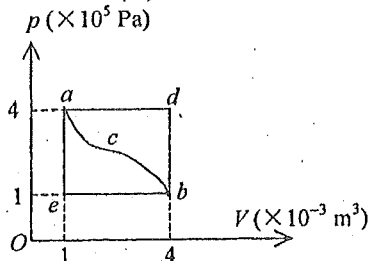
- (A) 6 J. (B) 5 J.
(C) 3 J. (D) 2 J.

34. 1mol 的单原子分子理想气体从状态 A 变为状态 B ，如果不知是什么气体，变化过程也不知道，但 A 、 B 两态的压强、体积和温度都知道，则可求出：

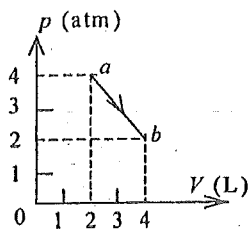
- (A) 气体所作的功 (B) 气体内能的变化
(C) 气体传给外界的热量 (D) 气体的质量

35. 一定量的理想气体经历 acb 过程时吸热 500 J. 则经历 $acbda$ 过程时，吸热为

- (A) -1200 J. (B) -700 J.
(C) -400 J. (D) 700 J.



(35 题图)



(37 题图)

36. 对于室温下的双原子分子理想气体，在等压膨胀的情况下，系统对外所作的功与从外界吸收的热量之比 W/Q 等于

- (A) $2/3$. (B) $1/2$. (C) $2/5$. (D) $2/7$.

37. 如图所示，一定量的理想气体，沿着图中直线从状态 a (压强 $p_1 = 4 \text{ atm}$, 体积 $V_1 = 2 \text{ L}$) 变到状态 b (压强 $p_2 = 2 \text{ atm}$, 体积 $V_2 = 4 \text{ L}$)。则在此过程中：

- (A) 气体对外作正功，向外界放出热量。
(B) 气体对外作正功，从外界吸热。
(C) 气体对外作负功，向外界放出热量。
(D) 气体对外作正功，内能减少。

38. 用公式 $\Delta E = \nu C_V \Delta T$ (式中 C_V 为定体摩尔热容量，视为常量， ν 为气体摩尔数) 计算理想气体内能增量时，此式

- (A) 只适用于准静态的等体过程。
(B) 只适用于一切等体过程。
(C) 只适用于一切准静态过程。

(D) 适用于一切始末态为平衡态的过程。
 39. 一定量的某种理想气体起始温度为 T , 体积为 V , 该气体在下面循环过程中经过三个平衡过程: (1) 绝热膨胀到体积为 $2V$, (2) 等体变化使温度恢复为 T , (3) 等温压缩到原来体积 V , 则此整个循环过程中

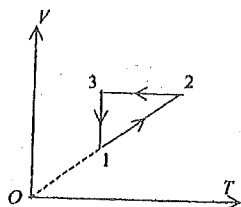
- (A) 气体向外界放热 (B) 气体对外界作正功
 (C) 气体内能增加 (D) 气体内能减少

40. 一定质量的理想气体完成一循环过程. 此过程在 $V-T$ 图中用图线 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ 描写. 该气体在循环过程中吸热、放热的情况是

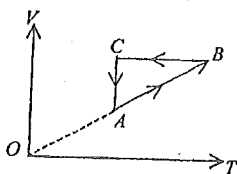
- (A) 在 $1 \rightarrow 2$, $3 \rightarrow 1$ 过程吸热; 在 $2 \rightarrow 3$ 过程放热.
 (B) 在 $2 \rightarrow 3$ 过程吸热; 在 $1 \rightarrow 2$, $3 \rightarrow 1$ 过程放热.
 (C) 在 $1 \rightarrow 2$ 过程吸热; 在 $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 1$ 过程放热.
 (D) 在 $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 1$ 过程吸热; 在 $1 \rightarrow 2$ 过程放热.

41. 一定量理想气体经历的循环过程用 $V-T$ 曲线表示如图. 在此循环过程中, 气体从外界吸热的过程是

- (A) $A \rightarrow B$. (B) $B \rightarrow C$. (C) $C \rightarrow A$. (D) $B \rightarrow C$ 和 $B \rightarrow C$.



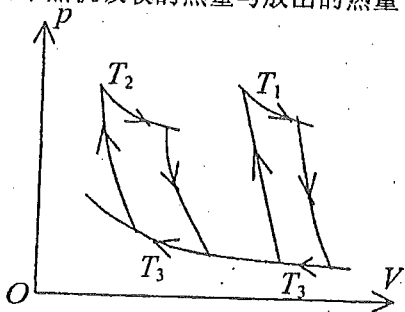
(40 题图)



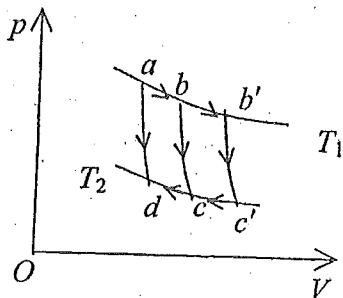
(41 题图)

42. 两个卡诺热机的循环曲线如图所示, 一个工作在温度为 T_1 与 T_3 的两个热源之间, 另一个工作在温度为 T_2 与 T_3 的两个热源之间, 已知这两个循环曲线所包围的面积相等. 由此可知:

- (A) 两个热机的效率一定相等.
 (B) 两个热机从高温热源所吸收的热量一定相等.
 (C) 两个热机向低温热源所放出的热量一定相等.
 (D) 两个热机吸收的热量与放出的热量 (绝对值) 的差值一定相等.



(42 题图)



(43 题图)

43. 如果卡诺热机的循环曲线所包围的面积从图中的 $abcd$ 增大为 $ab'c'da$, 那么循环 $abcd$ 与 $ab'c'da$ 所作的净功和热机效率变化情况是:

- (A) 净功增大, 效率提高. (B) 净功增大, 效率降低.
 (C) 净功和效率都不变. (D) 净功增大, 效率不变.

44. 在温度分别为 327°C 和 27°C 的高温热源和低温热源之间工作的热机, 理论上的最大效率为

- (A) 25% (B) 50% (C) 75% (D) 91.74%

45. 设高温热源的热力学温度是低温热源的热力学温度的 n 倍, 则理想气体在一次卡诺循环中, 传给低温热源的热量是从高温热源吸取热量的

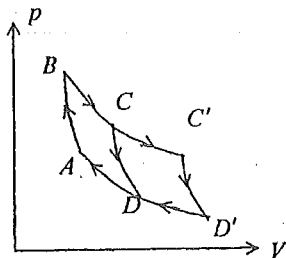
- (A) n 倍. (B) $n-1$ 倍.
 (C) $\frac{1}{n}$ 倍. (D) $\frac{n+1}{n}$ 倍.

46. 有人设计一台卡诺热机(可逆的), 每循环一次可从 400 K 的高温热源吸热 1800 J , 向 300 K 的低温热源放热 800 J . 同时对外作功 1000 J , 这样的设计是

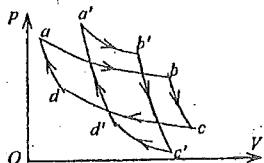
- (A) 可以的, 符合热力学第一定律.
 (B) 可以的, 符合热力学第二定律.
 (C) 不行的, 卡诺循环所作的功不能大于向低温热源放出的热量.
 (D) 不行的, 这个热机的效率超过理论值.

47. 如图表示的两个卡诺循环, 第一个沿 $ABCD A$ 进行, 第二个沿 $ABC'D'A$ 进行, 这两个循环的效率 η_1 和 η_2 的关系及这两个循环所作的净功 W_1 和 W_2 的关系是

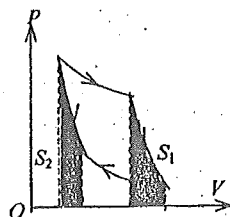
- (A) $\eta_1 = \eta_2, W_1 = W_2$ (B) $\eta_1 > \eta_2, W_1 = W_2$.
 (C) $\eta_1 = \eta_2, W_1 > W_2$. (D) $\eta_1 = \eta_2, W_1 < W_2$.



(47 题图)



(50 题图)



(51 题图)

48. 用下列两种方法 (1) 使高温热源的温度 T_1 升高 ΔT ;
 (2) 使低温热源的温度 T_2 降低同样的值 ΔT ,

分别可使卡诺循环的效率升高 $\Delta \eta_1$ 和 $\Delta \eta_2$, 两者相比,

- (A) $\Delta \eta_1 > \Delta \eta_2$. (B) $\Delta \eta_1 < \Delta \eta_2$.
 (C) $\Delta \eta_1 = \Delta \eta_2$. (D) 无法确定哪个大.

49. 一定量某理想气体所经历的循环过程是: 从初态 (V_0, T_0) 开始, 先经绝热膨胀使其体积增大 1 倍, 再经等体升温回复到初态温度 T_0 , 最后经等温过程使其体积回复为 V_0 , 则气体在此循环过程中,

- (A) 对外作的净功为正值. (B) 对外作的净功为负值.
 (C) 内能增加了. (D) 从外界净吸的热量为正值.

50. 某理想气体分别进行了如图所示的两个卡诺循环: I ($abcda$) 和 II ($a'b'c'd'a'$), 且两个循环曲线所围面积相等. 设循环 I 的效率为 η , 每次循环在高温热源处吸的热量为 Q , 循环 II 的效率为 η' , 每次循环在高温热源处吸的热量为 Q' , 则

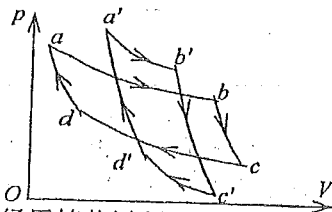
- (A) $\eta < \eta'$, $Q < Q'$. (B) $\eta < \eta'$, $Q > Q'$.
 (C) $\eta > \eta'$, $Q < Q'$. (D) $\eta > \eta'$, $Q > Q'$.

51. 理想气体卡诺循环过程的两条绝热线下的面积大小(图中阴影部分)分别为 S_1 和 S_2 , 则二者的大小关系是:

- (A) $S_1 > S_2$. (B) $S_1 = S_2$. (C) $S_1 < S_2$ (D) 无法确定.

52. 一定量的理想气体, 分别进行如图所示的两个卡诺循环 $abcd$ 和 $a'b'c'd'a'$. 若在 pV 图上这两个循环曲线所围面积相等, 则可以由此得知这两个循环

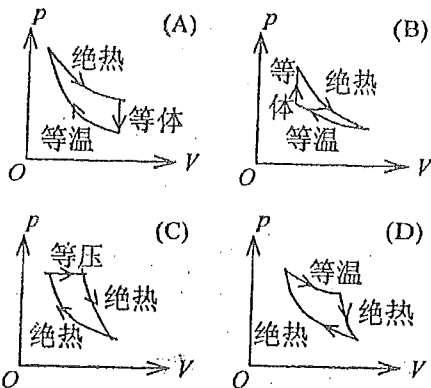
- (A) 效率相等.
 (B) 由高温热源处吸收的热量相等.
 (C) 在低温热源处放出的热量相等.
 (D) 在每次循环中对外作的净功相等.



53. 一定量的理想气体, 起始温度为 T , 体积为 V_0 . 后经历绝热过程, 体积变为 $2V_0$. 再经过等压过程, 温度回升到起始温度. 最后再经过等温过程, 回到起始状态. 则在此循环过程中

- (A) 气体从外界净吸的热量为负值. (B) 气体对外界净作的功为正值.
 (C) 气体从外界净吸的热量为正值. (D) 气体内能减少.

54. 所列四图分别表示理想气体的四个设想的循环过程. 请选出其中一个在物理上可能实现的循环过程的图的标号.



55. 根据热力学第二定律可知:

- (A) 功可以全部转换为热, 但热不能全部转换为功.
 (B) 热可以从高温物体传到低温物体, 但不能从低温物体传到高温物体
 (C) 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程.
 (D) 一切自发过程都是不可逆的.

56. 根据热力学第二定律判断下列哪种说法是正确的.

- (A) 热量能从高温物体传到低温物体, 但不能从低温物体传到高温物体.
 (B) 功可以全部变为热, 但热不能全部变为功.
 (C) 气体能够自由膨胀, 但不能自动收缩.
 (D) 有规则运动的能量能够变为无规则运动的能量, 但无规则运动的能量不能变为有规则运动的能量.

57. “理想气体和单一热源接触作等温膨胀时, 吸收的热量全部用来对外作功.” 对此说法,

有如下几种评论, 哪种是正确的?

- (A) 不违反热力学第一定律, 但违反热力学第二定律.
- (B) 不违反热力学第二定律, 但违反热力学第一定律.
- (C) 不违反热力学第一定律, 也不违反热力学第二定律.
- (D) 违反热力学第一定律, 也违反热力学第二定律.

58. 甲说: “由热力学第一定律可证明任何热机的效率不可能等于 1.” 乙说: “热力学第二定律可表述为效率等于 100% 的热机不可能制造成功.” 丙说: “由热力学第一定律可证明任何卡诺循环的效率都等于 $1 - (T_2/T_1)$.” 丁说: “由热力学第一定律可证明理想气体卡诺热机(可逆的)循环的效率等于 $1 - (T_2/T_1)$ ” 对以上说法, 有如下几种评论, 哪种是正确的?

- (A) 甲、乙、丙、丁全对.
- (B) 甲、乙、丙、丁全错.
- (C) 甲、乙、丁对, 丙错.
- (D) 乙、丁对, 甲、丙错.

59. 关于热功转换和热量传递过程, 有下面一些叙述:

- (1) 功可以完全变为热量, 而热量不能完全变为功;
- (2) 一切热机的效率都只能够小于 1;
- (3) 热量不能从低温物体向高温物体传递;
- (4) 热量从高温物体向低温物体传递是不可逆的.

以上这些叙述

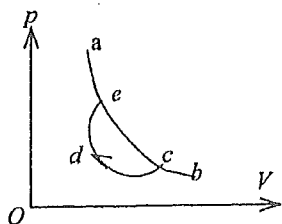
- (A) 只有(2)、(4)正确.
- (B) 只有(2)、(3)、(4)正确.
- (C) 只有(1)、(3)、(4)正确.
- (D) 全部正确.

60. 热力学第二定律表明:

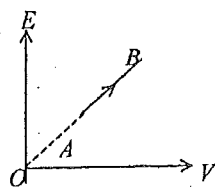
- (A) 不可能从单一热源吸收热量使之全部变为有用的功.
- (B) 在一个可逆过程中, 工作物质净吸热等于对外作的功.
- (C) 摩擦生热的过程是不可逆的.
- (D) 热量不可能从温度低的物体传到温度高的物体.

61. 如图所示, 设某热力学系统经历一个由 $c \rightarrow d \rightarrow e$ 的过程, 其中, ab 是一条绝热曲线, a 、 c 在该曲线上. 由热力学定律可知, 该系统在过程中

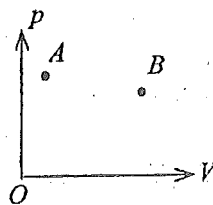
- (A) 不断向外界放出热量.
- (B) 不断从外界吸收热量.
- (C) 有的阶段吸热, 有的阶段放热, 整个过程中吸的热量等于放出的热量.
- (D) 有的阶段吸热, 有的阶段放热, 整个过程中吸的热量大于放出的热量.
- (E) 有的阶段吸热, 有的阶段放热, 整个过程中吸的热量小于放出的热量.



(61 题图)



(63 题图)



(64 题图)

62. 理想气体绝热地向真空自由膨胀, 体积增大为原来的两倍, 则始、末两态的温度 T_1 与

T_2 和始、末两态气体分子的平均自由程 $\bar{\lambda}_1$ 与 $\bar{\lambda}_2$ 的关系为

(A) $T_1 = T_2, \bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda}_2.$ (B) $T_1 = T_2, \bar{\lambda}_1 = \frac{1}{2}\bar{\lambda}_2.$

(C) $T_1 = 2T_2, \bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda}_2.$ (D) $T_1 = 2T_2, \bar{\lambda}_1 = \frac{1}{2}\bar{\lambda}_2$

63. 某理想气体状态变化时, 内能随体积的变化关系如图中 AB 直线所示. $A \rightarrow B$ 表示的过程是

(A) 等压过程. (B) 等体过程.

(C) 等温过程. (D) 绝热过程.

64. 如图, 一定量的理想气体, 由平衡状态 A 变到平衡状态 B ($p_A = p_B$), 则无论经过的是什么过程, 系统必然

(A) 对外作正功. (B) 内能增加.

(C) 从外界吸热. (D) 向外界放热.

65. 给定理想气体, 从标准状态 (p_0, V_0, T_0) 开始作绝热膨胀, 体积增大到 3 倍. 膨胀后温度 T 、压强 p 与标准状态时 T_0 、 p_0 之关系为 (γ 为比热比)

(A) $T = (\frac{1}{3})^\gamma T_0; p = (\frac{1}{3})^{\gamma-1} p_0.$ (B) $T = (\frac{1}{3})^{\gamma-1} T_0; p = (\frac{1}{3})^\gamma p_0.$

(C) $T = (\frac{1}{3})^{-\gamma} T_0; p = (\frac{1}{3})^{\gamma-1} p_0.$ (D) $T = (\frac{1}{3})^{\gamma-1} T_0; p = (\frac{1}{3})^{-\gamma} p_0.$

66. 气缸中有一定量的氮气(视为刚性分子理想气体), 经过绝热压缩, 使其压强变为原来的 2 倍, 问气体分子的平均速率变为原来的几倍?

(A) $2^{2/5}.$

(B) $2^{2/7}.$

(C) $2^{1/5}.$

(D) $2^{1/7}.$

67. 气缸中有一定量的氦气(视为理想气体), 经过绝热压缩, 体积变为原来的一半, 则气体分子的平均速率变为原来的

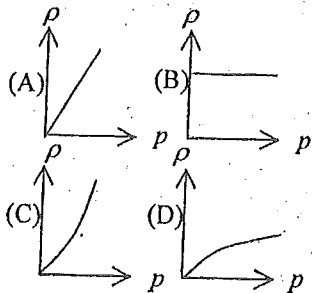
(A) $2^{4/5}$ 倍.

(B) $2^{2/3}$ 倍.

(C) $2^{2/5}$ 倍.

(D) $2^{1/3}$ 倍.

68. 在所给出的四个图象中, 哪个图象能够描述一定质量的理想气体, 在可逆绝热过程中, 密度随压强的变化?



二、填空题

1. 在 p - V 图上

(1) 系统的某一平衡态用_____来表示;

(2) 系统的某一平衡过程用_____来表示;

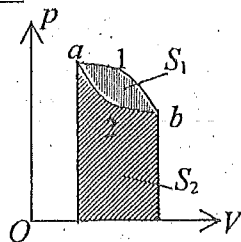
(3) 系统的某一平衡循环过程用_____来表示;

2. 一定量的理想气体处于热动平衡状态时, 此热力学系统的不随时间变化的三个宏观量是 _____, 而随时间不断变化的微观量是 _____.

3. $p-V$ 图上的一点代表 _____;

$p-V$ 图上任意一条曲线表示 _____.

4. 如图所示, 已知图中画不同斜线的两部分的面积分别为 S_1 和 S_2 , 那么



(1) 如果气体的膨胀过程为 $a-1-b$, 则气体对外做功 $W =$ _____;

(2) 如果气体进行 $a-2-b-1-a$ 的循环过程, 则它对外做功 $W =$ _____.

5. 设在某一过程中, 系统由状态 A 变为状态 B , 如果 _____, 则该过程称为可逆过程; 如果 _____ 则该过程称为不可逆过程.

6. 处于平衡态 A 的一定量的理想气体, 若经准静态等体过程变到平衡态 B , 将从外界吸收热量 416 J , 若经准静态等压过程变到与平衡态 B 有相同温度的平衡态 C , 将从外界吸收热量 582 J , 所以, 从平衡态 A 变到平衡态 C 的准静态等压过程中气体对外界所作的功为 _____.

7. 不规则地搅拌盛于绝热容器中的液体, 液体温度在升高, 若将液体看作系统, 则: (1) 外界传给系统的热量 _____ 零;

(2) 外界对系统作的功 _____ 零;

(3) 系统的内能的增量 _____ 零;

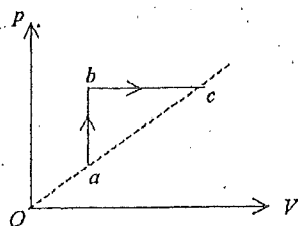
(填大于、等于、小于)

8. 要使一热力学系统的内能增加, 可以通过 _____ 或 _____ 两种方式, 或者两种方式兼用来完成. 热力学系统的状态发生变化时, 其内能的改变量只决定于 _____, 而与 _____ 无关.

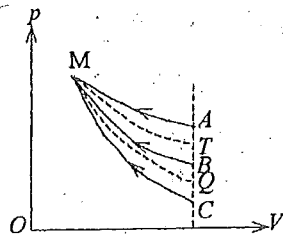
9. 某理想气体等温压缩到给定体积时外界对气体作功 $|W_1|$, 又经绝热膨胀返回原来体积时气体对外作功 $|W_2|$, 则整个过程中气体

(1) 从外界吸收的热量 $Q =$ _____ (2) 内能增加了 $\Delta E =$ _____

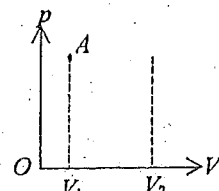
10. 如图所示, 一定量的理想气体经历 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程, 在此过程中气体从外界吸收热量 Q , 系统内能变化 ΔE , 请在以下空格内填上 >0 或 <0 或 $=0$: Q _____, ΔE _____.



(10 题图)



(12 题图)



(13 题图)

11. 同一种理想气体的定压摩尔热容 C_p 大于定体摩尔热容 C_v , 其原因是 _____.

12. 右图为一理想气体几种状态变化过程的 $p-V$ 图, 其中 MT 为等温线, MQ 为绝热线, 在 AM 、 BM 、 CM 三种准静态过程中:

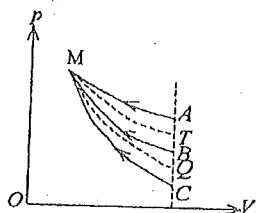
- (1) 温度降低的是_____过程; (2) 气体放热的是_____过程.

13. 一定量的理想气体, 从状态 A 出发, 分别经历等压、等温、绝热三种过程由体积 V_1 膨胀到体积 V_2 , 试示意地画出这三种过程的 $p-V$ 图曲线. 在上述三种过程中:

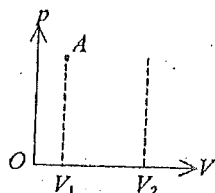
- (1) 气体的内能增加的是_____过程; (2) 气体的内能减少的是_____过程.

14. 右图为一理想气体几种状态变化过程的 $p-V$ 图, 其中 MT 为等温线, MQ 为绝热线, 在 AM 、 BM 、 CM 三种准静态过程中:

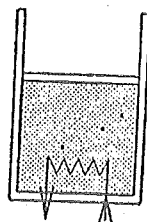
- (1) 温度升高的是_____过程; (2) 气体吸热的是_____过程.



(14 题图)



(15 题图)



(16 题图)

15. 一定量的理想气体, 从 $p-V$ 图上状态 A 出发, 分别经历等压、等温、绝热三种过程由体积 V_1 膨胀到体积 V_2 , 试画出这三种过程的 $p-V$ 图曲线. 在上述三种过程中:

- (1) 气体对外做功最大的是_____过程;
(2) 气体吸热最多的是_____过程.

16. 在大气中有一绝热气缸, 其中装有一定量的理想气体, 然后用电炉徐徐供热(如图所示), 使活塞(无摩擦地)缓慢上升. 在此过程中, 以下物理量将如何变化? (选用“变大”、“变小”、“不变”填空)

- (1) 气体压强_____;
(2) 气体分子平均动能_____;
(3) 气体内能_____.

17. 一定量理想气体, 从同一状态开始使其体积由 V_1 膨胀到 $2V_1$, 分别经历以下三种过程:

- (1) 等压过程; (2) 等温过程; (3) 绝热过程. 其中: _____过程气体对外做功最多; _____过程气体内能增加最多; _____过程气体吸收的热量最多.

18. 一定量理想气体, 从同一状态开始把其体积由 V_0 压缩到 $\frac{1}{2}V_0$, 分别经历以下三种过程:

- (1) 等压过程; (2) 等温过程; (3) 绝热过程. 其中: _____过程外界对气体做功最多; _____过程气体内能减小最多; _____过程气体放热最多.

19. 将热量 Q 传给一定量的理想气体,

- (1) 若气体的体积不变, 则热量用于_____;
(2) 若气体的温度不变, 则热量用于_____;
(3) 若气体的压强不变, 则热量用于_____.

20. 已知一定量的理想气体经历 $p-T$ 图上所示的循环过程, 图中各过程的吸热、放热情况为: (1) 过程 1-2 中, 气体_____.

- (2) 过程 2-3 中, 气体_____.

(3) 过程 3-1 中, 气体_____.

21. 水的定压比热为 $4.2 \text{ J/g}\cdot\text{K}$. 有 1 kg 的水放在有电热丝的开口桶内, 如图所示. 已知在通电使水从 30°C 升高到 80°C 的过程中, 电流做功为 $4.2 \times 10^5 \text{ J}$, 那么过程中系统从外界吸收的热量

$Q =$ _____.

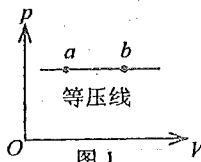
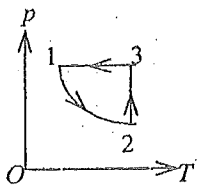
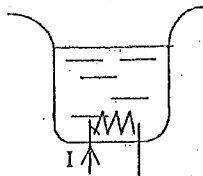


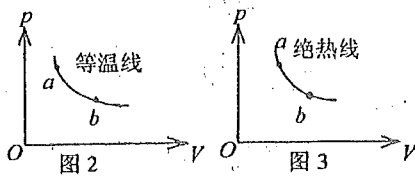
图 1



(20 题图)



(21 题图)



(22 题图)

22. 三个附图所示分别是一定量理想气体的等压线、等温线和绝热线. 试判断各图上 a 、 b 两点中处于哪一点的状态时理想气体的内能大. 在内能大的那一点上画上“√”. 若在两点时内能一样大, 则在两点上都画上“√”.

23. 一气缸内贮有 10 mol 的单原子分子理想气体, 在压缩过程中外界做功 209 J , 气体升温 1 K , 此过程中气体内能增量为_____, 外界传给气体的热量为_____.

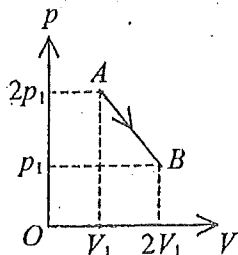
(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

24. 一定量的某种理想气体在等压过程中对外做功为 200 J . 若此种气体为单原子分子气体, 则该过程中需吸热_____ J ; 若为双原子分子气体, 则需吸热_____ J .

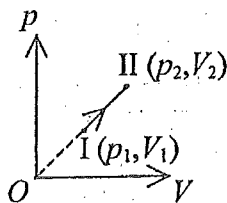
25. 2 mol 单原子分子理想气体, 从平衡态 1 经一等体过程后达到平衡态 2, 温度从 200 K 上升到 500 K , 若该过程为平衡过程, 气体吸收的热量为_____; 若为不平衡过程, 气体吸收的热量为_____.

26. 有 1 mol 刚性双原子分子理想气体, 在等压膨胀过程中对外做功 W , 则其温度变化 $\Delta T =$ _____; 从外界吸取的热量 $Q_p =$ _____.

27. 一定量理想气体, 从 A 状态 $(2p_1, V_1)$ 经历如图所示的直线过程变到 B 状态 (p_1, V_2) , 则 AB 过程中系统做功 $W =$ _____; 内能改变 $\Delta E =$ _____.



(27 题图)



(28 题图)

28. 1 mol 的单原子理想气体, 从状态 I (p_1, V_1) 变化至状态 II (p_2, V_2) , 如图所示, 则此过程

气体对外作的功为 _____, 吸收的热量为 _____.

29. 常温常压下, 一定量的某种理想气体(其分子可视为刚性分子, 自由度为 i), 在等压过程中吸热为 Q , 对外做功为 W , 内能增加为 ΔE , 则

$$W/Q = \underline{\hspace{2cm}}, \quad \Delta E/Q = \underline{\hspace{2cm}}.$$

30. 已知 1 mol 的某种理想气体(其分子可视为刚性分子), 在等压过程中温度上升 1 K, 内能增加了 20.78 J, 则气体对外做功为 _____, 气体吸收热量为 _____.

31. 刚性双原子分子的理想气体在等压下膨胀所作的功为 W , 则传递给气体的热量为 _____.

32. 压强、体积和温度都相同的氢气和氦气(均视为刚性分子的理想气体), 它们的质量之比为 $m_1 : m_2 =$ _____, 它们的内能之比为 $E_1 : E_2 =$ _____, 如果它们分别在等压过程中吸收了相同的热量, 则它们对外做功之比为 $W_1 : W_2 =$ _____. (各量下角标 1 表示氢气, 2 表示氦气)

33. 质量为 2.5 g 的氢气和氦气的混合气体, 盛于某密闭的气缸里(氢气和氦气均视为刚性分子的理想气体), 若保持气缸的体积不变, 测得此混合气体的温度每升高 1 K, 需要吸收的热量数值等于 R 数值的 2.25 倍 (R 为普适气体常量), 由此可知, 该混合气体中有氢气 _____ g, 氦气 _____ g; 若保持气缸内的压强不变, 要使该混合气体的温度升高 1 K, 则该气体将吸收的热量为 _____. (氢气的 $M_{mol} = 2 \times 10^{-3}$ kg, 氦气的 $M_{mol} = 4 \times 10^{-3}$ kg)

34. 3 mol 的理想气体开始时处在压强 $p_1 = 6$ atm、温度 $T_1 = 500$ K 的平衡态. 经过一个等温过程, 压强变为 $p_2 = 3$ atm. 该气体在此等温过程中吸收的热量为 $Q =$ _____ J.

35. 一卡诺热机(可逆的), 低温热源的温度为 27°C , 热机效率为 40%, 其高温热源温度为 _____ K. 今欲将该热机效率提高到 50%, 若低温热源保持不变, 则高温热源的温度应增加 _____ K.

36. 可逆卡诺热机可以逆向运转. 逆向循环时, 从低温热源吸热, 向高温热源放热, 而且吸的热量和放出的热量等于它正循环时向低温热源放出的热量和从高温热源吸的热量. 设高温热源的温度为 $T_1 = 450$ K, 低温热源的温度为 $T_2 = 300$ K, 卡诺热机逆向循环时从低温热源吸热 $Q_2 = 400$ J, 则该卡诺热机逆向循环一次外界必须做功 $W =$ _____.

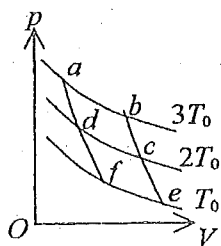
37. 有一卡诺热机, 用 290 g 空气为工作物质, 工作在 27°C 的高温热源与 -73°C 的低温热源之间, 此热机的效率 $\eta =$ _____. 若在等温膨胀的过程中气缸体积增大到 2.718 倍, 则此热机每一循环所作的功为 _____. (空气的摩尔质量为 29×10^{-3} kg/mol, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

38. 一热机从温度为 727°C 的高温热源吸热, 向温度为 527°C 的低温热源放热. 若热机在最大效率下工作, 且每一循环吸热 2000 J, 则此热机每一循环做功 _____ J.

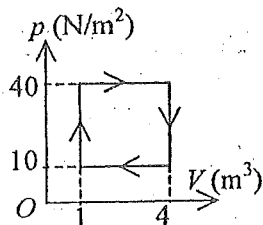
39. 如图, 温度为 $T_0, 2T_0, 3T_0$ 三条等温线与两条绝热线围成三个卡诺循环: (1) $abcda$, (2) $dcefd$, (3) $abefa$, 其效率分别为

$$\eta_1 \underline{\hspace{2cm}}, \quad \eta_2 \underline{\hspace{2cm}}, \quad \eta_3 \underline{\hspace{2cm}}.$$

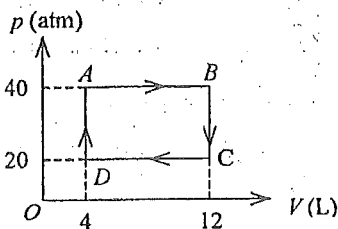
40. 气体经历如图所示的一个循环过程, 在这个循环中, 外界传给气体的净热量是



(39 题图)



(40 题图)

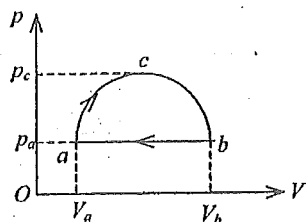


(42 题图)

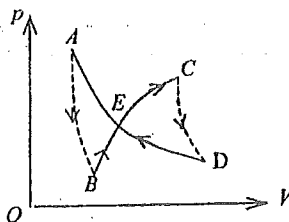
41. 一个作可逆卡诺循环的热机, 其效率为 η , 它逆向运转时便成为一台致冷机, 该致冷机的致冷系数 $w = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$, 则 η 与 w 的关系为_____.

42. 如图所示, 理想气体从状态 A 出发经 $ABCD A$ 循环过程, 回到初态 A 点, 则循环过程中气体净吸的热量为 $Q =$ _____.

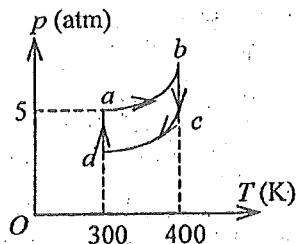
43. 有 ν 摩尔理想气体, 作如图所示的循环过程 $acba$, 其中 acb 为半圆弧, $b-a$ 为等压线, $p_c = 2p_a$. 令气体进行 $a-b$ 的等压过程时吸热 Q_{ab} , 则在此循环过程中气体净吸热量 Q _____ Q_{ab} . (填入: $>$, $<$ 或 $=$)



(43 题图)



(44 题图)



(45 题图)

44. 如图所示, 绝热过程 AB 、 CD , 等温过程 DEA , 和任意过程 BEC , 组成一循环过程. 若图中 ECD 所包围的面积为 70 J , EAB 所包围的面积为 30 J , DEA 过程中系统放热 100 J , 则

(1) 整个循环过程($ABCDEA$)系统对外做功为_____.

(2) BEC 过程中系统从外界吸热为_____.

45. 一定量的理想气体, 在 $p-T$ 图上经历一个如图所示的循环过程($a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$), 其中 $a \rightarrow b$, $c \rightarrow d$ 两个过程是绝热过程, 则该循环的效率 $\eta =$ _____.

46. 热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述是等价的, 表明在自然界中与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的, 开尔文表述指出了_____的过程是不可逆的, 而克劳修斯表述指出了_____的过程是不可逆的.

47. 热力学第二定律的克劳修斯叙述是: _____;

开尔文叙述是_____.

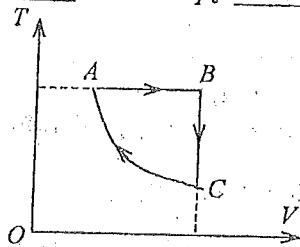
48. 所谓第二类永动机是指_____.

它不可能制成是因为违背了_____

49. 从统计的意义来解释, 不可逆过程实质上是一个_____的转变过程, 一切实际过程都向着_____的方向进行.

50. 1 mol 理想气体(设 $\gamma = C_p/C_v$ 为已知)的循环过程如 $T-V$ 图所示, 其中 CA 为绝热过程, A 点状态参量(T_1, V_1)和 B 点的状态参量(T_2, V_2)为已知. 试求 C 点的状态参量:

$V_c = \underline{\hspace{2cm}}, T_c = \underline{\hspace{2cm}}, p_c = \underline{\hspace{2cm}}.$



(50 题图)

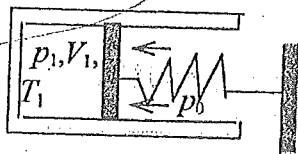
51. 绝热容器内部被一隔板分为相等的两部分, 左边充满理想气体(内能为 E_1 , 温度为 T_1 , 气体分子平均速率为 \bar{v}_1 , 平均碰撞频率为 \bar{Z}_1), 右边是真空. 把隔板抽出, 气体将充满整个容器, 当气体达到平衡时, 气体的内能为 _____; 分子的平均速率为 _____; 分子平均碰撞频率为 _____.

52. 给定的理想气体(比热容比 γ 为已知), 从标准状态(p_0, V_0, T_0)开始, 作绝热膨胀, 体积增大到三倍, 膨胀后的温度 $T = \underline{\hspace{2cm}}$, 压强 $p = \underline{\hspace{2cm}}.$

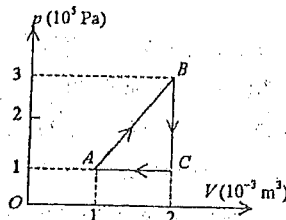
3. 最其本均流 $pV = \frac{M}{M_m} RT$
三、计算题

1. 一气缸内盛有一定量的刚性双原子分子理想气体, 气缸活塞的面积 $S = 0.05 \text{ m}^2$, 活塞与气缸壁之间不漏气, 摩擦忽略不计. 活塞右侧通大气, 大气压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$. 劲度系数 $k = 5 \times 10^4 \text{ N/m}$ 的一根弹簧的两端分别固定于活塞和一固定板上(如图). 开始时气缸内气体处于压强、体积分别为 $p_1 = p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 0.015 \text{ m}^3$ 的初态. 今缓慢加热气缸, 缸内气体缓慢地膨胀到 $V_2 = 0.02 \text{ m}^3$. 求: 在此过程中气体从外界吸收的热量.

$\Delta E = \frac{M}{M_m} \frac{5}{2} R (T_2 - T_1)$
 $= \frac{M}{M_m} RT$



(1 题图)



(3 题图)

2. 温度为 25°C 、压强为 1 atm 的 1 mol 刚性双原子分子理想气体, 经等温过程体积膨胀至原来的 3 倍. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $\ln 3 = 1.0986$)

(1) 计算这个过程中气体对外所作的功.

(2) 假若气体经绝热过程体积膨胀为原来的 3 倍, 那么气体对外作的功又是多少?

$\int p_1 V_1^{\gamma} + V_2^{\gamma} dp = 0$
 $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = -1.20 \dots ?$
 $p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma} \Rightarrow$

3. 一定量的单原子分子理想气体, 从初态 A 出发, 沿图示直线过程变到另一状态 B , 又经过等容、等压两过程回到状态 A .

(1) 求 $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow A$ 各过程中系统对外所作的功 W , 内能的增量 ΔE 以及所吸收的热量 Q .

本初

(2) 整个循环过程中系统对外所作的总功以及从外界吸收的总热量(过程吸热的代数和).

4. 0.02 kg 的氦气(视为理想气体), 温度由 17°C 升为 27°C . 若在升温过程中, (1) 体积保持不变; (2) 压强保持不变; (3) 不与外界交换热量; 试分别求出气体内能的改变、吸收的热量、外界对气体所作的功. (普适气体常量 $R=8.31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

5. 汽缸内有 2 mol 氦气, 初始温度为 27°C , 体积为 20 L(升), 先将氦气等压膨胀, 直至体积加倍, 然后绝热膨胀, 直至回复初温为止. 把氦气视为理想气体. 试求:

(1) 在 $p-V$ 图上大致画出气体的状态变化过程.

(2) 在这过程中氦气吸热多少?

(3) 氦气的内能变化多少?

(4) 氦气所作的总功是多少? (普适气体常量 $R=8.31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

6. 一定量的某单原子分子理想气体装在封闭的汽缸里. 此汽缸有可活动的活塞(活塞与汽缸壁之间无摩擦且无漏气). 已知气体的初压强 $p_1=1 \text{ atm}$, 体积 $V_1=1 \text{ L}$, 现将该气体在等压下加热直到体积为原来的两倍, 然后在等体积下加热直到压强为原来的 2 倍, 最后作绝热膨胀, 直到温度下降到初温为止.

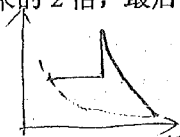
“片量”
一般不用
或才见
上页

(1) 在 $p-V$ 图上将整个过程表示出来.

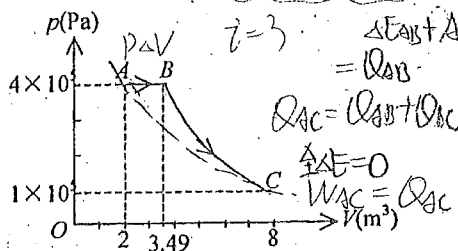
(2) 试求在整个过程中气体内能的改变.

(3) 试求在整个过程中气体所吸收的热量. ($1 \text{ atm}=1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

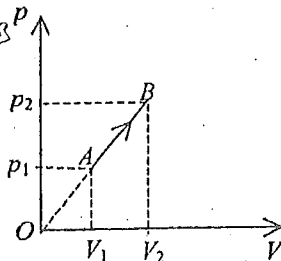
(4) 试求在整个过程中气体所作的功.



7. 一定量的单原子分子理想气体, 从 A 态出发经等压过程膨胀到 B 态, 又经绝热过程膨胀到 C 态, 如图所示. 试求这全过程中气体对外所作的功, 内能的增量以及吸收的热量.



(7 题图)



(8 题图)

8. 1 mol 双原子分子理想气体从状态 $A(p_1, V_1)$ 沿 $p-V$ 图所示直线变化到状态 $B(p_2, V_2)$, 试求:

(1) 气体的内能增量.

(2) 气体对外界所作的功.

(3) 气体吸收的热量.

(4) 此过程的摩尔热容.

(摩尔热容 $C = \Delta Q / \Delta T$, 其中 ΔQ 表示 1 mol 物质在过程中升高温度 ΔT 时所吸收的热量.)

绝热过程
 $V_1 P_1 = V_2 P_2$

9. 有 1 mol 刚性多原子分子的理想气体, 原来的压强为 1.0 atm, 温度为 27°C, 若经过一绝热过程, 使其压强增加到 16 atm. 试求:

- (1) 气体内能的增量;
- (2) 在该过程中气体所作的功;
- (3) 终态时, 气体的分子数密度.

10. 如果一定量的理想气体, 其体积和压强依照 $V = a/\sqrt{p}$ 的规律变化, 其中 a 为已知常量. 试求:

- (1) 气体从体积 V_1 膨胀到 V_2 所作的功;
- (2) 气体体积为 V_1 时的温度 T_1 与体积为 V_2 时的温度 T_2 之比.

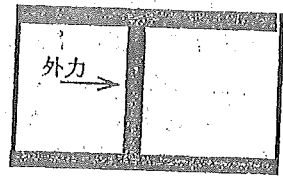
11. 汽缸内有一种刚性双原子分子的理想气体, 若经过准静态绝热膨胀后气体的压强减少了一半, 则变化前后气体的内能之比 $E_1 : E_2 = ?$

12. 2 mol 氢气(视为理想气体)开始时处于标准状态, 后经等温过程从外界吸取了 400 J 的热量, 达到末态. 求末态的压强.

(普适气体常量 $R=8.31\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

13. 为了使刚性双原子分子理想气体在等压膨胀过程中对外作功 2 J, 必须传给气体多少热量?

14. 两端封闭的水平气缸, 被一可动活塞平分分为左右两室, 每室体积均为 V_0 , 其中盛有温度相同、压强均为 p_0 的同种理想气体. 现保持气体温度不变, 用外力缓慢移动活塞(忽略摩擦), 使左室气体的体积膨胀为右室的 2 倍, 问外力必须作多少功?

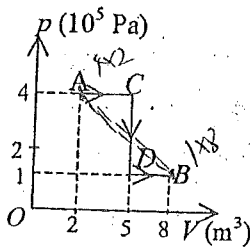


(14 题图)

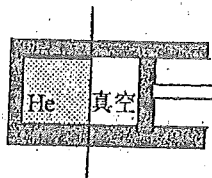
15. 3 mol 温度为 $T_0=273\text{K}$ 的理想气体, 先经等温过程体积膨胀到原来的 5 倍, 然后等体加热, 使其末态的压强刚好等于初始压强, 整个过程传给气体的热量为 $Q = 8 \times 10^4\text{J}$. 试画出此过程的 $p-V$ 图, 并求这种气体的比热容比 $\gamma = C_p / C_v$ 值. (普适气体常量 $R=8.31\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

16. 气缸内密封有刚性双原子分子理想气体, 若经历绝热膨胀后气体的压强减少了一半, 求状态变化后的内能 E_2 与变化前气体的内能 E_1 之比.

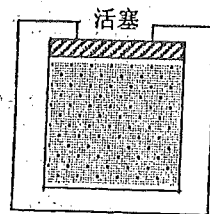
17. 一定量的理想气体, 从 A 态出发, 经 $p-V$ 图中所示的过程到达 B 态, 试求在这过程中, 该气体吸收的热量.



(17 题图)



(18 题图)



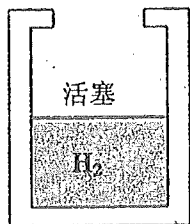
(19 题图)

18. 如图, 器壁与活塞均绝热的容器中间被一隔板等分为两部分, 其中左边贮有 1 摩尔处于标准状态的氦气(可视为理想气体), 另一边为真空. 现先把隔板拉开, 待气体平衡后,

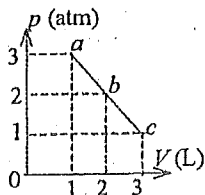
再缓慢向左推动活塞，把气体压缩到原来的体积。求氢气的温度改变多少？

19. 如图，体积为 30L 的圆柱形容器内，有一能上下自由滑动的活塞（活塞的质量和厚度可忽略），容器内盛有 1 摩尔、温度为 127°C 的单原子分子理想气体。若容器外大气压强为 1 标准大气压，气温为 27°C，求当容器内气体与周围达到平衡时需向外放热多少？（普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）

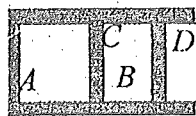
20. $M = 4 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 氢气（看作理想气体）被活塞封闭在某一容器的下半部而与外界平衡（容器开口处有一凸出边缘可防止活塞脱离，如图所示。活塞的质量和厚度可忽略）。现把 $Q = 2 \times 10^4 \text{ J}$ 的热量缓慢地传给气体，使气体逐渐膨胀。求氢气最后的压强、温度和体积各变



(20 题图)



(22 题图)



(25 题图)

为多少？（活塞外大气处于标准状态）。（普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）

21. 一定量的理想气体在 $p-V$ 图中的等温线与绝热线交点处两线的斜率之比为 0.714，求其定体摩尔热容。

22. 一定量的理想气体，由状态 a 经 b 到达 c 。（如图， abc 为一直线）求此过程中

(1) 气体对外作的功； (2) 气体内能的增量；

(3) 气体吸收的热量。（ $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）

23. 一定量的理想气体在标准状态下体积为 $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ，求下列过程中气体吸收的热量：

(1) 等温膨胀到体积为 $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ；

(2) 先等体冷却，再等压膨胀到 (1) 中所到达的终态。

已知 $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，并设气体的 $C_V = 5R/2$ 。

24. 将 1 mol 理想气体等压加热，使其温度升高 72 K，传给它的热量等于 $1.60 \times 10^3 \text{ J}$ ，求：

(1) 气体所作的功 W ；

(2) 气体内能的增量 ΔE ；

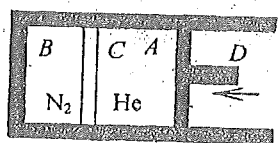
(3) 比热容比 γ 。（普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）

25. 如图所示， C 是固定的绝热隔板， D 是可动活塞， C 、 D 将容器分成 A 、 B 两部分。开始时 A 、 B 两室中各装入同种类的理想气体，它们的温度 T 、体积 V 、压强 p 均相同，并与大气压强相平衡。现对 A 、 B 两部分气体缓慢地加热，当对 A 和 B 给予相等的热量 Q 以后， A 室中气体的温度升高度数与 B 室中气体的温度升高度数之比为 7:5。

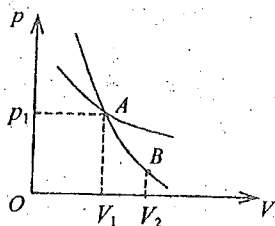
(1) 求该气体的定体摩尔热容 C_V 和定压摩尔热容 C_p 。

(2) B 室中气体吸收的热量有百分之几用于对外做功？

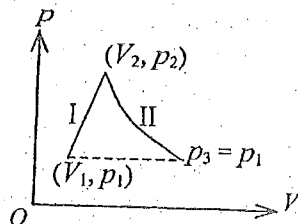
26. 如图所示，一个四周用绝热材料制成的气缸，中间有一用导热材料制成的固定隔板 C 把气缸分成 A 、 B 两部分。 D 是一绝热的活塞。 A 中盛有 1 mol 氦气， B 中盛有 1 mol 氮气（均视为刚性分子的理想气体）。今外界缓慢地移动活塞 D ，压缩 A 部分的气体，对气体做功为 W ，试求在此过程中 B 部分气体内能的变化。



(26 题图)



(27 题图)



(29 题图)

27. 某理想气体在 $p-V$ 图上等温线与绝热线相交于 A 点, 如图. 已知 A 点的压强 $p_1=2 \times 10^5$ Pa, 体积 $V_1=0.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 而且 A 点处等温线斜率与绝热线斜率之比为 0.714. 现使气体从 A 点绝热膨胀至 B 点, 其体积 $V_2=1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 求

- (1) B 点处的压强;
- (2) 在此过程中气体对外作的功.

28. 试计算由 2 mol 氩和 3 mol 氮(均视为刚性分子的理想气体)组成的混合气体的比热容比 $\gamma = C_p/C_v$ 的值.

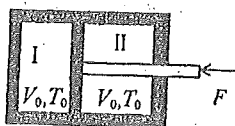
29. 1 mol 刚性双原子分子的理想气体, 开始时处于 $p_1=1.01 \times 10^5$ Pa, $V_1=10^{-3} \text{ m}^3$ 的状态. 然后经图示直线过程 I 变到 $p_2=4.04 \times 10^5$ Pa, $V_2=2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的状态. 后又经过程方程为 $pV^{1/2} = C$ (常量)的过程 II 变到压强 $p_3=p_1$ 的状态. 求:

- (1) 在过程 I 中气体吸的热量.
- (2) 整个过程气体吸的热量.

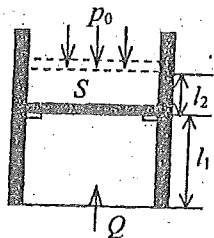
30. 一个可以自由滑动的绝热活塞(不漏气)把体积为 $2V_0$ 的绝热容器分成相等的两部分 I 和 II. I、II 中各盛有摩尔数为 ν 的刚性分子理想气体(分子的自由度为 i), 温度均为 T_0 . 今用一外力作用于活塞杆上, 缓慢地将 I 中气体的体积压缩为原体积的一半. 忽略摩擦以及活塞和杆的体积, 求外力作的功.

31. 一侧面绝热的气缸内盛有 1 mol 的单原子分子理想气体. 气体的温度 $T_1=273$ K, 活塞外气压 $p_0=1.01 \times 10^5$ Pa, 活塞面积 $S=0.02 \text{ m}^2$, 活塞质量 $m=102$ kg(活塞绝热、不漏气且与气缸壁的摩擦可忽略). 由于气缸内小突起物的阻碍, 活塞起初停在距气缸底部为 $l_1=1$ m 处. 今从底部极缓慢地加热气缸中的气体, 使活塞上升了 $l_2=0.5$ m 的一段距离如图所示. 试通过计算指出:

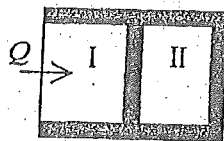
- (1) 气缸中的气体经历的是什么过程?
- (2) 气缸中的气体在整个过程中吸了多少热量?



(30 题图)



(31 题图)



(32 题图)

32. 如图, 一容器被一可移动、无摩擦且绝热的活塞分割成 I, II 两部分. 活塞不漏气. 容

器左端封闭且导热, 其他部分绝热. 开始时在 I, II 中各有温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 压强为 1 atm 的刚性双原子分子的理想气体. I, II 两部分的容积均为 36 L . 现从容器左端缓慢地对 I 中气体加热, 使活塞缓慢地向右移动, 直到 II 中气体的体积变为 18 L 为止. 求:

- (1) I 中气体末态的压强和温度.
- (2) 外界传给 I 中气体的热量.

33. 2 mol 单原子分子的理想气体, 开始时处于压强 $p_1=10\text{ atm}$ 、温度 $T_1=400\text{ K}$ 的平衡态. 后经过一个绝热过程, 压强变为 $p_2=2\text{ atm}$. 求在此绝热过程中气体对外作的功. (普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

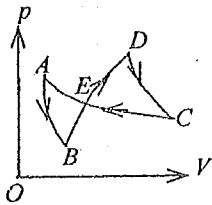
34. 一气缸内盛有 1 mol 温度为 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, 压强为 1 atm 的氮气(视作刚性双原子分子的理想气体). 先使它等压膨胀到原来体积的两倍, 再等体升压使其压强变为 2 atm , 最后使它等温膨胀到压强为 1 atm . 求: 氮气在全部过程中对外作的功, 吸的热及其内能的变化. (普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

35. 一定量的某种理想气体, 开始时处于压强、体积、温度分别为 $p_0=1.2\times 10^6\text{ Pa}$, $V_0=8.31\times 10^{-3}\text{ m}^3$, $T_0=300\text{ K}$ 的初态, 后经过一等体过程, 温度升高到 $T_1=450\text{ K}$, 再经过一等温过程, 压强降到 $p=p_0$ 的末态. 已知该理想气体的等压摩尔热容与等体摩尔热容之比 $C_p/C_v=5/3$. 求:

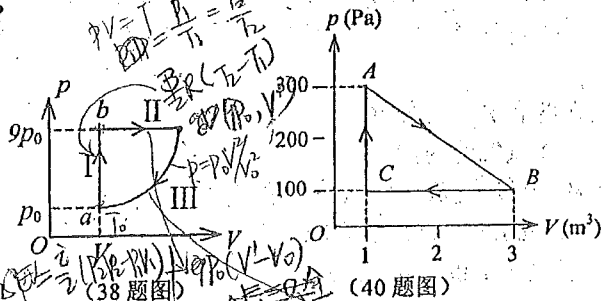
- (1) 该理想气体的等压摩尔热容 C_p 和等体摩尔热容 C_v .
 - (2) 气体从始态变到末态的全过程中从外界吸收的热量.
- (普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

36. 一定量的刚性双原子分子理想气体, 开始时处于压强为 $p_0=1.0\times 10^5\text{ Pa}$, 体积为 $V_0=4\times 10^{-3}\text{ m}^3$, 温度为 $T_0=300\text{ K}$ 的初态, 后经等压膨胀过程温度上升到 $T_1=450\text{ K}$, 再经绝热过程温度降回到 $T_2=300\text{ K}$, 求气体在整个过程中对外作的功.

37. 如图所示, AB 、 DC 是绝热过程, CEA 是等温过程, BED 是任意过程, 组成一个循环. 若图中 $EDCE$ 所包围的面积为 70 J , $EABE$ 所包围的面积为 30 J , 过程中系统放热 100 J , 求 BED 过程中系统吸热为多少?



(37 题图)



(40 题图)

38. 1 mol 单原子分子的理想气体, 经历如图所示的可逆循环, 联结 ac 两点的曲线 III 的方程为 $p=p_0V^2/V_0^2$, a 点的温度为 T_0 .

- (1) 试以 T_0 , 普适气体常量 R 表示 I、II、III 过程中气体吸收的热量.
- (2) 求此循环的效率.

(提示: 循环效率的定义式 $\eta=1-Q_2/Q_1$, Q_1 为循环中气体吸收的热量, Q_2 为循环中气体放出的热量.)

39. 1 mol 理想气体在 $T_1 = 400\text{ K}$ 的高温热源与 $T_2 = 300\text{ K}$ 的低温热源间作卡诺循环(可逆的), 在 400 K 的等温线上起始体积为 $V_1 = 0.001\text{ m}^3$, 终止体积为 $V_2 = 0.005\text{ m}^3$, 试求此气体在每一循环中

- (1) 从高温热源吸收的热量 Q_1
- (2) 气体所作的净功 W
- (3) 气体传给低温热源的热量 Q_2

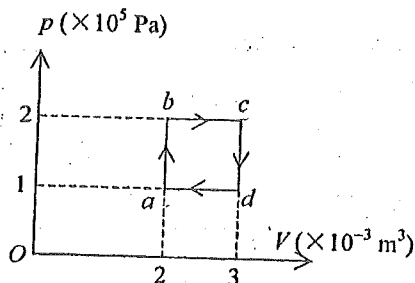
40. 一定量的某种理想气体进行如图所示的循环过程. 已知气体在状态 A 的温度为 $T_A = 300\text{ K}$, 求

- (1) 气体在状态 B 、 C 的温度; $T_B = T_A$ $\frac{pV}{T}$
- (2) 各过程中气体对外所作的功;
- (3) 经过整个循环过程, 气体从外界吸收的总热量(各过程吸热的代数和).

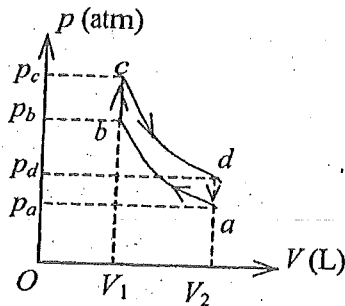
41. 如图所示, $abcd$ 为 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程, 求:

- (1) 气体循环一次, 在吸热过程中从外界共吸收的热量;
- (2) 气体循环一次对外做的净功;
- (3) 证明 在 $abcd$ 四态, 气体的温度有 $T_a T_c = T_b T_d$.

$\Delta Q = \int p dV$
 $= \int \frac{\gamma}{\gamma-1} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$



(41 题图)



(42 题图)

42. 1 mol 氦气作如图所示的可逆循环过程, 其中 ab 和 cd 是绝热过程, bc 和 da 为等体过程, 已知 $V_1 = 16.4\text{ L}$, $V_2 = 32.8\text{ L}$, $p_a = 1\text{ atm}$, $p_b = 3.18\text{ atm}$, $p_c = 4\text{ atm}$, $p_d = 1.26\text{ atm}$, 试求:

- (1) 在各态氦气的温度. $pV = \nu RT$
- (2) 在各态氦气的内能. $E = \frac{5}{2} \nu RT$
- (3) 在一循环过程中氦气所作的净功. $A = -\Delta E = \frac{5}{2} \nu R (p_2 V_2 - p_1 V_1)$

($1\text{ atm} = 1.013 \times 10^5\text{ Pa}$)

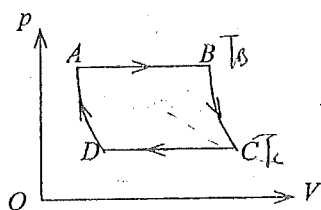
(普适气体常量 $R = 8.31\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

43. 一定量的理想气体经历如图所示的循环过程, $A \rightarrow B$ 和 $C \rightarrow D$ 是等压过程, $B \rightarrow C$ 和 $D \rightarrow A$ 是绝热过程. 已知: $T_C = 300\text{ K}$, $T_B = 400\text{ K}$. 试求: 此循环的效率. (提示: 循环效率的定义式 $\eta = 1 - Q_2/Q_1$, Q_1 为循环中气体吸收的热量, Q_2 为循环中气体放出的热量)

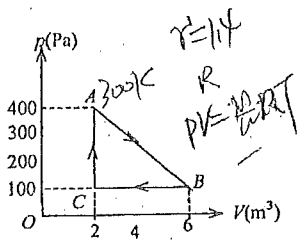
44. 比热容比 $\gamma = 1.40$ 的理想气体进行如图所示的循环. 已知状态 A 的温度为 300 K . 求:

- (1) 状态 B 、 C 的温度;
- (2) 每一过程中气体所吸收的净热量. $A \rightarrow B = \frac{\gamma}{\gamma-1} \nu R (T_B - T_A)$

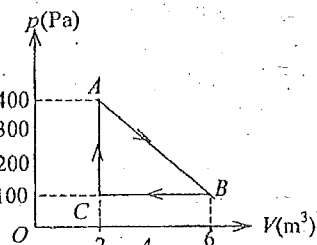
(普适气体常量 $R = 8.31\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)



(43 题图)



(44 题图)



(45 题图)

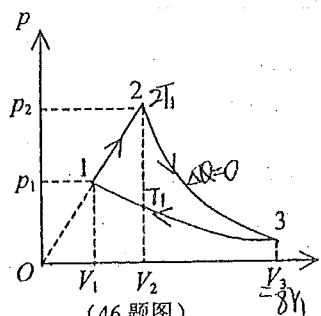
45. 比热容比 $\gamma=1.40$ 的理想气体进行如图所示的循环. 已知状态 A 的温度为 300 K. 求:
- (1) 状态 B、C 的温度;
 - (2) 每一过程中气体所吸收的净热量.

(普适气体常量 $R=8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

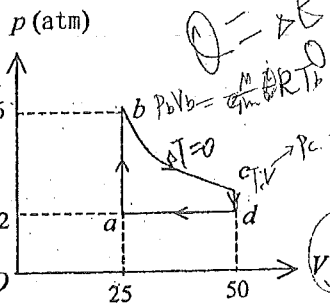
46. 1 mol 双原子分子理想气体作如图的可逆循环过程, 其中 1-2 为直线, 2-3 为绝热线, 3-1 为等温线. 已知 $T_2=2T_1$, $V_3=8V_1$ 试求:

- (1) 各过程的功, 内能增量和传递的热量; (用 T_1 和已知常量表示)
- (2) 此循环的效率 η .

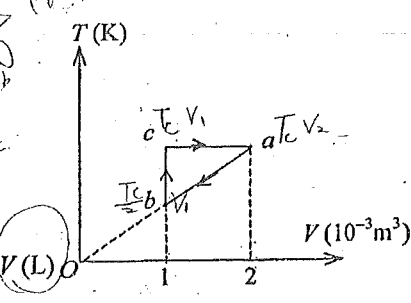
(注: 循环效率 $\eta=W/Q_1$, W 为整个循环过程中气体对外所作净功, Q_1 为循环过程中气体吸收的热量)



(46 题图)



(47 题图)



(48 题图)

47. 气缸内贮有 36 g 水蒸汽(视为刚性分子理想气体), 经 abcda 循环过程如图所示. 其中 a-b、c-d 为等体过程, b-c 为等温过程, d-a 为等压过程. 试求:

- (1) d-a 过程中水蒸汽作的功 $W_{da} = p(V_a - V_d)$
- (2) a-b 过程中水蒸汽内能的增量 $\Delta E_{ab} = \frac{5}{2} p_b V_b - p_a V_a$
- (3) 循环过程水蒸汽作的净功 $W = W_{bc} + W_{da} = \frac{M}{\mu} R T_b \ln \frac{V_c}{V_b}$
- (4) 循环效率 $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{5}{2} (p_b V_b - p_a V_a) + p_a (a - b)$

(注: 循环效率 $\eta=W/Q_1$, W 为循环过程水蒸汽对外作的净功, Q_1 为循环过程水蒸汽吸收的热量, $1 \text{ atm}=1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

48. 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程如 $T-V$ 图所示, 其中 c 点的温度为 $T_c=600 \text{ K}$. 试求:

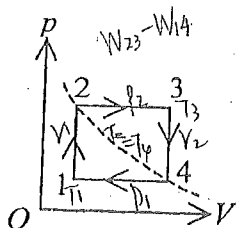
- (1) ab、bc、ca 各个过程系统吸收的热量;

- (2) 经一循环系统所作的净功;
 (3) 循环的效率.

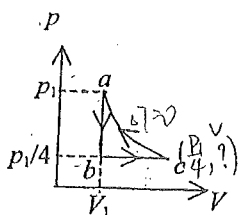
(注: 循环效率 $\eta = W/Q_1$, W 为循环过程系统对外作的净功, Q_1 为循环过程系统从外界吸收的热量 $\ln 2 = 0.693$)

49. 设以氦气(视为刚性分子理想气体)为工作物质进行卡诺循环, 在绝热膨胀过程中气体的体积增大到原来的两倍, 求循环的效率.

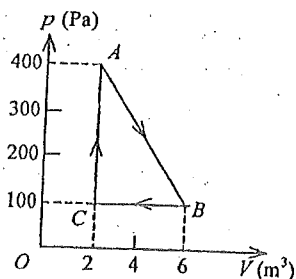
50. 1 mol 的理想气体, 完成了由两个等体过程和两个等压过程构成的循环过程(如图), 已知状态 1 的温度为 T_1 , 状态 3 的温度为 T_3 , 且状态 2 和 4 在同一条等温线上. 试求气体在这一循环过程中作的功.



(50 题图)



(52 题图)



(56 题图)

51. 一卡诺循环的热机, 高温热源温度是 400 K. 每一循环从此热源吸进 100 J 热量并向一低温热源放出 80 J 热量. 求:

- (1) 低温热源温度;
 (2) 这循环的热机效率.

52. 如图所示, 有一定量的理想气体, 从初状态 $a(p_1, V_1)$ 开始, 经过一个等体过程达到压强为 $p_1/4$ 的 b 态, 再经过一个等压过程达到状态 c , 最后经等温过程而完成一个循环. 求该循环过程中系统对外作的功 W 和所吸的热量 Q .

53. 理想气体作卡诺循环, 高温热源的热力学温度是低温热源的热力学温度的 n 倍, 求气体在一个循环中将由高温热源所得热量的多大部分交给了低温热源.

54. 以氢(视为刚性分子的理想气体)为工作物质进行卡诺循环, 如果在绝热膨胀时末态的压强 p_2 是初态压强 p_1 的一半, 求循环的效率.

55. 单原子分子的理想气体作卡诺循环, 已知循环效率 $\eta = 20\%$, 试求气体在绝热膨胀时, 气体体积增大到原来的几倍?

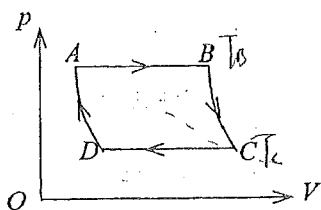
56. 比热容比 $\gamma = 1.40$ 的理想气体, 进行如图所示的 $ABCA$ 循环, 状态 A 的温度为 300 K.

- (1) 求状态 B 、 C 的温度;
 (2) 计算各过程中气体所吸收的热量、气体所作的功和气体内能的增量.

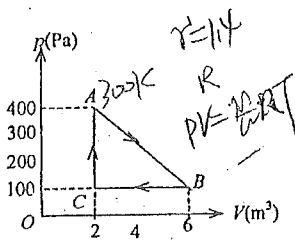
(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

57. 如图所示, 一金属圆筒中盛有 1 mol 刚性双原子分子的理想气体, 用可动活塞封住, 圆筒浸在冰水混合物中. 迅速推动活塞, 使气体从标准状态(活塞位置 I)压缩到体积为原来一半的状态(活塞位置 II), 然后维持活塞不动, 待气体温度下降至 0°C , 再让活塞缓慢上升到位置 I, 完成一次循环.

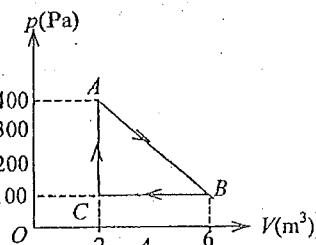
- (1) 试在 $p-V$ 图上画出相应的理想循环曲线;
 (2) 若作 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则有多少冰被熔化?



(43 题图)



(44 题图)



(45 题图)

45. 比热容比 $\gamma = 1.40$ 的理想气体进行如图所示的循环. 已知状态 A 的温度为 300 K. 求:

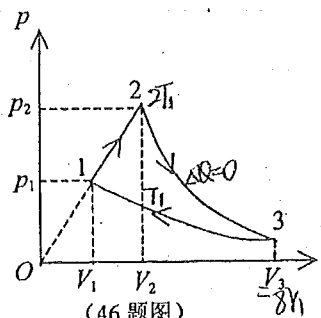
- (1) 状态 B、C 的温度;
- (2) 每一过程中气体所吸收的净热量.

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

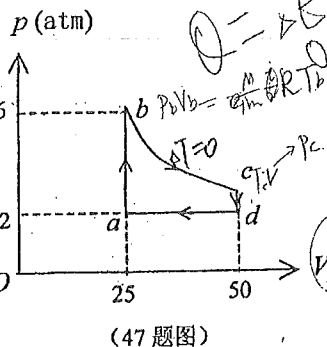
46. 1 mol 双原子分子理想气体作如图的可逆循环过程, 其中 1-2 为直线, 2-3 为绝热线, 3-1 为等温线. 已知 $T_2 = 2T_1$, $V_3 = 8V_1$ 试求:

- (1) 各过程的功, 内能增量和传递的热量; (用 T_1 和已知常量表示)
- (2) 此循环的效率 η .

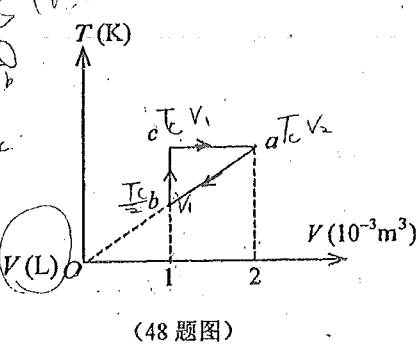
(注: 循环效率 $\eta = W/Q_1$, W 为整个循环过程中气体对外所作净功, Q_1 为循环过程中气体吸收的热量)



(46 题图)



(47 题图)



(48 题图)

47. 气缸内贮有 36 g 水蒸汽(视为刚性分子理想气体), 经 abcda 循环过程如图所示. 其中 a-b、c-d 为等体过程, b-c 为等温过程, d-a 为等压过程. 试求:

- (1) d-a 过程中水蒸气作的功 $W_{da} = p(V_a - V_d)$
- (2) a-b 过程中水蒸气内能的增量 $\Delta E_{ab} = \frac{5}{2} p_b V_b - p_a V_a$
- (3) 循环过程水蒸气作的净功 $W = W_{bc} + W_{da} = \frac{M}{\mu} R T_b \ln \frac{V_c}{V_b}$
- (4) 循环效率 $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{\frac{5}{2} (p_b V_c - p_a V_b) + p (p_b - p_a) V_a}{\frac{5}{2} (p_b V_c - p_a V_a)}$

(注: 循环效率 $\eta = W/Q_1$, W 为循环过程水蒸气对外作的净功, Q_1 为循环过程水蒸气吸收的热量, $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

48. 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程如 T-V 图所示, 其中 c 点的温度为 $T_c = 600 \text{ K}$. 试求:

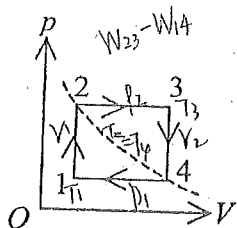
- (1) ab、bc、ca 各个过程系统吸收的热量;

- (2) 经一循环系统所作的净功;
 (3) 循环的效率.

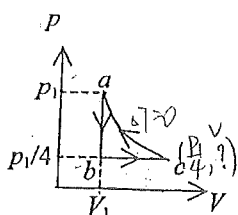
(注: 循环效率 $\eta = W/Q_1$, W 为循环过程系统对外作的净功, Q_1 为循环过程系统从外界吸收的热量 $\ln 2 = 0.693$)

49. 设以氦气(视为刚性分子理想气体)为工作物质进行卡诺循环, 在绝热膨胀过程中气体的体积增大到原来的两倍, 求循环的效率.

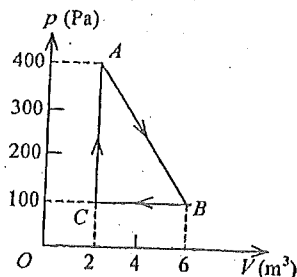
50. 1 mol 的理想气体, 完成了由两个等体过程和两个等压过程构成的循环过程(如图), 已知状态 1 的温度为 T_1 , 状态 3 的温度为 T_3 , 且状态 2 和 4 在同一条等温线上. 试求气体在这一循环过程中作的功.



(50 题图)



(52 题图)



(56 题图)

51. 一卡诺循环的热机, 高温热源温度是 400 K. 每一循环从此热源吸进 100 J 热量并向一低温热源放出 80 J 热量. 求:

- (1) 低温热源温度;
 (2) 这循环的热机效率.

52. 如图所示, 有一定量的理想气体, 从初状态 $a(p_1, V_1)$ 开始, 经过一个等体过程达到压强为 $p_1/4$ 的 b 态, 再经过一个等压过程达到状态 c , 最后经等温过程而完成一个循环. 求该循环过程中系统对外作的功 W 和所吸的热量 Q .

53. 理想气体作卡诺循环, 高温热源的热力学温度是低温热源的热力学温度的 n 倍, 求气体在一个循环中将由高温热源所得热量的多大部分交给了低温热源.

54. 以氢(视为刚性分子的理想气体)为工作物质进行卡诺循环, 如果在绝热膨胀时末态的压强 p_2 是初态压强 p_1 的一半, 求循环的效率.

55. 单原子分子的理想气体作卡诺循环; 已知循环效率 $\eta = 20\%$, 试求气体在绝热膨胀时, 气体体积增大到原来的几倍?

56. 比热容比 $\gamma = 1.40$ 的理想气体, 进行如图所示的 $ABCA$ 循环, 状态 A 的温度为 300 K.

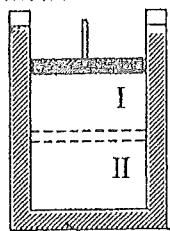
- (1) 求状态 B 、 C 的温度;
 (2) 计算各过程中气体所吸收的热量、气体所作的功和气体内能的增量.

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

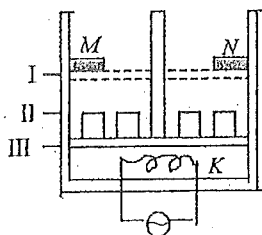
57. 如图所示, 一金属圆筒中盛有 1 mol 刚性双原子分子的理想气体, 用可动活塞封住, 圆筒浸在冰水混合物中. 迅速推动活塞, 使气体从标准状态(活塞位置 I)压缩到体积为原来一半的状态(活塞位置 II), 然后维持活塞不动, 待气体温度下降至 0°C , 再让活塞缓慢上升到位置 I, 完成一次循环.

- (1) 试在 $p-V$ 图上画出相应的理想循环曲线;
 (2) 若作 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则有多少冰被熔化?

(已知冰的熔解热 $\lambda = 3.35 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)



冰水混合物
(57题图)



(58题图)

58. 如图所示, 用绝热材料包围的圆筒内盛有一定量的刚性双原子分子的理想气体, 并用可活动的、绝热的轻活塞将其封住. 图中 K 为用来加热气体的电热丝, MN 是固定在圆筒上的环, 用来限制活塞向上运动. I、II、III 是圆筒体积等分刻度线, 每等分刻度为 $1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. 开始时活塞在位置 I, 系统与大气同温、同压、同为标准状态. 现将小砝码逐个加到活塞上, 缓慢地压缩气体, 当活塞到达位置 III 时停止加砝码; 然后接通电源缓慢加热使活塞至 II; 断开电源, 再逐步移去所有砝码使气体继续膨胀至 I, 当上升的活塞被环 M 、 N 挡住后拿去周围绝热材料, 系统逐步恢复到原来状态, 完成一个循环.

- (1) 在 $p-V$ 图上画出相应的循环曲线;
- (2) 求出各分过程的始末状态温度;
- (3) 求该循环过程吸收的热量和放出的热量.

59. 设一动力暖气装置由一台卡诺热机和一台卡诺致冷机组合而成. 热机靠燃料燃烧时释放的热量工作并向暖气系统中的水放热, 同时, 热机带动致冷机. 致冷机自天然蓄水池中吸热, 也向暖气系统放热. 假定热机锅炉的温度为 $t_1 = 210 \text{ }^\circ\text{C}$, 天然蓄水池中水的温度为 $t_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, 暖气系统的温度为 $t_3 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, 热机从燃料燃烧时获得热量 $Q_1 = 2.1 \times 10^7 \text{ J}$, 计算暖气系统所得热量.

60. 气缸内盛有单原子分子的理想气体, 若绝热压缩使其体积减半, 问气体分子的方均根速率变为原来的几倍?

61. ν 摩尔的某种理想气体, 状态按 $V = a/\sqrt{p}$ 的规律变化(式中 a 为正常量), 当气体体积从 V_1 膨胀到 V_2 时, 试求气体所作的功 W 及气体温度的变化 $T_1 - T_2$ 各为多少.

62. 一气缸内盛有一定量的单原子理想气体. 若绝热压缩使其体积减半, 问气体分子的平均速率为原来的几倍?

63. 一定量的氦气(理想气体), 原来的压强为 $p_1 = 1 \text{ atm}$, 温度为 $T_1 = 300 \text{ K}$, 若经过一绝热过程, 使其压强增加到 $p_2 = 32 \text{ atm}$. 求:

(1) 末态时气体的温度 T_2 . $p^{1-\gamma} T^\gamma = C$

(2) 末态时气体分子数密度 n . $p = n k T$
(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

$$pV^\gamma = C \quad pV = T$$

$$p \left(\frac{T}{p}\right)^\gamma \quad p^{1-\gamma} T^\gamma = C$$

64. 一定量的刚性双原子分子的理想气体, 处于压强 $p_1 = 10 \text{ atm}$ 、温度 $T_1 = 500 \text{ K}$ 的平衡态. 后经历一绝热过程达到压强 $p_2 = 5 \text{ atm}$ 、温度为 T_2 的平衡态. 求 T_2 .

相对论

一. 选择题

1. 宇宙飞船相对于地面以速度 v 作匀速直线飞行, 某一时刻飞船头部的宇航员向飞船尾部发出一个光讯号, 经过 Δt (飞船上的钟) 时间后, 被尾部的接收器收到, 则由此可知飞船的固有长度为 (c 表示真空中光速)

(A) $c \cdot \Delta t$

(B) $v \cdot \Delta t$

(C) $\frac{c \cdot \Delta t}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$

(D) $c \cdot \Delta t \cdot \sqrt{1 - (v/c)^2}$

2. 一火箭的固有长度为 L , 相对于地面作匀速直线运动的速度为 v_1 , 火箭上有一个人从火箭的后端向火箭前端上的一个靶子发射一颗相对于火箭的速度为 v_2 的子弹. 在火箭上测得子弹从射出到击中靶的时间间隔是: (c 表示真空中光速)

(A) $\frac{L}{v_1 + v_2}$

(B) $\frac{L}{v_2}$

(C) $\frac{L}{v_2 - v_1}$

(D) $\frac{L}{v_1 \sqrt{1 - (v_1/c)^2}}$

3. 有下列几种说法:

(1) 所有惯性系对物理基本规律都是等价的.

(2) 在真空中, 光的速度与光的频率、光源的运动状态无关.

(3) 在任何惯性系中, 光在真空中沿任何方向的传播速率都相同.

若问其中哪些说法是正确的, 答案是

(A) 只有(1)、(2)是正确的.

(B) 只有(1)、(3)是正确的.

(C) 只有(2)、(3)是正确的.

(D) 三种说法都是正确的.

4. 在狭义相对论中, 下列说法中哪些是正确的?

(1) 一切运动物体相对于观察者的速度都不能大于真空中的光速.

(2) 质量、长度、时间的测量结果都是随物体与观察者的相对运动状态而改变的.

(3) 在一惯性系中发生于同一时刻, 不同地点的两个事件在其他一切惯性系中也是同时发生的.

(4) 惯性系中的观察者观察一个与他作匀速相对运动的时钟时, 会看到这时钟比与他相对静止的相同的时钟走得慢些.

(A) (1), (3), (4). (B) (1), (2), (4).

(C) (1), (2), (3). (D) (2), (3), (4).

5. 在某地发生两件事, 静止位于该地的甲测得时间间隔为 4 s, 若相对于甲作匀速直线运动的乙测得时间间隔为 5 s, 则乙相对于甲的运动速度是(c 表示真空中光速)

(A) $(4/5)c$. (B) $(3/5)c$.

(C) $(2/5)c$. (D) $(1/5)c$.

6. 一宇航员要到离地球为 5 光年的星球去旅行. 如果宇航员希望把这路程缩短为 3 光年,

则他所乘的火箭相对于地球的速度应是： c 表示真空中光速）

- (A) $v = (1/2)c$. (B) $v = (3/5)c$.
 (C) $v = (4/5)c$. (D) $v = (9/10)c$.

7. K 系与 K' 系是坐标轴相互平行的两个惯性系， K' 系相对于 K 系沿 Ox 轴正方向匀速运动。一根刚性尺静止在 K' 系中，与 $O'x'$ 轴成 30° 角。今在 K 系中观测得该尺与 Ox 轴成 45° 角，则 K' 系相对于 K 系的速度是：

- (A) $(2/3)c$. (B) $(1/3)c$.
 (C) $(2/3)^{1/2}c$. (D) $(1/3)^{1/2}c$.

8. (1) 对某观察者来说，发生在某惯性系中同一地点、同一时刻的两个事件，对于相对该惯性系作匀速直线运动的其它惯性系中的观察者来说，它们是否同时发生？

(2) 在某惯性系中发生于同一时刻、不同地点的两个事件，它们在其它惯性系中是否同时发生？

关于上述两个问题的正确答案是：

- (A) (1)同时，(2)不同时。
 (B) (1)不同时，(2)同时。
 (C) (1)同时，(2)同时。
 (D) (1)不同时，(2)不同时。

9. 有一直尺固定在 K' 系中，它与 Ox' 轴的夹角 $\theta' = 45^\circ$ ，如果 K' 系以匀速度沿 Ox 方向相对于 K 系运动， K 系中观察者测得该尺与 Ox 轴的夹角

- (A) 大于 45° . (B) 小于 45° . (C) 等于 45° .
 (D) 当 K' 系沿 Ox 正方向运动时大于 45° ，而当 K' 系沿 Ox 负方向运动时小于 45° 。

10. 边长为 a 的正方形薄板静止于惯性系 K 的 Oxy 平面内，且两边分别与 x 、 y 轴平行。今有惯性系 K' 以 $0.8c$ (c 为真空中光速) 的速度相对于 K 系沿 x 轴作匀速直线运动，则从 K' 系测得薄板的面积为

- (A) $0.6a^2$. (B) $0.8a^2$.
 (C) a^2 . (D) $a^2/0.6$.

11. 一匀质矩形薄板，在它静止时测得其长为 a ，宽为 b ，质量为 m_0 。由此可算出其面积密度为 m_0/ab 。假定该薄板沿长度方向以接近光速的速度 v 作匀速直线运动，此时再测算该矩形薄板的面积密度则为

- (A) $\frac{m_0\sqrt{1-(v/c)^2}}{ab}$ (B) $\frac{m_0}{ab\sqrt{1-(v/c)^2}}$
 (C) $\frac{m_0}{ab[1-(v/c)^2]}$ (D) $\frac{m_0}{ab[1-(v/c)^2]^{3/2}}$

12. 关于同时性的以下结论中，正确的是

- (A) 在一惯性系同时发生的两个事件，在另一惯性系一定不同时发生。
 (B) 在一惯性系不同地点同时发生的两个事件，在另一惯性系一定同时发生。
 (C) 在一惯性系同一地点同时发生的两个事件，在另一惯性系一定同时发生。
 (D) 在一惯性系不同地点不同时发生的两个事件，在另一惯性系一定不同时发生。

13. 两个惯性系 S 和 S' ，沿 x (x') 轴方向作匀速相对运动。设在 S' 系中某点先后发生两

个事件, 用静止于该系的钟测出两事件的时间间隔为 τ_0 , 而用固定在 S 系的钟测出这两个事件的时间间隔为 τ . 又在 S' 系 x' 轴上放置一静止于是该系, 长度为 l_0 的细杆, 从 S 系测得此杆的长度为 l , 则

(A) $\tau < \tau_0; l < l_0$. (B) $\tau < \tau_0; l > l_0$.

(C) $\tau > \tau_0; l > l_0$. (D) $\tau > \tau_0; l < l_0$.

14. 设某微观粒子的总能量是它的静止能量的 K 倍, 则其运动速度的大小为(以 c 表示真空中的光速)

(A) $\frac{c}{K-1}$.

(B) $\frac{c}{K}\sqrt{1-K^2}$.

(C) $\frac{c}{K}\sqrt{K^2-1}$.

(D) $\frac{c}{K+1}\sqrt{K(K+2)}$.

15. 某核电站年发电量为 100 亿度, 它等于 36×10^{15} J 的能量, 如果这是由核材料的全部静止能转化产生的, 则需要消耗的核材料的质量为

(A) 0.4 kg.

(B) 0.8 kg.

(C) $(1/12) \times 10^7$ kg.

(D) 12×10^7 kg.

16. 根据相对论力学, 动能为 0.25 MeV 的电子, 其运动速度约等于

(A) $0.1c$

(B) $0.5c$

(C) $0.75c$

(D) $0.85c$

(c 表示真空中的光速, 电子的静能 $m_0c^2 = 0.51$ MeV)

17. 一个电子运动速度 $v = 0.99c$, 它的动能是: (电子的静止能量为 0.51 MeV)

(A) 4.0 MeV.

(B) 3.5 MeV.

(C) 3.1 MeV.

(D) 2.5 MeV.

18. 质子在加速器中被加速, 当其动能为静止能量的 4 倍时, 其质量为静止质量的

(A) 4 倍.

(B) 5 倍.

(C) 6 倍.

(D) 8 倍.

19. α 粒子在加速器中被加速, 当其质量为静止质量的 3 倍时, 其动能为静止能量的

(A) 2 倍.

(B) 3 倍.

(C) 4 倍.

(D) 5 倍.

20. 把一个静止质量为 m_0 的粒子, 由静止加速到 $v = 0.6c$ (c 为真空中光速) 需作的功等于

(A) $0.18m_0c^2$.

(B) $0.25m_0c^2$.

(C) $0.36m_0c^2$.

(D) $1.25m_0c^2$.

21. 已知电子的静能为 0.51 MeV, 若电子的动能为 0.25 MeV, 则它所增加的质量 Δm 与静止质量 m_0 的比值近似为

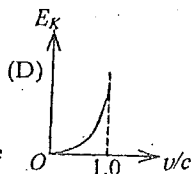
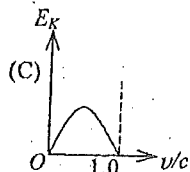
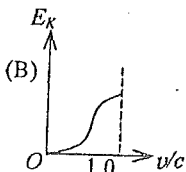
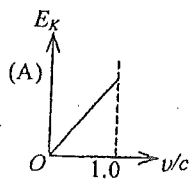
(A) 0.1.

(B) 0.2.

(C) 0.5.

(D) 0.9.

22. 令电子的速率为 v , 则电子的动能 E_K 对于比值 v/c 的图线可用下列图中哪一个图表示? (c 表示真空中光速)



二、填空题

1. 狭义相对论的两条基本原理中, 相对性原理说的是 在一切惯性参考系中光速不变原理 说的 真空中的光速与光源或接收器的运动无关, 在各个方向上都等于一个恒量

2. 已知惯性系 S' 相对于惯性系 S 系以 $0.5c$ 的匀速度沿 x 轴的负方向运动, 若从 S' 系的坐标原点 O' 沿 x 轴正方向发出一光波, 则 S 系中测得此光波在真空中的波速为 c .

3. 以速度 v 相对于地球作匀速直线运动的恒星所发射的光子, 其相对于地球的速度大小为 c .

4. 有一速度为 u 的宇宙飞船沿 x 轴正方向飞行, 飞船头尾各有一个脉冲光源在工作, 处于船尾的观察者测得船头光源发出的光脉冲的传播速度大小为 c ; 处于船头的观察者测得船尾光源发出的光脉冲的传播速度大小为 c .

5. 当惯性系 S 和 S' 的坐标原点 O 和 O' 重合时, 有一点光源从坐标原点发出一光脉冲, 在 S 系中经过一段时间 t 后 (在 S' 系中经过时间 t'), 此光脉冲的球面方程 (用直角坐标系) 分别为:

$$S \text{ 系 } x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$$

$$S' \text{ 系 } x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$$

6. π^+ 介子是不稳定的粒子, 在它自己的参照系中测得平均寿命是 2.6×10^{-8} s, 如果它相对于实验室以 $0.8c$ (c 为真空中光速) 的速率运动, 那么实验室坐标系中测得的 π^+ 介子的寿命是 4.3×10^{-8} s.

7. 一观察者测得一沿米尺长度方向匀速运动着的米尺的长度为 0.5 m. 则此米尺以速度 $v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$ $m \cdot s^{-1}$ 接近观察者.

8. μ 子是一种基本粒子, 在相对于 μ 子静止的坐标系中测得其寿命为 $\tau_0 = 2 \times 10^{-6}$ s. 如果 μ 子相对于地球的速度为 $v = 0.988c$ (c 为真空中光速), 则在地球坐标系中测出的 μ 子的寿命 $\tau = \underline{1.29 \times 10^{-5}}$.

9. 两个惯性系中的观察者 O 和 O' 以 $0.6c$ (c 表示真空中光速) 的相对速度互相接近. 如果 O 测得两者的初始距离是 20 m, 则 O' 测得两者经过时间 $\Delta t' = \frac{170}{3c} = 18.89 \times 10^{-8}$ s 后相遇.

10. 静止时边长为 50 cm 的立方体, 当它沿着与它的一个棱边平行的方向相对于地面以匀速度 $2.4 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$ 运动时, 在地面上测得它的体积是 .

11. 牛郎星距离地球约 16 光年, 宇宙飞船若以 的匀速度飞行, 将用 4 年的时间 (宇宙飞船上的钟指示的时间) 抵达牛郎星.

12. 在 S 系中的 x 轴上相隔为 Δx 处有两只同步的钟 A 和 B , 读数相同. 在 S' 系的 x' 轴上也有一只同样的钟 A' , 设 S' 系相对于 S 系的运动速度为 v , 沿 x 轴方向, 且当 A' 与 A 相遇时, 刚好两钟的读数均为零. 那么, 当 A' 钟与 B 钟相遇时, 在 S 系中 B 钟的读数是 ; 此时在 S' 系中 A' 钟的读数是 .

13. 狭义相对论确认, 时间和空间的测量值都是 相对的, 它们与观察者的 运动 密切相关.

14. 一门宽为 a . 今有一固有长度为 l_0 ($l_0 > a$) 的水平细杆, 在门外贴近门的平面内沿其长度方向匀速运动. 若站在门外的观察者认为此杆的两端可同时被拉进此门, 则该杆相对于门的运动速率 u 至少为 .

15. 一门宽为 a . 今有一固有长度为 l_0 ($l_0 > a$) 的水平细杆, 在门外贴近门的平面内沿其长度方向匀速运动. 若站在门外的观察者认为此杆的两端可同时被拉进此门, 则该杆相对于

门的运动速率 u 至少为 _____

16. 设电子静止质量为 m_e , 将一个电子从静止加速到速率为 $0.6c$ (c 为真空中光速), 需作功 _____

17. 当粒子的动能等于它的静止能量时, 它的运动速度为 $\frac{\sqrt{5}}{2}c$

18. 一电子以 $0.99c$ 的速率运动(电子静止质量为 $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$), 则电子的总能量是 _____ J, 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是 _____

19. (1) 在速度 $v =$ _____ 情况下粒子的动量等于非相对论动量的两倍.

(2) 在速度 $v =$ _____ 情况下粒子的动能等于它的静止能量.

20. 狭义相对论中, 一质点的质量 m 与速度 v 的关系式为 _____; 其动能的表达式为 _____

21. 质子在加速器中被加速, 当其动能为静止能量的 3 倍时, 其质量为静止质量的 _____ 倍.

22. α 粒子在加速器中被加速, 当其质量为静止质量的 5 倍时, 其动能为静止能量的 _____ 倍.

23. 观察者甲以 $\frac{4}{5}c$ 的速度 (c 为真空中光速) 相对于静止的观察者乙运动, 若甲携带一长度

为 l 、截面积为 S 、质量为 m 的棒, 这根棒安放在运动方向上, 则

(1) 甲测得此棒的密度为 _____;

(2) 乙测得此棒的密度为 _____.

24. 观察者甲以 $0.8c$ 的速度 (c 为真空中光速) 相对于静止的观察者乙运动, 若甲携带一质量为 1 kg 的物体, 则

(1) 甲测得此物体的总能量为 $c^2 = 9 \times 10^6 \text{ J}$

(2) 乙测得此物体的总能量为 $\frac{5}{3}c^2 = 1.5 \times 10^7 \text{ J}$

25. 已知一静止质量为 m_0 的粒子, 其固有寿命为实验室测量到的寿命的 $1/n$, 则此粒子的动能是 $(n-1)m_0c^2$.

26. 匀质细棒静止时的质量为 m_0 , 长度为 l_0 , 当它沿棒长方向作高速的匀速直线运动时, 测得它的长为 l , 那么, 该棒的运动速度 $v = \sqrt{1 - \frac{l^2}{l_0^2}}c$, 该棒所具有的动能 $E_k = m_0c^2(\frac{l_0}{l} - 1)$

27. 某加速器将电子加速到能量 $E = 2 \times 10^6 \text{ eV}$ 时, 该电子的动能 $E_k = 1.488 \times 10^6 \text{ eV}$.
(电子的静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

三、计算题

1. 观察者 A 测得与他相对静止的 Oxy 平面上一个圆的面积是 12 cm^2 , 另一观察者 B 相对于 A 以 $0.8c$ (c 为真空中光速) 平行于 Oxy 平面作匀速直线运动, B 测得这一图形为一椭圆, 其面积是多少?

2. 一面积为 V_0 , 质量为 m_0 的立方体沿其一棱的方向相对于观察者 A 以速度 v 运动. 求: 观察者 A 测得其密度是多少?

3. 在 O 参考系中, 有一个静止的正方形, 其面积为 100 cm^2 . 观测者 O' 以 $0.8c$ 的匀速沿正方形的对角线运动. 求 O' 所测得的该图形的面积.

4. 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

1. $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
 $S = \pi ab$ $m = m_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

匀速度在地面观测站的上空飞过。

(1) 观测站测得飞船的船身通过观测站的时间间隔是多少？

(2) 宇航员测得船身通过观测站的时间间隔是多少？

5. 在惯性系 S 中，有两事件发生于同一地点，且第二事件比第一事件晚发生 $\Delta t = 2s$ ；而在另一惯性系 S' 中，观测第二事件比第一事件晚发生 $\Delta t' = 3s$ 。那么在 S' 系中发生两事件的地点之间的距离是多少？

6. 地球的半径约为 $R_0 = 6376 \text{ km}$ ，它绕太阳的速率约为 $v = 30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ，在太阳参考系中测量地球的半径在哪个方向上缩短得最多？缩短了多少？（假设地球相对于太阳系来说近似于惯性系）

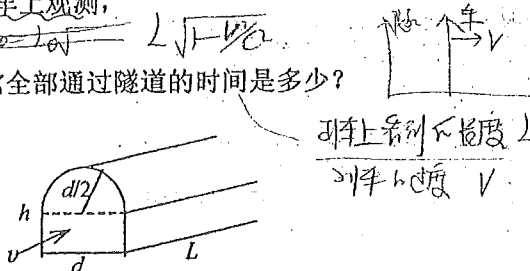
7. 假定在实验室中测得静止在实验室中的 μ^+ 子（不稳定的粒子）的寿命为 $2.2 \times 10^{-6} \text{ s}$ ，而当它相对于实验室运动时实验室中测得它的寿命为 $1.63 \times 10^{-6} \text{ s}$ 。试问：这两个测量结果符合相对论的什么结论？ μ^+ 子相对于实验室的速度是真空中光速 c 的多少倍？

8. 半人马星座 α 星是距离太阳系最近的恒星，它距离地球 $S = 4.3 \times 10^{16} \text{ m}$ 。设有一宇宙飞船自地球飞到半人马星座 α 星，若宇宙飞船相对于地球的速度为 $v = 0.999c$ 。按地球上的时钟计算要用多少年时间？如以飞船上的时钟计算，所需时间又为多少年？

9. 一隧道长为 L ，宽为 d ，高为 h ，拱顶为半圆，如图。设想一列车以极高的速度 v 沿隧道长度方向通过隧道，若从列车上观测，

(1) 隧道的尺寸如何？

(2) 设列车的长度为 l_0 ，它全部通过隧道的时间是多少？



10. 设有宇宙飞船 A 和 B ，固有长度均为 $l_0 = 100 \text{ m}$ ，沿同一方向匀速飞行，在飞船 B 上观测到飞船 A 的船头、船尾经过飞船 B 船头的的时间间隔为 $\Delta t = (5/3) \times 10^{-7} \text{ s}$ ，求飞船 B 相对于飞船 A 的速度的大小。

11. 一电子以 $v = 0.99c$ (c 为真空中光速) 的速率运动。试求：

(1) 电子的总能量是多少？

(2) 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少？

(电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

$$E_k = mc^2 - m_0c^2$$

12. 已知 μ 子的静止能量为 105.7 MeV ，平均寿命为 $2.2 \times 10^{-8} \text{ s}$ 。试求动能为 150 MeV 的 μ 子的速度 v 是多少？平均寿命 τ 是多少？

13. 要使电子的速度从 $v_1 = 1.2 \times 10^8 \text{ m/s}$ 增加到 $v_2 = 2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$ 必须对它作多少功？（电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ）

14. 一光源在 K' 系的原点 O' 发出一光线，此光线在 $x'y'$ 平面内与 x' 轴的夹角为 θ' 。设 K' 系与 K 系相应的坐标轴互相平行， K' 系相对 K 系以速度 u 沿 x 轴正向运动。试求此光线在 K 系中的传播方向。

15. 设 K' 系相对惯性系 K 以速率 u 沿 x 轴正向运动， K' 系和 K 系的相应坐标轴平行。如果从 K' 系中沿 y' 轴正向发出一光信号，求在 K 系中观察到该光信号的传播速率和传播方向。

expect
坐轮椅听课

16. 火箭A以 $0.8c$ 的速率相对地球向正北方向飞行, 火箭B以 $0.6c$ 的速率相对地球向正西方向飞行 (c 为真空中光速). 求在火箭B中观察火箭A的速度的大小和方向.

17. 在惯性系中, 有两个静止质量都是 m_0 的粒子A和B, 它们以相同的速率 v 相向运动, 碰撞后合成为一个粒子, 求这个粒子的静止质量 M_0 .

18. 在什么速度下粒子的相对论动量是经典动量的二倍; 在什么速度下粒子的动能等于其静止能量?

$E = \gamma^2 m_0^2 c^2$
19. 在实验室中测得电子的速度是 $0.8c$, c 为真空中的光速. 假设一观察者相对实验室以 $0.6c$ 的速率运动, 其方向与电子运动方向相同, 试求该观察者测出的电子的动能和动量是多少? (电子的静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$)

expect.
20. 两个质点A和B, 静止质量均为 m_0 . 质点A静止, 质点B的动能为 $6m_0c^2$. 设A、B两质点相撞并结合成为一个复合质点. 求复合质点的静止质量.

21. 由于相对论效应, 如果粒子的能量增加, 粒子在磁场中的回旋周期将随能量的增加而增大, 计算动能为 10^4MeV 的质子在磁感强度为 1T 的磁场中的回旋周期.

(质子的静止质量为 $1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$, $1 \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{J}$)

$\Delta x'$
 $\Delta t'$ 公式
22. 在 K 惯性系中观测到相距 $\Delta x = 9 \times 10^8 \text{m}$ 的两地点相隔 $\Delta t = 5 \text{s}$ 发生两事件, 而在相对于 K 系沿 x 方向以匀速度运动的 K' 系中发现此两事件恰好发生在同一地点. 试求在 K' 系中此两事件的时间间隔.

23. K 惯性系中观测者记录到两事件的空间和时间间隔分别是 $x_2 - x_1 = 600 \text{m}$ 和 $t_2 - t_1 = 8 \times 10^{-7} \text{s}$, 为了使两事件对相对于 K 系沿正 x 方向匀速运动的 K' 系来说是同时发生的, K' 系必需相对于 K 系以多大的速度运动?

24. 在 K 惯性系中, 相距 $\Delta x = 5 \times 10^6 \text{m}$ 的两个地方发生两事件, 时间间隔 $\Delta t = 10^{-2} \text{s}$; 而在相对于 K 系沿正 x 方向匀速运动的 K' 系中观测到这两事件却是同时发生的. 试计算在 K' 系中发生这两事件的地点间的距离 $\Delta x'$ 是多少?

$-106c$
 $\rightarrow x'$
 $\rightarrow x$
25. 火箭相对于地面以 $v = 0.6c$ (c 为真空中光速) 的匀速度向上飞离地球. 在火箭发射 $\Delta t' = 10 \text{s}$ 后(火箭上的钟), 该火箭向地面发射一导弹, 其速度相对于地面为 $v_1 = 0.3c$, 问火箭发射后多长时间(地球上的钟), 导弹到达地球? 计算中假设地面不动.

$\rightarrow x$
26. 某一宇宙射线中的介子的动能 $E_k = 7M_0c^2$, 其中 M_0 是介子的静止质量. 试求在实验室中观察到它的寿命是它的固有寿命的多少倍.

$E_k + E_0$
 $= \gamma m_0 c^2$
 $= \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
27. 设快速运动的介子的能量约为 $E = 3000 \text{MeV}$, 而这种介子在静止时的能量为 $E_0 = 100 \text{MeV}$. 若这种介子的固有寿命是 $\tau_0 = 2 \times 10^{-6} \text{s}$, 求它运动的距离(真空中光速 $c = 2.9979 \times 10^8 \text{m/s}$).

28. 观察者甲和乙分别静止于两个惯性系 K 和 K' 中 (K' 系相对于 K 系作平行于 x 轴的匀速运动). 甲测得在 x 轴上两点发生的两个事件的空间间隔和时间间隔分别为 500m 和 $2 \times 10^{-7} \text{s}$, 而乙测得这两个事件是同时发生的. 问: K' 系相对于 K 系以多大速度运动?

29. 观测者甲和乙分别静止于两个惯性参照系 K 和 K' 中, 甲测得在同一地点发生的两个事件的时间间隔为 4s , 而乙测得这两个事件的时间间隔为 5s , 求:

(1) K' 相对于 K 的运动速度.

(2) 乙测得这两个事件发生的地点的距离.

30. 在惯性系 K 中, 有两个事件同时发生在 x 轴上相距 1000m 的两点, 而在另一惯性系 K' (沿 x 轴方向相对于 K 系运动) 中测得这两个事件发生的地点相距 2000m . 求在 K' 系中测得这两个事件的时间间隔.

量子力学基础

$$E_{K2} = h\nu_2 - A$$

$$E_{K1} = h\nu_1 - A$$

一、选择题

1. 用频率为 ν_1 的单色光照射某一种金属时, 测得光电子的最大动能为 E_{K1} ; 用频率为 ν_2 的单色光照射另一种金属时, 测得光电子的最大动能为 E_{K2} . 如果 $E_{K1} > E_{K2}$, 那么

- (A) ν_1 一定大于 ν_2 . (B) ν_1 一定小于 ν_2 .
 (C) ν_1 一定等于 ν_2 . (D) ν_1 可能大于也可能小于 ν_2 .

2. 用频率为 ν_1 的单色光照射某种金属时, 测得饱和电流为 I_1 , 以频率为 ν_2 的单色光照射该金属时, 测得饱和电流为 I_2 , 若 $I_1 > I_2$, 则

- (A) $\nu_1 > \nu_2$. (B) $\nu_1 < \nu_2$.
 (C) $\nu_1 = \nu_2$. (D) ν_1 与 ν_2 的关系还不能确定.

3. 已知某单色光照射到一金属表面产生了光电效应, 若此金属的逸出电势是 U_0 (使电子从金属逸出需作功 eU_0), 则此单色光的波长 λ 必须满足:

- (A) $\lambda \leq hc/(eU_0)$. (B) $\lambda \geq hc/(eU_0)$.
 (C) $\lambda \leq eU_0/(hc)$. (D) $\lambda \geq eU_0/(hc)$.

$$\frac{hc}{\lambda} \geq eU_0$$

4. 已知一单色光照射在钠表面上, 测得光电子的最大动能是 1.2 eV, 而钠的红限波长是 5400 Å, 那么入射光的波长是

- (A) 5350 Å. (B) 5000 Å.
 (C) 4350 Å. (D) 3550 Å.

$$1.2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

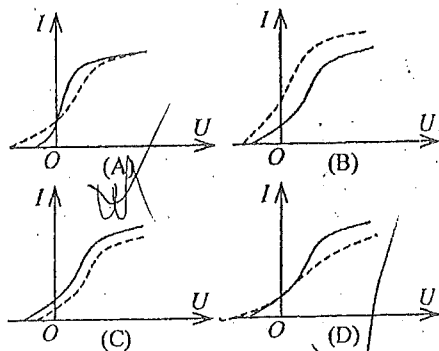
5. 在均匀磁场 B 内放置一极薄的金属片, 其红限波长为 λ_0 , 今用单色光照射, 发现有电子放出, 有些放出的电子(质量为 m , 电荷的绝对值为 e)在垂直于磁场的平面内作半径为 R 的圆周运动, 那末此照射光光子的能量是:

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

$$R = \frac{mv}{Bq} \quad v = \frac{BqR}{m}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = E - \frac{hc}{\lambda_0}$$

6. 一定频率的单色光照射在某种金属上, 测出其光电流的曲线如图中实线所示. 然后在光强度不变的条件下增大照射光的频率, 测出其光电流的曲线如图中虚线所示. 满足题意的图是:



7. 用频率为 ν 的单色光照射某种金属时, 逸出光电子的最大动能为 E_K ; 若改用频率为 2ν 的单色光照射此种金属时, 则逸出光电子的最大动能为:

- (A) $2E_K$. (B) $2h\nu - E_K$.
 (C) $h\nu - E_K$. (D) $h\nu + E_K$.

8. 关于光电效应有下列说法:

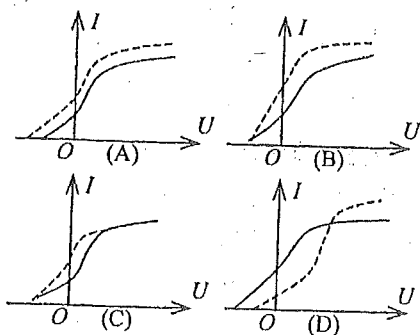
- (1) 任何波长的可见光照射到任何金属表面都能产生光电效应;
 (2) 若入射光的频率均大于一给定金属的红限, 则该金属分别受到不同频率的光照射时, 释出的光电子的最大初动能也不同;
 (3) 若入射光的频率均大于一给定金属的红限, 则该金属分别受到不同频率、强度相等的光照射时, 单位时间释出的光电子数一定相等;
 (4) 若入射光的频率均大于一给定金属的红限, 则当入射光频率不变而强度增大一倍时, 该金属的饱和光电流也增大一倍.

其中正确的是

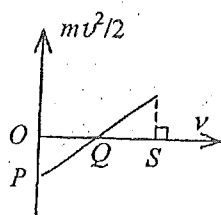
- (A) (1), (2), (3).
 (B) (2), (3), (4).
 (C) (2), (3).
 (D) (2), (4).
9. 设有频率为 ν_1 和 ν_2 的两种单色光, 先后照射同一种金属均能产生光电效应. 已知金属的红限频率为 ν_0 , 测得两次照射时的遏止电压 $|U_{a2}| = 2|U_{a1}|$, 则这两种单色光的频率有如下关系:

- (A) $\nu_2 = \nu_1 - \nu_0$. (B) $\nu_2 = \nu_1 + \nu_0$.
 (C) $\nu_2 = 2\nu_1 - \nu_0$. (D) $\nu_2 = \nu_1 - 2\nu_0$.

10. 以一定频率的单色光照射在某种金属上, 测出其光电流曲线在图中用实线表示, 然后保持光的频率不变, 增大照射光的强度, 测出其光电流曲线在图中用虚线表示. 满足题意的图是



(10 题图)



(11 题图)

11. 光电效应中发射的光电子最大初动能随入射光频率 ν 的变化关系如图所示. 由图中的 (A) OQ (B) OP (C) OP/OQ (D) QS/OS 可以直接求出普朗克常量.
12. 在康普顿散射中, 如果设反冲电子的速度为光速的 60%, 则因散射使电子获得的能量是其静止能量的 (A) 2 倍. (B) 1.5 倍. (C) 0.5 倍. (D) 0.25 倍.
13. 当照射光的波长从 4000 \AA 变到 3000 \AA 时, 对同一金属, 在光电效应实验中测得的遏

止电压将:

- (A) 减小 0.56 V. (B) 减小 0.34 V.
(C) 增大 0.165 V. (D) 增大 1.035 V.

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34}$ J·s, 基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19}$ C)

14. 保持光电管上电势差不变, 若入射的单色光光强增大, 则从阴极逸出的光电子的最大初动能 E_0 和飞到阳极的电子的最大动能 E_K 的变化分别是

- (A) E_0 增大, E_K 增大. (B) E_0 不变, E_K 变小.
(C) E_0 增大, E_K 不变. (D) E_0 不变, E_K 不变.

15. 在康普顿效应实验中, 若散射光波长是入射光波长的 1.2 倍, 则散射光光子能量 ε 与反冲电子动能 E_K 之比 ε/E_K 为

- (A) 2. (B) 3. (C) 4. (D) 5.

16. 光子能量为 0.5 MeV 的 X 射线, 入射到某种物质上而发生康普顿散射. 若反冲电子的能量为 0.1 MeV, 则散射光波长的改变量 $\Delta\lambda$ 与入射光波长 λ_0 之比为

- (A) 0.20. (B) 0.25. (C) 0.30. (D) 0.35.

17. 用强度为 I , 波长为 λ 的 X 射线(伦琴射线)分别照射锂($Z=3$)和铁($Z=26$). 若在同一散射角下测得康普顿散射的 X 射线波长分别为 λ_{Li} 和 λ_{Fe} ($\lambda_{Li}, \lambda_{Fe} > \lambda$), 它们对应的强度分别为 I_{Li} 和 I_{Fe} , 则

- (A) $\lambda_{Li} > \lambda_{Fe}, I_{Li} < I_{Fe}$ (B) $\lambda_{Li} = \lambda_{Fe}, I_{Li} = I_{Fe}$
(C) $\lambda_{Li} = \lambda_{Fe}, I_{Li} > I_{Fe}$ (D) $\lambda_{Li} < \lambda_{Fe}, I_{Li} > I_{Fe}$

18. 以下一些材料的逸出功为

- 铍 3.9 eV 钡 5.0 eV
铯 1.9 eV 钨 4.5 eV

今要制造能在可见光(频率范围为 3.9×10^{14} Hz— 7.5×10^{14} Hz)下工作的光电管, 在这些材料中应选

- (A) 钨. (B) 钡. (C) 铯. (D) 铍.

19. 某金属产生光电效应的红限波长为 λ_0 , 今以波长为 λ ($\lambda < \lambda_0$) 的单色光照射该金属, 金属释放出的电子(质量为 m_e)的动量大小为

- (A) h/λ . (B) h/λ_0 .

(C) $\sqrt{\frac{2m_e hc(\lambda_0 + \lambda)}{\lambda_0 \lambda}}$ (D) $\sqrt{\frac{2m_e hc}{\lambda_0}}$

(E) $\sqrt{\frac{2m_e hc(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda_0 \lambda}}$

20. 康普顿效应的主要特点是

(A) 散射光的波长均比入射光的波长短, 且随散射角增大而减小, 但与散射体的性质无关.

(B) 散射光的波长均与入射光的波长相同, 与散射角、散射体性质无关.

(C) 散射光中既有与入射光波长相同的, 也有比入射光波长长的和比入射光波长短的. 这与散射体性质有关.

(D) 散射光中有些波长比入射光的波长长, 且随散射角增大而增大, 有些散射光波长与入射光波长相同. 这都与散射体的性质无关.

21. 光电效应和康普顿效应都包含有电子与光子的相互作用过程. 对此, 在以下几种理解中, 正确的是

- (A) 两种效应中电子与光子两者组成的系统都服从动量守恒定律和能量守恒定律。
 (B) 两种效应都相当于电子与光子的弹性碰撞过程。
 (C) 两种效应都属于电子吸收光子的过程。
 (D) 光电效应是吸收光子的过程，而康普顿效应则相当于光子和电子的弹性碰撞过程。
 (E) 康普顿效应是吸收光子的过程，而光电效应则相当于光子和电子的弹性碰撞过程。

22. 用 X 射线照射物质时，可以观察到康普顿效应，即在偏离入射光的各个方向上观察到散射光，这种散射光中

- (A) 只包含有与入射光波长相同的成分。
 (B) 既有与入射光波长相同的成分，也有波长变长的成分，波长的变化只与散射方向有关，与散射物质无关。
 (C) 既有与入射光相同的成分，也有波长变长的成分和波长变短的成分，波长的变化既与散射方向有关，也与散射物质有关。
 (D) 只包含着波长变长的成分，其波长的变化只与散射物质有关与散射方向无关。

23. 已知用光照的办法将氢原子基态的电子电离，可用的最长波长的光是 913 \AA 的紫外光，那么氢原子从各受激发态跃迁至基态的赖曼系光谱的波长可表示为：

- (A) $\lambda = 913 \frac{n-1}{n+1} \text{ \AA}$. (B) $\lambda = 913 \frac{n+1}{n-1} \text{ \AA}$.
 (C) $\lambda = 913 \frac{n^2+1}{n^2-1} \text{ \AA}$. (D) $\lambda = 913 \frac{n^2}{n^2-1} \text{ \AA}$.

24. 要使处于基态的氢原子受激发后能发射赖曼系(由激发态跃迁到基态发射的各谱线组成的谱线系)的最长波长的谱线，至少应向基态氢原子提供的能量是

- (A) 1.5 eV. (B) 3.4 eV.
 (C) 10.2 eV. (D) 13.6 eV.

25. 根据玻尔的理论，氢原子在 $n=5$ 轨道上的动量矩与在第一激发态的轨道动量矩之比为

- (A) 5/4. (B) 5/3.
 (C) 5/2. (D) 5.

26. 氢原子光谱的巴耳末线系中谱线最小波长与最大波长之比为

- (A) 7/9. (B) 5/9.
 (C) 4/9. (D) 2/9.

27. 由氢原子理论知，当大量氢原子处于 $n=3$ 的激发态时，原子跃迁将发出：

- (A) 一种波长的光. (B) 两种波长的光.
 (C) 三种波长的光. (D) 连续光谱.

28. 根据玻尔理论，氢原子中的电子在 $n=4$ 的轨道上运动的动能与在基态的轨道上运动的动能之比为

- (A) 1/4. (B) 1/8.
 (C) 1/16. (D) 1/32.

29. 根据玻尔氢原子理论，氢原子中的电子在第一和第三轨道上运动时速度大小之比 v_1/v_3 是

- (A) 1/9. (B) 1/3.
 (C) 3. (D) 9.

30. 假定氢原子原是静止的，则氢原子从 $n=3$ 的激发状态直接通过辐射跃迁到基态时的

反冲速度大约是

- (A) 4 m/s. (B) 10 m/s .
 (C) 100 m/s . (D) 400 m/s .
 (氢原子的质量 $m = 1.67 \times 10^{-27}$ kg)

31. 氢原子光谱的巴耳末系中波长最大的谱线用 λ_1 表示, 其次波长用 λ_2 表示, 则它们的比值 λ_1/λ_2 为:

- (A) 20/27. (B) 9/8.
 (C) 27/20. (D) 16/9.

32. 按照玻尔理论, 电子绕核作圆周运动时, 电子的动量矩 L 的可能值为

- (A) 任意值. (B) nh , $n = 1, 2, 3, \dots$
 (C) $2\pi nh$, $n = 1, 2, 3, \dots$ (D) $nh/(2\pi)$, $n = 1, 2, 3, \dots$

33. 具有下列哪一能量的光子, 能被处在 $n = 2$ 的能级的氢原子吸收?

- (A) 1.51 eV. (B) 1.89 eV.
 (C) 2.16 eV. (D) 2.40 eV.

34. 若用里德伯常量 R 表示氢原子光谱的最短波长, 则可写成

- (A) $\lambda_{\min} = 1/R$. (B) $\lambda_{\min} = 2/R$.
 (C) $\lambda_{\min} = 3/R$. (D) $\lambda_{\min} = 4/R$.

35. 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.

36. 要使处于基态的氢原子受激后可辐射出可见光谱线, 最少应供给氢原子的能量为

- (A) 12.09 eV. (B) 10.20 eV.
 (C) 1.89 eV. (D) 1.51 eV.

37. 在气体放电管中, 用能量为 12.1 eV 的电子去轰击处于基态的氢原子, 此时氢原子所能发射的光子的能量只能是

- (A) 12.1 eV. (B) 10.2 eV.
 (C) 12.1 eV, 10.2 eV 和 1.9 eV. (D) 12.1 eV, 10.2 eV 和 3.4 eV.

38. 静止质量不为零的微观粒子作高速运动, 这时粒子物质波的波长 λ 与速度 v 有如下关系:

- (A) $\lambda \propto v$. (B) $\lambda \propto 1/v$.
 (C) $\lambda \propto \sqrt{\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2}}$. (D) $\lambda \propto \sqrt{c^2 - v^2}$.

39. 若 α 粒子(电荷为 $2e$) 在磁感应强度为 B 均匀磁场中沿半径为 R 的圆形轨道运动, 则 α 粒子的德布罗意波长是

- (A) $h/(2eRB)$. (B) $h/(eRB)$.
 (C) $1/(2eRBh)$. (D) $1/(eRBh)$.

40. 电子显微镜中的电子从静止开始通过电势差为 U 的静电场加速后, 其德布罗意波长是 0.4 \AA , 则 U 约为

- (A) 150 V. (B) 330 V .
 (C) 630 V . (D) 940 V .
 (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

41. 如图所示, 一束动量为 p 的电子, 通过缝宽为 a 的狭缝. 在距离狭缝为 R 处放置一荧光屏, 屏上衍射图样中央最大的宽度 d 等于

- (A) $2a^2/R$. (B) $2halp$.
 (C) $2ha/(Rp)$. (D) $2Rh/(ap)$.

42. 如果两种不同质量的粒子, 其德布罗意波长相同, 则这两种粒子的
 (A) 动量相同. (B) 能量相同.
 (C) 速度相同. (D) 动能相同.

43. 不确定关系式 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ 表示在 x 方向上

- (A) 粒子位置不能准确确定.
 (B) 粒子动量不能准确确定.
 (C) 粒子位置和动量都不能准确确定.
 (D) 粒子位置和动量不能同时准确确定.

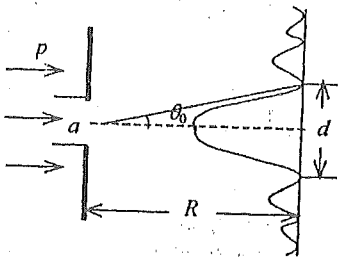
44. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot \cos \frac{3\pi x}{2a}, \quad (-a \leq x \leq a)$$

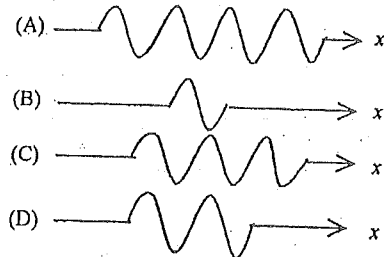
那么粒子在 $x = 5a/6$ 处出现的概率密度为

- (A) $1/(2a)$. (B) $1/a$.
 (C) $1/\sqrt{2a}$. (D) $1/\sqrt{a}$.

45. 设粒子运动的波函数图线分别如图(A)、(B)、(C)、(D)所示, 那么其中确定粒子动量的精确度最高的波函数是哪个图?



(41 题图)



(45 题图)

46. 关于不确定关系 $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar$ $\hbar = h/(2\pi)$, 有以下几种理解:

- (1) 粒子的动量不可能确定.
 (2) 粒子的坐标不可能确定.
 (3) 粒子的动量和坐标不可能同时准确地确定.
 (4) 不确定关系不仅适用于电子和光子, 也适用于其它粒子.

其中正确的是:

- (A) (1), (2). (B) (2), (4).
 (C) (3), (4). (D) (4), (1).

47. 波长 $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ 的光沿 x 轴正向传播, 若光的波长的不确定量 $\Delta \lambda = 10^{-3} \text{ \AA}$, 则利用不确定关系式 $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar$ 可得光子的 x 坐标的不确定量至少为

- (A) 25 cm. (B) 50 cm.
 (C) 250 cm. (D) 500 cm.

48. 将波函数在空间各点的振幅同时增大 D 倍, 则粒子在空间的分布概率将

- (A) 增大 D^2 倍. (B) 增大 $2D$ 倍.

$h = 6.63 \times 10^{-34}$

(C) 增大 D 倍, (D) 不变.

49. 直接证实了电子自旋存在的最早的实验之一是

- (A) 康普顿实验. (B) 卢瑟福实验.
(C) 戴维孙—革末实验. (D) 斯特恩—革拉赫实验.

二、填空题

$eu = \frac{1}{2} m v_m^2$
 $A = h\nu_0$ — 32 分

$eu = h\nu - A$

1. 某光电管阴极, 对于 $\lambda = 4910 \text{ \AA}$ 的入射光, 其发射光电子的遏止电压为 0.71 V . 当入射光的波长为 3827 \AA 时, 其遏止电压变为 1.43 V . $A = 1.82 \text{ eV}$

($e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

2. 光子波长为 λ , 则其能量 = $h\nu$; 动量的大小 = h/λ ; 质量 = $h/c\lambda$. $E = mc^2$ 最大动能

3. 当波长为 3000 \AA 的光照射在某金属表面时, 光电子的能量范围从 0 到 $4.0 \times 10^{-19} \text{ J}$. 在作上述光电效应实验时遏止电压为 $|U_a| = \underline{2.5} \text{ V}$; 此金属的红限频率 $\nu_0 = \underline{4.0 \times 10^{14}}$ Hz. $h\nu = (\frac{1}{2} m v_m^2) + A$ 4.0×10^{-19}

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

4. 已知钾的逸出功为 2.0 eV , 如果用波长为 $3.60 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的光照射在钾上, 则光电效应的遏止电压的绝对值 $|U_a| = \underline{1.15} \text{ V}$. 从钾表面发射出电子的最大速度 $v_{\max} = \underline{5.1 \times 10^5} \text{ m/s}$.

($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

5. 康普顿散射中, 当散射光子与入射光子方向成夹角 $\phi = \underline{\pi}$ 时, 散射光子的频率小得最多; 当 $\phi = \underline{0}$ 时, 散射光子的频率与入射光子相同. $\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\phi)$

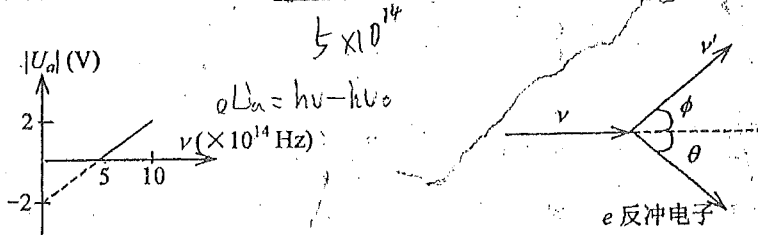
6. 波长为 $\lambda = 1 \text{ \AA}$ 的 X 光光子的质量为 2.21×10^{-32} kg. $E = mc^2 = \frac{hc}{\lambda}$

($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

7. 以波长为 $\lambda = 0.207 \text{ \mu m}$ 的紫外光照射金属钡表面产生光电效应, 已知钡的红限频率 $\nu_0 = 1.21 \times 10^{15}$ 赫兹, 则其遏止电压 $|U_a| = \underline{0.995}$ V. $hc - h\nu_0 = eU_a$

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

8. 在光电效应实验中, 测得某金属的遏止电压 $|U_a|$ 与入射光频率 ν 的关系曲线如图所示, 由此可知该金属的红限频率 $\nu_0 = \underline{4.8 \times 10^{14}}$ Hz; 逸出功 $A = \underline{7}$ eV.



(8 题图)

$h\nu - A$ (15 题图)

$h\nu - h\nu_0$

9. 已知某金属的逸出功为 A , 用频率为 ν_1 的光照射该金属能产生光电效应, 则该金属的红限频率 $\nu_0 = \underline{A/h}$, $\nu_1 > \nu_0$, 且遏止电势差 $|U_a| = \underline{h(\nu_1 - \nu_0)/e}$.

10. 当波长为 300 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 的光照射在某金属表面时, 光电子的动能范围为 $0 \sim 4.0 \times 10^{-19} \text{ J}$. 此时遏止电压为 $|U_a| = \underline{2.5}$ V; 红限频率 $\nu_0 = \underline{4.0 \times 10^{14}}$ Hz. (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

11. 若一无线电接收机接收到频率为 10^8 Hz 的电磁波的功率为 1 微瓦, 则每秒接收到的光子

$P = 1 \mu\text{W}$
 $Pt = 10^{-6} = n h \nu$

子数为 1.4×10^{19} (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

12. 钨的红限波长是 230 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 用波长为 180 nm 的紫外光照射时, 从表面逸出的电子的最大动能为 1.50 eV .

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

13. 频率为 100 MHz 的一个光子的能量是 $6.63 \times 10^{-26} \text{ J}$, 动量的大小是 $2.21 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$. (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

14. 某一波长的 X 光经物质散射后, 其散射光中包含波长 λ 和波长 $\lambda' > \lambda$ 的两种成分, 其中 $\lambda' > \lambda$ 的散射成分称为康普顿散射.

15. 如图所示, 一频率为 ν 的入射光子与起始静止的自由电子发生碰撞散射. 如果散射光子的频率为 ν' , 反冲电子的动量为 p , 则在与入射光子平行的方向上的动量守恒定律的分量形式为 $h\nu/c = -p + h\nu'/c$

16. 在 X 射线散射实验中, 散射角为 $\phi_1 = 45^\circ$ 和 $\phi_2 = 60^\circ$ 的散射光波长改变量之比 $\Delta\lambda_1$:

$\Delta\lambda_2 = 0.77 \text{ \AA}$ $\sin^2 45^\circ : \sin^2 60^\circ = 0.77$

17. 分别以频率为 ν_1 和 ν_2 的单色光照射某一光电管. 若 $\nu_1 > \nu_2$ (均大于红限频率 ν_0), 则当两种频率的入射光的光强相同时, 所产生的光电子的最大初动能 $E_{1} > E_2$; 所产生的饱和光电流 $I_{s1} > I_{s2}$ (用 $>$ 或 $=$ 或 $<$ 填入)

18. 某金属产生光电效应的红限为 ν_0 , 当用频率为 ν ($\nu > \nu_0$) 的单色光照射该金属时, 从金属中逸出的光电子(质量为 m) 的德布罗意波长为 $h/\sqrt{2m h(\nu - \nu_0)}$. $\lambda = \frac{h}{p}$

19. 在康普顿散射中, 若入射光子与散射光子的波长分别为 λ 和 λ' , 则反冲电子获得的动能 $E_k = hc(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'})$

20. 在玻尔氢原子理论中势能为负值, 而且数值比动能大, 所以总能量为 负 值, 并且只能取 分立 值. 2.548

21. 在氢原子发射光谱的巴耳末线系中有一频率为 $6.15 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的谱线, 它是氢原子从能级 $E_n = -0.85 \text{ eV}$ 跃迁到能级 $E_k = -3.4 \text{ eV}$ 而发出的. $h\nu = 13.6(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2})$

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

22. 在氢原子光谱中, 赖曼系(由各激发态跃迁到基态所发射的各谱线组成的谱线系)的最短波长的谱线所对应的光子能量为 13.6 eV ; 巴耳末系的最短波长的谱线所对应的光子能量为 3.4 eV . $h\nu = 13.6(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$

(里德伯常量 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$,

真空中光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

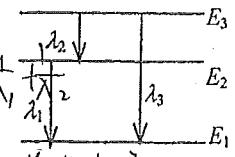
23. 氢原子基态的电离能是 13.6 eV . 电离能为 $+0.544 \text{ eV}$ 的激发态氢原子, 其电子处在 $n = 5$ 的轨道上运动.

24. 设大量氢原子处于 $n = 4$ 的激发态, 它们跃迁时发射出一簇光谱线. 这簇光谱线最多可有 6 条, 其中最短的波长是 975 \AA .

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

25. 图示被激发的氢原子跃迁到低能级时(图中 E_1 不是基态能级),

可发出波长为 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 的辐射, 其频率 ν_1, ν_2 和 ν_3 满足关系式 $\nu_3 = \nu_2 + \nu_1$; 三个波长满足关系式 $\frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}$



26. 玻尔的氢原子理论中提出的关于 定态能级 和 跃迁 的假设在现代的量子力学理论中仍然是两个重要的基本概念. 能级跃迁决定谱线频率

光
子

27. 欲使氢原子发射赖曼系(由各激发态跃迁到基态所发射的谱线构成)中波长为 1216 Å 的谱线, 应传给基态氢原子的最小能量是 10.22 eV

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

28. 玻尔的氢原子理论三个基本假设是:

- (1) 量子化定态假设
- (2) 量子化跃迁的频率法则 $\nu_{kn} = |E_n - E_k|/h$
- (3) 角动量量子化假设 $L = n\hbar/2\pi, n=1, 2, 3, \dots$

29. 欲使氢原子能发射巴耳末系中波长为 4861.3 Å 的谱线, 最少要给基态氢原子提供 12.75 eV 的能量. (里德伯常量 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)

30. 欲使氢原子能发射巴耳末系中波长为 6562.8 Å 的谱线, 最少要给基态氢原子提供 12.09 eV 的能量. (里德伯常量 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)

31. 按照玻尔理论, 移去处于基态的 He^+ 中的电子所需能量为 54.4 eV

32. 氢原子中电子从 $n=3$ 的激发态被电离出去, 需要的能量为 1.51 eV

33. 氢原子由定态 l 跃迁到定态 k 可发射一个光子. 已知定态 l 的电离能为 0.85 eV, 又从基态使氢原子激发到定态 k 所需能量为 10.2 eV, 则在上述跃迁中氢原子所发射的光子的能量为 2.55 eV

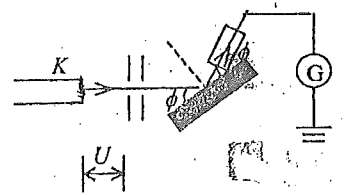
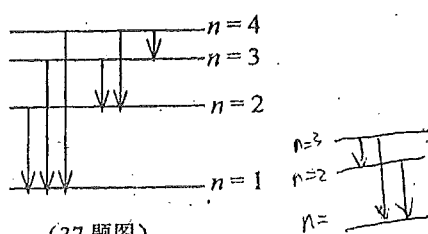
34. 玻尔氢原子理论中的定态假设的内容是: 原子只能处在一系列不连续的稳定状态(定态)中, 处于定态的原子, 其电子只绕核在某一轨道上作圆周运动但不发射电磁波

35. 玻尔氢原子理论的基本假设之一是定态跃迁的频率条件, 其内容表述如下: 原子中电子从一个能级 E_n 跃迁到另一能级 E_m , 将发射(或吸收)一个光子, 其频率为 $\nu_{mn} = |E_n - E_m|/h$

36. 玻尔氢原子理论的基本假设之一是电子轨道角动量的量子化条件, 其内容可表述如下: 在电子绕核作圆周运动中, 只有电子的角动量 $L = \hbar/2\pi$ 的整数倍才是可能的, 即 $L = n \cdot \hbar/2\pi, n=1, 2, 3, \dots$

37. 氢原子的部分能级跃迁示意图. 在这些能级跃迁中,

- (1) 从 $n=4$ 的能级跃迁到 $n=1$ 的能级时所发射的光子的波长最短;
- (2) 从 $n=4$ 的能级跃迁到 $n=3$ 的能级时所发射的光子的频率最小.



38. 被激发到 $n=3$ 的状态的氢原子气体发出的辐射中, 有 1 条可见光谱线和 2 条非可见光谱线.

39. 氢原子从能量为 -0.85 eV 的状态跃迁到能量为 -3.4 eV 的状态时, 所发射的光子能量是 2.55 eV, 这是电子从 $n=4$ 的能级到 $n=2$ 的能级的跃迁.

40. 当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 eV 的激发

态上时，发出一个波长为 4860 \AA 的光子，则初始状态氢原子的能量是 -0.85 eV 。

41. 要使处于基态的氢原子受激发后能辐射氢原子光谱中波长最短的光谱线，最少需向氢原子提供 13.6 eV 的能量。

42. 已知基态氢原子的能量为 -13.6 eV ，当基态氢原子被 12.09 eV 的光子激发后，其电子的轨道半径将增加到玻尔半径的 9 倍。

43. 当一个质子俘获一个动能 $E_k = 13.6 \text{ eV}$ 的自由电子组成一个基态氢原子时，所发出的单色光频率是 $6.56 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 。(基态氢原子的能量为 -13.6 eV ，普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

44. 使氢原子中电子从 $n=3$ 的状态电离，至少需要供给的能量为 1.51 eV (已知基态氢原子的电离能为 13.6 eV)。

45. 在氢原子光谱的巴耳末系中，波长最长的谱线和波长最短的谱线的波长比值是 1.8 。

46. 在氢原子光谱的巴耳末系中，波长最长的谱线 H_α 和相邻的谱线 H_β 的波长比值是 1.35 。

47. 处于基态的氢原子吸收了 13.06 eV 的能量后，可激发到 $n=5$ 的能级，当它跃迁回到基态时，可能辐射的光谱线有 10 条。

48. 根据氢原子理论，若大量氢原子处于主量子数 $n=5$ 的激发态，则跃迁辐射的谱线可以有 10 条，其中属于巴耳末系的谱线有 2 条。

49. 令 $\lambda_c = h/(m_e c)$ (称为电子的康普顿波长，其中 m_e 为电子静止质量， c 为真空中光速， h 为普朗克常量)。当电子的动能等于它的静止能量时，它的德布罗意波长是 $\lambda = \lambda_c$ 。

50. 在戴维孙—革末电子衍射实验装置中，自热阴极 K 发射出的电子束经 $U = 500 \text{ V}$ 的电势差加速后投射到晶体上。这电子束的德布罗意波长 $\lambda = 0.54 \text{ nm}$ 。

(电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

51. 静止质量为 m_e 的电子，经电势差为 U_0 的静电场加速后，若不考虑相对论效应，电子的德布罗意波长 $\lambda = h/\sqrt{2m_e e U_0}$ 。

52. 氢原子的运动速率等于它在 300 K 时的方均根速率时，它的德布罗意波长是 1.46 \AA 。质量为 $M = 1 \text{ g}$ ，以速度 $v = 1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 运动的小球的德布罗意波长是 $6.63 \times 10^{-29} \text{ m}$ 。

(普朗克常量为 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ，氢原子质量 $m_H = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$)

53. 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 0.1 \AA 。

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

54. 为使电子的德布罗意波长为 1 \AA ，需要的加速电压为 150.79 V 。

(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 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

55. 若中子的德布罗意波长为 2 \AA ，则它的动能为 $3.29 \times 10^{-21} \text{ J}$ 。

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，中子质量 $m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$)

56. 低速运动的质子和 α 粒子，若它们的德布罗意波长相同，则它们的动量之比 $p_p : p_\alpha = 1 : 4$ ；动能之比 $E_p : E_\alpha = 4 : 1$ 。

57. 设描述微观粒子运动的波函数为 $\Psi(\vec{r}, t)$, 则 $\Psi\Psi^*$ 表示 粒子在 t 时刻在 (x, y, z) 处出现的概率密度;

$\Psi(\vec{r}, t)$ 须满足的条件是 单值、连续、有限; 其归一化条件是 $\int_V |\Psi(\vec{r}, t)|^2 dV = 1$.

58. 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 1.37×10^{-28} $\text{kg} \cdot \text{m/s}$; (不确定关系式 $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$).

59. 在电子单缝衍射实验中, 若缝宽为 $a=0.1 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$), 电子束垂直射在单缝面上, 则衍射的电子横向动量的最小不确定量 $\Delta p_y =$ 6.63×10^{-24} $\text{N} \cdot \text{s}$.
(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

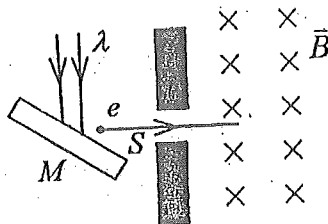
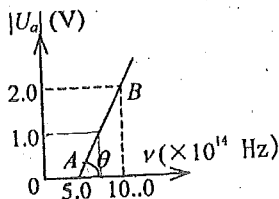
三、计算题

1. 频率为 ν 的一束光以入射角 i 照射在平面镜上并完全反射, 设光束单位体积中的光子数为 n , 求:

- (1) 每一光子的能量、动量和质量.
- (2) 光束对平面镜的光压(压强).

2. 图中所示为在一次光电效应实验中得出的曲线

- (1) 求证: 对不同材料的金属, AB 线的斜率相同.
 - (2) 由图上数据求出普朗克恒量 h .
- (基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)



(3 题图)

3. 波长为 λ 的单色光照射某金属 M 表面发生光电效应, 发射的光电子(电荷绝对值为 e , 质量为 m) 经狭缝 S 后垂直进入磁感应强度为 B 的均匀磁场(如图示), 今已测出电子在该磁场中作圆运动的最大半径为 R . 求

- (1) 金属材料的逸出功 A ;
- (2) 遏止电势差 U_a .

4. 用单色光照射某一金属产生光电效应, 如果入射光的波长从 $\lambda_1=400 \text{ nm}$ 减到 $\lambda_2=360 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$), 遏止电压改变多少? 数值加大还是减小?
(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

5. 以波长 $\lambda=410 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$) 的单色光照射某一金属, 产生的光电子的最大动能 $E_k=1.0 \text{ eV}$, 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 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

6. 功率为 P 的点光源, 发出波长为 λ 的单色光, 在距光源为 d 处, 每秒钟落在垂直于光线的单位面积上的光子数为多少? 若 $\lambda=6630 \text{ \AA}$, 则光子的质量是多少?
(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

7. 已知 X 射线光子的能量为 0.60 MeV , 若在康普顿散射中散射光子的波长为入射光子的

1.2 倍, 试求反冲电子的动能.

8. 用波长 $\lambda_0 = 1 \text{ \AA}$ 的光子做康普顿实验.

(1) 散射角 $\phi = 90^\circ$ 的康普顿散射波长是多少?

(2) 反冲电子获得的动能有多大?

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

9. 红限波长为 $\lambda_0 = 0.15 \text{ \AA}$ 的金属箔片置于 $B = 30 \times 10^{-4} \text{ T}$ 的均匀磁场中. 今用单色 γ 射线照射而释放出电子, 且电子在垂直于磁场的平面内作 $R = 0.1 \text{ m}$ 的圆周运动. 求 γ 射线的波长. (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 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

10. 光电管的阴极用逸出功为 $A = 2.2 \text{ eV}$ 的金属制成, 今用一单色光照射此光电管, 阴极发射出光电子, 测得遏止电势差为 $|U_a| = 5.0 \text{ V}$, 试求:

(1) 光电管阴极金属的光电效应红限波长;

(2) 入射光波长.

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

11. 以波长为 $\lambda = 0.200 \text{ \mu m}$ 的单色光照射一铜球, 铜球能放出电子. 现将此铜球充电, 试求铜球的电势达到多高时不再放出电子? (铜的逸出功为 $A = 4.10 \text{ eV}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

12. 波长为 $\lambda_0 = 0.500 \text{ \AA}$ 的 X 射线被静止的自由电子所散射, 若散射线的波长变为 $\lambda = 0.522 \text{ \AA}$, 试求反冲电子的动能 E_k .

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

13. 设康普顿效应中入射 X 射线(伦琴射线)的波长 $\lambda = 0.700 \text{ \AA}$, 散射的 X 射线与入射的 X 射线垂直, 求:

(1) 反冲电子的动能 E_k .

(2) 反冲电子运动的方向与入射的 X 射线之间的夹角 θ .

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

14. 假定在康普顿散射实验中, 入射光的波长 $\lambda_0 = 0.0030 \text{ nm}$, 反冲电子的速度 $v = 0.6c$, 求散射光的波长 λ .

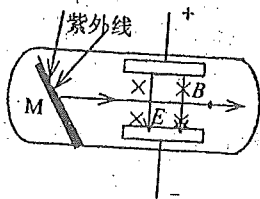
(电子的静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, c 表示真空中的光速)

15. 如图所示, 某金属 M 的红限波长 $\lambda_0 = 260 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 今用单色紫外线照射该金属, 发现有光电子放出, 其中速度最大的光电子可以匀速直线地穿过互相垂直的均匀电场 (场强 $E = 5 \times 10^3 \text{ V/m}$) 和均匀磁场 (磁感应强度为 $B = 0.005 \text{ T}$) 区域, 求:

(1) 光电子的最大速度 v .

(2) 单色紫外线的波长 λ .

(电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)



16. 组成某双原子气体分子的两个原子的质量均为 m , 间隔为一固定值 d , 并绕通过 d 的中点而垂直于 d 的轴旋转, 假设角动量是量子化的, 并符合玻尔量子化条件. 试求: (1) 可能的角速度; (2) 可能的量子化的转动动能.
17. 实验发现基态氢原子可吸收能量为 12.75 eV 的光子.
 (1) 试问氢原子吸收该光子后将被激发到哪个能级?
 (2) 受激发的氢原子向低能级跃迁时, 可能发出哪几条谱线? 请画出能级图(定性), 并将这些跃迁画在能级图上.
18. 已知氢光谱的某一线系的极限波长为 3647 \AA , 其中有一谱线波长为 6565 \AA . 试由玻尔氢原子理论, 求与该波长相应的始态与终态能级的能量.
 $(R=1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1})$
19. 在氢原子中, 电子从某能级跃迁到量子数为 n 的能级, 这时轨道半径改变 q 倍, 求发射的光子的频率.
20. 根据玻尔理论
 (1) 计算氢原子中电子在量子数为 n 的轨道上作圆周运动的频率;
 (2) 计算当该电子跃迁到 $(n-1)$ 的轨道上时所发出的光子的频率;
 (3) 证明当 n 很大时, 上述(1)和(2)结果近似相等.
21. 氢原子激发态的平均寿命约为 10^{-8} s , 假设氢原子处于激发态时, 电子作圆轨道运动, 试求出处于量子数 $n=5$ 状态的电子在它跃迁到基态之前绕核转了多少圈. ($m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$, $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$,
 $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
22. 氢原子光谱的巴耳末线系中, 有一光谱线的波长为 4340 \AA , 试求:
 (1) 与这一谱线相应的光子能量为多少电子伏特?
 (2) 该谱线是氢原子由能级 E_n 跃迁到能级 E_k 产生的, n 和 k 各为多少?
 (3) 最高能级为 E_5 的大量氢原子, 最多可以发射几个线系, 共几条谱线?
 请在氢原子能级图中表示出来, 并说明波长最短的是哪一条谱线.
23. 处于基态的氢原子被外来单色光激发后发出的光仅有三条谱线, 问此外来光的频率为多少? (里德伯常量 $R=1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)
24. 试求氢原子线系极限的波数表达式及赖曼系(由各激发态跃迁到基态所发射的谱线构成)、巴耳末系、帕邢系(由各高能激发态跃迁到 $n=3$ 的定态所发射的谱线构成)的线系极限的波数. (里德伯常量 $R=1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)
25. 处于第一激发态的氢原子被外来单色光激发后, 发射的光谱中, 仅观察到三条巴耳末系光谱线. 试求这三条光谱线中波长最长的那条谱线的波长以及外来光的频率. (里德伯常量 $R=1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)
26. 已知氢原子中电子的最小轨道半径为 $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$, 求它绕核运动的速度是多少?
 (普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 电子静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
27. 试估计处于基态的氢原子被能量为 12.09 eV 的光子激发时, 其电子的轨道半径增加多少倍?
28. 已知电子在垂直于均匀磁场 \vec{B} 的平面内运动, 设电子的运动满足玻尔量子化条件, 求电子轨道的半径 $r_n=?$
29. 当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 $\Delta E = 10.19 \text{ eV}$ 的状态时, 发射出光子的波长是 $\lambda=4860 \text{ \AA}$, 试求该初始状态的能量和主量子数. (普朗克常

量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV}=1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$

30. 用某频率的单色光照射基态氢原子气体, 使气体发射出三种频率的谱线, 试求原照射单色光的频率.

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV}=1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

31. 已知氢原子光谱中有一条谱线的波长是 $\lambda=1025.7 \text{ \AA}$, 氢原子的里德伯常量 $R=109677 \text{ cm}^{-1}$. 问: 跃迁发生在哪两个能级之间?

32. 若处于基态的氢原子吸收了一个能量为 $h\nu=15 \text{ eV}$ 的光子后其电子成为自由电子(电子的质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$), 求该自由电子的速度 v .

33. 假设电子绕氢核旋转的玻尔轨道的圆周长刚好为电子物质波波长的整数倍, 试从此点出发解出玻尔的动量量子化条件.

34. α 粒子在磁感应强度为 $B=0.025 \text{ T}$ 的均匀磁场中沿半径为 $R=0.83 \text{ cm}$ 的圆形轨道运动.

(1) 试计算其德布罗意波长.

(2) 若使质量 $m=0.1 \text{ g}$ 的小球以与 α 粒子相同的速率运动. 则其波长为多少?

(α 粒子的质量 $m_\alpha=6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

35. 当电子的德布罗意波长与可见光波长($\lambda=5500 \text{ \AA}$)相同时, 求它的动能是多少电子伏特?

(电子质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV}=1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

36. 考虑到相对论效应, 试求实物粒子的德布罗意波长的表达式, 设 E_K 为粒子的动能, m_0 为粒子的静止质量.

37. 已知第一玻尔轨道半径 a , 试计算当氢原子中电子沿第 n 玻尔轨道运动时, 其相应的德布罗意波长是多少?

38. 质量为 m_e 的电子被电势差 $U_{12}=100 \text{ kV}$ 的电场加速, 如果考虑相对论效应, 试计算其德布罗意波的波长. 若不用相对论计算, 则相对误差是多少?

(电子静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

39. 若不考虑相对论效应, 则波长为 5500 \AA 的电子的动能是多少 eV?

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 电子静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

40. 求出实物粒子德布罗意波长与粒子动能 E_K 和静止质量 m_0 的关系, 并得出:

$$E_K \ll m_0 c^2 \text{ 时, } \lambda \approx h / \sqrt{2m_0 E_K};$$

$$E_K \gg m_0 c^2 \text{ 时, } \lambda \approx hc / E_K.$$

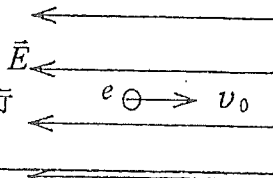
41. 假如电子运动速度与光速可以比拟, 则当电子的动能等于它静止能量的 2 倍时, 其德布罗意波长为多少?

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 电子静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

42. 能量为 15 eV 的光子, 被处于基态的氢原子吸收, 使氢原子电离发射一个光电子, 求此光电子的德布罗意波长.

(电子的质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV}=1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

43. 如图所示, 一电子以初速度 $v_0=6.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ 逆着场强方向飞入电场强度为 $E=500 \text{ V/m}$ 的均匀电场中, 问该电子在电场中要飞行多长距离 d , 可使得电子的德布罗意波长达到 $\lambda=1 \text{ \AA}$. (飞行过程中, 电子的质量认为不变, 即为静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$;



基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$; 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。

44. 若光子的波长和电子的德布罗意波长 λ 相等, 试求光子的质量与电子的质量之比。

45. 已知粒子在无限深势阱中运动, 其波函数为

$$\psi(x) = \sqrt{2/a} \sin(\pi x/a) \quad (0 \leq x \leq a)$$

求发现粒子的概率为最大的位置。

46. 同时测量能量为 1 keV 作一维运动的电子的位置与动量时, 若位置的不确定值在 0.1 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 内, 则动量的不确定值的百分比 $\Delta p/p$ 至少为何值?

(电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

47. 光子的波长为 $\lambda = 3000 \text{ \AA}$, 如果确定此波长的精确度 $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-6}$, 试求此光子位置的不确定量。

48. 粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

$$\psi_n(x) = \sqrt{2/a} \sin(n\pi x/a) \quad (0 < x < a)$$

若粒子处于 $n=1$ 的状态, 它在 $0-a/4$ 区间内的概率是多少?

[提示: $\int \sin^2 x dx = \frac{1}{2}x - (1/4)\sin 2x + C$]

49. 一维运动的粒子, 设其动量的不确定量等于它的动量, 试求此粒子的位置不确定量与它的德布罗意波长的关系。(不确定关系式 $\Delta p_x \Delta x \geq h$)。

50. 已知粒子处于宽度为 a 的一维无限深方势阱中运动的波函数为

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

试计算 $n=1$ 时, 在 $x_1 = a/4 \rightarrow x_2 = 3a/4$ 区间找到粒子的概率。

51. 试求出一维无限深方势阱中粒子运动的波函数

$$\psi_n(x) = A \sin \frac{n\pi}{a} x \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

的归一化形式。式中 a 为势阱宽度。

52. 一维无限深方势阱中的粒子, 其波函数在边界处为零, 这种定态物质波相当于两端固定的弦中的驻波, 因而势阱的宽度 a 必须等于德布罗意波半波长的整数倍。试利用这一条件求出能量量子化公式

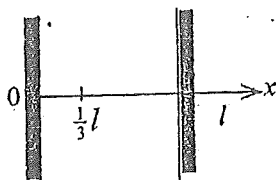
$$E_n = \frac{h^2}{8ma^2} n^2$$

53. 设质量为 m 的非相对论粒子只能在 $0 < x < a$ 的区域内自由运动。在 $0 < x < a$ 的区域内粒子的势能 $V(x) = 0$; 在 $x \leq 0$ 和 $x \geq a$ 区域 $V(x) = \infty$ 。试应用驻波的概念推导出粒子的能量公式。

54. 质量为 m 的粒子在外力场中作一维运动, 外力场的势能分布为: 在 $0 < x < a$ 区域 $U = 0$; 在 $x \leq 0$ 和 $x \geq a$ 区域 $U = \infty$, 即粒子只能在 $0 < x < a$ 的区域内自由运动, 求粒子的能量和归一化的波函数。

55. 一粒子被限制在相距为 l 的两个不可穿透的壁之间, 如图所示。描写粒子状态的波函数为 $\psi = cx(l-x)$, 其中 c 为待定常

量。求在 $0 \sim \frac{1}{3}l$ 区间发现该粒子的概率。



稳恒磁场

一、选择题

- 1-10 B D C C D A E D E C 11-20 D B D A B D D C C A
 21-30 C A B D A C B B D B 31-40 D D B B B D B C A B
 41-50 B B A C B C B A B D 51-60 C C A D C C D B C A
 61-70 B A E B C D B B A B 71-82 D A A C D A B C B B A C

二、填空题

1. 最大磁力矩; 磁矩。 2. $\pi R^2 c$ 3. 0; 1:2 4. $-\frac{1}{2} B \pi R^2$ 5. $1.26 \times 10^{-5} \text{ Wb}$
6. $\frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln 2$ 7. 0 8. 0 9. 0.5T; y轴正方向。 10. $\pi r^2 B$ 11. $-\pi r^2 B \cos \alpha$
12. $5.00 \times 10^{-5} \text{ T}$ 13. $6.67 \times 10^{-7} \text{ T}$ 14. $7.20 \times 10^{-7} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 15. $9\mu_0 I / (4\pi a)$
15. $\frac{\mu_0 I}{4} \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$ 垂直纸面向外 $\frac{\mu_0 I}{4} \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right)^{1/2} \frac{1}{2} \pi + \text{arctg} \frac{R_2}{R_1}$
16. 减小; 在 $x < R/\sqrt{2}$ 区域减小; 在 $x > R/\sqrt{2}$ 区域增大. (x 为离圆心的距离)
17. 0.16T 18. $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ 19. $\frac{\mu_0 I dl}{4\pi a^2}$ 平行 z 轴负向 20. $1.88 \times 10^{-5} \text{ T}$
21. $\frac{\mu_0 I R^2}{2r^3}$ 22. $\mu_0 I / (4a)$ 23. $1.71 \times 10^{-5} \text{ T}$ 24. $B=0$
25. 两单位矢量 \vec{j} 和 \vec{k} 之和, 即 $(\vec{j} + \vec{k})$ 的方向. 26. 0
27. $\frac{f_m}{qv \sin \alpha}$; 运动电荷速度矢量与该点磁感强度矢量所组成的平面. 28. 正西方向
29. $\frac{\mu_0 I}{4} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$ 垂直纸面向里. 30. 12.4T 31. b, a; d, c; f, e 32. $\frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi l}$
33. 0 34. 0 35. $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$ 36. $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$ 37. 0 38. 0

39. $-\frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\bar{j} + \bar{k}) - \frac{3\mu_0 I}{8R}\bar{i}$ 40. $B = \frac{\mu_0 I a}{2\pi(R^2 - r^2)}$ 41. $\mu_0 i$ 沿轴线方向朝右
42. 1:1 43. $0 - \mu_0 I$ 44. $-S_1 I / (S_1 + S_2)$ 45. $\mu_0 r I / (2\pi R_1^2)$ 0 46. $\mu_0 I / (2d)$
47. 4×10^{-6} T 5A 48. 环路 L 所包围的所有稳恒电流的代数和; 环路 L 上的磁感强度; 环路 L 内外全部电流所产生磁场的叠加。 49. $\mu_0 I$ $0.2 \mu_0 I$ 50. $\pi \times 10^{-3}$ T
51. $0 \mu_0 I / (2\pi r)$ 52. 相同; 不相同 53. $\frac{\mu_0 i h}{2\pi R}$ 54. $\frac{\mu_0 \omega_0 q}{2\pi}$
55. $\mu_0 (I_2 - 2I_1)$ 56. $0 \ eE/m \ \sqrt{(eE)^2 + (evB)^2} / m = e\sqrt{E^2 + v^2 B^2} / m$ 0
57. 0 0 58. $0.80 \times 10^{-13} \bar{k}$ (N) 59. 1:2 1:2 60. 匀速直线; 匀速率圆周; 等距螺旋线
61. 1/2 62. 1.1×10^{10} 63. 负 $IB / (nS)$ 64. $\sqrt{3}l/2$ 60° 或 120°
65. $|mv / (qB)| \ \pi(\frac{mv}{qB})^2 - S$
66. $m_e v / (eR) = 1.14 \times 10^{-3}$ T \otimes (垂直纸面向里) $\pi R / v = 1.57 \times 10^{-8}$ s
67. 3.08×10^{-13} J 68. 向下 69. $B = \frac{1}{e} \sqrt{\frac{m_e F}{R}}$ 70. $m v_0 / (|q|B)$ 71. $R(eB)^2 / m_e$
72. $Be^2 / (2\pi m_e)$ $Be^2 R^2 / (2m_e)$ 73. n p 74. $R_1 / R_2 = \sqrt{2}$ 75. 3.51×10^3
76. 1.60×10^{-15} N 77. 等距螺旋线 78. $\sqrt{2Em} / qB$
79. $2\pi m v \cos\theta / (eB)$ $m v \sin\theta / (eB)$ 80. 4.48×10^{-10} A
81. 1.42×10^{-9} s 82. \bar{v} 的方向平行于 $\bar{E} \times \bar{B}$ 的方向 5×10^7 C/kg 83. $\frac{qR\mu_0 nI}{2m \sin\alpha}$
84. T_1 85. $E = \sqrt{2}vB/2$ 86. 1:2:3:1 87. $\sqrt{2}BIR$ 沿 y 轴正向
88. $p_m = \frac{1}{2} \pi I (R_2^2 - R_1^2)$ $M_m = \frac{1}{2} \pi IB (R_2^2 - R_1^2)$ 89. $1.0 \times 10^{-2} \ \frac{1}{2} \pi$

90. $\frac{1}{2}\pi R^2 IB$ 在图中向上 $\frac{1}{2}\pi + n\pi$ ($n=1, 2, \dots$) 91. 4
92. $\pi R^3 \lambda B \omega$ 在图中向上 93. $9.34 \times 10^{-19} \text{ Am}^2$ 相反
94. 在水平面内 $B_1/B_2 = \sqrt{3}$ 95. $mg/(IB)$ 96. 两线圈平行, 磁矩同方向
97. $I\Phi \tan \alpha$ 98. $B_0 Ba^3/(\sqrt{\pi}\mu_0)$ 99. $(\frac{1}{2}\pi)^{-3/2}$ 100. aIB 101. $3.46 \times 10^{-2} \text{ N}$
102. $\sqrt{2}aIB$ 103. $\sqrt{3}aIB/2$ 104. $5 \times 10^{-3} \text{ N}$ 105. $\sqrt{3}NabIB/2$ 106. $mg/(2NIB)$
107. $\frac{e^2 B}{4} \sqrt{\frac{r}{\pi \epsilon_0 m_e}}$ 108. $\mu_0 I^2 dl/4a$ 垂直电流元背向半圆弧(即向左)
109. 11.25 Am^2 110. $1.26 \times 10^{-3} \text{ J}$ 111. $0.15 \times 10^{-6} \text{ N/cm}$ $1.5 \times 10^{-6} \text{ N/cm}$
112. $3 \times 10^{-6} \text{ N/cm}$ 0 $3 \times 10^{-6} \text{ N/cm}$ 113. $\frac{e}{2m}$ 114. 有关; 无关; 有关
115. $4/\pi$ 116. $\frac{M}{IS \sin \alpha}$ 117. 0 0 118. $\Phi_{1 \max} = \Phi_{2 \max}$ $B_1 = 2B_2$ 119. IS 0 BS
120. $NIBS$ y 轴正方向 121. 0 扩大 122. $+x$ 123. 0 0.157 N.m
124. $B = \frac{3\mu_0 I}{8\pi a}$ 125. $B_0 = \frac{\mu_0 I}{4R_1} + \frac{\mu_0 I}{4R_2} - \frac{\mu_0 I}{4\pi R_2}$ 126. 1:1 30° 127. $2.82 \times 10^{-8} \text{ T}$
128. $\mu_0 I/(4\pi R)$ 垂直纸面向内 129. 0 130. $\cos^{-1}(\frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1 r_2})$
131. $y = \sqrt{3}x/3$ 132. $\mu_0 I/(8R)$ 0 133. $1.70 \times 10^{-3} \text{ J}$ 0 134. 0
135. $5 \times 10^{-6} \text{ T}$ 136. $\frac{\mu_0 I}{2R}(1 - \frac{1}{\pi})$ 垂直纸面向里.

三、计算题

1. 解: (1) 圆柱形载流导体在空间的磁感强度的分布为
$$B = \begin{cases} \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r & 0 \leq r \leq R \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r} & r > R \end{cases}$$

\therefore 穿过 $ABCD$ 的 Φ 为
$$\Phi = \int_0^R B l dr + \int_R^{2R} B l dr = \frac{\mu_0 I l}{4\pi} + \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln 2$$

(2) 圆筒载流导体在空间的磁感强度分布为

$$B \approx \begin{cases} 0 & r < R_0 \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \frac{r^2 - R_0^2}{R^2 - R_0^2} & R_0 \leq r \leq R \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r} & r > R \end{cases}$$

穿过 $ABCD'$ 的 Φ 为

$$\Phi = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \left[\int_{R_0}^R \frac{1}{r} \frac{r^2 - R_0^2}{R^2 - R_0^2} dr + \int_R^{2R} \frac{dr}{r} \right] = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \left[\frac{1}{2} \frac{R_0^2}{R^2 - R_0^2} \ln \frac{R}{R_0} + \ln 2 \right]$$

(3) 在题给条件下, 筒壁中 $0 < B < \mu_0 I / (2\pi R)$; B 为有限值, 当壁厚趋于零时壁截面上磁通量趋于零, 即 $\frac{R_0^2}{R^2 - R_0^2} \ln \frac{R}{R_0} \rightarrow \frac{1}{2}$, 可得 $\Phi = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln 2$

2. 解: (1) 平面法线与 x 轴平行, 有 $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = \pm 2 \text{ Wb}$

(2) 平面与 xz 坐标面平行, 则其法线与 \vec{B} 垂直, 有 $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = 0$

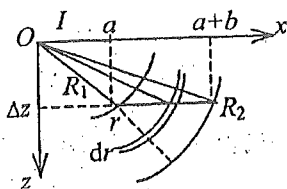
(3) 与 x 轴夹角为 45° 的平面, 其法线与 \vec{B} 的夹角为 45° 或 135° 故有

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos 45^\circ = 1.41 \text{ Wb}$$

或 $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos 135^\circ = -1.41 \text{ Wb}$

3. 解: 如图所示, 平面沿 z 轴正向平行移动 Δz 后, 在距离电流的 $R_1 - R_2$ 区间的磁感线能穿过该平面. 其中 $R_1 = \sqrt{\Delta z^2 + a^2}$ $R_2 = \sqrt{\Delta z^2 + (a+b)^2}$

$$\begin{aligned} \Phi &= \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int B dS \\ &= \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 I h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \\ &= \frac{\mu_0 I h}{4\pi} \ln \frac{\Delta z^2 + (a+b)^2}{\Delta z^2 + a^2} \end{aligned}$$



4. 解: 匀强磁场 \vec{B} 对平面 \vec{S} 的磁通量为:

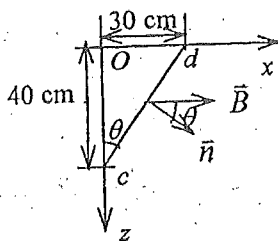
$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \theta$$

设各面向外的法线方向为正

$$(1) \Phi_{abOc} = BS_{abOc} \cos \pi = -0.24 \text{ Wb}$$

$$(2) \Phi_{bedO} = BS_{bedO} \cos(\pi/2) = 0$$

$$(3) \Phi_{acde} = BS_{acde} \cos \theta = 0.24 \text{ Wb}$$



5. 解: P 处的 \vec{B} 可以看作是两载流直导线所产生的, \vec{B}_1 与 \vec{B}_2 的方向相同.

$$B = B_1 + B_2 = 2 \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin 90^\circ + \sin 60^\circ) = 3.73 \times 10^{-3} \text{ T}$$

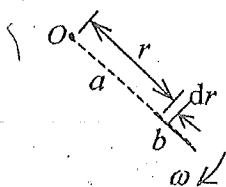
方向垂直纸面向上.

6. 解: (1) 对 $r \sim r+dr$ 段, 电荷 $dq = \lambda dr$, 旋转形成圆电流. 则 $dI = \frac{dq\omega}{2\pi} = \frac{\lambda\omega}{2\pi} dr$

它在 O 点的磁感强度 $dB_0 = \frac{\mu_0 dI}{2r} = \frac{\lambda\omega\mu_0}{4\pi} \frac{dr}{r}$

$$B_0 = \int dB_0 = \frac{\lambda\omega\mu_0}{4\pi} \int_a^{a+b} \frac{dr}{r} = \frac{\lambda\omega\mu_0}{4\pi} \ln \frac{a+b}{a}$$

方向垂直纸面向内.



$$(2) \quad dP_m = \pi r^2 dI = \frac{1}{2} \lambda \omega r^2 dr$$

$$P_m = \int dP_m = \int_a^{a+b} \frac{1}{2} \lambda \omega r^2 dr = \lambda \omega [(a+b)^3 - a^3] / 6$$

方向垂直纸面向内.

(3) 若 $a \gg b$, 则 $\ln \frac{a+b}{a} \approx \frac{b}{a}$ $|m| = \omega$

$$B_0 = \frac{\mu_0 \omega \lambda b}{4\pi a} = \frac{\omega \mu_0 q}{4\pi a}$$

过渡到点电荷的情况.

同理在 $a \gg b$ 时, $(a+b)^3 \approx a^3 (1 + 3b/a)$, 则

$$P_m = \frac{\lambda \omega}{6} a^3 \cdot \frac{3b}{a} = \frac{1}{2} q \omega a^2$$

也与点电荷运动时的磁矩相同.

7. 解: ① 电子绕原子核运动的向心力是库仑力提供的.

$$\text{即: } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{a_0^2} = m \frac{v^2}{a_0}, \text{ 由此得 } v = \frac{e}{2\sqrt{\pi m \epsilon_0} a_0}$$

② 电子单位时间绕原子核的周数即频率

$$\nu = \frac{v}{2\pi a_0} = \frac{e}{4\pi a_0 \sqrt{\pi m \epsilon_0} a_0}$$

$$\text{由于电子的运动所形成的圆电流 } i = \nu e = \frac{e^2}{4\pi a_0 \sqrt{\pi m \epsilon_0} a_0}$$

因为电子带负电, 电流 i 的流向与 \bar{v} 方向相反

③ i 在圆心处产生的磁感强度

$$B = \frac{\mu_0 i}{2a_0} = \frac{\mu_0 e^2}{8\pi a_0^2 \sqrt{\pi m \epsilon_0} a_0} \text{ 其方向垂直纸面向外}$$

8. 解: 两段圆弧在 O 处产生的磁感强度为 $B_1 = \frac{\mu_0 I l_1}{4\pi R_1^2}$, $B_2 = \frac{\mu_0 I l_2}{4\pi R_2^2}$

两段直导线在 O 点产生的磁感强度为 $B_3 = B_4 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R_1 \cos \frac{l_1}{2R_1}} [-\sin \frac{l_1}{2R_1} + \sin \frac{l_2}{2R_2}]$

$$B = B_1 + B_3 + B_4 - B_2$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1 \cos \frac{l_1}{2R_1}} [-\sin \frac{l_1}{2R_1} + \sin \frac{l_2}{2R_2}] + \frac{\mu_0 I}{4\pi} (\frac{l_1}{R_1^2} - \frac{l_2}{R_2^2}) \text{ 方向 } \otimes.$$

9. 解: 将导线分成 1、2、3、4 四部份, 各部份在 O 点产生的磁感强度设为 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 . 根据叠加原理 O 点的磁感强度为:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4$$

$\therefore \vec{B}_1$ 、 \vec{B}_4 均为 0, 故 $\vec{B} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$

$$B_2 = \frac{1}{4} (\frac{\mu_0 I}{2R}) \text{ 方向 } \otimes$$

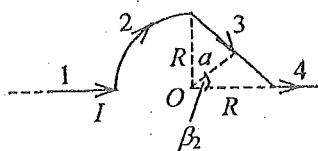
$$B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1) = \frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{4\pi R} \sqrt{2}$$

$$= \mu_0 I / (2\pi R) \text{ 方向 } \otimes$$

其中 $a = R/\sqrt{2}$, $\sin \beta_2 = \sin(\pi/4) = \sqrt{2}/2$

$$\sin \beta_1 = \sin(-\pi/4) = -\sqrt{2}/2$$

$\therefore B = \frac{\mu_0 I}{8R} + \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{\mu_0 I}{2R} (\frac{1}{4} + \frac{1}{\pi}) \text{ 方向 } \otimes$



10. 解: 其中 3/4 圆环在 D 处的场 $B_1 = 3\mu_0 I / (8a)$

AB 段在 D 处的磁感强度 $B_2 = [\mu_0 I / (4\pi b)] \cdot (\frac{1}{2}\sqrt{2})$

BC 段在 D 处的磁感强度 $B_3 = [\mu_0 I / (4\pi b)] \cdot (\frac{1}{2}\sqrt{2})$

\vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_3 方向相同, 可知 D 处总的 B 为 $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} (\frac{3\pi}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{b})$

11. 解: 电流元 $Id\vec{l}_1$ 在 O 点产生 $d\vec{B}_1$ 的方向为 \downarrow ($-z$ 方向)

电流元 $Id\vec{l}_2$ 在 O 点产生 $d\vec{B}_2$ 的方向为 \otimes ($-x$ 方向)

电流元 $Id\vec{l}_3$ 在 O 点产生 $d\vec{B}_3$ 的方向为 \otimes ($-x$ 方向)

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\pi + 1)\vec{i} - \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \vec{k}$$

12. 解: 令 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_{acb} 和 \vec{B}_{ab} 分别代表长直导线 1、2 和三角形框的 $(ac+cb)$ 边和 ab 边中的电流在 O 点产生的磁感强度, 则 $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_{acb} + \vec{B}_{ab}$

\vec{B}_1 : 由毕奥-萨伐尔定律, 有 $B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi(Oe)} (\sin 90^\circ - \sin 60^\circ)$

$$\overline{Oe} = \sqrt{3}l/6$$

$\therefore B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi l} (2\sqrt{3} - 3)$, 方向垂直纸面向外.

\vec{B}_2 : 对 O 点导线 2 为半无限长直载流导线, \vec{B}_2 的大小为

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi(\overline{Ob})} = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi l}, \quad \text{方向垂直纸面向里.}$$

$\vec{B}_{acb} + \vec{B}_{ab}$: 由于电阻均匀分布, 又 \overline{ab} 与 $\overline{ac} + \overline{cb}$ 并联, 有

$$I_{ab} \cdot \overline{ab} = I_{acb} \cdot (\overline{ac} + \overline{cb}) = 2I_{acb} \cdot \overline{ab}$$

代入毕奥-萨伐尔定律有: $\vec{B}_{acb} + \vec{B}_{ab} = 0$

$\therefore \vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_{acb} + \vec{B}_{ab} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

B 的大小为: $B = B_2 - B_1 = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi l} (1 - 2 + \sqrt{3}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi l} \sqrt{3}(\sqrt{3} - 1)$

方向: 垂直纸面向里.

13. 解: 令 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_{ab} 和 \vec{B}_{acb} 分别代表长直导线 1、2 和通电三角框的 \overline{ab} 、 \overline{ac} 和 \overline{cb} 边在 O 点产生的磁感强度, 则 $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_{acb} + \vec{B}_{ab}$.

\vec{B}_1 : 对 O 点, 直导线 1 为半无限长通电导线, 有

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi(\overline{Oa})}, \quad \vec{B}_1 \text{ 的方向垂直纸面向里.}$$

\vec{B}_2 : 由毕奥-萨伐尔定律, 有 $B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi(\overline{Oe})} (\sin 90^\circ - \sin 60^\circ)$

方向垂直纸面向里.

B_{ab} 和 B_{acb} : 由于 ab 和 acb 并联, 有 $I_{ab} \cdot \overline{ab} = I_{acb} \cdot (\overline{ac} + \overline{cb})$

根据毕奥-萨伐尔定律可求得 $B_{ab} = B_{acb}$ 且方向相反.

所以 $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

把 $\overline{Oa} = \sqrt{3}l/3$, $\overline{Oe} = \sqrt{3}l/6$ 代入 B_1 、 B_2 ,

则 \vec{B} 的大小为 $B = \frac{3\mu_0 I}{4\pi\sqrt{3}l} + \frac{6\mu_0 I}{4\pi\sqrt{3}l} \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{3\mu_0 I}{4\pi l} (\sqrt{3} - 1)$

\vec{B} 的方向: 垂直纸面向里.

14. 解: 令 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 、 \vec{B}_{acb} 和 \vec{B}_{ab} 分别代表长直导线 1、2 和三角形框 ac 、 cb 边和 ab 边中的电流在 O 点产生的磁感强度, 则 $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_{acb} + \vec{B}_{ab}$

\vec{B}_1 : 由于 O 点在导线 1 的延长线上, 所以 $\vec{B}_1 = 0$.

\vec{B}_2 : 由毕奥-萨伐尔定律, 有 $B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} (\sin 90^\circ - \sin 60^\circ)$

式中 $d = \overline{Oe} = \frac{1}{2} l \cdot \tan 30^\circ = \sqrt{3} l / 6$

$$B_2 = \frac{6\mu_0 I}{4\pi \cdot \sqrt{3} l} \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi l} (2\sqrt{3} - 3)$$

方向: 垂直纸面向里.

\vec{B}_{acb} 和 \vec{B}_{ab} : 由于 ab 和 acb 并联, 有 $I_{ab} \cdot R_{ab} = I_{acb} \cdot R_{acb}$

又由于电阻在三角框上均匀分布, 有 $\frac{R_{ab}}{R_{acb}} = \frac{ab}{ac + cb} = \frac{1}{2}$

$$\therefore I_{ab} = 2I_{acb}$$

由毕奥-萨伐尔定律, 有 $B_{acb} = B_{ab}$ 且方向相反.

$\therefore \vec{B} = B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi l} (2\sqrt{3} - 3)$, \vec{B} 的方向垂直纸面向里.

15. 解: 螺旋线上电流元 $I d\vec{l}$ 在中心 O 处产生的磁场为 $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$

其数值为
$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin \alpha}{4\pi r^2}$$

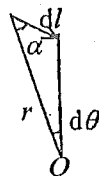
由图可见
由螺线方程

$$dl \sin \alpha = r d\theta$$

$$r = a\theta + b \quad dr = a d\theta$$

$$dB = \frac{\mu_0 I dr}{4\pi ar}$$

$$B = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 I dr}{4\pi ar} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \ln \frac{R_2}{R_1}$$



螺线共 n 匝

当 $\theta = 0$ 时, $r = R_1 = [a\theta + b]_{\theta=0} = b$

当 $\theta = 2n\pi$ 时, $r = R_2 = [a\theta + b]_{\theta=2n\pi} = 2n\pi a + b$

$$\therefore a = \frac{R_2 - R_1}{2n\pi}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{nI}{R_2 - R_1} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

16. 解: $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2R_1}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2R_2}$

由 $B_1 = B_2$ 得

$$I_1 / R_1 = I_2 / R_2$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{2\pi R_1}{2\pi R_2} = \frac{2}{3}$$

17. 解: 由

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m_e \frac{v^2}{r}$$

有

$$r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e v^2}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 m_e v^3}$$

$$I = \frac{e}{T} = \frac{2\epsilon_0 m_e v^3}{e}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{4\pi\epsilon_0^2 \mu_0 m_e^2 v^5}{e^3}$$

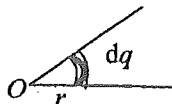
18. 解: 在扇形上选择一个距 O 点为 r , 宽度为 dr 的面积元, 其面积为 $dS = r\theta dr$, 带有电荷 $dq = \sigma dS$, 它所形成的电流为 $dI = \frac{1}{2} dq\omega / \pi$, dI 在 O 点产生的磁感强度为

$$dB = \frac{\mu_0 dI}{2r} = \frac{\mu_0 dq\omega}{4\pi r} = \frac{\mu_0 \sigma \theta \omega}{4\pi} dr$$

$\therefore O$ 点处的磁感强度为

$$B = \int_0^R \frac{\mu_0 \sigma \theta \omega}{4\pi} dr = \frac{\mu_0 \sigma \theta \omega R}{4\pi}$$

\vec{B} 的方向垂直纸面向外.



19. 解: 如图所示, 将 V 形导线的两根半无限长导线分别标为 1 和 2. 则导线 1 中电流在 P 点的磁感强度为

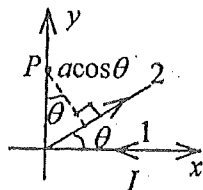
$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$$

\vec{B}_1 方向垂直纸面向内.

导线 2 中电流在 P 点的磁感强度为

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a \cos\theta} (1 + \sin\theta)$$

\vec{B}_2 方向垂直纸面向外.



P 点的总磁感强度为: $B = B_2 - B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a \cos\theta} (1 + \sin\theta - \cos\theta)$

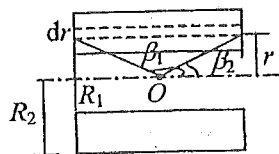
\vec{B} 的方向垂直纸面向外.

20.解: 利用单层螺线管磁场公式 $B = \frac{1}{2} \mu_0 n I (\cos \beta_2 - \cos \beta_1)$

如图示, 在螺线管中取半径为 r , 厚为 dr 的绕线薄层, 相当于一个单层螺线管, 它在 O 处产生的磁场为

$$dB = \frac{1}{2} \mu_0 \frac{NI dr}{2L(R_2 - R_1)} (\cos \beta_2 - \cos \beta_1)$$

本题中 $\cos \beta_2 - \cos \beta_1 = 2 \cos \beta_2 = 2L / (\sqrt{L^2 + r^2})$



$$\therefore dB = \frac{\mu_0 NI dr}{2(R_2 - R_1) \sqrt{L^2 + r^2}}$$

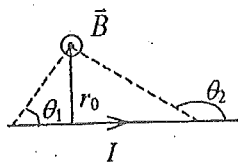
$$B = \frac{\mu_0 NI}{2(R_2 - R_1)} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{\sqrt{L^2 + r^2}} = \frac{\mu_0 NI}{2(R_2 - R_1)} \ln \frac{R_2 + \sqrt{R_2^2 + L^2}}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + L^2}}$$

21.解: A 点处磁感强度大小 B_A 由 BD 、 CE 、 BE 三段通电导线中电流决定, 由公式

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \quad (\text{式中 } r_0, \theta_1, \theta_2 \text{ 的意义见图}) \text{ 有 } B_{BD} = B_{CE}$$

$$B_{BD} = \frac{\mu_0 I}{4\pi(2R \sin 72^\circ \sin 36^\circ)} (\cos 36^\circ + \cos 72^\circ) = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$$

$$B_{BE} = \frac{\mu_0 I}{4\pi(2R \sin 36^\circ \sin 36^\circ)} (\cos 36^\circ + \cos 36^\circ) = 2.342 \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$$



$$B_A = B_{BE} - 2B_{BD} = 0.342 \frac{\mu_0 I}{4\pi R} = 3.42 \times 10^{-8} \text{ T}$$

22.解: 设弧 $ADB = L_1$, 弧 $ACB = L_2$, 两段弧上电流在圆心处产生的磁感强度分别为

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1 L_1}{4\pi R^2} \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2 L_2}{4\pi R^2} \quad \vec{B}_1, \vec{B}_2 \text{ 方向相反.}$$

$$\text{圆心处总磁感强度值为 } B = B_2 - B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi R^2} (I_2 L_2 - I_1 L_1) = \frac{\mu_0 I_2 L_2}{4\pi R^2} \left(1 - \frac{I_1 L_1}{I_2 L_2}\right)$$

$$\text{两段导线的电阻分别为 } r_1 = \frac{\rho_1 L_1}{S} \quad r_2 = \frac{\rho_2 L_2}{S}$$

$$\text{因并联} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\rho_2 L_2}{\rho_1 L_1}$$

$$\text{又} \quad L_2 = 2\pi R / \pi = 2R$$

$$\therefore B = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R} \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) = 1.60 \times 10^{-8} \text{ T}$$

23. 解: 当只有一块无穷大平面存在时, 利用安培环路定理, 可知板外的磁感强度值为

$$B = \frac{1}{2} \mu_0 i$$

现有两块无穷大平面, \vec{i}_1 与 \vec{i}_2 夹角为 θ , 因 $\vec{B}_1 \perp \vec{i}_1$, $\vec{B}_2 \perp \vec{i}_2$, 故 \vec{B}_1 和 \vec{B}_2 夹角也为 θ 或 $\pi - \theta$.

(1) 在两面之间 \vec{B}_1 和 \vec{B}_2 夹角为 $(\pi - \theta)$ 故

$$B_i = \frac{1}{2} \mu_0 (i_1^2 + i_2^2 - 2i_1 i_2 \cos \theta)^{1/2}$$

(2) 在两面之外 \vec{B}_1 和 \vec{B}_2 的夹角为 θ , 故

$$B_o = \frac{1}{2} \mu_0 (i_1^2 + i_2^2 + 2i_1 i_2 \cos \theta)^{1/2}$$

(3) 当 $i_1 = i_2 = i$, $\theta = 0$ 时, 有

$$B_i = \frac{1}{2} \sqrt{2} \mu_0 i \sqrt{1 - \cos \theta} = 0$$

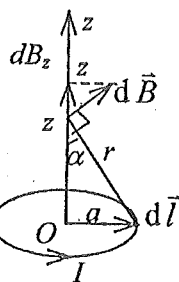
$$B_o = \frac{1}{2} \sqrt{2} \mu_0 i \sqrt{1 + \cos \theta} = \mu_0 i$$

24. 解: 毕奥—萨伐尔定律: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$

如图示, $dB_z = dB \cdot \sin \alpha$, $\sin \alpha = a/r$ (a 为电流环的半径).

$\because r \gg a \quad \therefore r = \sqrt{z^2 + a^2} \approx z$

$$B_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{a}{z^3} \cdot \oint dl = \frac{\mu_0 IS}{2\pi z^3}$$



小电流环的磁矩

$$p_m = IS$$

\therefore

$$p_m = 2\pi B_z z^3 / \mu_0$$

在极地附近 $z \approx R$, 并可以认为磁感强度的轴向分量 B_z 就是极地的磁感强度 B , 因而有:

$$p_m = 2\pi B R^3 / \mu_0 \approx 8.10 \times 10^{22} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

25. 解: 由毕奥—萨伐尔定律可得, 设半径为 R_1 的载流半圆弧在 O 点产生的磁感强度为 B_1 , 则

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4R_1}$$

同理,

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4R_2}$$

$\because R_1 > R_2 \quad \therefore$

$$B_1 < B_2$$

故磁感强度

$$\begin{aligned} B &= B_2 - B_1 \\ &= \frac{\mu_0 I}{4R_2} - \frac{\mu_0 I}{4R_1} = \frac{\mu_0 I}{6R_2} \end{aligned}$$

$$\therefore R_1 = 3R_2$$

26. 解: (1) AD 、 BC 两直线段电流在 O 点处产生的磁场:

$$B_1 = \frac{2\mu_0 I}{4\pi\sqrt{2}R/2} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{\mu_0 I}{\pi R}$$

AB 、 CD 两圆弧段电流在 O 点处产生的磁场:

$$B_2 = \mu_0 I / (4R)$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{R} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{\pi} \right) = 1.43 \times 10^{-5} \text{ T}$$

方向垂直纸面向外.

(2) 小线圈磁力矩 $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$, 小线圈平面垂直纸面放置受磁力矩最大.

$$M = I'SB = 3.57 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}$$

27. 解: 电流在 O 点产生的磁场相当于 $CA+AD$ 一段导线上电流产生的磁场,

$$\therefore B = \frac{\mu_0 I}{\pi a} [\sin 45^\circ - \sin(-45^\circ)] = \frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi a}$$

28. 解: 设圆线圈磁矩为 p_{m1} , 方线圈磁矩为 p_{m2} , 则 $p_{m1} = I_1 \pi R^2$, $p_{m2} = I_2 a^2$

$$\therefore I_2 = \pi R^2 I_1 / (2a^2)$$

正方形一边在其中心处产生的磁感强度为 $B_1 = \mu_0 I_2 / (\sqrt{2}\pi a)$

正方形各边在其中心产生的磁感强度大小相等, 方向相同, 因此中心 O' 处总的

磁感强度的大小为 $B'_0 = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I_2}{\pi a} = \frac{\sqrt{2}\mu_0 R^2 I_1}{a^3}$

$$\therefore B_0 = \frac{\mu_0 I_1}{2R}, \quad \text{得 } I_1 = \frac{2RB_0}{\mu_0}$$

$$\therefore B'_0 = (\sqrt{2}R/a)^3 B_0$$

29. 解: 设载流线圈 1、2、3 在 O 点产生的磁感强度分别为 B_1 、 B_2 、 B_3 . 显然有

$B_1 = B_2 = B_3$, 则 O 点的磁感强度为 $\vec{B} = B_1 \vec{i} + B_2 \vec{j} + B_3 \vec{k}$

即 \vec{B} 在直角坐标系中的三个方向余弦分别为:

$$\cos \alpha = \frac{B_1}{B} = \frac{B_1}{\sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\cos \beta = \frac{B_2}{B} = \frac{B_2}{\sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\cos \gamma = \frac{B_3}{B} = \frac{B_3}{\sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

30. 解:

$$I = R\lambda\omega$$

$$B = B_y = \frac{\mu_0 R^3 \lambda \omega}{2(R^2 + y^2)^{3/2}}$$

\vec{B} 的方向与 y 轴正向一致.

31. 解:

$$B = \frac{6\mu_0 I}{2\pi\sqrt{3}d} (\sin 30^\circ + \sin 30^\circ) = 1.73 \times 10^{-4} \text{ T}$$

32. 解: 如图, 在垂直于 j 的 dl 长度内流过电流为 dI , dI 在 P 点产生的磁场:

$$dB = \mu_0 dI / (2\pi r), \quad dI = j dl$$

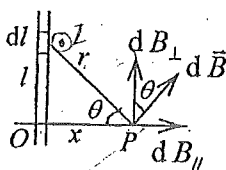
$$dB = \mu_0 j dl / (2\pi r)$$

由对称性的分析可知 $\int dB_{\parallel} = 0$

$$dB_{\perp} = dB \cos \theta = \frac{\mu_0 j dl}{2\pi r} \cos \theta$$

$$\therefore r = \sqrt{l^2 + x^2}; \quad \cos \theta = x / \sqrt{l^2 + x^2}$$

$$\therefore B = \int dB_{\perp} = \frac{\mu_0 j x}{2\pi} \int_{-l}^l \frac{dl}{l^2 + x^2} = \frac{1}{2} \mu_0 j$$

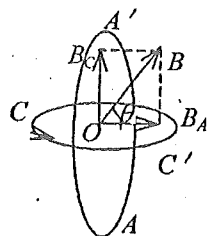


33. 解: AA' 线圈在 O 点所产生的磁感强度

$$B_A = \frac{\mu_0 N_A I_A}{2r_A} = 250\mu_0 \quad (\text{方向垂直 } AA' \text{ 平面})$$

CC' 线圈在 O 点所产生的磁感强度

$$B_C = \frac{\mu_0 N_C I_C}{2r_C} = 500\mu_0 \quad (\text{方向垂直 } CC' \text{ 平面})$$



O 点的合磁感强度 $B = (B_A^2 + B_C^2)^{1/2} = 7.02 \times 10^{-4} \text{ T}$

B 的方向在和 AA' 、 CC' 都垂直的平面内, 和 CC' 平面的夹角

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{B_C}{B_A} = 63.4^\circ$$

34. 解: 设电子轨道运动的速率为 v , 则 $ke^2 / r^2 = m_e v^2 / r$,

$$\therefore v = e \sqrt{\frac{k}{m_e r}} \quad (\text{其中 } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0})$$

设电子轨道运动所形成的圆电流为 i , 则 $i = \frac{e^2}{2\pi r} \sqrt{\frac{k}{m_e r}}$

$$p_m = is = \frac{1}{2} e^2 \sqrt{kr / m}$$

$$B_0 = \frac{\mu_0 i}{2r} = \frac{\mu_0 e^2}{4\pi r^2} \sqrt{\frac{k}{m_e r}}$$

35. 解: 如图所示, 圆筒旋转时相当于圆筒上具有同向的面电流密度 i ,
 $i = 2\pi R\sigma\omega / (2\pi) = R\sigma\omega$

作矩形有向闭合环路如图中所示, 从电流分布的对称性分析可知, 在 \overline{ab} 上各点 \vec{B} 的大小和方向均相同, 而且 \vec{B} 的方向平行于 \overline{ab} , 在 \overline{bc} 和 \overline{fa} 上各点 \vec{B} 的方向与线元垂直, 在 \overline{de} , \overline{fe} , \overline{cd} 上各点 $\vec{B} = 0$. 应用安培环路定理

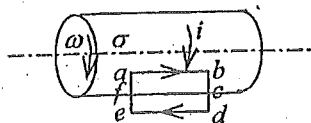
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$$

可得

$$Bab = \mu_0 iab$$

$$B = \mu_0 i = \mu_0 R\sigma\omega$$

圆筒内部为均匀磁场, 磁感强度的大小为 $B = \mu_0 R\sigma\omega$, 方向平行于轴线朝右.



36. 解: 在圆柱体内部与导体中心轴线相距为 r 处的磁感强度的大小, 由安培环路定律可得:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r \quad (r \leq R)$$

因而, 穿过导体内画斜线部分平面的磁通 Φ_1 为

$$\Phi_1 = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int B dS = \int_0^R \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r dr = \frac{\mu_0 I}{4\pi}$$

在圆形导体外, 与导体中心轴线相距 r 处的磁感强度大小为 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (r > R)$

因而, 穿过导体外画斜线部分平面的磁通 Φ_2 为

$$\Phi_2 = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_R^{2R} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} dr = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln 2$$

穿过整个矩形平面的磁通量 $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi} + \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln 2$

37. 解: 设 x 为假想平面里面的一边与对称中心轴线距离,

$$\Phi = \int B dS = \int_x^R B_1 l dr + \int_R^{x+R} B_2 l dr,$$

$$dS = l dr$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \quad (\text{导线内})$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{导线外})$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 I l}{4\pi R^2} (R^2 - x^2) + \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{x+R}{R}$$

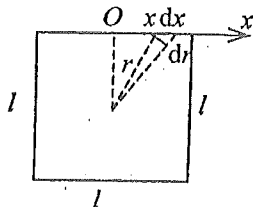
令 $d\Phi/dx=0$, 得 Φ 最大时 $x = \frac{1}{2}(\sqrt{5}-1)R$

38. 解: 圆电流产生的磁场 $B_1 = \mu_0 I_2 / (2R) \quad \odot$
 长直导线电流的磁场 $B_2 = \mu_0 I_2 / (2\pi R) \quad \odot$
 导体管电流产生的磁场 $B_3 = \mu_0 I_1 / [2\pi(d+R)] \quad \otimes$
 圆心 O 点处的磁感强度 $B = B_1 + B_2 - B_3$

$$= \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2(R+d)(1+\pi) - RI_1}{R(R+d)} \quad \odot$$

39. 解: 设正方形边长为 l , 则旋转的正方形带电框等效于一个半径为 $\frac{l}{2} \sim l/\sqrt{2}$ 的带有均匀面电流的圆带. 圆带中半径为 r , 宽度为 dr 的圆环在中心产生的磁场为

$$\begin{aligned} dB &= \frac{\mu_0 dI}{2r} \\ dI &= \frac{8\lambda\omega dx}{2\pi} \\ r &= \left[\left(\frac{1}{2}l\right)^2 + x^2 \right]^{1/2} \\ B &= \int_0^{l/2} \frac{8\lambda\omega\mu_0 / 2\pi}{2 \left[\left(\frac{1}{2}l\right)^2 + x^2 \right]^{1/2}} dx \\ &= \frac{4\lambda\omega\mu_0}{2\pi} \ln \left(x + \sqrt{\left(\frac{1}{2}l\right)^2 + x^2} \right) \Big|_0^{l/2} \\ &= \frac{2\lambda\omega\mu_0}{\pi} \ln(1 + \sqrt{2}). \end{aligned}$$



40. 解: (1) 在环内作半径为 r 的圆形回路, 由安培环路定理得 $B \cdot 2\pi r = \mu NI$, $B = \mu NI / (2\pi r)$

在 r 处取微小截面 $dS = bdr$, 通过此小截面的磁通量 $d\Phi = BdS = \frac{\mu NI}{2\pi r} bdr$

穿过截面的磁通量 $\Phi = \int_S B dS = \frac{\mu NI}{2\pi r} bdr = \frac{\mu NI b}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}$

(2) 同样在环外 ($r < R_1$ 和 $r > R_2$) 作圆形回路, 由于 $\sum I_i = 0$

$$B \cdot 2\pi r = 0$$

$\therefore B = 0$

41. 解: 将 \vec{i} 分解为沿圆周和沿轴的两个分量, 轴线上的磁场只由前者产生. 和导线绕制之螺线管相比较, 沿轴方向单位长度螺线管表面之电流 i 的沿圆周分量 $i \sin\alpha$ 就相当于螺线

管的 nI . 利用长直螺线管轴线上磁场的公式 $B = \mu_0 nI$
便得到本题的结果 $B = \mu_0 i \sin \alpha$

42. 解: 如答图, 设在 C 区域中的任一点 A 到两圆心的距离分别为 r_1, r_2 , r_1, r_2 与两圆心连线的夹角分别为 θ_1, θ_2 . 假定 C 中也流有与导线中的电流密度相同的一正一反正好抵消的电流, 并令导线中的电流密度为 J , 则两导线在 A 点分别产生的磁感强度为: ☆

$$B_1 = \frac{\mu_0 J \pi r_1^2}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 J}{2} r_1$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 J \pi r_2^2}{2\pi r_2} = \frac{\mu_0 J}{2} r_2$$

总磁感强度 $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

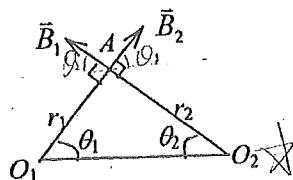
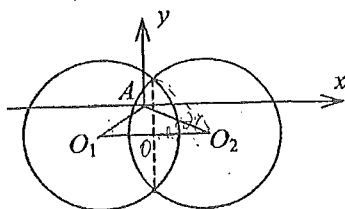
投影: $B_x = B_{1x} + B_{2x} = -B_1 \sin \theta_1 + B_2 \sin \theta_2$

$$= \frac{1}{2} \mu_0 J (r_2 \sin \theta_2 - r_1 \sin \theta_1) = 0$$

$B_y = B_{1y} + B_{2y} = B_1 \cos \theta_1 + B_2 \cos \theta_2$

$$= \frac{1}{2} \mu_0 J (r_1 \cos \theta_2 + r_2 \cos \theta_1)$$

$$= \frac{1}{2} \mu_0 J (1.6R) = 0.8 \mu_0 J R$$



而 $J = I/S$, 其中 S 为一根导线的横截面积.

由题图可得 $S = \pi R^2 - 2[\pi R^2 \alpha / \pi - 0.8R \cdot R \sin \alpha]$

又 $\alpha = \cos^{-1} 0.8 \approx 36.87^\circ \approx 0.6435 \text{ rad}, \sin \alpha = 0.6$

$S = R^2[\pi - 2\alpha + 2 \times 0.8 \times 0.6] = 2.81 R^2$

$J = I/(2.81 R^2), B = B_y = 0.285 \mu_0 I / R$

$\frac{0.8R}{R} = \cos \alpha$
 $\alpha = \arccos 0.8$

43. 解: 应用安培环路定理和磁场叠加原理可得磁场分布为,

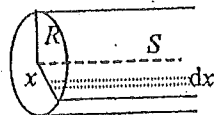
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(3a-x)} \quad \left(\frac{a}{2} \leq x \leq \frac{5}{2}a\right)$$

\vec{B} 的方向垂直 x 轴及图面向里.

44. 解: 在距离导线中心轴线为 x 与 $x+dx$ 处, 作一个单位长窄条, 其面积为

$dS = 1 \cdot dx$. 窄条处的磁感强度 $B = \frac{\mu_r \mu_0 I x}{2\pi R^2}$

所以通过 dS 的磁通量为 $d\Phi = B dS = \frac{\mu_r \mu_0 I x}{2\pi R^2} dx$



通过 1 m 长的一段 S 平面的磁通量为 $\Phi = \int_0^R \frac{\mu_r \mu_0 I x}{2\pi R^2} dx = \frac{\mu_r \mu_0 I}{4\pi} = 10^{-6} \text{ Wb}$

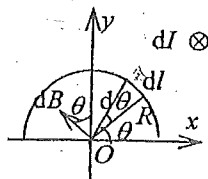
45. 解: 选坐标如图. 无限长半圆筒形载流金属薄片可看作许多平行的无限长载流直导线

组成. 宽为 dI 的无限长窄条直导线中的电流为 $dI = \frac{I}{\pi R} dI = \frac{I}{\pi R} R d\theta = \frac{I}{\pi} d\theta$

它在 O 点产生的磁感强度 $dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R} = \frac{\mu_0}{2\pi R} \cdot \frac{I}{\pi} d\theta$

$$dB_x = -dB \sin\theta = -\frac{\mu_0}{2\pi^2 R} \sin\theta d\theta$$

$$dB_y = dB \cos\theta = \frac{\mu_0}{2\pi^2 R} \cos\theta d\theta$$



对所有窄条电流取积分得

$$B_x = -\int_0^\pi \frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R} \sin\theta d\theta = \frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R} \cos\theta \Big|_0^\pi = -\frac{\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

$$B_y = \int_0^\pi \frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R} \cos\theta d\theta = \frac{\mu_0}{2\pi^2 R} \sin\theta \Big|_0^\pi = 0$$

$$O \text{ 点的磁感强度 } \vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j} = -\frac{\mu_0 I}{\pi^2 R} \vec{i} = -6.37 \times 10^{-5} \vec{i} \text{ T}$$

46. 解: 导体柱中电流密度 $J = \frac{I}{\pi r^2 - \pi(r/4)^2} = \frac{16I}{15\pi r^2}$

用补偿法来求 P 处的磁感强度. 用同样的电流密度把空洞补上, 由安培环路定律, 这时圆柱电流在 P 处产生的磁感强度为 $B_1 = \frac{\mu_0 J r}{6}$, 方向为 \otimes

再考虑空洞区流过同样电流密度的反向电流, 它在 P 处产生的磁感强度为

$$B_2 = \frac{\mu_0 J r}{88}, \quad \text{方向为 } \odot$$

$\therefore P$ 处磁感强度 $B = B_1 - B_2 = 41\mu_0 J r / 264$ 方向为 \otimes

电子受到的洛伦兹力为 $\vec{f}_m = q\vec{v} \times \vec{B} = -e\vec{v} \times \vec{B}$

$$f_m = evB = \frac{41}{264} \mu_0 J r e v = \frac{82}{495} \frac{\mu_0 I e v}{\pi r} \quad \text{方向向左}$$

47. 解: 洛伦兹力的大小

$$f = qvB$$

对质子:

$$q_1 v B = m_1 v^2 / R_1$$

对电子:

$$|q_2| v B = m_2 v^2 / R_2$$

\therefore

$$q_1 = |q_2|$$

\therefore

$$R_1 / R_2 = m_1 / m_2$$

48. 解: 磁场作用于粒子的磁场力 $q\vec{v} \times \vec{B}$ 任一时刻都与速度 \vec{v} 垂直, 在粒子运动过程中不对粒子做功, 因此它不改变速度的大小, 只改变速度的方向. 而重力是对粒子做功的, 所以粒子的速率只与它在重力场这个保守力场中的位置有关. 由能量守恒定律有:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgy \quad \therefore v = \sqrt{2gy}$$

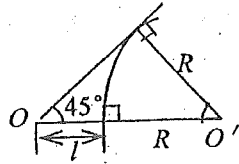
49.解: 电子进入磁场作圆周运动, 圆心在底边上. 当电子轨迹与上面边界相切时, 对应最大速度, 此时有如图所示情形.

$$(l + R) \sin 45^\circ = R$$

$$\therefore R = l / (\sqrt{2} - 1) = (\sqrt{2} + 1)l$$

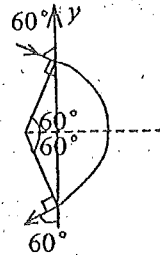
由 $R = mv / (eB)$, 求出 v 最大值为

$$v = \frac{eBR}{m} = (\sqrt{2} + 1) \frac{leB}{m}$$



50.解: 电子在磁场中作半径为 $R = mv / (eB)$ 的圆周运动. 连接入射和出射点的线段将是圆周的一条弦, 如图所示. 所以入射和出射点间的距离为:

$$l = 2R \sin 60^\circ = \sqrt{3}R = \sqrt{3}mv / (eB)$$



51. 解: \therefore 半径 $R = \frac{m_e v}{eB}$, $\therefore B = \frac{m_e v}{eR}$

磁通量 $\Phi = BS = B \cdot \pi R^2 = \pi m_e R v / e = 2.14 \times 10^{-8} \text{ Wb}$

52.解: 电子的速度 \vec{v} 可以看成 \vec{v}_\perp 和 \vec{v}_\parallel 的矢量和, 如图所示. 磁场对 \vec{v}_\parallel 不起作用, 所以

$$\text{磁力 } \vec{F}_B = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

其大小为 $F_B = -e\vec{v}_\perp B = evB \sin \alpha$, 方向如图

故 $a_B = F_B / m = (evB / m) \sin \alpha$

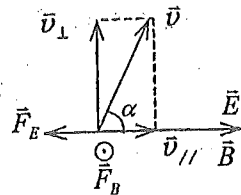
电场对电子作用力为

$$\vec{F}_E = -e\vec{E} \quad \text{方向如图}$$

$$a_E = eE / m$$

\therefore 电子的加速度大小 $a = \sqrt{\left(\frac{e}{m}E\right)^2 + \left(\frac{evB}{m}\right)^2 \sin^2 \alpha}$

因为电子在平行于场的方向上是初速为 v_\parallel 的变速运动, 且同时在垂直于场的方向上作等速圆周运动, 所以电子运动的轨迹是变螺距的螺旋线.



53.解:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

由于 $\vec{v} \perp \vec{B}$ \therefore

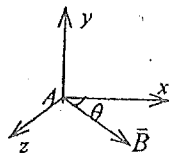
$$F = |q|vB = \frac{m_e v^2}{R}$$

$$R = \frac{m_e v^2}{|q|vB} = \frac{m_e v}{|q|B} = 5.69 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$v = \frac{v}{2\pi R} = 2.80 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$$

54.解: ∵

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}, \quad \vec{F} \perp \vec{B}$$

 且 \vec{v} 沿 x 方向时 \vec{F} 沿 y 方向, 可知 $B_y = 0$, \vec{B} 在 xz 平面内.

 此时由 $F = F_y = |q|v_x B_z$ 可得 $B_z = \frac{F_y}{|q|v_x} = 5.00 \times 10^{-2} \text{ T}$

 当电子沿 $+y$ 方向运动时, $F_z = |q|v_y B_x$, $B_x = \frac{F_z}{|q|v_y} = 8.69 \times 10^{-2} \text{ T}$

 磁感强度的大小为 $B = \sqrt{B_x^2 + B_z^2} = 1.00 \times 10^{-1} \text{ T}$

 方向: \vec{B} 与 x 轴的夹角设为 θ (如图), 则 $\text{tg} \theta = \frac{B_z}{B_x} = 0.575$ $\theta \approx 29.9^\circ$

 ∴ \vec{B} 在 xz 平面内, 与 x 轴正方向夹角 29.9° .

55.解: 依据无限长带电和载流导线的电场和磁场知:

$$E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (\text{方向沿径向向外})$$

$$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{方向垂直纸面向里})$$

 运动电荷受力 F (大小) 为: $F = \frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} - \frac{\mu_0 Iq}{2\pi r} v$

此力方向为沿径向 (或向里, 或向外)

为使粒子继续沿着原方向平行导线运动, 径向力应为零,

$$\frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} - \frac{\mu_0 Iq}{2\pi r} v = 0$$

则有

$$v = \frac{\lambda}{\epsilon_0 \mu_0 I}$$

 56.解: 当电子群运动至 A 点而最接近电极 1 时, 电极 1 的电位为:

$$U_1 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ne}{r}$$

而电极 2 的电位为

$$U_2 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ne}{(r+D)}$$

此时二电极的电位差是最大电位差, 故二电极间电压变化幅度为:

$$U = U_2 - U_1 = \frac{Ne}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{D+r} \right)$$

显然, 电子运动一周时, 电压变化一个周期, 因此电子作圆周运动的频率就是电压变化的

 频率 ν . 由 $m \frac{D}{2} \omega^2 = e \left(\frac{D}{2} \omega \right) B$

知:

$$v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{eB}{2\pi m}$$

57. 解: (1) 运动导体中的自由电子要受到洛伦兹力的作用沿 $-y$ 方向运动, 从而在垂直于 y 轴的一对表面上分别积累上正负电荷, 该电荷分布建立的电场方向沿 $-y$ 轴.

当自由电子受到的电场力与洛伦兹力作用而达到平衡时, 电场强度为: $E = vB$

写成矢量形式为 $\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B}$.

(2) 面电荷只出现在垂直 y 轴的一对平面上, y 坐标大的面上出现的是正电荷, y 坐标小的面上出现的是负电荷, 二者面电荷密度的大小相等, 设为 σ , 则由高斯定理可以求得

$$\sigma = \epsilon_0 E = \epsilon_0 vB$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} = E$$

58. 解: (1) 由安培环路定理: $B = \frac{1}{2} \mu_0 i$ (大小) 方向: 在板右侧垂直纸面向里

(2) 由洛伦兹力公式可求 $R = mv/(qB)$ (至少从距板 R 处开始向外运动)

返回时间 $T = 2\pi R/v = 4\pi m/(q\mu_0 i)$

59. 解: 导线每米长的重量为 $mg = 9.8 \times 10^{-2} \text{ N}$
平衡时两电流间的距离为 $a = 2l \sin\theta$, 绳上张力为 T , 两导线间斥力为 f , 则:

$$T \cos\theta = mg$$

$$T \sin\theta = f$$

$$f = \mu_0 I^2 l / (2\pi a) = \mu_0 I^2 l / (4\pi l \sin\theta)$$

$$I = \sqrt{4\pi l \sin\theta mg \tan\theta / \mu_0} = 17.2 \text{ A}$$

60. 解: 当线圈右边进入均匀磁场后, 产生感生电流, 因而受到一磁力 F' , 方向向左.

$$F' = IBl = (1/R) B^2 l^2 dx/dt = (1/R) B^2 l^2 v \quad I = \frac{Blv}{R} \quad \mathcal{E} = Blv$$

由 $\vec{F} = m\vec{a}$ 得: $F - F' = m dv/dt$

$$F - (B^2 l^2 / R) v = m dv/dt$$

$$\int \frac{dv}{F/m - [B^2 l^2 / (Rm)] v} = \int dt$$

$$\ln\left(\frac{F}{m} - \frac{B^2 l^2 v}{Rm}\right) = -\frac{B^2 l^2}{Rm} t + C$$

当 $t=0, v=0$. 则 $C = \ln(F/m)$

所以 $\ln\left(\frac{F}{m} - \frac{B^2 l^2 v}{Rm}\right) - \ln\frac{F}{m} = -\frac{B^2 l^2}{Rm} t$

可得: $v = \frac{FR}{B^2 l^2} (1 - e^{-bt})$,

其中 $b = B^2 l^2 / (Rm)$

61. 解: 设 i 为载流平面的面电流密度, \vec{B} 为无限大载流平面产生的磁场, \vec{B}_0 为均匀磁场的磁感强度, 作安培环路 $abcd$, 由安培环路定理得:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i h$$

$$Bh + Bh = \mu_0 i h$$

$$\therefore B = \frac{1}{2} \mu_0 I$$

$$B_1 = B_0 - B, \quad B_2 = B_0 + B$$

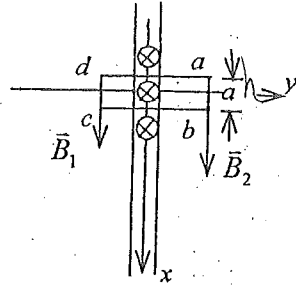
$$\therefore B_0 = \frac{1}{2}(B_1 + B_2), \quad B = \frac{1}{2}(B_2 - B_1)$$

$$i = (B_2 - B_1) / \mu_0$$

在无限大平面上沿 z 轴方向上取长 dl , 沿 x 轴方向取宽 da , 则其面积为 $dS = dlda$, 面元所受的安培力为:

$$\vec{F} = idadlB_0(-\vec{j}) = idSB_0(-\vec{j})$$

$$\text{单位面积所受的力} \quad \frac{\vec{F}}{dS} = iB_0(-\vec{j}) = -\frac{B_2^2 - B_1^2}{2\mu_0} \vec{j}$$



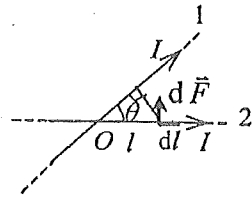
62. 解: 在任一根导线上(例如导线 2)取一线元 dl , 该线元距 O 点为 l . 该处的磁感强度为

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi l \sin \theta}$$

方向垂直于纸面向里.

电流元 $I dl$ 受到的磁力为 $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$

$$\text{其大小} \quad dF = IB dl = \frac{\mu_0 I^2 dl}{2\pi l \sin \theta}$$



方向垂直于导线 2, 如图所示. 该力对 O 点的力矩为 $dM = l dF = \frac{\mu_0 I^2 dl}{2\pi \sin \theta}$

$$\text{任一段单位长度导线所受磁力对 } O \text{ 点的力矩} \quad M = \int dM = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi \sin \theta} \int dl = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi \sin \theta}$$

导线 2 所受力矩方向垂直图面向上, 导线 1 所受力矩方向与此相反.

63. 解: 考虑半圆形载流导线 \widehat{CD} 所受的安培力

$$F_m = IB \cdot 2R$$

列出力的平衡方程式 $IB \cdot 2R = 2T$

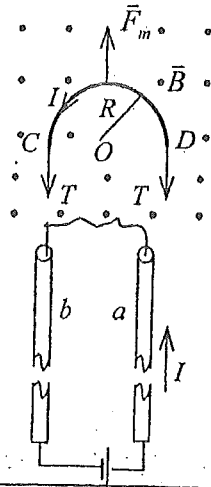
$$\text{故:} \quad T = IBR$$

64. 解: 长直载流导线 a 中电流的磁场在相距为 x 的直导线 b 处的磁感强度为 $B = \mu_0 I / (2\pi x)$, 方向: 垂直纸面向外.

载流导线 b 在 a 的场中受力为 $F = IBl$, 方向: 远离 a .

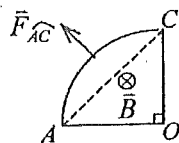
在载流导线 b 由与导线 a 的间距为 d 移至 d' 的过程中, 磁场力

$$\text{对单位长直导线 } b \text{ 所作的功为} \quad A = \int_d^{d'} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} I dx = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \ln \frac{d'}{d}$$



65. 解: $p_m = IS = \frac{e \times v}{2\pi r} \times \pi r^2 = \frac{rve}{2} = 0.924 \times 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$

66. 解: (1) 圆弧 AC 所受的磁力: 在均匀磁场中 AC 通电圆弧所受的磁力与通有相同电流的 \overline{AC} 直线所受的磁力相等, 故有 $F_{AC} = F_{\overline{AC}} = I\sqrt{2}RB = 0.283 \text{ N}$.
方向: 与 AC 直线垂直, 与 OC 夹角 45° , 如图.



(2) 磁力矩: 线圈的磁矩为 $\vec{p}_m = IS\vec{n} = 2\pi \times 10^{-2} \vec{n}$

本小问中设线圈平面与 \vec{B} 成 60° 角, 则 \vec{p}_m 与 \vec{B} 成 30° 角, 有力矩

$$|\vec{M}| = |\vec{p}_m \times \vec{B}| = p_m B \sin 30^\circ$$

$M = 1.57 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$ 方向: 力矩 \vec{M} 将驱使线圈法线转向与 \vec{B} 平行.

67. 解: 长直导线在周围空间产生的磁场分布为 $B = \mu_0 I_1 / (2\pi r)$ 取 xOy 坐标系如图, 则
在半圆线圈所在处各点产生的磁感强度大小为:

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R \sin \theta}, \quad \text{方向垂直纸面向里,}$$

式中 θ 为场点至圆心的连线与 y 轴的夹角. 半圆线圈上 dl 段线电流所受的力为:

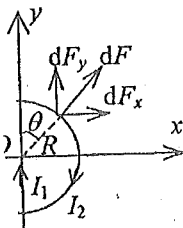
$$dF = |I_2 d\vec{l} \times \vec{B}| = I_2 B dl = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R \sin \theta} R d\theta$$

$$dF_y = dF \sin \theta.$$

根据对称性知: $F_y = \int dF_y = 0$

$$dF_x = dF \cos \theta$$

$$F_x = \int_0^\pi dF_x = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \pi = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2}$$



\therefore 半圆线圈受 I_1 的磁力的大小为: $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2}$, 方向: 垂直 I_1 向右.

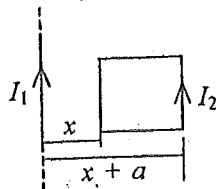
68. 解: 如图示位置, 线圈所受安培力的合力为

$$F = aI_2 \left[\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(x+a)} \right]$$

方向向右, 从 $x=a$ 到 $x=2a$ 磁场所作的功为

$$A = \int_a^{2a} \frac{\mu_0 a I_1 I_2}{2\pi} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) dx$$

$$= \frac{\mu_0 a I_1 I_2}{2\pi} (2\ln 2 - \ln 3)$$



69. 解: 设圆半径为 R , 选一微分元 dl , 它所受磁力大小为

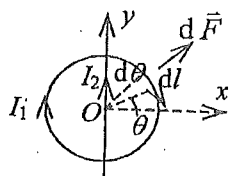
$$dF = I_1 dl \times B$$

由于对称性, y 轴方向的合力为零.

$$\therefore dF_x = dF \cos \theta$$

$$= I_1 R d\theta \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R \cos \theta} \cos \theta = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} d\theta$$

$$\therefore F = F_x = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} d\theta = \mu_0 I_1 I_2$$



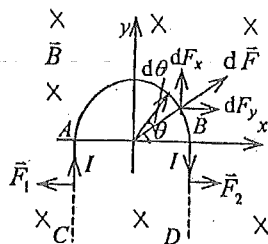
70.解: 长直导线 AC 和 BD 受力大小相等, 方向相反且在同一直线上, 故合力为零. 现计算半圆部分受力, 取电流元 $I d\vec{l}$,

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad \text{即} \quad dF = IRB d\theta$$

由于对称性 $\sum dF_x = 0$

$$\therefore F = F_y = \int dF_y = \int_0^\pi IRB \sin \theta d\theta = 2RIB$$

方向沿 y 轴正向



71.解: (1) $d\vec{F}_{12} = I_2 d\vec{l}_2 \times d\vec{B}_1 = I_2 d\vec{l}_2 \times \frac{\mu_0 I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{12}}{4\pi r_{12}^3}$

(2) $dF = I_2 dI_2 (\mu_0 I_1 / (2\pi a))$

$$\therefore \frac{dF}{dI_2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

72.解: (1) $p_m = Ia^2$, 方向垂直于线圈平面.

$$|\vec{M}| = |\vec{p}_m \times \vec{B}| = p_m B \sin 90^\circ = 9.40 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}$$

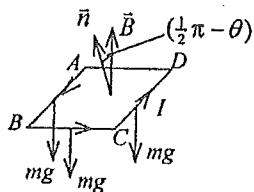
(2) 设线圈绕 AD 边转动, 并且线圈稳定时, 线圈平面与竖直平面夹角为 θ , 则磁场对线圈的力矩为 $|\vec{M}| = |\vec{p}_m \times \vec{B}| = p_m B \sin(\frac{1}{2}\pi - \theta) = p_m B \cos \theta$

重力矩: $L = m g a \sin \theta + 2 m g (\frac{1}{2} a \sin \theta) = 2 a^2 S \rho g \sin \theta$

$$p_m B \cos \theta = 2 a^2 S \rho g \sin \theta$$

$$\text{ctg} \theta = 2 S \rho g / (BI) = 3.712$$

于是 $\theta = 15^\circ$



73.解: (1) $S = ab = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$p_m = SI = 1 \times 10^{-2} (\text{A}\cdot\text{m}^2), \quad M = p_m B \sin 60^\circ = 4.33 \times 10^{-2} \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M = J\beta, \quad J = M / \beta = 2.16 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

(2) 令从 \vec{B} 到 \vec{p}_m 的夹角为 θ , $\therefore \vec{M}$ 与角位移 $d\theta$ 的正方向相反

$$A = - \int_{60^\circ}^{0^\circ} M d\theta = \int_{60^\circ}^{0^\circ} -p_m B \sin\theta d\theta = 2.5 \times 10^{-3} \text{ J}$$

74. 解: (1)

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

$$M(t) = B p_m \sin \omega t = \pi a^2 B I_0 \sin^2 \omega t$$

(2)
$$P = M d\theta / dt = M\omega = B I_0 \omega \pi a^2 \sin^2 \omega t$$

$$\bar{P} = (1/T) \int_0^T B I_0 \omega \pi a^2 \sin^2 \omega t dt = \frac{1}{2} B I_0 \omega \pi a^2$$

75. 解: 设圆线圈磁矩为 p_1 , 方线圈磁矩为 p_2

$$\therefore B_0 = \mu_0 I' / (2R)$$

$$\therefore I' = 2RB_0 / \mu_0$$

$$p_1 = \pi R^2 I' = 2\pi R^3 B_0 / \mu_0$$

$$p_2 = a^2 I$$

又
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{2}{1} = \frac{2\pi R^3 B_0}{\mu_0 a^2 I}, \quad R = \left(\frac{\mu_0 a^2 I}{\pi B_0} \right)^{1/3}$$

76. 解: 载流导线 MN 上任一点处的磁感强度大小为:
$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(r+x)} - \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(2r-x)}$$

MN 上电流元 $I_3 dx$ 所受磁力:
$$dF = I_3 B dx = I_3 \left[\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(r+x)} - \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(2r-x)} \right] dx$$

$$F = I_3 \int_0^r \left[\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(r+x)} - \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(2r-x)} \right] dx$$

$$= \frac{\mu_0 I_3}{2\pi} \left[\int_0^r \frac{I_1}{r+x} dx - \int_0^r \frac{I_2}{2r-x} dx \right]$$

$$= \frac{\mu_0 I_3}{2\pi} \left[I_1 \ln \frac{2r}{r} + I_2 \ln \frac{r}{2r} \right]$$

$$= \frac{\mu_0 I_3}{2\pi} [I_1 \ln 2 - I_2 \ln 2]$$

$$= \frac{\mu_0 I_3}{2\pi} (I_1 - I_2) \ln 2$$

若 $I_2 > I_1$, 则 \vec{F} 的方向向下, $I_2 < I_1$, 则 \vec{F} 的方向向上

77. 解: 设圆轨道半径为 R

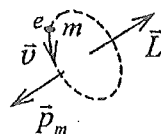
$$p_m = IS$$

$$I = en = e \frac{v}{2\pi R}$$

$$S = \pi R^2$$

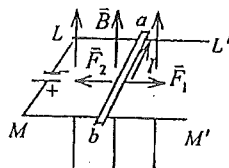
$$p_m = e \frac{v}{2\pi R} \pi R^2 = \frac{1}{2} e v R \quad L = m v R$$

$$\therefore \frac{p_m}{L} = \frac{e v R}{2 m v R} = \frac{e}{2m} \quad \vec{p}_m \text{ 与 } \vec{L} \text{ 方向相反}$$



78. 解: 导线 ab 中流过电流 I , 受安培力 $F_1 = I l B$, 方向水平向右, 为保持导线作匀速运动, 则必须加力 \vec{F}_2 , $F_2 = F_1$, \vec{F}_2 方向与 \vec{F}_1 相反, 即水平向左, 如图所示.

$$F_2 = F_1 = I l B = 0.20 \text{ N}$$



79. 解: 由安培公式 $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$, 当 \vec{B} 的方向沿 x 轴正方向时

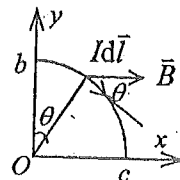
$$(1) \quad \Delta F_1 = I \Delta l_1 B \sin 60^\circ = 1.39 \times 10^{-4} \text{ N}$$

方向垂直纸面向外(沿 z 轴正方向),

$$\Delta F_2 = I \Delta l_2 B \sin 135^\circ = 1.13 \times 10^{-4} \text{ N}$$

方向垂直纸面向里(沿 z 轴反方向).

$$(2) \quad F_{ab} = \int_a^b dF = I a b B \sin 45^\circ = I \frac{R}{\sin 45^\circ} B \sin 45^\circ = I R B = 0.32 \text{ N, 方向为垂直纸面向里.}$$



同理 $F_{cd} = I R B = 0.32 \text{ N}$, 方向垂直纸面向外.

(3) 在 bc 圆弧上取一电流元 $I dl = I R d\theta$, 如图所示. 这段电流元在磁场中所受力 $dF = I dl B \sin \theta = I R B \sin \theta d\theta$

方向垂直纸面向外, 所以圆弧 bc 上所受的力 $F_{bc} = \int_0^{\pi/2} I R B \sin \theta d\theta = I R B = 0.32 \text{ N}$

方向垂直纸面向外, 同理 $F_{da} = 0.32 \text{ N}$, 方向垂直纸面向里.

80. 解: 当磁场 \vec{B} 方向与 Ox 轴成 45° 时如图所示.

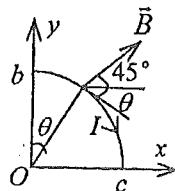
(1) $\Delta F_1 = I \Delta l_1 B \sin 105^\circ = 1.55 \times 10^{-4} \text{ N}$ 方向垂直纸面向外.

$\Delta F_2 = I \Delta l_2 B \sin 90^\circ = 1.60 \times 10^{-4} \text{ N}$ 方向为垂直纸面向内.

(2) 因为 \vec{ab} 与 \vec{cd} 均与 \vec{B} 平行, 因此 $F_{ab} = F_{cd} = 0$

(3) 如图所示.

$$F_{bc} = \int_0^{\pi/2} I R B \sin(45^\circ + \theta) d\theta = \sqrt{2} I R B = 0.453 \text{ N}$$



方向垂直纸面向外, 同理 $F_{da} = 0.453 \text{ N}$, 方向垂直纸面向里.

81. 解: 在平衡的情况下, 必须满足线框的重力矩与线框所受的磁力矩平衡(对 OO' 轴而言). 重力矩 $M_1 = 2 a p g S \cdot \frac{1}{2} a \sin \alpha + a p g S a \sin \alpha = 2 S a^2 p g \sin \alpha$

磁力矩 $M_2 = B I a^2 \sin(\frac{1}{2}\pi - \alpha) = I a^2 B \cos \alpha$
 平衡时 $M_1 = M_2$
 所以 $2 S a^2 \rho g \sin \alpha = I a^2 B \cos \alpha$
 $B = 2 S \rho g \operatorname{tg} \alpha / I \approx 9.35 \times 10^{-3} \text{ T}$

82.解: 将电流元 $I dl$ 处的 \vec{B} 分解为平行线圈平面的 B_1 和垂直线圈平面的 B_2 两分量, 则

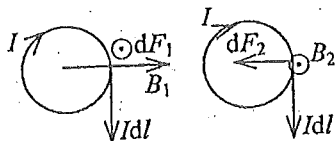
$$B_1 = B \sin 60^\circ; \quad B_2 = B \cos 60^\circ$$

分别讨论线圈在 B_1 磁场和 B_2 磁场中所受的合力 F_1 与 F_2 . 电流元受 B_1 的作用力

$$dF_1 = I dl B_1 \sin 90^\circ = I B \sin 60^\circ dl$$

方向平行圆环轴线.

因为线圈上每一电流元受力方向相同, 所以合力



$$F_1 = \int dF_1 = I B \sin 60^\circ \int_0^{2\pi R} dl = I B \sin 60^\circ \cdot 2\pi R$$

$$= 0.34 \text{ N}, \quad \text{方向垂直环面向上.}$$

电流元受 B_2 的作用力 $dF_2 = I dl B_2 \sin 90^\circ = I B \cos 60^\circ dl$ 方向指向线圈平面中心.

由于轴对称, dF_2 对整个线圈的合力为零, 即 $F_2 = 0$.

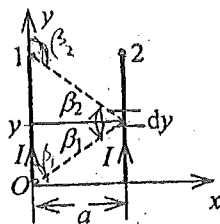
所以圆环所受合力 $F = F_1 = 0.34 \text{ N}$, 方向垂直环面向上.

83.解: 导线1在导线2某点 dy 处产生的磁感强度 $B_{12} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1)$

所以导线2上的电流元 $I dy$ 受的磁力大小为 $dF = I B_{12} dy$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{4\pi a} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1) dy$$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{4\pi a} \left[\frac{L-y}{\sqrt{a^2 + (L-y)^2}} + \frac{y}{\sqrt{a^2 + y^2}} \right] dy$$



整个导线上各电流元受力方向相同

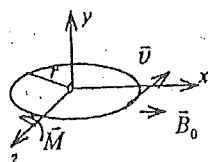
$$F = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi a} \int_0^l \left[\frac{L-y}{\sqrt{a^2 + (L-y)^2}} + \frac{y}{\sqrt{a^2 + y^2}} \right] dy = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi a} (\sqrt{a^2 + l^2} - a)$$

方向向左.

导线1受力大小相同, 方向向右, 即它们互相吸引.

84.解: 电子在 xz 平面内作速率为 v 的圆周运动(如图), 则

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m_e \frac{v^2}{r}$$



$$\therefore v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 r m_e}}$$

电子运动的周期 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r \sqrt{4\pi\epsilon_0 r m_e}}{e}$

则原子的轨道磁矩 $p_m = IS = \frac{e}{T} \pi r^2 = \frac{e^2}{4} \sqrt{\frac{r}{\pi\epsilon_0 m_e}}$

\vec{p}_m 的方向与 y 轴正向相反。

设 \vec{B}_0 方向与 x 轴正向平行，则系统所受力矩

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}_0 = \frac{e^2 B_0}{4} \sqrt{\frac{r}{\pi\epsilon_0 m_e}} \vec{k}$$

85.解: 如图 $dI = K ds = KR d\theta$

$$dB = \frac{\mu_0 dI (R \sin\theta)^2}{2[(R \sin\theta)^2 + (R \cos\theta)^2]^{3/2}}$$

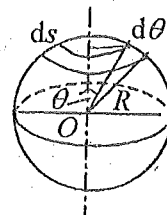
$$= \frac{\mu_0 KR^3 \sin^2 \theta d\theta}{2R^3}$$

$$= \frac{1}{2} \mu_0 K \sin^2 \theta d\theta$$

$$B = \int_0^{\pi} \frac{1}{2} \mu_0 K \sin^2 \theta d\theta = \int_0^{\pi} \frac{1}{4} \mu_0 K (1 - \cos 2\theta) d\theta = \frac{1}{4} \mu_0 K \pi$$

$\frac{\mu_0 I}{2R}$

$\frac{\mu_0 I K^2}{2(R^2 + X^2)^{3/2}}$



86.解: O 处总 $B = B_{ab} + B_{bc} + B_{cd}$, 方向垂直指向纸里

而 $B_{ab} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1)$

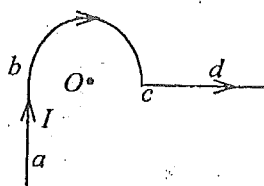
$\therefore \beta_2 = 0, \beta_1 = -\frac{1}{2}\pi, a = R$

$\therefore B_{ab} = \mu_0 I / (4\pi R)$

又 $B_{bc} = \mu_0 I / (4R)$

因 O 在 cd 延长线上 $B_{cd} = 0$,

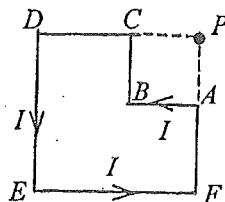
因此 $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} + \frac{\mu_0 I}{4R} = 2.1 \times 10^{-5} \text{ T}$



87.解: 如图, CD 、 AF 在 P 点产生的 $B = 0$

$$\vec{B} = \vec{B}_{AB} + \vec{B}_{BC} + \vec{B}_{DE} + \vec{B}_{EF}$$

$$B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1), \quad \text{方向} \otimes$$



其中 $\sin \beta_2 = a/(\sqrt{2}a) = 1/\sqrt{2}$, $\sin \beta_1 = 0$

$\therefore B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{4\sqrt{2}\pi a}$, 同理, $B_{BC} = \frac{\mu_0 I}{4\sqrt{2}\pi a}$, 方向 \otimes .

同样 $B_{DE} = B_{EF} = \mu_0 I/(8\sqrt{2}\pi a)$, 方向 \odot .

$\therefore B = \frac{2\mu_0 I}{4\sqrt{2}\pi a} - \frac{\mu_0 I}{4\sqrt{2}\pi a} = \frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{8\pi a}$ 方向 \otimes .

88. 解: 两折线在 P 点产生的磁感强度分别为:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \quad \text{方向为 } \otimes$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \quad \text{方向为 } \odot$$

$$B = B_1 - B_2 = \sqrt{2}\mu_0 I/(4\pi a) \quad \text{方向为 } \otimes$$

89. 解: 取 x 轴向右, 那么有

$$B_1 = \frac{\mu_0 R_1^2 I_1}{2[R_1^2 + (b+x)^2]^{3/2}} \quad \text{沿 x 轴正方向}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 R_2^2 I_2}{2[R_2^2 + (b-x)^2]^{3/2}} \quad \text{沿 x 轴负方向}$$

$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0}{2} \left[\frac{\mu_0 R_1^2 I_1}{[R_1^2 + (b+x)^2]^{3/2}} - \frac{\mu_0 R_2^2 I_2}{[R_2^2 + (b-x)^2]^{3/2}} \right]$$

若 $B > 0$, 则 \vec{B} 方向为沿 x 轴正方向. 若 $B < 0$, 则 \vec{B} 的方向为沿 x 轴负方向.

90. 解: 以 O 为圆心, 在线圈所在处作一半径为 r 的圆. 则在 r 到 r + dr 的圈数为

$$\frac{N}{R_2 - R_1} dr$$

由圆电流公式得

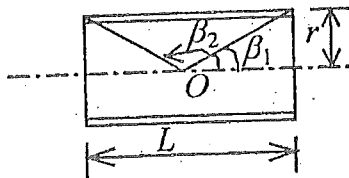
$$dB = \frac{\mu_0 NI dr}{2r(R_2 - R_1)}$$

$$B = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 NI dr}{2r(R_2 - R_1)} = \frac{\mu_0 NI}{2(R_2 - R_1)} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad \text{方向 } \odot$$

91. 解: 已知螺线管轴线上一点的磁感强度为

$$B = \frac{1}{2} \mu_0 n I (\cos \beta_1 - \cos \beta_2)$$

由于是中点 O 处, $\therefore \cos \beta_1 = -\cos \beta_2$



$$\cos \beta_1 = \frac{\frac{1}{2}L}{\left[\left(\frac{1}{2}L\right)^2 + r^2\right]^{1/2}}$$

$$\therefore B = \mu_0 n I \cos \beta_1$$

$$n = \frac{B}{\mu_0 I \cos \beta_1} = \frac{2B\left[\left(\frac{1}{2}L\right)^2 + r^2\right]^{1/2}}{\mu_0 I L} = 1.00 \times 10^3 \text{ m}^{-1}$$

92. 解: (1) 对 $\theta \sim \theta + d\theta$ 弧元, $dq = \lambda a d\theta$, 旋转形成圆电流 $dI = \frac{\omega}{2\pi} dq = \frac{\omega \lambda}{2\pi} a d\theta$

它在 O 点的磁感强度 dB 为:

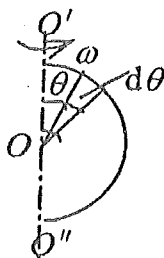
$$dB = \frac{\mu_0 a^2 \sin^2 \theta}{2a^3} \frac{\omega \lambda}{2\pi} a d\theta = \frac{\mu_0 \omega \lambda}{4\pi} \sin^2 \theta d\theta$$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 \omega \lambda}{4\pi} \int_0^\pi \sin^2 \theta d\theta = \frac{\mu_0 \omega \lambda}{8} = \frac{\mu_0 \omega q}{8\pi a}$$

\vec{B} 的方向向上.

$$(2) d p_m = \pi a^2 \sin^2 \theta (\omega \lambda / 2\pi) a d\theta = \frac{1}{2} \omega \lambda a^3 \sin^2 \theta d\theta$$

$$p_m = \int d p_m = \int_0^\pi \frac{1}{2} \omega \lambda a^3 \sin^2 \theta d\theta = \pi \omega \lambda a^3 / 4 = \omega q a^2 / 4 \quad \vec{p}_m \text{ 的方向向上.}$$



93. 解: (1) 正方形旋转时形成两个半径为 a 的圆电流, 其电流为 $I = q\omega / (2\pi)$ 则轴线上距中心点 O 的距离为 x 的那点的磁感强度的大小为:

$$B = \frac{\mu_0 a^2 \omega q}{4\pi} \left[\frac{1}{\left[a^2 + \left(x + \frac{1}{2}a\right)^2\right]^{3/2}} + \frac{1}{\left[a^2 + \left(\frac{1}{2}a - x\right)^2\right]^{3/2}} \right]$$

\vec{B} 的方向与正方形的绕向成右手螺旋关系.

(2) 由于两圆电流的间距及圆电流半径均为 a , 相当于亥姆霍兹线圈, 所以在 O 点附近磁场分布是比较均匀的.

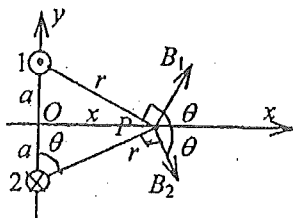
94. 解: (1) 利用安培环路定理可求得 1 导线在 P 点产生的磁感强度的大小为:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{1}{(a^2 + x^2)^{1/2}}$$

2 导线在 P 点产生的磁感强度的大小为:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{1}{(a^2 + x^2)^{1/2}}$$

\vec{B}_1 、 \vec{B}_2 的方向如图所示, P 点总场



$$B_x = B_{1x} + B_{2x} = B_1 \cos \theta + B_2 \cos \theta$$

$$B_y = B_{1y} + B_{2y} = 0$$

$$B(x) = \frac{\mu_0 I a}{\pi(a^2 + x^2)}, \quad \vec{B}(x) = \frac{\mu_0 I a}{\pi(a^2 + x^2)} \vec{i}$$

(2) 当 $\frac{dB(x)}{dx} = 0$, $\frac{d^2 B(x)}{dx^2} < 0$ 时, $B(x)$ 最大.

由此可得: $x=0$ 处, B 有最大值.

95. 解: 圆锥摆在 O 处产生的磁感强度沿竖直方向分量 B 相当于圆电流在其轴上一点

产生的 B , 故
$$B = \frac{\mu_0 R^2 I}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$I = \frac{q\omega}{2\pi}$$

$$R = l \sin \theta, \quad R^2 = l^2 \sin^2 \theta = l^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

$$x = l(1 - \cos \theta)$$

用 $\cos \theta = \frac{g}{\omega^2 l}$ 代入上式

$$\therefore B = \frac{\mu_0 q (l\omega^2 + g)}{4\pi (2l^2)^{3/2} (l\omega^2 - g)^{1/2}}$$

$$\frac{dB}{d\omega} = \frac{\mu_0 q (l^2 \omega^3 - 3l\omega g)}{4\pi (2l^2)^{3/2} (l\omega^2 - g)^{3/2}}$$

$$\text{令 } \frac{dB}{d\omega} = 0 \text{ 得 } \omega = \frac{\sqrt{3g}}{\sqrt{l}}$$

96. 解: (1) 在内圆环上取半径为 r 宽度为 dr 的细圆环, 其电荷为 $dq = 2\pi r dr \sigma$

由于转动而形成的电流 $di = n_1 dq = 2\pi r n_1 \sigma dr$

di 在 O 点产生的磁感强度为

$$dB_1 = \mu_0 di / (2r) = \mu_0 \pi n_1 \sigma dr$$

其方向垂直纸面向外.

(2) 整个内圆环在 O 点产生的磁感强度为

$$B_1 = \int_{R_1}^{R_2} dB_1 = \pi \mu_0 n_1 \sigma \int_{R_1}^{R_2} dr = \pi \mu_0 n_1 \sigma (R_2 - R_1)$$

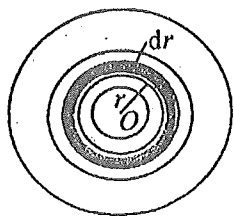
其方向垂直纸面向外.

(3) 同理得外圆环在 O 点产生的磁感强度

$$B_2 = \pi \mu_0 n_2 \sigma (R_3 - R_2) \text{ 其方向垂直纸面向里.}$$

(4) 为使 O 点的磁感应强度为零, B_1 和 B_2 的量值必须相等,

即
$$\pi \mu_0 n_1 \sigma (R_2 - R_1) = \pi \mu_0 n_2 \sigma (R_3 - R_2)$$



于是求得 n_1 和 n_2 之比

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{R_3 - R_2}{R_2 - R_1}$$

97. 解: 带电圆盘转动时, 可看作无数的电流圆环的磁场在 O 点的叠加.

某一半径为 ρ 的圆环的磁场为 $dB = \mu_0 di / (2\rho)$

而 $di = \sigma 2\pi\rho d\rho \cdot [\omega / (2\pi)] = \sigma\omega\rho d\rho$

$$\therefore dB = \mu_0\sigma\omega\rho d\rho / (2\rho) = \frac{1}{2}\mu_0\sigma\omega d\rho$$

正电部分产生的磁感强度为 $B_+ = \int_0^r \frac{\mu_0\sigma\omega}{2} d\rho = \frac{\mu_0\sigma\omega}{2} r$

负电部分产生的磁感强度为 $B_- = \int_r^R \frac{\mu_0\sigma\omega}{2} d\rho = \frac{\mu_0\sigma\omega}{2} (R-r)$

今 $B_+ = B_- \quad \therefore R = 2r$

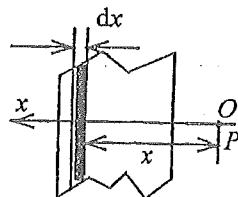
98. 解: 利用无限长载流直导线的公式求解.

(1) 取离 P 点为 x 宽度为 dx 的无限长载流细条, 它的电流 $di = \delta dx$

(2) 这载流长条在 P 点产生的磁感应强度

$$dB = \frac{\mu_0 di}{2\pi x} = \frac{\mu_0 \delta dx}{2\pi x}$$

方向垂直纸面向里.



(3) 所有载流长条在 P 点产生的磁感强度的方向都相同, 所以载流平板在 P 点产生的

磁感强度 $B = \int dB = \frac{\mu_0 \delta}{2\pi x} \int_b^{a+b} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 \delta}{2\pi x} \ln \frac{a+b}{b}$ 方向垂直纸面向里.

99. 解: $B = B_1 + B_2 + B_3$

B_1 、 B_2 分别为带电的大半圆线圈和小半圆线圈转动产生的磁感强度, B_3 为沿直径的带电线段转动产生的磁感强度.

$$I_1 = \frac{\pi\lambda\omega b}{2\pi}, \quad B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2b} = \frac{\mu_0 \pi\lambda\omega b}{2b \cdot 2\pi} = \frac{\mu_0 \lambda\omega}{4}$$

$$I_2 = \frac{\pi\lambda\omega a}{2\pi}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2a} = \frac{\mu_0 \pi\lambda\omega a}{2a \cdot 2\pi} = \frac{\mu_0 \lambda\omega}{4}$$

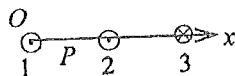
$$dI_3 = 2\lambda\omega dr / (2\pi)$$

$$B_3 = \int_a^b \frac{\mu_0 \lambda\omega}{2\pi} \cdot \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 \lambda\omega}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

$$B = \frac{\mu_0 \lambda\omega}{2\pi} \left(\pi + \ln \frac{b}{a} \right)$$

100. 解: 建立坐标系, Ox 如图所示, 设 Ox 轴上一点 P 为 $B = 0$ 的位置, 其坐标为 x , 在

P 点 \vec{B}_1 向上, \vec{B}_2 向下, \vec{B}_3 向上, 故有下式



$$\frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{2\mu_0 I}{2\pi(2d-x)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)}$$

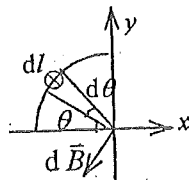
$$\frac{1}{x} + \frac{2}{2d-x} = \frac{1}{d-x}, \quad \frac{2d-x+2x}{x(2d-x)} = \frac{1}{d-x}$$

代入数据解出

$$x = 2 \text{ cm}$$

$B=0$ 的线在 1、2 连线间, 距导线 1 为 2 cm 处, 且与 1、2、3 平行(在同一平面内).

101. 解: 取 dl 段, 其中电流为 $dI = \frac{Idl}{\frac{1}{2}\pi R} = \frac{2IRd\theta}{\pi R} = \frac{2Id\theta}{\pi}$



在 P 点 $dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R} = \frac{\mu_0}{2\pi R} \cdot \frac{2I}{\pi} d\theta = \frac{\mu_0 I}{\pi^2 R} d\theta$

选坐标如图 $dB_x = \frac{-\mu_0 I \sin\theta d\theta}{\pi^2 R}, \quad dB_y = \frac{-\mu_0 I \cos\theta d\theta}{\pi^2 R}$

$$B_x = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R} \int_0^{\pi/2} \sin\theta d\theta = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

$$B_y = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R} \int_0^{\pi/2} \cos\theta d\theta = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

$$B = (B_x^2 + B_y^2)^{1/2} = \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{\pi^2 R} = 1.8 \times 10^{-4} \text{ T}$$

方向 $\text{tg } \alpha = B_y / B_x = 1, \quad \alpha = 225^\circ, \quad \alpha$ 为 \vec{B} 与 x 轴正向的夹角.

102. 解: 电流密度 $J = \frac{I}{\pi(R^2 - a^2)}$

P 点场强为充满圆柱并与 I 同向的电流 I_1 , 及充满孔并与 I 反向的电流 I_2 的场叠加而成. 取垂直于圆柱轴并包含 P 点的平面, 令柱轴与孔轴所在处分别为 O 与 O' , P 点与两轴的距离分别为 r_1 与 r_2 , 并建立坐标如图. 利用安培环路定理可知 P 点场强为与 I 同向的 I_1 和与 I 反向的 I_2 的场的叠加, 且有

$$I_1 = J\pi r_1^2, \quad I_2 = J\pi r_2^2$$

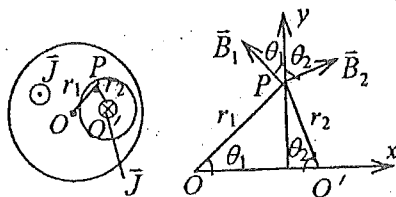
$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0}{2} r_1 J$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{\mu_0}{2} r_2 J$$

\vec{B}_1, \vec{B}_2 方向如图所示. P 点总场

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

$$B_x = B_2 \sin\theta_2 - B_1 \sin\theta_1 = \frac{\mu_0}{2} J(r_2 \sin\theta_2 - r_1 \sin\theta_1) = 0$$



$$B_y = B_1 \cos \theta_1 + B_2 \cos \theta_2 = \frac{\mu_0}{2} J(r_1 \cos \theta_1 + r_2 \cos \theta_2) = \frac{\mu_0}{2} Jb$$

$$B = B_y = \frac{\mu_0}{2} Jb = \frac{\mu_0 b I}{2\pi(R^2 - a^2)}$$

B 与 r_1 , r_2 无关, 可知圆柱孔内为匀强场, 方向沿 y 轴正向.

103. 解: 设 L_1 中电流在 O 点产生的磁感强度为 B_1 , 由于 L_1 与 O 点在一条直线上, 由毕奥-萨伐定律可求出

$$B_1 = 0$$

设 L_2 中电流在 O 点产生的磁感强度为 B_2 , L_2 为半无限长直电流, 它在 O 处产生的场是无限长直电流的一半, 由安培环路定律和叠加原理有

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$$

方向垂直图面向外.

以下求圆环中电流在 O 点产生的磁感强度. 电流由 L_1 经 a 点分两路流入圆环, 一路由 a 点经 $1/4$ 圆弧流至 b , 称此回路为 L_3 . 另一路由 a 点经 $3/4$ 圆弧流至 b , 称此段回路为 L_4 . 由于圆环为均匀导体, 若 L_2 的电路电阻为 R , 则 L_4 的电阻必为 $3R$. 因此电流在 L_3 、 L_4 上的分配情况为 L_3 中电流为 $3I/4$, L_4 中电流为 $I/4$. L_3 、 L_4 中电流在 O 点产生的磁感强度的大小相等, 方向相反, 总值为 0. 即 $\vec{B}_3 + \vec{B}_4 = 0$

故 O 点的磁感强度:
$$|\vec{B}_0| = |\vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4| = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$$

方向垂直图面向外.

104. 解: 由于三根导线在同一平面内且电流同向, 磁感强度为零的点应在此平面上. 设此点离中间导线距离为 x , 则该点离另外两条载流导线距离分别为 $d \pm x$, 由安培环路定理,

应有下式
$$\frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(d+x)}$$

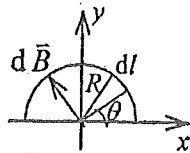
其解为:
$$x = \pm d / \sqrt{3} \approx \pm 0.577d$$

这是与长直导线平行的两条线上的各点.

105. 解: 设轴线上任意点的磁感强度为 B , 半圆筒半径为 R . 先将半圆筒面分成许多平行轴线的宽度为 dI 的无限长直导线, 其中流过的电流为

$$dI = i dl = k \sin \theta \cdot dl = k \sin \theta R d\theta$$

它在轴线上产生的磁感强度为
$$dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R},$$
 方向如图.



由对称性可知: $d\vec{B}$ 在 z 轴向的分量为 0, 在 y 轴的分量叠加中相互抵消, 只需考虑 $d\vec{B}$ 在 x 轴的分量 dB_x .

$$dB_x = dB \sin \theta = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R} \sin \theta = \frac{\mu_0 k \sin^2 \theta}{2\pi} d\theta$$

积分:
$$B = \int dB_x = \int_0^\pi \frac{\mu_0 k \sin^2 \theta}{2\pi} d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 k}{2\pi} \int_0^\pi \frac{1 - \cos 2\theta}{2} d\theta = \frac{\mu_0 k}{2\pi} \left[\frac{\theta}{2} - \frac{\sin 2\theta}{4} \right]_0^\pi$$

$$= \mu_0 k / 4$$

\vec{B} 的方向沿 x 轴负方向.

106. 解: 如图所示, 在圆筒壁上对轴线张角为 $d\theta$ 的一段宽度 dI 上的电流为

$$dI = I d\theta / 2\pi$$

该电流在筒壁上 A 处的磁感强度 $d\vec{B}$ 的大小为:

$$dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi a} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{1}{2R \sin(\theta/2)} \cdot \frac{I d\theta}{2\pi}$$

方向如图. $d\vec{B}$ 在图中 x 轴方向的分量为

$$dB_x = dB \sin \frac{\theta}{2} = \frac{\mu_0 I}{8\pi^2 R} d\theta$$

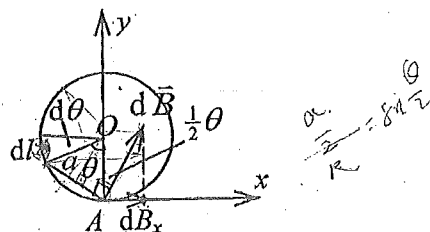
由电流分布的对称性知 $d\vec{B}$ 的 y 分量在叠加中相互抵消, 所以 A 点的磁感强度为

$$B = B_x = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I d\theta}{8\pi^2 R} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$$

故任一根导线单位长度所受力的大小为

$$F = \frac{IBL}{N} = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi RN}$$

受力方向垂直于导线并指向圆筒的轴线.

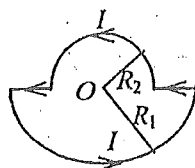


107. 解: (1) $B > B_2$ 可知 $B = B_1 + B_2$.

故闭合回路形状如图所示.

$$(2) B_1 = \mu_0 I / 4R_1, B_2 = \mu_0 I / 4R_2$$

$$B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I (R_1 + R_2)}{4R_1 R_2}$$



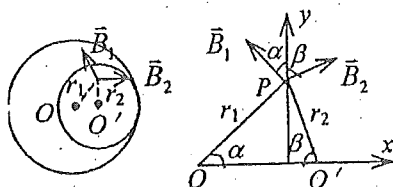
108. 解: (1) $B = \frac{\mu_0 I}{4R_1} - \frac{\mu_0 I}{4R_2} + \frac{\mu_0 I}{4\pi R_1} = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2} + \frac{1}{\pi R_1} \right) \frac{\mu_0 I}{4}$ \vec{B} 的方向垂直纸面向外

$$(2) \text{由(1)结果: } B = \frac{\pi(R_2 - R_1) + R_2}{\pi R_1 R_2} \frac{\mu_0 I}{4}$$

可以看出, 当 $\pi(R_2 - R_1) \ll R_2$, 即 $R_2 - R_1 \ll \frac{R_1}{\pi - 1}$ 时 $B \approx \frac{\mu_0 I}{4\pi R_1}$

109. 解: (1) 电流密度 $J = \frac{I}{\pi(R^2 - a^2)}$

$$I_1 = J\pi r_1^2, I_2 = J\pi r_2^2$$



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0}{2} r_1 J$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{\mu_0}{2} r_2 J$$

B_1 为导体实心时 (J 不变) 产生在 P 点的磁感强度, B_2 为孔内通反向 J 时产生在 P 点的磁感强度.

$$B_x = B_2 \sin \beta - B_1 \sin \alpha = \frac{1}{2} \mu_0 J (r_2 \sin \beta - r_1 \sin \alpha) = 0$$

$$B_y = B_1 \cos \alpha + B_2 \cos \beta = \frac{1}{2} \mu_0 J (r_1 \cos \alpha + r_2 \cos \beta)$$

$$= \frac{1}{2} \mu_0 J (R - a) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 I}{\pi (R + a)}$$

由于 $B = B_y =$ 常量 \therefore 是均匀场.

(2) 长螺线管内部的磁感强度为 $\mu_0 nI$

按题意, 有 $\frac{\mu_0 I}{2\pi(R+a)} = \mu_0 nI \quad \therefore \quad a = \frac{1}{2\pi n} - R$

110. 解: 设两圆线圈半径分别为 R_1, R_2 , 分别通以电流 I_1, I_2 . 则其中心处磁感强度分别为:

$$B_{10} = \frac{\mu_0 I_1}{2R_1}, \quad B_{20} = \frac{\mu_0 I_2}{2R_2}$$

已知 $B_{10} = B_{20}$, $\therefore \quad I_1 / I_2 = R_1 / R_2$

设外磁场磁感强度为 \vec{B} , 两线圈磁矩 \vec{p}_1 和 \vec{p}_2 与 \vec{B} 夹角均为 α , 则两线圈所受力矩大小

$$M_1 = p_1 B \sin \alpha = \pi R_1^2 I_1 B \sin \alpha$$

$$M_2 = p_2 B \sin \alpha = \pi R_2^2 I_2 B \sin \alpha$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{R_1^2 I_1}{R_2^2 I_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = 8$$

111. 解: 离圆心距离 r 处取 dr 宽的半圆导线, 其电流为 $nI dr$, 在 O 点产生的磁场

$$dB = \mu_0 nI dr / (4r)$$

$$\therefore \quad B = \frac{\mu_0 nI}{4} \int_R^{2R} \frac{1}{r} dr = \frac{\mu_0 nI}{4} \ln 2 \quad \text{方向垂直纸面向里.}$$

112. 解: 设半径分别为 R 和 $2R$ 的两个载流半圆环在 O 点产生的磁感强度的大小分别为 B_1 和 B_2 .

$$B_1 = \mu_0 I / (4R)$$

$$B_2 = \mu_0 I / (8R)$$

O 点总磁感强度为 $B = B_1 - B_2 = \mu_0 I / (8R)$ (\vec{B} 方向指向纸内)

113. 解: 设半圆形导线来回往返共 N 次, 因为第一根是顺时针的, 若最后一根逆时针, 则

有 $N/2$ 根逆时针, $N/2$ 根顺时针. 若最后一根顺时针, 则有 $(N-1)/2$ 根逆时针, $(N+1)/2$ 根顺时针.

(1) 外一根为逆时针的情况, $r \rightarrow r + dr$ 内单说逆时针或单说顺时针的电流为

$$dI = I \frac{N}{2R} dr$$

它们在 O 点产生的磁场
$$dB = \frac{\mu_0 dI}{4r} = \frac{\mu_0 IN}{8R} \frac{dr}{r}$$

$$\begin{aligned} \therefore B &= \int_R^{2R-R/N} dB - \int_{R+R/N}^{2R} dB = \frac{\mu_0 IN}{8R} \ln \frac{2R-R/N}{R} - \frac{\mu_0 IN}{8R} \ln \frac{2R}{R+R/N} \\ &= \frac{\mu_0 IN}{8R} \left[\ln 2 \left(1 - \frac{1}{2N}\right) + \ln \frac{1+1/N}{2} \right] = \frac{\mu_0 IN}{8R} \left[\ln \left(1 - \frac{1}{2N}\right) + \ln \left(1 + \frac{1}{N}\right) \right] \end{aligned}$$

$$\therefore \ln(1+x) = x - \frac{1}{2}x^2 + \dots$$

$$\therefore \ln \left(1 - \frac{1}{2N}\right) + \ln \left(1 + \frac{1}{N}\right) = -\frac{1}{2N} + \frac{1}{N} = \frac{1}{2N}$$

$$\therefore B = \frac{\mu_0 I}{16R} \quad \text{方向} \otimes$$

(2) 最外一根为顺时针的情况,

$$B = \int_R^{2R} dB - \int_{R+R/N}^{2R-R/N} dB = \frac{\mu_0 IN}{8R} \left(\ln 2 - \ln \frac{2R-R/N}{R+R/N} \right)$$

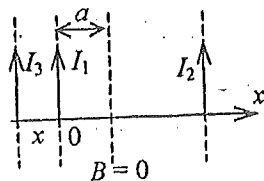
$$= \frac{\mu_0 IN}{8R} \left[\ln \left(1 + \frac{1}{N}\right) - \ln \left(1 - \frac{1}{2N}\right) \right] = \frac{\mu_0 IN}{8R} \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{2N} \right) = \frac{3\mu_0 I}{16R} \quad \text{方向} \otimes$$

114. 解: 取 x 坐标如图 (原点在 I_1 处). 设第三根导线放在与 I_1 相距为 x 处, 电流流向同于

$$I_1, \text{ 则有 } B = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi \cdot 2a} - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi \cdot a} - \frac{\mu_0 I_3}{2\pi \cdot (a-x)} = 0$$

$$\frac{I_3}{(a-x)} = -\frac{2I_1}{a}$$

$$\text{即 } x = \left(\frac{2I_3}{I_1} + 1 \right) a$$



当 I_3 与 I_1 同方向时, 第三根导线在 $B=0$ 处的右侧, 当 I_2 与 I_1 反方向时, 第三根导线在 $B=0$ 处的左侧.

115. 解: (1) \overline{AB} , \overline{CD} , \overline{EF} 三条直线电流在 O 点激发的磁场为零;

(2)

$$B_{BC} = \mu_0 I / (8R)$$

$$B_{DB} = \mu_0 I / (6R)$$

$$\therefore B_0 = \frac{\mu_0 I}{6R} - \frac{\mu_0 I}{8R} = \frac{\mu_0 I}{24R}$$

方向为从 O 点穿出纸面指向读者.

116. 解: 两半长直导线中电流在 O 点产生的磁场方向相同, 即相当于一根长直导线电流在 O 点产生的磁场:

$$B_1 = \mu_0 I / (2\pi R)$$

半圆导线电流在 O 点产生的磁场为 $B_2 = \mu_0 I / (4R)$

总的磁感强度为: $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \mu_0 I \sqrt{4^2 + \pi^2} / (4\pi R)$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{B_1}{B_2} = \tan^{-1}(2/\pi) = 32.5^\circ$$

θ 为 \vec{B} 与两直导线所在平面的夹角.

117. 解: ab 和 cd 两部分载流导线在 O 点产生的磁场方向相同, 相当于一根直载流导线在 O 点产生的磁场:

$$B_1 = \mu_0 I / (2\pi R)$$

大小两段 bc 在 O 点产生的磁场大小相等, 方向相反而抵消.

所以 O 点的磁感强度为 $B = B_1 = \mu_0 I / (2\pi R)$ 方向垂直纸面向外.

118. 解: (1) L_1 中电流在两导线间的 a 点所产生的磁感强度

$$B_{1a} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_{1a}} = 8.0 \times 10^{-5} \text{ T}$$

L_2 中电流在 a 点所产生的磁感强度 $B_{2a} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_{2a}} = 4.0 \times 10^{-5} \text{ T}$

由于 \vec{B}_{1a} 、 \vec{B}_{2a} 的方向相同, 所以 a 点的合磁感强度的大小 $B_a = B_{1a} + B_{2a} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ T}$

(2) L 中电流在两导线外侧 b 点所产生的磁感强度 $B_{1b} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{r_{1b}} = 2.7 \times 10^{-5} \text{ T}$

L_2 中电流在 b 点所产生的磁感强度 $B_{2b} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_2}{r_{2b}} = 4.0 \times 10^{-5} \text{ T}$

由于和 \vec{B}_{1b} 和 \vec{B}_{2b} 的方向相反, 所以 b 点的合磁感强度的大小

$$B_b = B_{1b} - B_{2b} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ T}$$

119. 解: 圆盘每秒转动次数为 $\omega / 2\pi$, 圆盘上电荷面密度为 $\sigma = q / \pi R^2$, 在圆盘上取一半径为 r , 宽度为 dr 的环带, 此环带所带电荷 $dq = \sigma \cdot 2\pi r dr$.

此环带转动相当于一圆电流, 其电流大小为 $dI = \omega dq / 2\pi$

它在 x 处产生的磁感强度为 $dB = \frac{\mu_0 r^2 dI}{2(r^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} \cdot \frac{r^3}{(r^2 + x^2)^{3/2}} dr$

故 P 点处总的磁感强度大小为:

$$B = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} \int_0^R \frac{r^3}{(r^2 + x^2)^{3/2}} dr = \frac{\mu_0 q}{2\pi R^2} \left[\frac{R^2 + 2x^2}{(R^2 + x^2)^{1/2}} - 2x \right] \omega$$

电磁感应

一、选择题

- 1—10、CAABBBADBC 11—20、CBADCDCDBC 21—30、DDADDBADEC
 31—40、CCCDACCCDC 41—50、BDDDDCCABA 51、C

二、填空题

1、无感应电流、无感应电流

2、3.18 T/s

$$3、\frac{\mu_0 I \pi r^2}{2a} \cos \omega t \quad \frac{\mu_0 I \omega \pi r^2}{2Ra} \sin \omega t$$

4、 $\Phi = \pi R^2 K / 4$ 从 c 流至 b

5、0.40 V $-0.5 \text{ m}^2/\text{s}$

6、ADCBA 绕向、ADCBA 绕向

7、 $\Phi = NbB dx/dt = NbB\omega A \cos(\omega t + \pi/2)$ 或 $\Phi = NBbA\omega \sin \omega t$

8、 $2l^2 B \omega \sin \theta$

$$9、-\frac{\mu_0 \pi r^2}{2R} I_0 \omega \cos \omega t$$

10、 $-\mu_0 n S \omega I_m \cos \omega t$

11、等于、小于

12、盘内产生感生电流，磁场对电流作用所致。

13、 $5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$

14、 $-\mu_0 n I_m \pi a^2 \omega \cos \omega t$

15、 $3.14 \times 10^{-6} \text{ C}$

16、=0, <0

$$17、-\frac{d}{dt} \vec{B} \cdot \vec{S}$$

18、0

19、 $3B\omega l^2 / 8$, $-3B\omega l^2 / 8$, 0

20、 $vBL \sin \theta$, a

21、 $\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b}$

22、 $1.11 \times 10^{-5} \text{ V}$, A 端

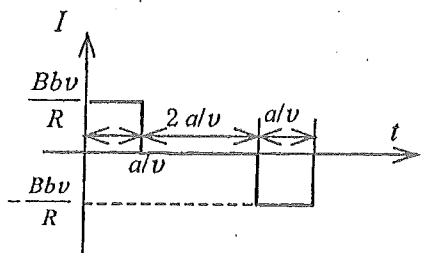
23、 $\pi B n R^2$ O

24、相同(或 $\frac{1}{2} B \omega R^2$) 沿曲线由中心向外

25、 Oa 段电动势方向由 a 指向 O . $-\frac{1}{2} B \omega L^2$, 0 , $-\frac{1}{2} \omega B d (2L-d)$

26、 $\frac{mgR}{BL} \text{tg} \theta$, a , $\frac{mg}{BL} \text{tg} \theta$, 由 b 向 a

27、



28、一个电源 vBL 洛伦兹力

29、导线端点 $\frac{1}{2} \omega B l^2$ 导线中点, 0

30、 $2v/\omega$

31、 50 mV , 49.5 mV , 减小

32、 $\frac{5}{2} B \omega R^2$, O 点

33、 $-\frac{\mu_0 I g}{2\pi} t \ln \frac{a+l}{a}$

34、 $\vec{v} \times \vec{B}$

35、 $l^2 \omega B / 8$ 0

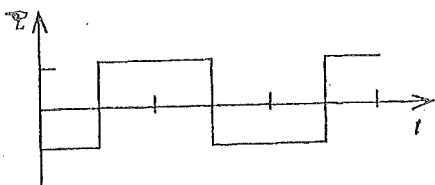
36、 $\frac{\mu_0 I v l}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ a 端

37、 z x 或 y

38、减小

39、小于 有关

40、



- 41、0.400 H
 42、 $l \gg a$ 细导线均匀密绕
 43、0.4 V
 44、0
 45、0
 46、 $BS \cos \omega t$, $BS \omega \sin \omega t$, kS
 47、A/m, T, J/m^3
 48、1 : 16
 49、4、0
 50、22.6 $J \cdot m^{-3}$
 51、9.6J
 52、0, $\mu_0 I^2 r^2 / (8\pi^2 R^4)$
 53、0, $2\mu_0 I^2 / (9\pi^2 a^2)$
 54、 $\mu n I$, $\mu n^2 I^2 / 2$
 55、 $\frac{1}{2} LI^2$
 56、 $\mu_0 I^2 / (8\pi^2 a^2)$

三、计算题

1. 解：由法拉第电磁感应定律可知感应电动势大小

$$\mathcal{E}_i = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|, i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{1}{R} \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$$

而由 $i = \frac{dq}{dt}$ 可得 $dq = i dt = \frac{1}{R} |d\Phi|$

$$\int_0^Q dq = \frac{1}{R} \int_0^\Phi d\Phi$$

$$Q = \frac{1}{R} \Phi$$

所以 Φ 的大小为 $\Phi = RQ = \pi \times 10^{-5} \text{ Wb}$

因 $\Phi = \pi r^2 B$ $\therefore B = \Phi / (\pi r^2 N) = 10^{-2} \text{ T}$

2. 解: 由题意, 大线圈中的电流 I 在小线圈回路处产生的磁场可视为均匀的.

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi IR^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

故穿过小回路的磁通量为

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = \frac{\mu_0}{2} \frac{IR^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \pi r^2 \approx \frac{\mu_0 \pi r^2 R I^2}{2x^3}$$

由于小线圈的运动, 小线圈中的感应电动势为

A

$$\mathcal{E} = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \frac{3\mu_0 \pi r^2 IR^2}{2x^4} \left| \frac{dx}{dt} \right| = \frac{3\mu_0 \pi r^2 R^2 I}{2x^4} v$$

当 $x = NR$ 时, 小线圈回路中的感应电动势为

$$\mathcal{E} = 3\mu_0 \pi r^2 I v / (2N^4 R^2)$$

3. 解: (1) 设线圈转至任意位置时圆线圈的法向与磁场之间的夹角为 θ , 则通过该圆线圈平面的磁通量为

$$\Phi = B\pi r^2 \cos\theta, \quad \theta = \omega t = 2\pi n t$$

$$\therefore \Phi = B\pi r^2 \cos 2\pi n t$$

在任意时刻线圈中的感应电动势为

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt} = NB\pi r^2 2\pi n \sin 2\pi n t = 2\pi^2 B N r^2 n \sin 2\pi n t$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{2\pi^2 N B r^2 n}{R} \sin 2\pi n t = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

当线圈转过 $\pi/2$ 时, $t = T/4$, 则 $i = I_m = 2\pi^2 r^2 N B n / R = 0.987 \text{ A}$

(2) 由圆线圈中电流 I_m 在圆心处激发的磁场为

$$B' = \mu_0 \frac{I_m}{2r} = 6.20 \times 10^{-4} \text{ T}$$

方向在图面内向下, 故此时圆心处的实际磁感强度的大小

$$B_0 = (B^2 + B'^2)^{1/2} \approx 0.500 \text{ T}$$

方向与磁场 \vec{B} 的方向基本相同.

4. 解: (1) 由法拉第电磁感应定律:

$$\Phi = B \frac{1}{2} xy \quad y = \text{tg}\theta x \quad x = vt$$

$$\mathcal{E} = -d\Phi/dt = -\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} B \text{tg}\theta x^2 \right)$$

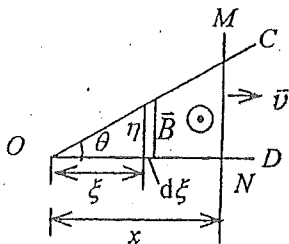
$$= -\frac{1}{2} B \text{tg}\theta 2x dx/dt = B \text{tg}\theta v^2 t$$

在导体 MN 内 i 方向由 M 向 N .

(2) 对于非均匀时变磁场 $B = Kx \cos \omega t$

取回路绕行的正向为 $O \rightarrow N \rightarrow M \rightarrow O$, 则

$$d\Phi = B dS = B \eta d\xi \quad \eta = \xi \text{tg}\theta$$



$$d\Phi = B\xi \operatorname{tg}\theta d\xi = K\xi^2 \cos\omega t \operatorname{tg}\theta d\xi$$

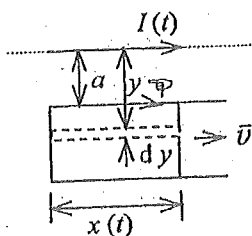
$$\Phi = \int d\Phi = \int_0^x K\xi^2 \cos\omega t \operatorname{tg}\theta d\xi = \frac{1}{3} Kx^3 \cos\omega t \operatorname{tg}\theta$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_i &= -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{3} K\omega x^3 \sin\omega t \operatorname{tg}\theta - Kx^2 v \cos\omega t \operatorname{tg}\theta \\ &= K v^3 \operatorname{tg}\theta \left(\frac{1}{3} \omega t^3 \sin\omega t - t^2 \cos\omega t \right) \end{aligned}$$

$\mathcal{E}_i > 0$, 则 \mathcal{E}_i 方向与所设绕行正向一致, $\mathcal{E}_i < 0$, 则 \mathcal{E}_i 方向与所设绕行正向相反.

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

$$\begin{aligned} \Phi(t) &= \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi y} x(t) dy \\ &= \frac{\mu_0}{2\pi} I(t) x(t) \ln \frac{a+b}{a} \end{aligned}$$



再求 $\Phi(t)$ 对 t 的导数:

$$\begin{aligned} \frac{d\Phi(t)}{dt} &= \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{a+b}{a} \right) \left(\frac{dI}{dt} x + I \frac{dx}{dt} \right) \\ &= \frac{\mu_0}{2\pi} I_0 e^{-\lambda t} v (1 - \lambda t) \ln \frac{a+b}{a} \quad (x = vt) \end{aligned}$$

$$\therefore \mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0}{2\pi} v I_0 e^{-\lambda t} (\lambda t - 1) \ln \frac{a+b}{a}$$

\mathcal{E}_i 方向: $\lambda t < 1$ 时, 逆时针; $\lambda t > 1$ 时, 顺时针.

6. 解: 两个载同向电流的长直导线在如图坐标 x 处所产生的磁场为

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x - r_1 + r_2} \right)$$

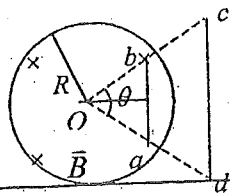
选顺时针方向为线框回路正方向, 则

$$\begin{aligned} \Phi &= \int B d\vec{S} = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \left(\int_{r_1}^{r_1+b} \frac{dx}{x} + \int_{r_2}^{r_2+b} \frac{dx}{x - r_1 + r_2} \right) \\ &= \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \left(\frac{r_1 + b}{r_1} \cdot \frac{r_2 + b}{r_2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \mathcal{E} &= -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \left[\frac{(r_1 + b)(r_2 + b)}{r_1 r_2} \right] \frac{dI}{dt} \\ &= -\frac{\mu_0 I_0 a \omega}{2\pi} \ln \left[\frac{(r_1 + b)(r_2 + b)}{r_1 r_2} \right] \cos\omega t \end{aligned}$$

7. 解: 大小: $\mathcal{E} = |d\Phi/dt| = S dB/dt$

$$\mathcal{E} = S dB/dt = \left(\frac{1}{2} R^2 \theta - \frac{1}{2} Oa^2 \cdot \sin\theta \right) dB/dt$$



$$= 3.68 \text{ mV}$$

方向：沿 $adcb$ 绕向。

8. 解：选坐标系如图，在 x 处取面元 $dS = bdx$ ，则通过 dS 的磁通量为

$$d\Phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cos\theta dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi\sqrt{h^2+x^2}} \cdot \frac{xb}{\sqrt{h^2+x^2}} dx$$

则任一时刻通过矩形线圈的磁通量为

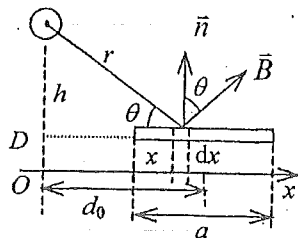
$$\Phi = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \int_{x_1}^{x_2} \frac{x dx}{h^2+x^2} = \frac{\mu_0 I b}{4\pi} \ln \frac{h^2+x_2^2}{h^2+x_1^2}$$

$$\text{式中：} \quad x_2 = d_0 + \frac{1}{2}a, \quad x_1 = d_0 - \frac{1}{2}a.$$

N 匝线圈中产生的感应电动势为

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d(N\Phi)}{dt} = \frac{\mu_0 I_0 \omega b N}{4\pi} \ln \frac{h^2+x_2^2}{h^2+x_1^2} \sin \omega t$$

$$\text{感应电流为} \quad I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\mu_0 I_0 \omega b N}{4\pi R} \ln \frac{h^2+x_2^2}{h^2+x_1^2} \sin \omega t$$



9. 解： $S = \frac{1}{2}a^2\sqrt{3}/2 = \sqrt{3}a^2/4$

$$\Phi = BS \cos \omega t, \quad \omega = 2\pi n/60$$

$$\begin{aligned} \therefore \mathcal{E}_{\text{感}} &= -\frac{d\Phi}{dt} = BS\omega \sin \omega t = (2\pi BS n/60) \sin(2\pi n t/60) \\ &= (\sqrt{3}\pi n a^2 B/120) \sin(2\pi n t/60) \end{aligned}$$

10. 解：取回路正向顺时针，则

$$\begin{aligned} \Phi &= \int B 2\pi r dr = \int_0^a B_0 2\pi r^2 \sin \omega t dr \\ &= (2\pi/3) B_0 a^3 \sin \omega t \end{aligned}$$

$$\mathcal{E}_i = -d\Phi/dt = -(2\pi/3) B_0 a^3 \omega \cos \omega t$$

当 $\mathcal{E}_i > 0$ 时，电动势沿顺时针方向。

11. 解：长直带电线运动相当于电流 $I = v(t) \cdot \lambda$ 。正方形线圈内的磁通量可如下求出

$$d\Phi = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{a+x} a dx$$

$$\Phi = \frac{\mu_0}{2\pi} I a \int_0^a \frac{dx}{a+x} = \frac{\mu_0}{2\pi} I a \cdot \ln 2$$

$$|\mathcal{E}_i| = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \left| \frac{dI}{dt} \right| \ln 2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \lambda a \left| \frac{dv(t)}{dt} \right| \ln 2$$

$$|i(t)| = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{\mu_0}{2\pi R} \lambda a \left| \frac{dv(t)}{dt} \right| \ln 2$$

12. 解： $\Phi = BS \cos \omega t = B_0 S \sin \omega t \cos \omega t$

$$d\Phi/dt = B_0 S (-\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) \omega = B_0 S \omega \cos(2\omega t)$$

$$\mathcal{E}_i = -B_0 S \omega \cos(2\omega t)$$

13. 解: 大环中相当于有电流 $I = \omega(t) \cdot \lambda r_2$, 这电流在 O 点处产生的磁感应强度大小

$$B = \mu_0 I / (2r_2) = \frac{1}{2} \mu_0 \omega(t) \lambda$$

以逆时针方向为小环回路的正方向,

$$\Phi \approx \frac{1}{2} \mu_0 \omega(t) \lambda \pi r_1^2$$

$$\therefore \mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{1}{2} \pi \mu_0 \lambda r_1^2 \frac{d\omega(t)}{dt}$$

$$i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{\pi \mu_0 \lambda r_1^2}{2R} \frac{d\omega(t)}{dt}$$

方向: $d\omega(t)/dt > 0$ 时, i 为负值, 即 i 为顺时针方向.

$d\omega(t)/dt < 0$ 时, i 为正值, 即 i 为逆时针方向.

14. 解: 带电平面圆环的旋转相当于圆环中通有电流 I . 在 R_1 与 R_2 之间取半径为 R 、宽度为 dR 的环带, 环带内有电流

$$dI = \sigma R \omega(t) dR$$

dI 在圆心 O 点处产生的磁场

$$dB = \frac{1}{2} \mu_0 dI / R = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) dR$$

由于整个带电环面旋转, 在中心产生的磁感应强度的大小为

$$B = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) (R_2 - R_1)$$

选逆时针方向为小环回路的正方向, 则小环中

$$\Phi \approx \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega(t) (R_2 - R_1) \pi r^2$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0}{2} \pi r^2 (R_2 - R_1) \sigma \frac{d\omega(t)}{dt}$$

$$i = \frac{\mathcal{E}_i}{R'} = -\frac{\mu_0 \pi r^2 (R_2 - R_1) \sigma}{2R'} \frac{d\omega(t)}{dt}$$

方向: 当 $d\omega(t)/dt > 0$ 时, i 与选定的正方向相反.

当 $d\omega(t)/dt < 0$ 时, i 与选定的正方向相同.

15. 解: $n = 1000$ (匝/m)

$$B = \mu_0 n I$$

$$\Phi = a^2 \cdot B = a^2 \mu_0 n I$$

$$\mathcal{E}_m = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N a^2 \mu_0 n \frac{dI}{dt} = \pi^2 \times 10^{-1} \sin 100 \pi t \quad (\text{SI})$$

$$I_m = \mathcal{E}_m / R = \pi^2 \times 10^{-1} \text{ A} = 0.987 \text{ A}$$

16. 解: 建立坐标系, 长直导线为 y 轴, BC 边为 x 轴, 原点在长直导线上, 则斜边的方程

为 $y = (bx/a) - br/a$

式中 r 是 t 时刻 B 点与长直导线的距离, 三角形中磁通量

$$\Phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_r^{a+r} \frac{y}{x} dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_r^{a+r} \left(\frac{b}{a} - \frac{br}{ax} \right) dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(b - \frac{br}{a} \ln \frac{a+r}{r} \right)$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi a} \left(\ln \frac{a+r}{r} - \frac{a}{a+r} \right) \frac{dr}{dt}$$

当 $r=d$ 时, $\mathcal{E} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi a} \left(\ln \frac{a+d}{d} - \frac{a}{a+d} \right) v$

方向: ACBA(即顺时针)

17. 解: (1) $\Phi(t) = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int \frac{\mu_0 I}{2\pi r} l dr = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \int_{a+vt}^{b+vt} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{b+vt}{a+vt}$

(2) $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{\mu_0 I l v (b-a)}{2\pi a b}$

18. 解: 建立坐标如图所示, 则直角三角形线框斜边方程为 $y = -2x + 0.2$ (SI)
在直角三角形线框所围平面上的磁通量为

$$\Phi = \int_0^b \frac{\mu_0 I y dx}{2\pi(x+0.05)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_0^b \left[\frac{-2x+0.2}{x+0.05} \right] dx$$

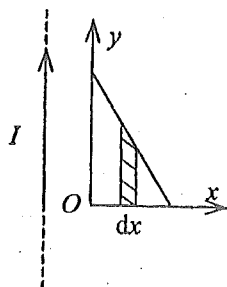
$$= -\frac{\mu_0 I b}{\pi} + \frac{0.15 \mu_0 I}{\pi} \ln \frac{b+0.05}{0.05}$$

$$= 2.59 \times 10^{-8} I \text{ (SI)}$$

三角形线框中的感应电动势大小为

$$\mathcal{E} = -d\Phi/dt = -2.59 \times 10^{-8} (dI/dt) = -5.18 \times 10^{-8} \text{ V}$$

其方向为逆时针绕行方向。



19. 解: (1) 载流为 I 的无限长直导线在与其相距为 r 处产生的磁感强度为:

$$B = \mu_0 I / (2\pi r)$$

以顺时针绕向为线圈回路的正方向, 与线圈相距较远的导线在线圈中产生的

磁通量为: $\Phi_1 = \int_{2d}^{3d} d \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi r} dr = \frac{\mu_0 I d}{2\pi} \ln \frac{3}{2}$

与线圈相距较近的导线对线圈的磁通量为:

$$\Phi_2 = \int_d^{2d} -d \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi r} dr = -\frac{\mu_0 I d}{2\pi} \ln 2$$

总磁通量 $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = -\frac{\mu_0 I d}{2\pi} \ln \frac{4}{3}$

感应电动势为: $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 d}{2\pi} \left(\ln \frac{4}{3} \right) \frac{dI}{dt} = \frac{\mu_0 d}{2\pi} \alpha \ln \frac{4}{3}$

由 $\mathcal{E} > 0$ 和回路正方向为顺时针, 所以 \mathcal{E} 的绕向为顺时针方向, 线圈中的感应电流亦是顺时针方向。

20. 解: 长直载流导线的磁感强度为 $B = \mu_0 I / (2\pi r)$

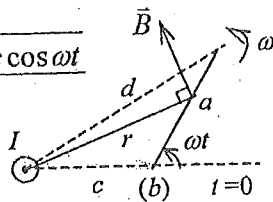
如图所示, 设 $t=0$ 时线圈与长直导线共面, 且活动的 b 边与长直导线相距最远, 则在时刻 t , 该边与长直导线的距离为

$$d = \sqrt{a^2 + c^2 + 2ac \cos \omega t}$$

线圈中的磁通量

$$\Phi = \int_c^d \frac{\mu_0 I}{2\pi r} b dr = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \ln \frac{d}{c} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \ln \frac{\sqrt{a^2 + c^2 + 2ac \cos \omega t}}{c}$$

$$\mathcal{E} = -d\Phi/dt = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \frac{ac\omega \sin \omega t}{a^2 + c^2 + 2ac \cos \omega t}$$



21. 解: 设线圈的面积矢量 \vec{S} 在 $t=0$ 时与 \vec{B}_0 平行, 于是任意时刻 t , \vec{S} 与 \vec{B}_0 的夹角为 ωt , 所以通过线圈的磁通量为:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B_0 \sin \omega t \cdot ab \cdot \cos \omega t = \frac{1}{2} B_0 ab \sin 2\omega t$$

故感应电动势: $\mathcal{E} = -d\Phi/dt = -B_0 ab \omega \cos 2\omega t$

\mathcal{E} 的正绕向与 \vec{S} 的方向成右手螺旋关系, \mathcal{E} 的变化频率为:

$$f' = \frac{2\omega}{2\pi} = 2 \frac{\omega}{2\pi}$$

\vec{B} 的变化频率为: $f = \omega/2\pi$

$$\therefore f' = 2f$$

22. 解: 设在时间 $t_1 \rightarrow t_2$ 中线圈法线从平行于磁场的位置转到垂直于磁场的位置, 则在 t_1 时刻线圈中的总磁通为 $N\Phi = NBS$ (S 为线圈的面积), 在 t_2 时刻线圈的总磁通为零, 于是在 $t_1 \rightarrow t_2$ 时间内总磁通变化为

$$\Delta(N\Phi) = -NBS$$

令 t 时刻线圈中的感应电动势为 \mathcal{E} , 则电流计中通过的感应电流为

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = -\frac{N}{R+r} \frac{d\Phi}{dt}$$

$t_1 \rightarrow t_2$ 时间内通过的电荷为

$$q = \int_{t_1}^{t_2} i dt = -\frac{N}{R+r} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = -\frac{N}{R+r} \Delta\Phi = \frac{NBS}{R+r}$$

$$\therefore B = q(R+r)/(NS) = 5 \times 10^{-2} \text{ T}$$

23. 解: 筒以 ω 旋转时, 相当于表面单位长度上有环形电流 $\frac{Q}{L} \cdot \frac{\omega}{2\pi}$, 它和通电流螺线管的

nI 等效. 按长螺线管产生磁场的公式, 筒内均匀磁场磁感强度为:

$$B = \frac{\mu_0 Q \omega}{2\pi L} \quad (\text{方向沿筒的轴向})$$

筒外磁场为零. 穿过线圈的磁通量为:

$$\Phi = \pi a^2 B = \frac{\mu_0 Q \omega a^2}{2L}$$

在单匝线圈中产生感生电动势为

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 Q a^2}{2L} \left(-\frac{d\omega}{dt}\right) = \frac{\mu_0 Q a^2 \omega_0}{2L t_0}$$

感应电流 i 为 $i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mu_0 Q a^2 \omega_0}{2RL t_0}$ i 的流向与圆筒转向一致.

24. 解: (1) 在线框进入磁场之前 ($0 \leq t \leq t_1$) 线框作自由落体运动: $v = gt$

$$\text{当 } t = t_1 = \sqrt{2h/g} \text{ 时 } v = v_1 = \sqrt{2hg}$$

(2) 线框底边进入磁场后, 产生感应电流, 因而受到一磁力

$$F = IbB = \frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt} bB \quad (\text{方向向上})$$

$$= \frac{B^2 b^2}{R} \frac{dy}{dt} = \frac{B^2 b^2}{R} v$$

$$\text{线框运动的微分方程为: } mg - \frac{B^2 b^2}{R} v = m \frac{dv}{dt}$$

令 $K = \frac{B^2 b^2}{mR}$, 求解上式, 注意到 $t = t_1$ 时 $v = v_1$, 得

$$v = \frac{1}{K} [g - (g - K v_1) e^{-K(t-t_1)}] \quad (t_1 \leq t \leq t_2)$$

$$\text{当 } t = t_2, \quad v = v_2 = \frac{1}{K} [g - (g - K v_1) e^{-K(t_2-t_1)}]$$

(3) 当线框全部进入磁场后 ($t > t_2$), 通过线框的磁通量不随时间变化, 线框回路不存在感生电流, 磁力为零. 故线框在重力作用下作匀加速下落,

$$v = v_2 + g(t - t_2)$$

$$\text{即 } v = \frac{1}{K} [g - (g - K v_1) e^{-K(t_2-t_1)}] + g(t - t_2) \quad (t \geq t_2)$$

25. 解: $\Phi = B_0 e^{-at} \int_0^b \int_0^{b-x} x^2 y dy dx$

$$= B_0 e^{-at} \int_0^b x^2 [(b-x)^2 / 2] dx$$

$$= (b^5 / 60) \cdot B_0 e^{-at}$$

$$\mathcal{E} = -d\Phi/dt = (b^5 / 60) \cdot a B_0 e^{-at} \quad \mathcal{E} \text{ 的方向与 } \vec{k} \text{ 成右旋关系}$$

26. 解: 设圆环半径为 a , 绕图示轴的转动惯量为 J , 细导线横截面为 A . 在 t 时刻, 圆环所围面积的法向与 \vec{B} 的方向夹角为 $\theta = \omega t$

$$\text{磁通量为 } \Phi = \pi a^2 B \cos \omega t$$

$$\text{感应电动势为 } \mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi a^2 B \omega \sin \omega t$$

$$\therefore \mathcal{E} = IR, \quad \therefore I = \mathcal{E} / R$$

$$\text{能量损失的功率为 } P = I^2 R = (\pi a^2 B \omega \sin \omega t)^2 / R$$

每旋转一周能量损失的平均功率为:

$$\begin{aligned}\bar{P} &= \frac{1}{T} \int_0^T \frac{(\pi a^2 B \omega)^2}{R} \sin^2 \omega t \cdot dt \\ &= \frac{1}{T} \left(\frac{\pi^2 a^4 B^2 \omega^2}{R} \right) \cdot \frac{T}{2} = \frac{(\pi a^2 B \omega)^2}{2R}\end{aligned}$$

能量守恒要求 $\frac{d}{dt} \left(\frac{J\omega^2}{2} \right) = - \frac{(\pi a^2 B \omega)^2}{2R}$

$\therefore J = \frac{1}{2} m a^2, \quad R = 2\pi a / (\sigma A), \quad m = 2\pi a A \rho$

$\therefore \frac{d\omega}{dt} + \frac{\sigma B^2}{4\rho} \omega = 0$

解得: $\omega = \omega_0 \exp\left(-\frac{\sigma B^2}{4\rho} t\right)$

其中 $\exp(x) = e^x$. 故所需时间为 $t = \frac{4\rho}{\sigma B^2}$

27. 解: 螺线管中的磁感强度 $B = \mu_0 n i$,

通过圆线圈的磁通量 $\Phi = \mu_0 n \pi R^2 i$.

取圆线圈中感生电动势的正向与螺线管中电流正向相同, 有

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} = - \mu_0 n \pi R^2 \frac{di}{dt}$$

在 $0 < t < T/4$ 内, $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{T/4} = \frac{4I_m}{T}$,

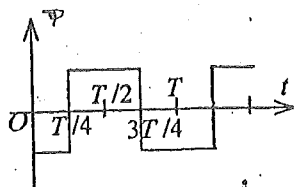
$$\mathcal{E}_i = - \mu_0 n \pi R^2 \frac{4I_m}{T} = - 4\pi \mu_0 n R^2 I_m / T$$

在 $T/4 < t < 3T/4$ 内, $\frac{di}{dt} = - \frac{2I_m}{T/2} = - \frac{4I_m}{T}$,

$$\mathcal{E}_i = 4\pi \mu_0 n R^2 I_m / T.$$

在 $3T/4 < t < T$ 内, $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{T/4} = \frac{4I_m}{T}$,

$$\mathcal{E}_i = - 4\pi \mu_0 n R^2 I_m / T. \quad i-t \text{ 曲线如图.}$$



28. 解: (1) 由于线框垂直下落, 线框所包围面积内的磁通量无变化, 故感应电流

(2) 设 dc 边长为 l' , 则由图可见 $I_i = 0$

$$l' = L + 2L \cos 60^\circ = 2L$$

取 $d \rightarrow c$ 的方向为 dc 边内感应电动势的正向, 则

$$\mathcal{E}_{dc} = \int_d^c (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_d^c v B dl = \int_0^{l'} \sqrt{2gH} \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi(r+l)} dr$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi} \sqrt{2gH} \ln \frac{l'+l}{l} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \sqrt{2gH} \ln \frac{l+2L}{l}$$

$\mathcal{E}_{dc} > 0$, 说明 cd 段内电动势的方向由 $d \rightarrow c$

$$\text{由于回路内无电流 } V_{cd} = U_c - U_d = \mathcal{E}_{dc} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \sqrt{2gH} \ln \frac{2L+l}{l}$$

因为 c 点电势最高, d 点电势最低, 故: V_{cd} 为电势最高处与电势最低处之间的电势差.

29. 解: 动生电动势 $\mathcal{E}_{MeN} = \int_{MN} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

为计算简单, 可引入一条辅助线 MN , 构成闭合回路 $MeNM$, 闭合回路总电动势

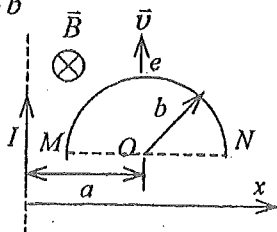
$$\mathcal{E}_{\text{总}} = \mathcal{E}_{MeN} + \mathcal{E}_{NM} = 0 \quad \mathcal{E}_{MeN} = -\mathcal{E}_{NM} = \mathcal{E}_{MN}$$

$$\mathcal{E}_{MN} = \int_{MN} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_{a-b}^{a+b} -v \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b}$$

负号表示 \mathcal{E}_{MN} 的方向与 x 轴相反.

$$\mathcal{E}_{MeN} = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b} \quad \text{方向 } N \rightarrow M$$

$$U_M - U_N = -\mathcal{E}_{MN} = \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b}$$



30. 解: ab 导线在磁场中运动产生的感应电动势

$$\mathcal{E}_i = Blv \cos \theta$$

$$abcd \text{ 回路中流过的电流 } I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{Blv}{R} \cos \theta$$

ab 载流导线在磁场中受到的安培力沿导轨方向上的分力为:

$$F = I_i Bl \cos \theta = \frac{Blv \cos \theta}{R} Bl \cos \theta$$

$$\text{由牛顿第二定律: } mg \sin \theta - \frac{Blv \cos \theta}{R} Bl \cos \theta = m \frac{dv}{dt}$$

$$dt = \frac{dv}{g \sin \theta - \frac{B^2 l^2 v \cos^2 \theta}{mR}}$$

$$\text{令 } A = g \sin \theta, \quad c = B^2 l^2 \cos^2 \theta / (mR)$$

$$\text{则 } dt = dv / (A - cv)$$

$$\text{利用 } t=0, v=0 \text{ 有 } \int_0^t dt = \int_0^v \frac{dv}{A - cv} = \frac{-1}{c} \int_0^v \frac{d(A - cv)}{A - cv}$$

$$t = -\frac{1}{c} \ln \frac{A - cv}{A}$$

$$\therefore v = \frac{A}{c} (1 - e^{-ct}) = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta} (1 - e^{-ct})$$

31. 解: 当大齿轮的角速度为 ω_1 时, 小齿轮的角速度为 $\omega_2 = (R_1 / R_2)\omega_1 = 5\omega_1$
 已知轴的半径为 $a = 1 \text{ mm}$, 所以两轮在磁场中转动时产生的径向电动势分别为

$$\mathcal{E}_1 = \frac{1}{2} BR_1^2 \omega_1, \text{ 方向是指向大齿轮中心}$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{1}{2} BR_2^2 \omega_2, \text{ 方向是背离小齿轮中心}$$

$$\text{所以总电动势 } \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = \frac{1}{2} BR_1^2 \omega_1 + \frac{1}{2} BR_2^2 5\omega_1$$

$$= \frac{1}{2} B\omega_1 (R_1^2 + 5R_2^2)$$

在匀速运动的条件下, 根据功能原理, 重力做功的功率应等于用于电能损耗的功率 $mgv = \mathcal{I}^2 R_0$, $v = a\omega_1$

$$\text{消去 } \omega_1, \quad mgv = \frac{v^2}{a^2 R_0} \left[\frac{1}{2} B (R_1^2 + 5R_2^2) \right]^2$$

$$v = \frac{mga^2 R_0}{B^2 (R_1^2 + 5R_2^2)^2} = 17.4 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

32. 解: 取顺时针方向为闭合电路 $cOdc$ 的绕行正向, 电路中的感应电动势由感生电动势 \mathcal{E}_1 和动生电动势 \mathcal{E}_2 两部分叠加而成, 即 $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$

\mathcal{E}_1 由涡旋电场所形成, 它相当于半圆环导线处于 t 时刻所在位置静止不动时, 电路 $cOdc$ 中的感应电动势, 所以

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = -\pi r^2 / 6$$

cd 弧上的动生电动势相当于 cd 弦上的动生电动势, 所以

$$\mathcal{E}_2 = \int_{cd} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = vBcd = vBr$$

$$\text{于是 } \mathcal{E} = vBr - \pi r^2 k / 6 = r(vB - \pi r k / 6)$$

若 $vB > \pi r k / 6$, 则 \mathcal{E} 的方向与所设正向一致, 即顺时针的方向;

若 $vB < \pi r k / 6$, 则 \mathcal{E} 的方向与所设正向相反, 即逆时针方向。

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

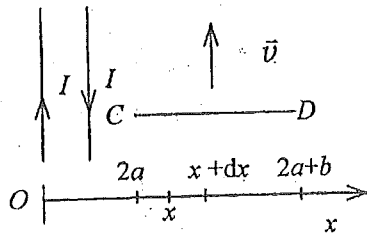
$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)}$$

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

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

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

感应电动势方向为 $C \rightarrow D$, D 端电势较高。



34. 解: 在距 O 点为 l 处的 $d\vec{l}$ 线元中的动生电动势为

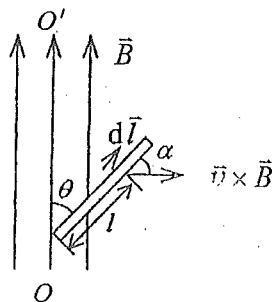
$$d\mathcal{E} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

$$v = \omega l \sin \theta$$

$$\therefore \mathcal{E} = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_L v B \sin\left(\frac{1}{2}\pi\right) \cos \alpha dl$$

$$= \int_0^L \omega l B \sin \theta dl \sin \theta = \omega B \sin^2 \theta \int_0^L l dl$$

$$= \frac{1}{2} \omega B L^2 \sin^2 \theta$$



\mathcal{E} 的方向沿着杆指向上端.

35. 解: $v_{\perp} = v \sin \theta$ $v_{\parallel} = v \cos \theta$

$$\mathcal{E}_i = \int d\mathcal{E}_i = - \int_{x_1}^{x_2} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} v \sin \theta dx \quad (\mathcal{E}_i \text{ 指向以 } A \text{ 到 } B \text{ 为正})$$

式中: $x_2 = a + l + vt \cos \theta$ $x_1 = a + vt \cos \theta$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\mu_0 I}{2\pi} v \sin \theta \ln \frac{a + l + vt \cos \theta}{a + vt \cos \theta} \quad A \text{ 端的电势高.}$$

36. 解: (1) 由 $m \frac{dv}{dt} = mg - BIl$, $I = \frac{vBl}{R}$

$$\text{得} \quad \frac{dv}{dt} = g - \frac{B^2 l^2}{mR} v$$

$$\text{积分} \quad \int_0^v \frac{dv}{g - \frac{B^2 l^2}{mR} v} = \int_0^t dt$$

$$\text{得} \quad v = \frac{Rmg}{B^2 l^2} \exp\left(-\frac{B^2 l^2}{mR} t\right)$$

其中 $\exp(x) = e^x$.

(2) 当 t 足够大则 $\exp\left(-\frac{B^2 l^2}{mR} t\right) \rightarrow 0$

$$\text{可得稳定速率} \quad v = \frac{Rmg}{B^2 l^2}$$

37. 解: 金属棒绕轴 O 逆时针旋转时, 棒中的感应电动势及电流分别为

$$\mathcal{E}_i = \int_0^L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_0^L l \omega B dl = \frac{1}{2} \omega B L^2$$

$$\text{方向沿棒指向中心,} \quad i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{1}{2R} \omega B L^2$$

此时由于金属棒中电流的存在, 棒受到磁力 \vec{f} 的作用, 其大小

$$f = iLB = \frac{1}{2R} \omega B^2 L^3 \quad (1)$$

\vec{f} 的力矩方向阻碍金属棒的旋转, 由刚体定轴转动定律得

$$f \cdot \frac{L}{2} = -\frac{1}{3} mL^2 \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

①代入②, 积分得
$$-\frac{3B^2 L^2}{4mR} \int_0^t dt = \int_{\omega_0}^{\omega} \frac{d\omega}{\omega}$$

故
$$B = \left(\frac{4mR}{3L^2 t} \ln \frac{\omega_0}{\omega} \right)^{1/2}$$

38. 解: 在 dl 处 $B = \mu_0 I / (2\pi r)$

$$d\varphi = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = vB dl \cos 60^\circ$$

但 $dl = dr / \cos 30^\circ$

$$\therefore d\varphi = vB \operatorname{tg} 30^\circ dr$$

$$\varphi = \int_{r_1}^{r_2} vB \operatorname{tg} 30^\circ dr$$

其中 $r_2 = a + \sqrt{3}l/4$, $r_1 = a - \sqrt{3}l/4$

$$\varphi = \frac{\mu_0 I v}{2\sqrt{3}\pi} \ln \frac{a + \sqrt{3}l/4}{a - \sqrt{3}l/4} \quad \text{方向从 1} \rightarrow \text{2.}$$

39. 解: 在 ac 段上任意取 $d\vec{l}$, 则在 $d\vec{l}$ 段上感应电动势为:

$$d\varphi = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = vB dl \cos \theta$$

θ 为 $(\vec{v} \times \vec{B})$ 与 $d\vec{l}$ 之间夹角. 显然 $\theta = \frac{1}{2}\pi - \alpha$

$$\therefore \cos \theta = \sin \alpha \quad \text{且} \quad l = \frac{x}{\cos \alpha}, \quad dl = \frac{dx}{\cos \alpha}$$

$$\varphi_{ac} = \int_a^c d\varphi = \int_a^c vB dl \cos \theta = \int_0^{x_c} \omega x B \frac{dx}{\cos \alpha} \sin \alpha = \frac{1}{2} \omega B x_c^2 \operatorname{tg} \alpha$$

方向为 $a \rightarrow c$.

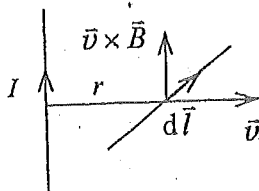
40. 解: (1) ab 所处的磁场不均匀, 建立坐标 ox , x 沿 ab 方向, 原点在长直导线处, 则

x 处的磁场为 $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi x}$, $i = I_0$ 沿 $a \rightarrow b$ 方向.

$$\varphi = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = - \int_a^b vB dl = - \int_{l_0}^{l_0+l_1} v \frac{\mu_0 I_0}{2\pi x} dx = - \frac{\mu_0 v I_0}{2\pi} \ln \frac{l_0 + l_1}{l_0}$$

故 $U_a > U_b$

(2) $i = I_0 \cos \omega t$, 以 $abcd$ 作为回路正方向,



$$\Phi = \int B l_2 dx = \int_{l_0}^{l_0+l_1} \frac{\mu_0 i l_2}{2\pi x} dx$$

$$\begin{aligned} \text{上式中 } l_2 = vt, \text{ 则有 } \mathcal{E} &= -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \left(\int_{l_0}^{l_0+l_1} \frac{\mu_0 i l_2}{2\pi x} dx \right) \\ &= \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} v \left(\ln \frac{l_0+l_1}{l_0} \right) (\omega t \sin \omega t - \cos \omega t) \end{aligned}$$

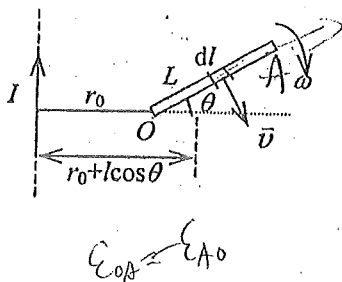
41. 解: 棒上线元 dl 中的动生电动势为:

$$d\mathcal{E} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \omega l \frac{\mu_0 I}{2\pi(r_0 + l \cos \theta)} dl$$

金属棒中总的感生电动势为

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \int_0^L d\mathcal{E} \\ &= \int_0^L \frac{\omega \mu_0 I l \cos \theta}{2\pi \cos^2 \theta (r_0 + l \cos \theta)} d(l \cos \theta) \\ &= \int_0^L \frac{\omega \mu_0 I}{2\pi \cos^2 \theta} \left(1 - \frac{r_0}{r_0 + l \cos \theta} \right) d(l \cos \theta) \\ &= \frac{\omega \mu_0 I L}{2\pi \cos \theta} - \frac{\omega \mu_0 I r_0}{2\pi \cos^2 \theta} [\ln(r_0 + L \cos \theta) - \ln r_0] \\ &= \frac{\omega \mu_0 I}{2\pi \cos \theta} \left[L - \frac{r_0}{\cos \theta} \ln \left(\frac{r_0 + L \cos \theta}{r_0} \right) \right] \end{aligned}$$

方向由 O 指向另一端.



42. 解: (1) $U_{OM} = U_O - U_M = \frac{1}{2} \omega a^2 B$

(2) 添加辅助线 ON , 由于整个 $\triangle OMN$ 内感应电动势为零, 所以

$$\mathcal{E}_{OM} + \mathcal{E}_{MN} = \mathcal{E}_{ON}$$

即可直接由辅助线上的电动势 \mathcal{E}_{ON} 来代替 OM 、 MN 两段内的电动势.

$$\overline{ON} = 2a \cos 30^\circ = \sqrt{3}a$$

$$U_{ON} = U_O - U_N = \frac{1}{2} \omega B (\sqrt{3}a)^2 = 3\omega a^2 B / 2$$

(3) O 点电势最高.

43. 解: (1) $\mathcal{E}_1 = \frac{\mu_0 I l v}{2\pi} \left(\frac{1}{a+vt} - \frac{1}{a+b+vt} \right)$ 方向沿 $ABCD$ 即顺时针.

(2) $\Phi = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a}$

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \cdot \frac{dI}{dt} = -\frac{\mu_0 I_0 \omega}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \cos \omega t$$

以顺时针为正方向.

(3) $\square = \square_1 + \square_2$

其中, \square_1 式中 $I = I_0 \sin \omega t$, \square_2 式中 $a+b$ 和 a 分别换为 $a+b+vt$ 和 $a+vt$.

44. 解: \overline{Ob} 间的动生电动势:

$$\mathcal{E}_1 = \int_0^{4L/5} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_0^{4L/5} \omega B l dl = \frac{1}{2} \omega B \left(\frac{4}{5}L\right)^2 = \frac{16}{50} \omega B L^2$$

b 点电势高于 O 点.

\overline{Oa} 间的动生电动势:

$$\mathcal{E}_2 = \int_0^{L/5} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_0^{L/5} \omega B l dl = \frac{1}{2} \omega B \left(\frac{1}{5}L\right)^2 = \frac{1}{50} \omega B L^2$$

a 点电势高于 O 点.

$$\therefore U_a - U_b = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = \frac{1}{50} \omega B L^2 - \frac{16}{50} \omega B L^2 = -\frac{15}{50} \omega B L^2 = -\frac{3}{10} \omega B L^2$$

45. 解: 取 DE 中点为坐标原点 O . 在 DE 上距 O 为 x 处取线元 dx , 则 dx 处的磁场

$$B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left[\frac{1}{r + \frac{l}{2} - x} + \frac{1}{r + \frac{l}{2} + x} \right]$$

杆运动时杆上 dx 段切割磁力线其感应电动势为

$$d\mathcal{E}_i = v B dx = \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \left[\frac{dx}{r + \frac{l}{2} - x} + \frac{dx}{r + \frac{l}{2} + x} \right]$$

$$\text{整个杆上的感应电动势为 } \mathcal{E}_i = \int_{-l/2}^{l/2} d\mathcal{E}_i = \frac{\mu_0 I v}{\pi} \ln \frac{r+l}{r} \quad \text{方向从 } D \text{ 向 } E.$$

46. 解: 动生电动势: $d\mathcal{E} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{r}$

$$\text{大小: } \mathcal{E} = \int_{R_1}^{R_2} \omega r B dr = \frac{1}{2} \omega B (R_2^2 - R_1^2) \quad \text{指向: } C \rightarrow A$$

47. 解: 动生电动势 $\mathcal{E}_i = v B l \cos \theta$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{v B l \cos \theta}{R}$$

导线受到的安培力

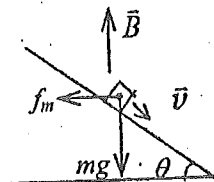
$$f_m = I l B$$

ab 导线下滑达到稳定速度时重力和磁力在导轨方向的分力相平衡

$$mg \sin \theta = f_m \cos \theta$$

$$mg \sin \theta = \frac{v B l \cos \theta}{R} l B \cos \theta$$

$$\therefore v = \frac{mg R \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta}$$



$$48. \text{解: (1)} \quad \Psi_1 = \int_0^L vB dr = \int_0^L r\omega B dr = \frac{B\omega L^2}{2}$$

$$(2) \quad J \frac{d\omega}{dt} = -M \quad \text{①}$$

$$J = \frac{1}{3} mL^2 \quad \text{②}$$

$$M = \int_0^L r \cdot B I dr = \frac{1}{2} B I L^2 = \frac{1}{2} B \left(\frac{B\omega L^2}{2R} \right) L^2 = \frac{B^2 \omega L^4}{4R}$$

$$\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{3B^2 L^2}{4Rm} dt \quad \omega = \omega_0 \exp\left(-\frac{3B^2 L^2}{4Rm} t\right)$$

其中 $\exp(x) = e^x$

49. 解: (1) 取逆时针方向为回路正向, 则回路中的感应电动势为

$$\mathcal{E} = vB_1 l - vB_2 l$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(R+vt)}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I vt}{2\pi R^2}$$

$$\mathcal{E} = v \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{R+vt} - \frac{vt}{R^2} \right)$$

(2) 当 $\mathcal{E}=0$ 时, \square 将改变方向

$$\frac{1}{R+vt} - \frac{vt}{R^2} = 0$$

$$(vt)^2 + vtR - R^2 = 0$$

$$\therefore t = \frac{-vR + \sqrt{v^2 R^2 + 4v^2 R^2}}{2v^2} = \frac{(\sqrt{5}-1)R}{2v}$$

50. 解: 取顺时针方向回路正向. 设动生电动势和感生电动势分别用 \mathcal{E}_1 和 \mathcal{E}_2 表示, 则总电动势 \mathcal{E} , $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$

$$\mathcal{E}_1 = vB_1 l - vB_2 l = vl \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)} \right) = \frac{\mu_0 I b v l}{2\pi a(a+b)}$$

$$\mathcal{E}_2 = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} = -bl \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\therefore \mathcal{E} = \left[\frac{\mu_0 I v}{2\pi a(a+b)} - \frac{\partial B}{\partial t} \right] bl$$

51. 解: 取顺时针方向回路正向.

$$\mathcal{E} = vB_1 l - vB_2 l$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{a-b} - \frac{1}{a+b} \right)$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{a+b} - \frac{1}{a-b} \right) = -B_1$$

$$\therefore \mathcal{E} = 2vB_1 l = \frac{2\mu_0 Ibv l}{\pi(a^2 - b^2)}$$

52. 解: 设动生电动势和感生电动势分别用 \mathcal{E}_1 和 \mathcal{E}_2 表示, 则总电动势 \mathcal{E} 为

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2, \quad \mathcal{E}_1 = vB_1 l - vB_2 l$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi(a-b)} + \frac{\mu_0 i}{2\pi(a+b)}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi(a+b)} + \frac{\mu_0 i}{2\pi(a-b)}$$

$$\therefore \text{此刻 } i = I_0, \text{ 则 } B_2 = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi(a+b)} + \frac{\mu_0 i}{2\pi(a-b)} = B_1$$

$$\therefore \mathcal{E}_1 = 0$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi(2a-r)} + \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad \text{①}$$

由①式, 得 $\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \int \frac{di}{dt} \frac{1}{r} dr = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{a+b}{a-b} \right) \frac{di}{dt}$

$$\therefore \text{当 } i = I_0 \text{ 时, } t = 2k\pi/\omega \quad (k=1, 2, \dots)$$

$$\therefore \mathcal{E}_{i=I_0} = - \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{a+b}{a-b} \right) (-I_0 \omega) \sin \omega t = 0$$

53. 解: 选择 $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 为 \mathcal{E} 的正绕向.

(1) 由动生电动势公式有: $\mathcal{E} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \overline{CD} = vB|CD|$

$$\text{而 } |CD| = 2x \operatorname{tg} 30^\circ = \frac{2\sqrt{3}}{3} x, \quad B = B_0, \quad x = vt$$

$$\therefore \mathcal{E} = \frac{2\sqrt{3}}{3} v^2 B_0 t$$

(2) 设由于磁场变化产生的感生电动势为 \mathcal{E}_1 , 则

$$\mathcal{E}_1 = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

而回路平面的法向与 \vec{B} 方向相反, 故

$$\mathcal{E}_1 = \int \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS = \int \frac{d(Kt)}{dt} dS = \int K dS = Kx^2 \operatorname{tg} 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} K v^2 t^2$$

设动生电动势为 \mathcal{E}_2 , 则

$$\mathcal{E}_2 = 2xvB \operatorname{tg} 30^\circ = 2xv \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} Kt = \frac{2\sqrt{3}}{3} K v^2 t^2$$

$$\therefore \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} K v^2 t^2 + \frac{2\sqrt{3}}{3} K v^2 t^2 = \sqrt{3} K v^2 t^2$$

54. 解: 选沿回路顺时针方向为电动势正方向, 电动势是由动生电动势 \mathcal{E}_1 和感生电动势 \mathcal{E}_2 组成的. 设回路在 x 位置:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= [\vec{v} \times \vec{B}(x, t)] \cdot \overrightarrow{CD} + [\vec{v} \times \vec{B}(x+a, t)] \cdot \overrightarrow{EF} \\ &= b v [B_0 \sin \omega t \sin kx - B_0 \sin \omega t \sin k(x+a)] \\ &= b v B_0 \sin \omega t [\sin kx - \sin k(x+a)] \end{aligned}$$

$$\mathcal{E}_2 = -\partial \Phi / \partial t$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \int_x^{x+a} b B_0 \sin \omega t \sin kx' dx' \\ &= b B_0 \sin \omega t [\cos kx - \cos k(x+a)] / k \end{aligned}$$

$$\therefore \mathcal{E}_2 = \omega b B_0 \cos \omega t \frac{\cos k(x+a) - \cos kx}{k}$$

设总感应电动势为 \mathcal{E} , 且 $x=vt$, 则有

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$$

$$\begin{aligned} \therefore \mathcal{E} &= b B_0 \{ v \sin \omega t [\sin kx - \sin k(x+a)] + \omega \cos \omega t [\cos k(x+a) - \cos kx] / k \} \\ &= b B_0 \{ v \sin \omega t [\sin kx - \sin k(x+a)] + \omega \cos \omega t [\cos k(vt+a) - \cos kv] / k \} \end{aligned}$$

55. 解: 由问题的轴对称性和轴向的无限长条件可知, 感生涡旋电场的场强 \vec{E} 在垂直轴线的平面内, 且与径向相垂直.

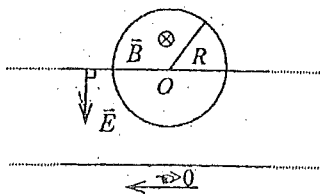
如图所示, 选取过轴线而平行给定的无限长直导线的一条无限长直导线, 与给定的无限长直导线构成闭合回路(在无限远闭合), 则在过轴线的长直导线上, 因 \vec{E} 处处与之垂直, \therefore 电动势为零. 又在无限远处 $\vec{E}=0$, 故此回路中的电动势就是给定的无限长直导线中的电动势 \mathcal{E} .

$$\text{该回路的磁通量 } \Phi = \frac{1}{2} \pi R^2 B$$

由电磁感应定律有:

$$\mathcal{E} = -d\Phi/dt = -\frac{1}{2} \pi R^2 dB/dt$$

\mathcal{E} 的正方向如图所示.



56. 解: 在均匀磁场中运动导线切割磁力线, 在导线上产生的动生电动势: $\mathcal{E} = vBl$. 式中 l 为导线的长度, v 为其运动的速度.

导线中电流为: $I = \mathcal{E}/R = vBl/R$

根据安培力公式, 导线受磁力 $f = I l B = vB^2 l^2 / R$

\vec{f} 和 \vec{F} 方向相反.

$$\text{导线运动的微分方程为: } m \frac{dv}{dt} = F - \frac{B^2 l^2}{R} v$$

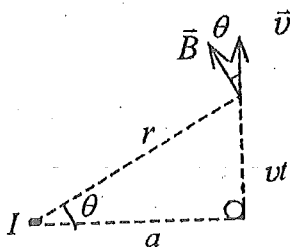
$$\text{其解为: } v(t) = \frac{RF}{B^2 l^2} + G \cdot \exp\left(-\frac{B^2 l^2}{mR} t\right)$$

其中 $\exp(x) = e^x$, G 为待定常量. 当 $t=0$, $v=0$, 求得 $G = -RF/(B^2 l^2)$, 故

$$v(t) = \frac{RF}{B^2 l^2} [1 - \exp(-\frac{B^2 l^2}{mR} t)]$$

57. 解: 如俯视图所示

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \\ &= vB \sin \theta \cdot b \\ &= v \frac{\mu_0 I}{2\pi r} vt b \\ &= \frac{\mu_0 I b v^2}{2\pi r^2} t = \frac{\mu_0 I b}{2\pi} \cdot \frac{v^2 t}{a^2 + v^2 t^2} \end{aligned}$$



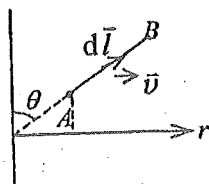
58. 解: (1) AB 中的感应电动势为动生电动势, 如图所示, $d\vec{l}$ 所在处的磁感强度为

$$B = \mu_0 I / (2\pi r)$$

$d\vec{l}$ 与 dr 的关系为 $d\vec{l} = dr / \sin \theta$

令 $b = a + L \sin \theta$, AB 中的感应电动势为

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_L \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \cos \theta dl \\ &= \int_a^b \frac{\mu_0 I v}{2\pi r} \cos \theta \frac{dr}{\sin \theta} \\ &= \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \operatorname{ctg} \theta \ln \frac{L \sin \theta + a}{a} = 2.79 \times 10^{-4} \text{ V} \end{aligned}$$



(2) B 端电势高.

59. 解: (1) ab 上的感应电动势.

两条无限长载流导线在 ab 上离 a 端 r 处产生的磁感强度为

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{c+r} + \frac{1}{c+l-r} \right)$$

方向垂直图面向里. 设此时 ab 下滑的速度为 v 则

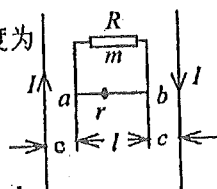
$$\mathcal{E}_{ab} = \int_0^l B v dr = \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \left(\ln \frac{c+l}{c} + \ln \frac{c+l}{c} \right) = \frac{\mu_0 I v}{\pi} \ln \frac{c+l}{c} \quad (1)$$

感应电动势 \mathcal{E}_{ab} 是 ab 运动速度 v 的函数, 而 v 又是 t 的函数. 可参看(3)中的③式.

$$(2) \text{ } ab \text{ 上的电流 } I_t \quad I_t = \frac{\mathcal{E}_{ab}}{R} = \frac{\mu_0 I v}{\pi R} \ln \frac{c+l}{c} \quad (2)$$

(3) ab 的最大速度

ab 受重力为 mg , 方向竖直向下; 受磁力为 $\int_0^l I_t d\vec{r} \times \vec{B}$, 方向竖直向上, 则 ab



所受的合力为
$$F = mg - \int_0^l I_l B dr = mg - \left(\frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{c+l}{c}\right)^2 \frac{v}{R}$$

由牛顿运动方程有
$$mg - \left(\frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{c+l}{c}\right)^2 \frac{v}{R} = m \frac{dv}{dt}$$

$$\int_0^v \frac{dv}{g - \left(\frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{c+l}{c}\right)^2 \frac{v}{mR}} = \int_0^t dt$$

解之有
$$v = g \left[1 - \exp \left[- \left(\frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{c+l}{c} \right)^2 \frac{t}{mR} \right] \right] \cdot \frac{mR}{\left(\frac{\mu_0 I}{\pi} \ln \frac{c+l}{c} \right)^2} \quad (3)$$

其中 $\exp(x) = e^x$.

当 $t \rightarrow \infty$ 时, $v \rightarrow v_{\max}$, 故有
$$v_{\max} = \frac{mgR\pi^2}{\left(\mu_0 I \ln \frac{c+l}{c}\right)^2}$$

60. 解: (1) 导线 ab 中的动生电动势 $\mathcal{E} = Blv$, 不计导线电阻时, a 、 b 两点间电势差

$$U_a - U_b = \mathcal{E} = Blv$$

故 $I_1 = (U_a - U_b) / R_1 = Blv / R_1$
由 M 流向 M' .

$$I_2 = (U_a - U_b) / R_2 = Blv / R_2$$

由 N 流向 N' .

(2) 外力提供的功率等于两电阻上消耗的焦耳热功率.

$$P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 = B^2 l^2 v^2 (R_1 + R_2) / (R_1 R_2).$$

故
$$B^2 l^2 v^2 (R_1 + R_2) / (R_1 R_2) \leq P_0,$$

$$\text{最大速率 } v_m = \frac{1}{Bl} \sqrt{\frac{R_1 R_2 P_0}{R_1 + R_2}}.$$

61. 解: (1) 导线 ab 运动起来时, 切割磁感线, 产生动生电动势. 设导线中电流为 i , 导线运动速度为 v , 则 ab 上的动生电动势

$$\mathcal{E} = Blv, \quad \text{由 } b \text{ 指向 } a.$$

在由 ab 接通的电路中 $\mathcal{E}_b - \mathcal{E} = \mathcal{E}_b - Blv = ri$

在磁场力作用下, v 不断增大, 则 i 不断减小, 当 v 增大到某一值 V 时,

若 $\mathcal{E}_b - BlV = 0$, 则 $i = 0$,

ab 所受磁场力为零, 其速度不再增加, 导线作匀速运动, 这也就是 ab 能达到的最大速度

$$V = \mathcal{E}_b / (Bl)$$

(2) 这时电路中和电源中的电流都是 $I = 0$

62. 解:
$$w = \frac{1}{2} \mu_0 H^2 = \frac{1}{2} \mu_0 (nI)^2$$

$$\therefore I = (\sqrt{2w / \mu_0}) / n = 1.26 \text{ A}$$

磁介质

一、选择题

1-7 C C B C D B B

二、填空题

- 1、0.226 T 300 A/m
- 2、 $I/(2\pi r)$ $\mu I/(2\pi r)$
- 3、 -8.88×10^{-6} 抗
- 4、矫顽力大，剩磁也大。 例如永久磁铁。
- 5、磁导率大，矫顽力小，磁滞损耗低。 变压器，交流电机的铁芯等。
- 6、A/m T·m/A
- 7、铁磁质 顺磁质 抗磁质
- 8、 $\mu_0 \mu_r nI$ 、 nI
- 9、矫顽力小 容易退磁

三、计算题

1、解：由安培环路定理： $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_i$

$$0 < r < R_1 \text{ 区域: } 2\pi r H = I r^2 / R_1^2$$

$$H = \frac{I r}{2\pi R_1^2}, \quad B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2}$$

$$R_1 < r < R_2 \text{ 区域: } 2\pi r H = I$$

$$H = \frac{I}{2\pi r}, \quad B = \frac{\mu I}{2\pi r}$$

$$R_2 < r < R_3 \text{ 区域: } 2\pi r H = I - \frac{I(r^2 - R_2^2)}{(R_3^2 - R_2^2)}$$

$$H = \frac{I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \right)$$

$$B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \right)$$

$$r > R_3 \text{ 区域: } H = 0, \quad B = 0$$

2、解： $H = nI = NI/l = 200 \text{ A/m}$

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r H = 1.06 \text{ T}$$

3、解： $B = \Phi/S = 2.0 \times 10^{-2} \text{ T}$

$$H = nI = NI/l = 32 \text{ A/m}$$

$$\mu = B/H = 6.25 \times 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

$$\chi_m = \mu/\mu_0 - 1 = 496$$

电磁场理论

一、选择题

1-10 C C D B B B D B A D

二、填空题

$$1. \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV \quad \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}$$

2、电磁波能流密度矢量 $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

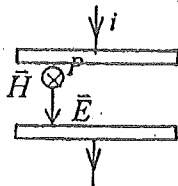
3、② ③ ①

$$4. \iint_S \frac{\partial}{\partial t} \vec{D} \cdot d\vec{S} \text{ 或 } d\Phi_D/dt, \quad - \iint_S \frac{\partial}{\partial t} \vec{B} \cdot d\vec{S} \text{ 或 } -d\Phi_m/dt$$

5、垂直纸面向里，垂直 OP 连线向下

6、3 A

7、见图。 \vec{H} , \vec{E} ,



8、1

$$9. \frac{\pi r^2 \epsilon_0 E_0}{RC} e^{-t/RC}$$

相反

10、 x 轴正方向 x 轴负方向

$$11. \epsilon_0 \pi R^2 dE/dt$$

三、计算题

$$1. \text{解: (1) } U = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t i dt = - \frac{1}{C} \times 0.2e^{-t} \Big|_0^t = \frac{0.2}{C} (1 - e^{-t})$$

$$(2) \text{ 由全电流的连续性, 得 } I_d = i = 0.2e^{-t}$$

2. 解: 由静电学计算: \vec{r}_0 代表 r 方向单位矢量

$$\vec{E} = \frac{q(t)}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} \vec{r}_0$$

$$U = \frac{q(t)}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{q(t)(R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r R_1 R_2}$$

$$\therefore \vec{E} = \frac{UR_1 R_2}{r^2(R_2 - R_1)} \vec{r}_0 = \frac{R_1 R_2}{r^2(R_2 - R_1)} U_0 \sin \omega t \cdot \vec{r}_0$$

位移电流密度为 $\vec{J} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r R_1 R_2}{r^2(R_2 - R_1)} U_0 \omega \cos \omega t \cdot \vec{r}_0$

过球面的总位移电流 $I = \int \vec{J} \cdot d\vec{S} = J \cdot 4\pi r^2 = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon_r R_1 R_2}{R_2 - R_1} U_0 \omega \cos \omega t$

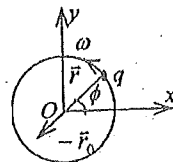
3、解：设坐标如图所示， $\phi = \omega t$ 。t时刻点电荷q在圆心处产生的电位移为

$$\begin{aligned} \vec{D} &= \frac{q}{4\pi R^2} (-\vec{r}_0) \\ &= -\frac{q}{4\pi R^2} (\cos \phi \vec{i} + \sin \phi \vec{j}) \end{aligned}$$

$$\therefore \vec{D} = -\frac{q}{4\pi R^2} (\cos \omega t \vec{i} + \sin \omega t \vec{j})$$

圆心处的位移电流密度为

$$\vec{J} = \partial \vec{D} / \partial t = \frac{q\omega}{4\pi R^2} (\sin \omega t \vec{i} - \cos \omega t \vec{j})$$



气体分子运动论

一、选择题

- | | |
|------------------|------------------|
| 1-10 DBCDDCCBBA | 11-20 CDBCCCCCA |
| 21-30 BABBAABCCB | 31-40 CDBCBBDABD |
| 41-50 BCDACBCBDA | 51-57 ABBDBBC |

二、填空题

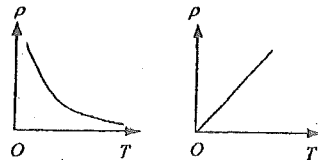
1. 气体分子的大小与气体分子之间的距离比较, 可以忽略不计.
除了分子碰撞的一瞬间外, 分子之间的相互作用力可以忽略.
分子之间以及分子与器壁之间的碰撞是完全弹性碰撞.

2. $1.2 \times 10^{-24} \text{ kg m/s}$; $\frac{1}{3} \times 10^{28} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $4 \times 10^3 \text{ Pa}$; 3. $3.2 \times 10^{17} / \text{m}^3$

3. $1.33 \times 10^5 \text{ Pa}$; 5. $2.33 \times 10^3 \text{ Pa}$; 6. $1.04 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; 7. 210 K ; 240 K ;

8. 成反比地减小 (图 1)

成正比地增加 (图 2)



9. 等压 等体 等温

10. kT/m 11. 3.92×10^{24}

12. 物质热现象和热运动规律 统计 13. 单位体积内的分子数 n 分子的平均平动动能

14. (1) 沿空间各方向运动的分子数目相等 (2) $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$

15. 描述物体状态的物理量, 称为状态参量 (如热运动状态的参量为 p 、 V 、 T),
表征个别分子状况的物理量 (如分子的大小、质量、速度等) 称为微观量.
表征大量分子集体特性的物理量 (如 p 、 V 、 T 、 C_v 等) 称为宏观量.

16. $\bar{l} = (kT/p)^{1/3}$ 3.34×10^{-9} 17. 1:1:1 18. 27.8 g/mol 19. 1:1:1

20. 12.5 J 20.8 J 24.9 J 21. 6.23×10^3 6.21×10^{-21} 1.035×10^{-21}

22. $\frac{3}{2} kT$ $\frac{5}{2} kT$ $\frac{5}{2} MRT/M_{\text{mol}}$

23. 理想气体处于热平衡状态 $\frac{1}{2} iPV/N_A$ 或 $\frac{1}{2} ikPV/R$ 24. 1.28×10^{-7}

25. $6.59 \times 10^{-26} \text{ kg}$ 26. 3.44×10^{20} $1.6 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ 2 J 27. 0.186 K

28. 121 2.4×10^{-23} 29. $28 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ 30. 193 4.01×10^4

31. 1 2 $10/3$ 32. $28 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $1.5 \times 10^3 \text{ J}$

33. $\bar{w} = \frac{3}{2} kT$ 气体的温度是分子平均平动动能的量度. 34. 5.12×10^3

35. 一摩尔理想气体的内能 气体的定体摩尔热容 气体的定压摩尔热容
 36. 3.01×10^{23} 个 37. 4.0×10^{-3} kg 38. 1.25×10^3 39. 62.5% 40. 1.52×10^2
 41. 2.45×10^{25} 个 6.21×10^{-21} J 42. $\frac{1}{2}ikT$ RT 43. $\frac{5}{2}V(p_2 - p_1)$ 44. 5/3
 45. $\frac{3}{2}p_0V_0$ $\frac{5}{2}p_0V_0$ $\frac{8p_0V_0}{13R}$ 46. 8.31×10^3 3.32×10^3
 47. 每个气体分子热运动的平均平动动能. 48. 气体分子热运动的每个自由度的平均能量.
 49. $\frac{1}{2}ipV$ 50. $mu^2/3k$ 51. 5/3 10/3 52. p_2/p_1 53. $n \int f(v) dx dy dz dv$
 54. 2.3×10^3 m 55. $(\ln 2) RT / (M_{\text{mol}} g)$ 56. 0.663 atm 57. 1950
 58. $n = n_0 \exp\left\{-\frac{mgh}{kT}\right\}$, ($\exp\{a\}$ 即 e^a) 59. 麦克斯韦 玻尔兹曼 60. $\exp[-\varepsilon / (kT)]$
 61. 氦 氩 62. 氧, 氮. 速率在 $v \rightarrow v + \Delta v$ 范围内的分子数占总分子数的百分率. 速率在 $0 \rightarrow \infty$ 整个速率区间内的分子数的百分率的总和. 63. 分布在 $v_p \sim \infty$ 速率区间的分子数在总分子数中占的百分率. 分子平动动能的平均值. 64. $\int_0^\infty Nf(v) dv$
 $\int_0^\infty vf(v) dv / \int_0^\infty f(v) dv$ $\int_0^\infty vf(v) dv$ 65. 速率区间 $0 \sim v_p$ 的分子数占总分子数的百分率; $\bar{v} = \frac{\int_{v_p}^\infty vf(v) dv}{\int_{v_p}^\infty f(v) dv}$ 66. 1000 m/s $\sqrt{2} \times 1000$ m/s 67. 495 m/s
 68. $(4/3)E/V$ $(M_2/M_1)^{1/2}$ 69. (2) (1) 70. $\int_p f(v) dv$ 71. $2000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 72. $(3p/p)^{1/2}$ $3p/2$ 73. (1) $\int_{00} f(v) dv$ (2) $\int_{00} Nf(v) dv$ 74. $4000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 75. $\sqrt{M_{\text{mol}2} / M_{\text{mol}1}}$ 76. $\sqrt{M_2 / M_1}$ 77. 1 4 78. 降低 79. $5.42 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ $6 \times 10^5 \text{ cm}$
 80. 10^{-10} m $10^2 \sim 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $10^8 \sim 10^9 \text{ s}^{-1}$ 81. 2 $\sqrt{2}$ 2 82. 2 83. 2 84. 1

三、计算题

1. 解: 据力学平衡条件, 当水银滴刚好处在管的中央维持平衡时, 左、右边氢气的压强相等、体积也相等, 两边气体的状态方程为:

$$p_1 V_1 = (M_1 / M_{\text{mol}}) RT_1,$$

$$p_2 V_2 = (M_2 / M_{\text{mol}}) RT_2.$$

由 $p_1 = p_2$ 得: $V_1 / V_2 = (M_1 / M_2)(T_1 / T_2)$.

开始时 $V_1 = V_2$, 则有 $M_1 / M_2 = T_2 / T_1 = 293 / 273$.

当温度改变为 $T_1' = 278 \text{ K}$, $T_2' = 303 \text{ K}$ 时, 两边体积比为

$$V_1'/V_2' = M_1 T_1' / (M_2 T_2') = 0.9847 < 1. \quad \text{即 } V_1' < V_2'$$

可见水银滴将向左边移动少许.

2. 解: 理想气体在标准状态下, 分子数密度为

$$n = p / (kT) = 2.69 \times 10^{25} \text{ 个/m}^3$$

以 5000 \AA 为边长的立方体内应有分子数为

$$N = nV = 3.36 \times 10^6 \text{ 个.}$$

3. 解:

$$p = \frac{1}{3} nm\overline{v^2} = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2}$$

$$\therefore \rho = 3p / \overline{v^2} = 1.90 \text{ kg/m}^3$$

4. 解: 设管内总分子数为 N .

$$\text{由 } p = nkT = NkT/V$$

$$(1) N = pV / (kT) = 1.61 \times 10^{12} \text{ 个.}$$

$$(2) \text{ 分子的平均平动动能的总和} = (3/2) NkT = 10^{-8} \text{ J}$$

$$(3) \text{ 分子的平均转动动能的总和} = (2/2) NkT = 0.667 \times 10^{-8} \text{ J}$$

$$(4) \text{ 分子的平均动能的总和} = (5/2) NkT = 1.67 \times 10^{-8} \text{ J}$$

5. 解: 定向运动动能 $\frac{1}{2} Nm\overline{v^2}$, 气体内能增量 $N \frac{1}{2} ik\Delta T$, $i=3$. 按能量守恒应有:

$$\frac{1}{2} Nm\overline{v^2} = N \frac{1}{2} ik\Delta T$$

$$\therefore m\overline{v^2} = iR\Delta T / N_A$$

$$(1) \Delta T = N_A m\overline{v^2} / (iR) = M_{\text{mol}} \overline{v^2} / (iR) = 6.42 \text{ K}$$

$$(2) \Delta p = (M / M_{\text{mol}}) R\Delta T / V = 6.67 \times 10^{-4} \text{ Pa.}$$

$$(3) \Delta E = (M / M_{\text{mol}}) \frac{1}{2} iR\Delta T = 2.00 \times 10^3 \text{ J.}$$

$$(4) \Delta \bar{\epsilon} = \frac{1}{2} ik\Delta T = 1.33 \times 10^{-22} \text{ J.}$$

$$6. \text{ 解: 根据 } \frac{1}{2} m\overline{v^2} = \frac{3}{2} kT, \quad \text{可得 } N \frac{1}{2} m\overline{v^2} = \frac{3}{2} NkT,$$

$$\text{即 } N \frac{1}{2} m\overline{v^2} = \frac{3}{2} RTNm / (N_A m)$$

$$= \frac{3}{2} (M / M_{\text{mol}}) RT = \frac{3}{2} (RT / M_{\text{mol}}) \rho V = 7.31 \times 10^6.$$

$$12) \text{ 又 } \Delta E = (M / M_{\text{mol}}) \frac{1}{2} iR\Delta T = (\rho V / M_{\text{mol}}) \frac{1}{2} iR\Delta T = 4.16 \times 10^4 \text{ J.}$$

$$\text{及 } \Delta(\overline{v^2})^{1/2} = (\overline{v_2^2})^{1/2} - (\overline{v_1^2})^{1/2} = (3R / M_{\text{mol}})^{1/2} (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) = 0.856 \text{ m/s.}$$

7. 解: (1) 设分子数为 N .

据 $E = N(i/2)kT$ 及 $p = (N/V)kT$ 得: $p = 2E / (iV) = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$(2) \text{ 由 } \frac{\bar{w}}{\bar{E}} = \frac{\frac{3}{2}kT}{N\frac{5}{2}kT} \quad \text{得} \quad \bar{w} = 3E/(5N) = 7.5 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\text{又} \quad E = N\frac{5}{2}kT \quad \text{得} \quad T = 2E/(5Nk) = 362 \text{ K}$$

8. 解: (1) $\because T$ 相等,

\therefore 氧气分子平均平动动能 = 氢气分子平均平动动能 $\bar{w} = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$.

$$\text{且} \quad (\bar{v}^2)^{1/2} = (2\bar{w}/m)^{1/2} = 483 \text{ m/s}$$

$$(2) \quad T = 2\bar{w}/(3k) = 300 \text{ K}.$$

$$9. \text{ 解:} \quad C_p = \frac{i+2}{2}R = \frac{i}{2}R + R,$$

$$\therefore \quad i = \frac{2(C_p - R)}{R} = 2\left(\frac{C_p}{R} - 1\right) = 5,$$

可见是双原子分子, 只有两个转动自由度. $\bar{\epsilon}_r = 2kT/2 = kT = 3.77 \times 10^{-21} \text{ J}$

$$10. \text{ 解:} \quad A = Pt = \frac{1}{2}viR\Delta T,$$

$$\therefore \quad \Delta T = 2Pt/(viR) = 4.81 \text{ K}.$$

$$11. \text{ 解:} \quad 0.8 \times \frac{1}{2}Mv^2 = (M/M_{\text{mol}})\frac{5}{2}R\Delta T,$$

$$\therefore \quad T = 0.8 M_{\text{mol}} v^2 / (5R) = 0.062 \text{ K}$$

$$\text{又} \quad \Delta p = R\Delta T/V \quad (\text{一摩尔氧气})$$

$$\therefore \quad \Delta p = 0.51 \text{ Pa}.$$

12. 解: 当不计振动自由度时, H_2O 分子, H_2 分子, O_2 分子的自由度分别为 6, 5, 5.

$$\therefore \quad 1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O} \text{ 内能} \quad E_1 = 3RT$$

$$1 \text{ mol } \text{H}_2 \text{ 或 } \text{O}_2 \text{ 的内能} \quad E_2 = \frac{5}{2}RT.$$

$$\text{故内能增量} \quad \Delta E = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\frac{5}{2}RT - 3RT = (3/4)RT.$$

$$13. \text{ 解: (1)} \quad M/M_{\text{mol}} = N/N_A$$

$$\therefore \quad N = MN_A/M_{\text{mol}}$$

$$\bar{w} = \frac{E_k}{N} = \frac{M_{\text{mol}}E_k}{MN_A} = 8.27 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$(2) \quad T = \frac{2\bar{w}}{3k} = 400 \text{ K}$$

$$14. \text{ 解: (1)} \quad \bar{w} = \frac{3}{2}kT = 8.28 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$E_K = N\bar{w} = (N_1 + N_2) \frac{3}{2} kT = 4.14 \times 10^5 \text{ J}$$

(2)
15. 解:

$$p = nkT = 2.76 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$N = M/m = 0.30 \times 10^{27} \text{ 个}$$

$$\bar{w} = E_K / N = 6.2 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$T = \frac{2\bar{w}}{3k} = 300 \text{ K}$$

16. 解:

$$\bar{w} = \frac{3}{2} kT \quad T = \frac{2\bar{w}}{3k} = 290 \text{ K}$$

$$E_{\text{He}} = \frac{3M_{\text{He}}}{2M_{\text{mol}}} RT = 9.04 \times 10^5 \text{ J}$$

而

$$E_{\text{H}_2} = E - E_{\text{He}} = 1.55 \times 10^6 \text{ J}$$

又

$$E_{\text{H}_2} = \frac{5}{2} \frac{M}{M_{\text{mol}}} RT$$

∴

$$M_{\text{H}_2} = 0.51 \text{ kg}$$

17. 解: (1)

$$E = \frac{i_1}{2} \frac{M_1}{M_{\text{mol}1}} RT + \frac{i_2}{2} \frac{M_2}{M_{\text{mol}2}} RT$$

$$T = E / \left(\frac{i_1}{2} \frac{M_1}{M_{\text{mol}1}} + \frac{i_2}{2} \frac{M_2}{M_{\text{mol}2}} \right) R = 300 \text{ K}$$

(2)

$$\bar{\epsilon}_1 = \frac{6}{2} kT = 1.24 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$\bar{\epsilon}_2 = \frac{5}{2} kT = 1.04 \times 10^{-20} \text{ J}$$

18. 解:

$$E = \frac{6}{2} \frac{M_1}{M_{\text{mol}1}} RT + \frac{5}{2} \frac{M_2}{M_{\text{mol}2}} RT$$

得

$$\frac{3M_1}{44 \times 10^{-3}} + \frac{5M_2}{2 \times 32 \times 10^{-3}} = \frac{E}{RT} \quad \text{①}$$

又

$$M_1 + M_2 = 5.4 \quad \text{②}$$

联立①、②式解得

$$M_1 = 2.2 \text{ kg}, \quad M_2 = 3.2 \text{ kg}$$

19. 解: (1) $E_K = \frac{3}{2} pV = 4.14 \times 10^5 \text{ J}$

$$\bar{w} = \frac{E_K}{N} = \frac{E_K}{N_1 + N_2} = 8.28 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$(2) \quad T = \frac{2\bar{w}}{3k} = 400 \text{ K} \quad (\text{或由 } p = nkT \text{ 得 } T = \frac{p}{nk} = \frac{pV}{(N_1 + N_2)k} = 400 \text{ K})$$

20. 解: 由 $pV = \frac{M(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)_{\text{mol}}} RT$ 和 $pV = \frac{M(\text{He})}{M(\text{He})_{\text{mol}}} RT$

得
$$\frac{M(\text{H}_2)}{M(\text{He})} = \frac{M(\text{H}_2)_{\text{mol}}}{M(\text{He})_{\text{mol}}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

由
$$E(\text{H}_2) = \frac{M(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)_{\text{mol}}} \cdot \frac{5}{2} RT \quad \text{和} \quad E(\text{He}) = \frac{M(\text{He})}{M(\text{He})_{\text{mol}}} \cdot \frac{3}{2} RT$$

得
$$\frac{E(\text{H}_2)}{E(\text{He})} = \frac{5M(\text{H}_2)/M(\text{H}_2)_{\text{mol}}}{3M(\text{He})/M(\text{He})_{\text{mol}}}$$

$$\therefore \frac{M(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)_{\text{mol}}} = \frac{M(\text{He})}{M(\text{He})_{\text{mol}}} \quad (p, V, T \text{ 均相同}),$$

$$\therefore \frac{E(\text{H}_2)}{E(\text{He})} = \frac{5}{3}$$

21. 解: 设两个平衡态的温度差为 ΔT , 则

$$Q - A = \Delta E = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu N_A k \Delta T$$

$$\therefore \Delta \bar{w} = \frac{3}{2} k \Delta T = 3(Q - A) / (5 \nu N_A) \quad \text{式中 } N_A \text{ 为阿伏伽德罗常数.}$$

22. 解: 取 z 轴竖直向上, 地面处 $z=0$, 根据玻尔兹曼分布律, 在重力场中坐标在 $x \sim x+dx$, $y \sim y+dy$, $z \sim z+dz$ 区间内具有各种速度的分子数为

$$dN = n_0 \exp[-mgz/(kT)] dx dy dz$$

n_0 为地面处分子数密度, 则分子重力势能的平均值为

$$\begin{aligned} \bar{\epsilon}_p &= \frac{\int_0^\infty mgz dN}{\int_0^\infty dN} = \frac{\int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty n_0 \exp[-mgz/(kT)] mgz dz dy dx}{\int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty n_0 \exp[-mgz/(kT)] dz dy dx} \\ &= \frac{mg \int_0^\infty \exp[-mgz/(kT)] z dz}{\int_0^\infty \exp[-mgz/(kT)] dz} \\ &= \frac{mg [kT/(mg)]^2}{kT/(mg)} = kT \end{aligned}$$

23. 解: 平均速率 $\bar{v} = \sum N_i v_i / \sum N_i = 31.8 \text{ m/s}$

方均根速率 $(\bar{v}^2)^{1/2} = \sqrt{\frac{\sum N_i v_i^2}{\sum N_i}} = 33.7 \text{ m/s.}$

24. 解: 据 $(\bar{v}^2)^{1/2} = \sqrt{3RT/M_{\text{mol}}} = \sqrt{3RT/N_A m}$,

得 $N_A = 3RT / (m \bar{v}^2) = 6.15 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

25. 解: (1) 由 $(\bar{v}^2)^{1/2} = \sqrt{3RT/M_{\text{mol}}}$

而氢核 $M_{\text{mol}} = 1 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\therefore (\bar{v}^2)^{1/2} = 1.58 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$(2) \quad \bar{w} = \frac{3}{2} kT = 1.29 \times 10^4 \text{ eV.}$$

26. 解: $p_1 V = \nu RT_1$ $p_2 V = \frac{1}{2} \nu RT_2$

$$\therefore T_2 = 2 T_1 p_2 / p_1$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \sqrt{\frac{P_1}{2P_2}}$$

27. 解: (1) 据 $\bar{\lambda} = kT / (\sqrt{2} \pi d^2 p)$

得 $d_{\text{Ne}} / d_{\text{Ar}} = (\bar{\lambda}_{\text{Ar}} / \bar{\lambda}_{\text{Ne}})^{1/2} = 0.71$.

(2) $\bar{\lambda}'_{\text{Ar}} = \bar{\lambda}_{\text{Ar}} (p_1 / p_2) T_2 / T_1$
 $= \bar{\lambda}_{\text{Ar}} \frac{p_1 (t_2 + 273)}{p_2 (t_1 + 273)} = 3.5 \times 10^{-7} \text{ m.}$

热力学

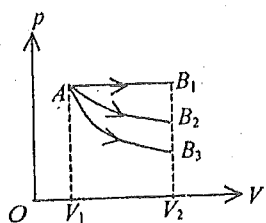
一、选择题

1—10 CDCBDABBCD 11—20 ADABACCABA 21—30 BDBDDBBCCC
 31—40 BCCBBDBDAC 41—50 ADDBCDDBBB 51—60 BDABDCCDAC
 61—68 DBABBDDD

二、填空题

1. 一个点 一条曲线 一条封闭曲线 2. 体积、温度和压强 分子的运动速度（或分子运动速度，或分子的动量，或分子的动能） 3. 系统的一个平衡态 系统经历的一个准静态过程 4. $S_1 + S_2 - S_1$ 5. 能使系统进行逆向变化，从状态 B 回复到初态 A ，而且系统回复到状态 A 时，周围一切也都回复原状；系统不能回复到状态 A ，或当系统回复到状态 A 时，周围并不能回复原状。 6. 166J 7. 等于 大于 大于 8. 外界对系统做功，向系统传递热量；始末两个状态 所经历的过程 9. $-|W_1| - |W_2|$ 10. $>0 >0$

11. 在等压升温过程中，气体要膨胀而对外做功，所以要比气体等体升温过程多吸收一部分热量。 12. AM AM, BM 13. 等压 绝热

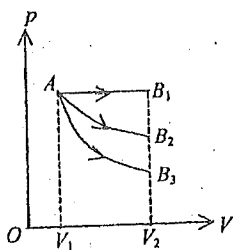


$A \rightarrow B_1$ 等压过程

$A \rightarrow B_2$ 等温过程

$A \rightarrow B_3$ 绝热过程

(13 题图)



$A \rightarrow B_1$ 等压过程

$A \rightarrow B_2$ 等温过程

$A \rightarrow B_3$ 绝热过程

(15 题图)

14. BM, CM BM 15. 等压 等压 16. 不变 变大 变大 17. 等压 等压 等压

18. 绝热 等压 等压 19. 气体内能的增加；气体对外做功；气体内能增加和对外做功

20. 吸热 放热 放热 21. $-2.1 \times 10^5 \text{ J}$

22. 答案见图 1 图 2 图 3 23. $124.7 \text{ J} - 84.3 \text{ J}$

24. 500 700 25. $7.48 \times 10^3 \text{ J}$ $7.48 \times 10^3 \text{ J}$

26. W/R $\frac{7}{2}W$ 27. $\frac{3}{2}p_1V_1$ 0

28. $\frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)$

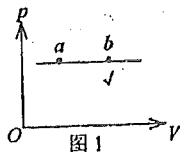


图 1

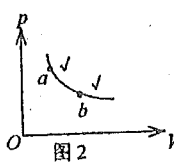


图 2

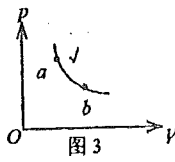


图 3

(22 题图)

- $\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) + \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)$
 29. $\frac{2}{i+2}$ $\frac{i}{i+2}$ 30. 8.31J 29.09J 31. $\frac{7}{2}W$
 32. 1:2 5:3 5:7 33. 1.5 1 3.25R 34. 8.64×10^3 35. 500 100 36. 200J
 37. 33.3% 8.31×10^3 J 38. 400 39. 33.3% 50% 66.7% 40. 90J
 41. $\eta = \frac{1}{w+1}$ (或 $w = \frac{1}{\eta} - 1$) 42. 1.62×10^4 J (或 160 atm·L) 43. <
 44. 40J 140J 45. 25% 46. 功变热 热传导 47. 热量不能自动地从低温物体传向高温物体. 不可能制成一种循环动作的热机, 只从单一热源吸热完全变为有用功, 而其它物体不发生任何变化. 48. 从单一热源吸热, 在循环中不断对外作功的热机. 热力学第二定律
 49. 从几率较小的状态到几率较大的状态. 状态的几率增大 (或熵值增加)
 50. $V_2 (V_1/V_2)^{\gamma-1} T_1$ $(RT_1/V_2)(V_1/V_2)^{\gamma-1}$ 51. E_1 \bar{v}_1 $\frac{1}{2}Z_1$ 52. $(\frac{1}{3})^{\gamma-1} T_0$ $(\frac{1}{3})^{\gamma} P_0$

三、计算题

1. 解: 由题意可知气体处于初态时, 弹簧为原长. 当气缸内气体体积由 V_1 膨胀到 V_2 时弹簧被压缩, 压缩量为

$$l = \frac{V_2 - V_1}{S} = 0.1 \text{ m} .$$

气体末态的压强为 $p_2 = p_0 + k \frac{l}{S} = 2 \times 10^5 \text{ Pa} .$

气体内能的改变量为 $\Delta E = \nu C_V(T_2 - T_1) = i(p_2V_2 - p_1V_1)/2 = 6.25 \times 10^3 \text{ J} .$

缸内气体对外作的功为 $W = p_0Sl + \frac{1}{2}kl^2 = 750 \text{ J}$

缸内气体在这膨胀过程中从外界吸收的热量为

$$Q = \Delta E + W = 6.25 \times 10^3 + 0.75 \times 10^3 = 7 \times 10^3 \text{ J} .$$

2. 解: (1) 等温过程气体对外作功为

$$\begin{aligned}
 W &= \int_{V_0}^{3V_0} p dV = \int_{V_0}^{3V_0} \frac{RT}{V} dV = RT \ln 3 \\
 &= 8.31 \times 298 \times 1.0986 \text{ J} = 2.72 \times 10^3 \text{ J}
 \end{aligned}$$

(2) 绝热过程气体对外作功为

$$\begin{aligned}
 W &= \int_{V_0}^{3V_0} p dV = p_0 V_0^{\gamma} \int_{V_0}^{3V_0} V^{-\gamma} dV \\
 &= \frac{3^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} p_0 V_0 = \frac{1-3^{1-\gamma}}{\gamma-1} RT \\
 &= 2.20 \times 10^3 \text{ J}
 \end{aligned}$$

3. 解: (1) $A \rightarrow B$: $W_1 = \frac{1}{2}(p_B + p_A)(V_B - V_A) = 200 \text{ J}$.

$$\Delta E_1 = \nu C_V(T_B - T_A) = 3(p_B V_B - p_A V_A) / 2 = 750 \text{ J}$$

$$Q = W_1 + \Delta E_1 = 950 \text{ J}.$$

$B \rightarrow C$: $W_2 = 0$

$$\Delta E_2 = \nu C_V(T_C - T_B) = 3(p_C V_C - p_B V_B) / 2 = -600 \text{ J}.$$

$$Q_2 = W_2 + \Delta E_2 = -600 \text{ J}.$$

$C \rightarrow A$: $W_3 = p_A(V_A - V_C) = -100 \text{ J}$.

$$\Delta E_3 = \nu C_V(T_A - T_C) = \frac{3}{2}(p_A V_A - p_C V_C) = -150 \text{ J}.$$

$$Q_3 = W_3 + \Delta E_3 = -250 \text{ J}$$

(2) $W = W_1 + W_2 + W_3 = 100 \text{ J}$.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 100 \text{ J}$$

4. 解: 氦气为单原子分子理想气体, $i = 3$

(1) 等体过程, $V = \text{常量}$, $W = 0$

据 $Q = \Delta E + W$ 可知

$$Q = \Delta E = \frac{M}{M_{\text{mol}}} C_V (T_2 - T_1) = 623 \text{ J}$$

(2) 定压过程, $p = \text{常量}$,

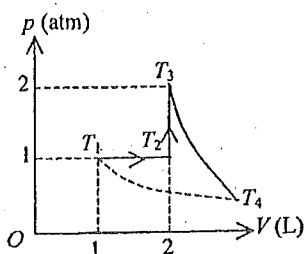
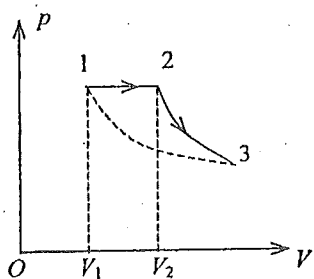
$$Q = \frac{M}{M_{\text{mol}}} C_p (T_2 - T_1) = 1.04 \times 10^3 \text{ J}$$

ΔE 与(1) 相同.

$$W = Q - \Delta E = 417 \text{ J}$$

(3) $Q = 0$, ΔE 与(1) 同

$$W = -\Delta E = -623 \text{ J} \text{ (负号表示外界作功)}$$



(5 题图)

(6 题图)

5. 解: (1) $p-V$ 图如图.

(2) $T_1 = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}$

据 $V_1/T_1 = V_2/T_2$,

得 $T_2 = V_2 T_1 / V_1 = 600 \text{ K}$

$$Q = \nu C_p (T_2 - T_1) = 1.25 \times 10^4 \text{ J}$$

(3) $\Delta E = 0$

(4) 据 $Q = W + \Delta E$

$\therefore W = Q = 1.25 \times 10^4 \text{ J}$

6. 解: (1) $p-V$ 图如右图.

(2) $T_4 = T_1 \quad \Delta E = 0$

(3) $Q = \frac{M}{M_{mol}} C_p (T_2 - T_1) + \frac{M}{M_{mol}} C_v (T_3 - T_2)$

$= \frac{5}{2} p_1 (2V_1 - V_1) + \frac{3}{2} [2V_1 (2p_1 - p_1)]$

$= \frac{11}{2} p_1 V_1 = 5.6 \times 10^2 \text{ J}$

(4) $W = Q = 5.6 \times 10^2 \text{ J}$

7. 解: 由图可看出 $p_A V_A = p_C V_C$
从状态方程 $pV = \nu RT$ 可知 $T_A = T_C$,

因此全过程 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 的 $\Delta E = 0$.

$B \rightarrow C$ 过程是绝热过程, 有 $Q_{BC} = 0$.

$A \rightarrow B$ 过程是等压过程, 有

$Q_{AB} = \nu C_p (T_B - T_A) = \frac{5}{2} (p_B V_B - p_A V_A) = 14.9 \times 10^5 \text{ J}$.

故全过程 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 的 $Q = Q_{BC} + Q_{AB} = 14.9 \times 10^5 \text{ J}$.

根据热一律 $Q = W + \Delta E$, 得全过程 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 的

$W = Q - \Delta E = 14.9 \times 10^5 \text{ J}$.

8. 解: (1) $\Delta E = C_v (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$

(2) $W = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1)$,

W 为梯形面积, 根据相似三角形有 $p_1 V_2 = p_2 V_1$, 则

$W = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$.

(3) $Q = \Delta E + W = 3(p_2 V_2 - p_1 V_1)$.

(4) 以上计算对于 $A \rightarrow B$ 过程中任一微小状态变化均成立, 故过程中

$\Delta Q = 3 \Delta (pV)$.

由状态方程得

$\Delta (pV) = R \Delta T$,

故

$\Delta Q = 3R \Delta T$,

摩尔热容

$C = \Delta Q / \Delta T = 3R$.

9. 解: (1) \therefore 刚性多原子分子 $i = 6, \gamma = \frac{i+2}{i} = 4/3$

$\therefore T_2 = T_1 (p_2 / p_1)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 600 \text{ K}$

$\Delta E = (M / M_{mol}) \frac{1}{2} i R (T_2 - T_1) = 7.48 \times 10^3 \text{ J}$

(2) \therefore 绝热 $W = -\Delta E = -7.48 \times 10^3 \text{ J}$ (外界对气体做功)

(3) $\therefore p_2 = n k T_2$

$$\therefore n = p_2 / (kT_2) = 1.96 \times 10^{26} \text{ 个/m}^3$$

$$10. \text{ 解: (1) } dW = pdV = (a^2/V^2)dV$$

$$W = \int dW = \int_1^2 (a^2/V^2)dV = a^2 \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right)$$

$$(2) \therefore \begin{aligned} p_1 V_1 / T_1 &= p_2 V_2 / T_2 \\ T_1 / T_2 &= p_1 V_1 / (p_2 V_2) \end{aligned}$$

$$\text{由得} \quad V_1 = a / \sqrt{p_1}, \quad V_2 = a / \sqrt{p_2}$$

$$\therefore \quad p_1 / p_2 = (V_2 / V_1)^2$$

$$T_1 / T_2 = (V_2 / V_1)^2 (V_1 / V_2) = V_2 / V_1$$

$$11. \text{ 解: 据 } E = (M / M_{mol}) \frac{1}{2} iRT, \quad pV = (M / M_{mol})RT$$

$$\text{得} \quad E = \frac{1}{2} ipV$$

$$\text{变化前} \quad E_1 = \frac{1}{2} ip_1 V_1, \quad \text{变化后} \quad E_2 = \frac{1}{2} ip_2 V_2$$

$$\text{绝热过程} \quad p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

$$\text{即} \quad (V_1 / V_2)^\gamma = p_2 / p_1$$

$$\text{题设 } p_2 = \frac{1}{2} p_1, \quad \text{则} \quad (V_1 / V_2)^\gamma = \frac{1}{2}$$

$$\text{即} \quad V_1 / V_2 = \left(\frac{1}{2} \right)^{1/\gamma}$$

$$\therefore E_1 / E_2 = \frac{1}{2} ip_1 V_1 / \left(\frac{1}{2} ip_2 V_2 \right) = 2 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{1/\gamma} = 2^{1 - 1/\gamma} = 1.22$$

$$12. \text{ 解: 在等温过程中, } \Delta T = 0$$

$$Q = (M / M_{mol}) RT \ln(V_2 / V_1)$$

$$\text{得} \quad \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{Q}{(M / M_{mol}) RT} = 0.0882$$

$$\text{即} \quad V_2 / V_1 = 1.09$$

$$\text{末态压强} \quad p_2 = (V_1 / V_2) p_1 = 0.92 \text{ atm}$$

$$13. \text{ 解: 等压过程} \quad W = p \Delta V = (M / M_{mol}) R \Delta T$$

$$\text{内能增量} \quad \Delta E = (M / M_{mol}) \frac{1}{2} iR \Delta T = \frac{1}{2} iW$$

$$\text{双原子分子} \quad i = 5$$

$$\therefore Q = \Delta E + W = \frac{1}{2} iW + W = 7 \text{ J}$$

14. 解: 设左、右两室中气体在等温过程中对外做功分别用 W_1 、 W_2 表示, 外力作用用 W' 表示. 由题知气缸总体积为 $2V_0$, 左右两室气体初态体积均为 V_0 , 末态体积各为 $4V_0/3$ 和 $2V_0/3$.

据等温过程理想气体做功:

$$W = (M / M_{mol}) RT \ln(V_2 / V_1)$$

得

$$W_1 = p_0 V_0 \ln \frac{4V_0}{3V_0} = p_0 V_0 \ln \frac{4}{3}$$

得

$$W_2 = p_0 V_0 \ln \frac{2V_0}{3V_0} = p_0 V_0 \ln \frac{2}{3}$$

现活塞缓慢移动, 作用于活塞两边的力应相等, 则

$$W' + W_1 = -W_2$$

$$W' = -W_1 - W_2 = -p_0 V_0 \left(\ln \frac{4}{3} + \ln \frac{2}{3} \right) = p_0 V_0 \ln \frac{9}{8}$$

15. 解: 初态参量 p_0 、 V_0 、 T_0 。末态参量 p_0 、 $5V_0$ 、 T 。

$$\text{由 } p_0 V_0 / T_0 = p_0 (5V_0) / T$$

得

$$T = 5T_0$$

p - V 图如图所示

等温过程:

$$\Delta E = 0$$

$$Q_T = W_T = (M/M_{mol})RT \ln(V_2/V_1) \\ = 3RT_0 \ln 5 = 1.09 \times 10^4 \text{ J} \quad 2 \text{ 分}$$

等体过程:

$$W_V = 0$$

$$Q_V = \Delta E_V = (M/M_{mol})C_V \Delta T \\ = (M/M_{mol})C_V(4T_0) = 3.28 \times 10^3 C_V$$

由

$$Q = Q_T + Q_V$$

得

$$C_V = (Q - Q_T) / (3.28 \times 10^3) = 21.0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{C_V + R}{C_V} = 1.40$$

16. 解: 已知 $p_2 = \frac{1}{2} p_1$, 且气体比热容比 $\gamma = 1.4$ 则绝热过程

$$V_2 = (p_1/p_2)^{1/\gamma} V_1 = 2^{0.714} V_1$$

故

$$E_2/E_1 = T_2/T_1 = p_2 V_2 / (p_1 V_1) = 2^{0.714} / 2 = 0.82$$

17. 解: 由图可得

A 态:

$$p_A V_A = 8 \times 10^5 \text{ J}$$

B 态:

$$p_B V_B = 8 \times 10^5 \text{ J}$$

$\therefore p_A V_A = p_B V_B$, 根据理想气体状态方程可知

$$T_A = T_B, \quad \Delta E = 0$$

根据热力学第一定律得:

$$Q = W = p_A(V_C - V_A) + p_B(V_B - V_D) = 1.5 \times 10^6 \text{ J}$$

18. 解: 已知 He 气开始时的状态为 p_0 、 V_0 、 T_0 。先向真空绝热膨胀:

$$W = 0, \quad Q = 0 \rightarrow \Delta E = 0 \rightarrow \Delta T = 0$$

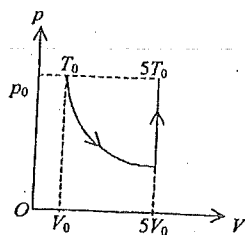
\therefore

$$T_1 = T_0, \quad V_1 = 2V_0$$

由 $pV = RT$

$$p_1 = \frac{1}{2} p_0$$

再作绝热压缩, 气体状态由 p_1 、 V_1 、 T_1 , 变为 p_2 、 V_0 、 T_2 ,



(15 题图)

$$p_2 V_0^\gamma = p_1 V_1^\gamma = \frac{1}{2} p_0 (2V_0)^\gamma$$

$$\therefore p_2 = 2^{\gamma-1} p_0$$

再由 $p_2 V_0 / T_2 = p_0 V_0 / T_0$

可得 $T_2 = 2^{\gamma-1} T_0$

氢气 $\gamma = 5/3$, $T_2 = 4^{1/3} T_0$

\therefore 温度升高 $\Delta T = T_2 - T_0 = (4^{1/3} - 1) T_0$

$T_0 = 273 \text{ K}$, $\Delta T = 160 \text{ K}$

19. 解: 开始时气体体积与温度分别为 $V_1 = 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ K}$

\therefore 气体的压强为 $p_1 = RT_1 / V_1 = 1.108 \times 10^5 \text{ Pa}$

大气压 $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $p_1 > p_0$

可见, 气体的降温过程分为两个阶段: 第一个阶段等体降温, 直至气体压强 $p_2 = p_0$, 此时温度为 T_2 , 放热 Q_1 ; 第二个阶段等压降温, 直至温度 $T_3 = T_0 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$, 放热 Q_2

$$(1) \quad Q_1 = C_V (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} R (T_1 - T_2)$$

$$T_2 = (p_2 / p_1) T_1 = 365.7 \text{ K}$$

$\therefore Q_1 = 428 \text{ J}$

$$(2) \quad Q_2 = C_p (T_2 - T_3) = \frac{5}{2} R (T_2 - T_3) = 1365 \text{ J}$$

\therefore 总计放热 $Q = Q_1 + Q_2 = 1.79 \times 10^3 \text{ J}$

20. 解: 已知 $M / M_{\text{mol}} = 2 \text{ mol}$

$$p_1 = p_0 = 1.0131 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 273 \text{ K}$$

由此得氢气开始时体积 $V_1 = 2RT_1 / p_1 = 44.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. 气体先等压膨胀升温到活塞达到容器上边缘, 吸热 Q_1 , 过程中

$$V_1 \rightarrow V_2 = 2V_1, \quad T_1 \rightarrow T_2, \quad p_1 = p_2 = p_0$$

$$V_2 = 89.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_2 = (V_2 / V_1) T_1 = 2T_1 = 2 \times 273 \text{ K} = 546 \text{ K}$$

$$Q_1 = (M / M_{\text{mol}}) C_p (T_2 - T_1) = 2 \left(\frac{5}{2} R + R \right) (2T_1 - T_1) = 1.59 \times 10^4 \text{ J}$$

气体再等体升温升压, 吸热 Q_2 . 过程中

$$T_2 \rightarrow T_3, \quad p_2 \rightarrow p_3, \quad V_3 = V_2$$

$$Q_2 = Q - Q_1 = 4.12 \times 10^3 \text{ J}$$

$\therefore Q_2 = (M / M_{\text{mol}}) C_V (T_3 - T_2)$

$$\therefore T_3 = \frac{Q_2}{(M / M_{\text{mol}}) C_V} + T_2 = \frac{Q_2}{2 \left(\frac{5}{2} R \right)} = 645 \text{ K}$$

$$p_3 = (T_3 / T_2) p_2 = 1.20 \times 10^5 \text{ Pa}$$

\therefore 最后氢气的压强为 $1.20 \times 10^5 \text{ Pa}$, 温度为 645 K , 体积为 $89.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

21. 解: $(dp / dV)_T = -(p / V)$

$$(dp / dV)_q = -\gamma (p / V)$$

$$\therefore (dp/dV)_T / (dp/dV)_Q = 1/\gamma = 0.714$$

$$\therefore \gamma = 1/0.714 = 1.4$$

由 $C_p/C_V = \gamma$, $(C_V + R)/C_V = \gamma$ 可得

$$C_V = R/(\gamma - 1) = 20.8 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

22. 解: (1) 气体对外作的功等于线段 \overline{ac} 下所围的面积

$$W = (1/2) \times (1+3) \times 1.013 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} \text{ J} = 405.2 \text{ J}$$

(2) 由图看出 $P_a V_a = P_c V_c$ $\therefore T_a = T_c$
内能增量 $\Delta E = 0$.

(3) 由热力学第一定律得

$$Q = \Delta E + W = 405.2 \text{ J}$$

23. 解: (1) 如图, 在 $A \rightarrow B$ 的等温过程中, $\Delta E_T = 0$,

$$\therefore Q_T = W_T = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 V_1}{V} dV = p_1 V_1 \ln(V_2/V_1)$$

将 $p_1 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 和 $V_2 = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 代入上式, 得 $Q_T \approx 7.02 \times 10^2 \text{ J}$

(2) $A \rightarrow C$ 等体和 $C \rightarrow B$ 等压过程中

$\therefore A, B$ 两态温度相同, $\therefore \Delta E_{ABC} = 0$

$$Q_{ACB} = W_{ACB} = W_{CB} = P_2(V_2 - V_1)$$

又 $P_2 = (V_1/V_2)P_1 = 0.5 \text{ atm}$

$$\therefore Q_{ACB} = 0.5 \times 1.013 \times 10^5 \times (2.0 - 1.0) \times 10^{-2} \text{ J} \approx 5.07 \times 10^2 \text{ J}$$

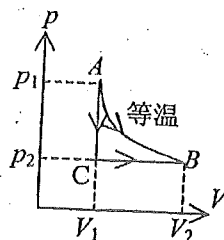
24. 解: (1) $W = p \Delta V = R \Delta T = 598 \text{ J}$

$$(2) \Delta E = Q - W = 1.00 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(3) C_p = \frac{Q}{\Delta T} = 22.2 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C_V = C_p - R = 13.9 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1.6$$



(23 题图)

25. 解: (1) 对 A, B 两部分气体缓慢地加热, 皆可看作准静态过程, 两室内是同种气体, 而且开始时两部分气体的 p, V, T 均相等, 所以两室内气体的摩尔数 M/M_{mol} 也相同.

A 室气体经历的是等体过程, B 室气体经历的是等压过程, 所以 A, B 室气体吸收的热量分别为

$$Q_A = (M/M_{mol}) C_V (T_A - T)$$

$$Q_B = (M/M_{mol}) C_p (T_B - T) \quad 2 \text{ 分}$$

已知 $Q_A = Q_B$, 由上两式可得 $\gamma = C_p/C_V = \Delta T_A/\Delta T_B = 7/5$

因为 $C_p = C_V + R$, 代入上式得 $C_V = \frac{5}{2} R$, $C_p = \frac{7}{2} R$

(2) B 室气体做功为 $W = p \cdot \Delta V = (M/M_{mol}) R \Delta T_B$
 B 室中气体吸收的热量用于做功的百分比为

$$\frac{W}{Q_B} = \frac{(M/M_{mol})R\Delta T_B}{(M/M_{mol})C_p\Delta T_B} = \frac{R}{C_p} = \frac{R}{\frac{7}{2}R} = 28.6\%$$

26. 解: 取 A、B 两部分的气体为系统, 依题意知, 在外界压缩 A 部分的气体, 做功为 W 的过程中, 系统与外界交换的热量 Q 为零, 根据热力学第一定律, 有

$$Q = \Delta E + (-W) = 0 \quad (1)$$

设 A、B 部分气体的内能变化分别为 ΔE_A 和 ΔE_B , 则系统内能的变化为

$$\Delta E = \Delta E_A + \Delta E_B \quad (2)$$

因为 C 是导热的, 故两部分气体的温度始终相同, 设该过程中的温度变化为 ΔT , 则 A、B 两部分气体内能的变化分别为

$$\Delta E_A = \frac{3}{2}R\Delta T \quad (3)$$

$$\Delta E_B = \frac{5}{2}R\Delta T \quad (4)$$

将②、③、④代入①式解得 $\Delta T = W/(4R)$

将上式代入④式得 $\Delta E_B = \frac{5}{2}R \frac{W}{4R} = \frac{5}{8}W$

27. 解: (1) 由等温线 $pV = C$ 得 $(\frac{dp}{dV})_T = -\frac{p}{V}$

由绝热线 $pV^\gamma = C$ 得 $(\frac{dp}{dV})_Q = -\gamma \frac{p}{V}$

由题意知 $\frac{(dp/dV)_T}{(dp/dV)_Q} = \frac{-p/V}{-\gamma p/V} = \frac{1}{\gamma} = 0.714$

故 $\gamma = 1/0.714 = 1.4$

由绝热方程 $p_1V_1^\gamma = p_2V_2^\gamma$

可得 $p_2 = p_1(\frac{V_1}{V_2})^\gamma = 7.58 \times 10^4 \text{ Pa}$

$$(2) \quad W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} p_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma dV = \frac{p_1V_1 - p_2V_2}{\gamma - 1} = 60.5 \text{ J}$$

28. 解: 混合气体的定体摩尔热容为

$$C_V = \frac{Q}{\nu\Delta T} = \frac{Q_1 + Q_2}{(\nu_1 + \nu_2)\Delta T} = \frac{\nu_1 C_{V1}\Delta T + \nu_2 C_{V2}\Delta T}{(\nu_1 + \nu_2)\Delta T} = \frac{\nu_1 C_{V1} + \nu_2 C_{V2}}{\nu_1 + \nu_2} \quad (1)$$

同理可得混合气体的定压摩尔热容为

$$C_p = \frac{\nu_1 C_{p1} + \nu_2 C_{p2}}{\nu_1 + \nu_2} \quad (2)$$

已知 $\nu_1 = 2 \text{ mol}$, $\nu_2 = 3 \text{ mol}$

$$C_{V1} = \frac{3}{2}R, C_{V2} = \frac{5}{2}R, C_{p1} = \frac{5}{2}R, C_{p2} = \frac{7}{2}R,$$

代入①和②式得

$$\begin{aligned} C_V &= 2.1R \\ C_p &= 3.1R \\ \gamma &= \frac{C_p}{C_V} = 1.476 \end{aligned}$$

29. 解: (1) 在过程 I 中气体对外作的功 W_1 等于 pV 图过程 I 直线下的面积, 即

$$W_1 = (p_1 + p_2)(V_2 - V_1)/2$$

气体经历过程 I, 内能的增量(刚性双原子分子 $C_V = \frac{5}{2}R$)

$$\Delta E_1 = C_V(T_2 - T_1) = \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{5}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$$

根据热力学第一定律, 气体在过程 I 中吸收的热量 Q_1 为

$$\begin{aligned} Q_1 &= \Delta E_1 + W_1 = \frac{5}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) + \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) \\ &= 2.02 \times 10^3 \text{ J}. \end{aligned}$$

(2) 在过程 II 中气体对外作的功 W_2 为

$$W_2 = \int_{V_2}^{V_3} p dV = p_2 \sqrt{V_2} \int_{V_2}^{V_3} dV / \sqrt{V} = 2(p_3V_3 - p_2V_2)$$

又根据 $pV^{1/2} = C$ 得

$$V_3 = V_2(p_2/p_3)^2 = 32 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_2 = 4.85 \times 10^3 \text{ J}$$

∴ 整个过程气体对外作的功

$$W = W_1 + W_2 = 5.10 \times 10^3 \text{ J}$$

整个过程气体内能的增量

$$\Delta E = C_V(T_3 - T_1) = \frac{5}{2}R(T_3 - T_1)$$

$$= \frac{5}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) = 7.83 \times 10^3 \text{ J}$$

∴ 根据热力学第一定律, 整个过程气体吸的热量

$$Q = \Delta E + W = 1.29 \times 10^4 \text{ J}$$

30. 解: 设 I、II 中气体末态的温度分别为 T_1 和 T_2 , I、II 中气体内能的增量分别为 ΔE_1 和 ΔE_2 . 因容器是绝热的, 故外力作的功 W 应等于容器内气体内能的增量 ΔE , 即

$$W = \Delta E$$

而

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2$$

$$\Delta E_1 = \nu C_V(T_1 - T_0) \quad C_V = \frac{1}{2}iR$$

$$T_1 \left(\frac{1}{2}V_0\right)^{\gamma-1} = T_0 V_0^{\gamma-1}, \quad \gamma = (i+2)/i$$

∴

$$T_1 = T_0 2^{2/i}$$

则

$$\Delta E_1 = \frac{1}{2} \nu i R T_0 (2^{2/i} - 1)$$

$$\Delta E_2 = \nu C_V (T_2 - T_0) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_0)$$

$$T_2 \left(\frac{3}{2} V_0\right)^{\gamma-1} = T_0 V_0^{\gamma-1}$$

∴

$$T_1 = T_0 (2/3)^{2/\nu}$$

则

$$\Delta E_2 = \left(\frac{1}{2} \nu R\right) T_0 [(2/3)^{2/\nu} - 1]$$

∴

$$W = \Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 = \frac{1}{2} \nu R T_0 [2^{2/\nu} + (2/3)^{2/\nu} - 1]$$

31. 解: (1) 令 p_1 、 V_1 分别表示气缸中气体初态的压强和体积, 根据理想气体状态方程

$$p_1 = RT_1/V_1 = RT_1/S l_1 = 1.13 \times 10^5 \text{ Pa}$$

因而气缸中气体施于活塞向上的作用力为

$$f_1 = p_1 S = 2.28 \times 10^3 \text{ N}$$

而气缸外气体施于活塞向下的作用力为

$$f_0 = p_0 S = 2.02 \times 10^3 \text{ N}$$

活塞所受重力 $= mg = 1.00 \times 10^3 \text{ N}$, 显然 $mg + p_0 S > p_1 S$ 所以开始加热时活塞并不立即上升, 只有加热到气缸中的气体压强变为

$$p_2 = (p_0 S + mg)/S = 1.51 \times 10^5 \text{ Pa}$$

时活塞才开始上升. 所以气体经历的过程是由等容升温和等压膨胀两个过程组成的.

(2) 根据理想气体状态方程, 气缸中气体末态的温度 $T_2 = p_2 V_2 / R$, 气体末态的体积

$$V_2 = (l_1 + l_2) S$$

∴

$$T_2 = p_2 (l_1 + l_2) S / R = 545 \text{ K}$$

整个过程气体内能的增量 $\Delta E = C_V (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)$

气体在整个过程对外作的功等于等压过程对外作的功 $W = W_p = p_2 l_2 S$

气体在整个过程中吸的热量为 Q , 根据热力学第一定律

$$Q = \Delta E + W = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + p_2 l_2 S = 4.90 \times 10^3 \text{ J}$$

32. 解: 已知 I, II 中气体初态的压强 $p_0 = 1 \text{ atm}$, 体积 $V_0 = 36 \text{ L}$, 温度 $T_0 = 273 \text{ K}$. 设 I, II 中气体末态的压强、体积和温度分别为 p_1 、 V_1 、 T_1 和 p_2 、 V_2 、 T_2 .

(1) II 中气体经历的是绝热过程, 则

$$p_0 V_0^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

刚性双原子分子

$$\gamma = (i+2)/i = 7/5 = 1.4$$

∴

$$p_2 = p_0 (V_0/V_2)^\gamma = 2.64 \text{ atm}$$

因为是平衡过程, 故

$$p_1 = p_2 = 2.64 \text{ atm}$$

又

$$V_1 = V_0 + \frac{1}{2} V_0 = 54 \text{ L}$$

根据理想气体状态方程得 $T_1 = p_1 V_1 T_0 / (p_0 V_0) = 1.081 \times 10^3 \text{ K}$

(2) I 中气体内能的增量 $\Delta E_1 = \nu C_V (T_1 - T_0)$

$$\begin{aligned} &= \nu \frac{5}{2} R (T_1 - T_0) = \frac{5}{2} (p_1 V_1 - p_0 V_0) \\ &= 2.69 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

I 中气体对外作的功 $W_1 = \text{II}$ 中气体内能的增量 ΔE_2 , 可得

$$W_1 = \frac{5}{2}(p_2 V_2 - p_0 V_0) = 2.91 \times 10^3 \text{ J}$$

根据热力学第一定律, I 中气体吸的热量

$$Q_1 = W_1 + \Delta E_1 = 2.98 \times 10^4 \text{ J}$$

33. 解: 由绝热过程方程得 $T_2 = T_1 (p_1 / p_2)^{(1-\gamma/\gamma)}$

单原子分子理想气体 $\gamma = 1.67$, $\therefore T_2 = 210 \text{ K}$.

绝热过程 $Q = 0$, 则根据热力学第一定律可得

$$W = -\Delta E = \nu i R (T_1 - T_2) / 2 = 4.74 \times 10^3 \text{ J}$$

34. 解: 该氮气系统经历的全部过程如图.

设初态的压强为 p_0 、体积为 V_0 、温度为 T_0 , 而终态压强为 p_0 、体积为 V 、温度为 T . 在全部过程中氮气对外所作的功

$$W = W(\text{等压}) + W(\text{等温})$$

$$W(\text{等压}) = p_0(2V_0 - V_0) = RT_0$$

$$W(\text{等温}) = 4p_0 V_0 \ln(2p_0 / p_0)$$

$$= 4p_0 V_0 \ln 2 = 4RT_0 \ln 2$$

$$\therefore W = RT_0 + 4RT_0 \ln 2 = RT_0(1 + 4 \ln 2) = 9.41 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\text{氮气内能改变 } \Delta E = C_V(T - T_0) = \frac{5}{2} R(4T_0 - T_0)$$

$$= 15RT_0 / 2 = 1.87 \times 10^4$$

$$\text{氮气在全部过程中吸收的热量 } Q = \Delta E + W = 2.81 \times 10^4 \text{ J}$$

35. 解: (1) 由 $\frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3}$ 和 $C_p - C_V = R$

可解得 $C_p = \frac{5}{2} R$ 和 $C_V = \frac{3}{2} R$

(2) 该理想气体的摩尔数 $\nu = \frac{p_0 V_0}{RT_0} = 4 \text{ mol}$

在全过程中气体内能的改变量为 $\Delta E = \nu C_V(T_1 - T_2) = 7.48 \times 10^3 \text{ J}$

全过程中气体对外作的功 $W = \nu RT_1 \ln \frac{p_1}{p_0}$

式中

$$p_1 / p_0 = T_1 / T_0$$

则

$$W = \nu RT_1 \ln \frac{T_1}{T_0} = 6.06 \times 10^3 \text{ J}$$

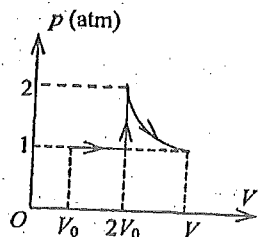
全过程中气体从外界吸的热量为 $Q = \Delta E + W = 1.35 \times 10^4 \text{ J}$.

36. 解: 等压过程末态的体积

$$V_1 = \frac{V_0}{T_0} T_1$$

等压过程气体对外作功

$$W_1 = p_0(V_1 - V_0) = p_0 V_0 \left(\frac{T_1}{T_0} - 1 \right) = 200 \text{ J}$$



(34 题图)

根据热力学第一定律, 绝热过程气体对外作的功为

$$W_2 = -\Delta E = -\nu C_V(T_2 - T_1)$$

这里

$$\nu = \frac{p_0 V_0}{RT_0}, \quad C_V = \frac{5}{2}R,$$

则

$$W_2 = -\frac{5p_0 V_0}{2T_0}(T_2 - T_1) = 500 \text{ J}$$

气体在整个过程中对外作的功为 $W = W_1 + W_2 = 700 \text{ J}$.

37. 解: 正循环 $EDCE$ 包围的面积为 70 J , 表示系统对外作正功 70 J ; $EABE$ 的面积为 30 J , 因图中表示为逆循环, 故系统对外作负功, 所以整个循环过程系统对外

做功为: $W = 70 + (-30) = 40 \text{ J}$

设 CEA 过程中吸热 Q_1 , BED 过程中吸热 Q_2 , 由热一律,

$$W = Q_1 + Q_2 = 40 \text{ J}$$

$$Q_2 = W - Q_1 = 40 - (-100) = 140 \text{ J}$$

BED 过程中系统从外界吸收 140 焦耳热.

38. 解: 设 a 状态的状态参量为 p_0, V_0, T_0 , 则 $p_b = 9p_0, V_b = V_0, T_b = (p_b/p_a)T_a = 9T_0$

$$\therefore p_c = \frac{p_0 V_c^2}{V_0^2} \quad \therefore V_c = \sqrt{\frac{p}{p_0}} V_0 = 3V_0$$

$$\therefore p_c V_c = RT_c \quad \therefore T_c = 27T_0$$

$$(1) \text{ 过程 I } Q_V = C_V(T_b - T_a) = \frac{3}{2}R(9T_0 - T_0) = 12RT_0$$

$$\text{过程 II } Q_p = C_p(T_c - T_b) = 45RT_0$$

$$\begin{aligned} \text{过程 III } Q &= C_V(T_a - T_c) + \int_{V_c}^{V_a} (p_0 V^2) dV / V_0^2 \\ &= \frac{3}{2}R(T_0 - 27T_0) + \frac{p_0}{3V_0^2}(V_a^3 - V_c^3) \\ &= -39RT_0 + \frac{p_0(V_0^3 - 27V_0^3)}{3V_0^2} = -47.7RT_0 \end{aligned}$$

$$(2) \eta = 1 - \frac{|Q|}{Q_V + Q_p} = 1 - \frac{47.7RT_0}{12RT_0 + 45RT_0} = 16.3\%$$

$$39. \text{ 解: (1) } Q_1 = RT_1 \ln(V_2/V_1) = 5.35 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(2) \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0.25.$$

$$W = \eta Q_1 = 1.34 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(3) Q_2 = Q_1 - W = 4.01 \times 10^3 \text{ J}$$

40. 解: 由图, $p_A = 300 \text{ Pa}$, $p_B = p_C = 100 \text{ Pa}$; $V_A = V_C = 1 \text{ m}^3$, $V_B = 3 \text{ m}^3$.

(1) $C \rightarrow A$ 为等体过程, 据方程 $p_A/T_A = p_C/T_C$ 得

$$T_C = T_A p_C / p_A = 100 \text{ K.}$$

B→C 为等压过程, 据方程 $V_B/T_B = V_C/T_C$ 得

$$T_B = T_C V_B / V_C = 300 \text{ K.}$$

(2) 各过程中气体所作的功分别为

$$A \rightarrow B: \quad W_1 = \frac{1}{2}(p_A + p_B)(V_B - V_C) = 400 \text{ J.}$$

$$B \rightarrow C: \quad W_2 = p_B(V_C - V_B) = -200 \text{ J.}$$

$$C \rightarrow A: \quad W_3 = 0$$

(3) 整个循环过程中气体所作总功为

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 200 \text{ J.}$$

因为循环过程气体内能增量为 $\Delta E = 0$, 因此该循环中气体总吸热

$$Q = W + \Delta E = 200 \text{ J.}$$

41. 解: (1) 过程 ab 与 bc 为吸热过程,

吸热总和为

$$\begin{aligned} Q_1 &= C_V(T_b - T_a) + C_p(T_c - T_b) \\ &= \frac{3}{2}(p_b V_b - p_a V_a) + \frac{5}{2}(p_c V_c - p_b V_b) \\ &= 800 \text{ J} \end{aligned}$$

(2) 循环过程对外所作总功为图中矩形面积

$$W = p_b(V_c - V_b) - p_d(V_d - V_a) = 100 \text{ J}$$

(3) $T_a = p_a V_a / R$, $T_c = p_c V_c / R$, $T_b = p_b V_b / R$, $T_d = p_d V_d / R$,

$$T_a T_c = (p_a V_a p_c V_c) / R^2 = (12 \times 10^4) / R^2$$

$$T_b T_d = (p_b V_b p_d V_d) / R^2 = (12 \times 10^4) / R^2$$

$$T_a T_c = T_b T_d$$

∴ 42. 解: (1)

$$T_a = p_a V_2 / R = 400 \text{ K}$$

$$T_b = p_b V_1 / R = 636 \text{ K}$$

$$T_c = p_c V_1 / R = 800 \text{ K}$$

$$T_d = p_d V_2 / R = 504 \text{ K}$$

$$(2) \quad E_c = (1/2)RT_c = 9.97 \times 10^3 \text{ J}$$

(3) $b \rightarrow c$ 等体吸热

$$Q_1 = C_V(T_c - T_b) = 2.044 \times 10^3 \text{ J}$$

$d \rightarrow a$ 等体放热

$$Q_2 = C_V(T_d - T_a) = 1.296 \times 10^3 \text{ J}$$

$$W = Q_1 - Q_2 = 0.748 \times 10^3 \text{ J}$$

43. 解:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$Q_1 = \nu C_p(T_B - T_A), \quad Q_2 = \nu C_p(T_C - T_D)$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A} = \frac{T_C(1 - T_D/T_C)}{T_B(1 - T_A/T_B)}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A} = \frac{T_C(1 - T_D/T_C)}{T_B(1 - T_A/T_B)}$$

根据绝热过程方程得到:

$$p_A^{\gamma-1} T_A^{-\gamma} = p_D^{\gamma-1} T_D^{-\gamma}, \quad p_B^{\gamma-1} T_B^{-\gamma} = p_C^{\gamma-1} T_C^{-\gamma}$$

$$p_A = p_B, \quad p_C = p_D,$$

$$T_A/T_B = T_D/T_C$$

故
$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_C}{T_B} = 25\%$$

44. 解: 由图得

$$p_A = 400 \text{ Pa}, \quad p_B = p_C = 100 \text{ Pa},$$

$$V_A = V_B = 2 \text{ m}^3, \quad V_C = 6 \text{ m}^3.$$

(1) $C \rightarrow A$ 为等体过程, 据方程 $p_A/T_A = p_C/T_C$ 得

$$T_C = T_A p_C / p_A = 75 \text{ K}$$

$B \rightarrow C$ 为等压过程, 据方程 $V_B/T_B = V_C/T_C$ 得

$$T_B = T_C V_B / V_C = 225 \text{ K}$$

(2) 根据理想气体状态方程求出气体的物质的量(即摩尔数) ν 为

$$\nu = p_A V_A / RT_A = 0.321 \text{ mol}$$

由 $\gamma = 1.4$ 知该气体为双原子分子气体, $C_V = \frac{5}{2}R$, $C_P = \frac{7}{2}R$

$B \rightarrow C$ 等压过程吸热
$$Q_2 = \frac{7}{2} \nu R (T_C - T_B) = -1400 \text{ J}.$$

$C \rightarrow A$ 等体过程吸热
$$Q_3 = \frac{5}{2} \nu R (T_A - T_C) = 1500 \text{ J}.$$

循环过程 $\Delta E = 0$, 整个循环过程净吸热

$$Q = W = \frac{1}{2} (p_A - p_C) (V_B - V_C) = 600 \text{ J}.$$

$\therefore A \rightarrow B$ 过程净吸热: $Q_1 = Q - Q_2 - Q_3 = 500 \text{ J}$

45. 解: (1)
$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$Q_1 = W \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad \text{且} \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

\therefore

$$Q_2 = T_2 Q_1 / T_1$$

即

$$Q_2 = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} W = \frac{T_2}{T_1 - T_2} W = 24000 \text{ J}$$

由于第二循环吸热

$$Q'_1 = W' + Q'_2 = W' + Q_2 \quad (\because Q'_2 = Q_2)$$

$$\eta' = W' / Q'_1 = 29.4\%$$

(2)

$$T'_1 = \frac{T_2}{1 - \eta'} = 425 \text{ K}$$

46. 解: (1)

1-2 任意过程

$$\Delta E_1 = C_V (T_2 - T_1) = C_V (2T_1 - T_1) = \frac{5}{2} RT_1$$

$$W_1 = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} RT_2 - \frac{1}{2} RT_1 = \frac{1}{2} RT_1$$

$$Q_1 = \Delta E_1 + W_1 = \frac{5}{2} RT_1 + \frac{1}{2} RT_1 = 3RT_1$$

2-3 绝热膨胀过程

$$\Delta E_2 = C_V(T_3 - T_2) = C_V(T_1 - T_2) = -\frac{5}{2}RT_1$$

$$W_2 = -\Delta E_2 = \frac{5}{2}RT_1$$

$$Q_2 = 0$$

3-1 等温压缩过程

$$\Delta E_3 = 0$$

$$W_3 = -RT_1 \ln(V_3/V_1) = -RT_1 \ln(8V_1/V_1) = -2.08 RT_1$$

$$Q_3 = W_3 = -2.08 RT_1$$

$$(2) \quad \eta = 1 - |Q_3|/|Q_1| = 1 - 2.08 RT_1 / (3 RT_1) = 30.7\%$$

47. 解: 水蒸汽的质量 $M = 36 \times 10^{-3} \text{ kg}$

水蒸汽的摩尔质量 $M_{mol} = 18 \times 10^{-3} \text{ kg}$, $i = 6$

$$(1) \quad W_{da} = p_a(V_a - V_d) = -5.065 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(2) \quad \Delta E_{ab} = (M/M_{mol})(i/2)R(T_b - T_a) \\ = (i/2)V_a(p_b - p_a) \\ = 3.039 \times 10^4 \text{ J}$$

$$(3) \quad T_b = \frac{p_b V_a}{(M/M_{mol})R} = 914 \text{ K}$$

$$W_{bc} = (M/M_{mol})RT_b \ln(V_c/V_b) = 1.05 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\text{净功 } W = W_{bc} + W_{da} = 5.47 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(4) \quad Q_1 = Q_{ab} + Q_{bc} = \Delta E_{ab} + W_{bc} = 4.09 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\eta = W/Q_1 = 13\%$$

48. 解: 单原子分子的自由度 $i = 3$. 从图可知, ab 是等压过程,

$$V_a/T_a = V_b/T_b, \quad T_a = T_c = 600 \text{ K}$$

$$T_b = (V_b/V_a)T_a = 300 \text{ K}$$

$$(1) \quad Q_{ab} = C_p(T_b - T_c) = \left(\frac{i}{2} + 1\right)R(T_b - T_c) = -6.23 \times 10^3 \text{ J} \quad (\text{放热})$$

$$Q_{bc} = C_V(T_c - T_b) = \frac{i}{2}R(T_c - T_b) = 3.74 \times 10^3 \text{ J} \quad (\text{吸热})$$

$$Q_{ca} = RT_c \ln(V_a/V_c) = 3.46 \times 10^3 \text{ J} \quad (\text{吸热})$$

$$(2) \quad W = (Q_{bc} + Q_{ca}) - |Q_{ab}| = 0.97 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(3) \quad Q_1 = Q_{bc} + Q_{ca}, \quad \eta = W/Q_1 = 13.4\%$$

49. 解: 据绝热过程方程: $V^\gamma T = \text{恒量}$, 依题意得

$$V_1^{\gamma-1} T_1 = (2V_1)^{\gamma-1} T_2$$

解得

$$T_2/T_1 = 2^{1-\gamma}$$

循环效率

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - 2^{1-\gamma}$$

氮气:

$$\gamma = \frac{i+2}{2}, \quad i = 5, \quad \gamma = 1.4$$

\therefore

$$\eta = 24\%$$

50. 解: 设状态“2”和“4”的温度为 T

$$W = W_{41} + W_{23} = R(T_3 - T) + R(T_1 - T)$$

$$= R(T_1 + T_3) - 2RT$$

∴ $p_1 = p_4, p_2 = p_3, V_1 = V_2, V_3 = V_4$
 而 $p_1 V_1 = RT_1, p_3 V_3 = RT_3, p_2 V_2 = RT, p_4 V_4 = RT$

∴ $T_1 T_3 = p_1 V_1 p_3 V_3 / R^2,$

$$T^2 = p_2 V_2 p_4 V_4 / R^2.$$

得 $T^2 = T_1 T_3, \text{ 即 } T = (T_1 T_3)^{1/2}$

∴ $W = R[T_1 + T_3 - 2(T_1 T_3)^{1/2}]$

51. 解: (1) 对卡诺循环有: $T_1 / T_2 = Q_1 / Q_2$

∴ $T_2 = T_1 Q_2 / Q_1 = 320 \text{ K}$

即: 低温热源的温度为 320 K.

(2) 热机效率: $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 20\%$

52. 解: 设 c 状态的体积为 V_2 , 则由于 a, c 两状态的温度相同, $p_1 V_1 = p_1 V_2 / 4$

故 $V_2 = 4 V_1$

循环过程 $\Delta E = 0, Q = W.$

而在 $a \rightarrow b$ 等体过程中功 $W_1 = 0.$

在 $b \rightarrow c$ 等压过程中功

$$W_2 = p_1(V_2 - V_1) / 4 = p_1(4V_1 - V_1) / 4 = 3 p_1 V_1 / 4$$

在 $c \rightarrow a$ 等温过程中功

$$W_3 = p_1 V_1 \ln(V_2 / V_1) = -p_1 V_1 \ln 4$$

∴ $W = W_1 + W_2 + W_3 = [(3/4) - \ln 4] p_1 V_1$

$$Q = W = [(3/4) - \ln 4] p_1 V_1$$

53. 解: 理想气体卡诺循环的效率 $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

∴ $T_1 = nT_2, \quad \eta = 1 - \frac{1}{n}$

又据 $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{1}{n}$

得 $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{1}{n}$

54. 解: 根据卡诺循环的效率 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

由绝热方程: $\frac{p_1^{r-1}}{T_1} = \frac{p_2^{r-1}}{T_2}$

得 $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}}$

氢为双原子分子, $\gamma = 1.40$, 由 $\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}$

得
$$\frac{T_2}{T_1} = 0.82$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 18\%$$

55. 解: 应用绝热方程

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$$

得

$$\frac{V_3}{V_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad \text{①}$$

由卡诺循环效率

$$\eta = 1 - T_2/T_1$$

得

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1-\eta}$$

\therefore

$$\frac{V_3}{V_2} = \left(\frac{1}{1-\eta}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad \text{②}$$

单原子理想气体

$$\gamma = \frac{i+2}{2} = \frac{5}{3}$$

已知 $\eta = 0.2$, 将 γ 、 η 值代入②式

得
$$\frac{V_3}{V_2} \approx 1.4$$

56. 解: (1) $C \rightarrow A$ 等体过程有

$$p_A/T_A = p_C/T_C$$

\therefore

$$T_C = T_A \left(\frac{p_C}{p_A}\right) = 75 \text{ K}$$

$B \rightarrow C$ 等压过程有

$$V_B/V_C = T_B/T_C$$

\therefore

$$T_B = T_C \left(\frac{V_B}{V_C}\right) = 225 \text{ K}$$

(2) 气体的摩尔数为

$$\nu = \frac{M}{M_{\text{mol}}} = \frac{p_A V_A}{RT_A} = 0.321$$

由 $\gamma = 1.40$ 可知气体为双原子分子气体,

故

$$C_V = \frac{5}{2}R, \quad C_P = \frac{7}{2}R$$

$C \rightarrow A$ 等体吸热过程

$$W_{CA} = 0$$

$$Q_{CA} = \Delta E_{CA} = \nu C_V (T_A - T_C) = 1500 \text{ J}$$

$B \rightarrow C$ 等压压缩过程

$$W_{BC} = p_B (V_C - V_B) = -400 \text{ J}$$

$$\Delta E_{BC} = \nu C_V (T_C - T_B) = -1000 \text{ J}$$

$$Q_{BC} = \Delta E_{BC} + W_{BC} = -1400 \text{ J}$$

$A \rightarrow B$ 膨胀过程

$$W_{AB} = \frac{1}{2} (400 + 100) (6 - 2) \text{ J} = 1000 \text{ J}$$

$$\Delta E_{AB} = \nu C_V (T_B - T_A) = -500 \text{ J}$$

$$Q_{AB} = \Delta E_{AB} + W_{AB} = 500 \text{ J}$$

57. 解: (1) $p-V$ 图上循环曲线如图所示, 其中 ab 为绝热线, bc 为等体线, ca 为等温线。

(2) 等体过程放热为 $Q_V = C_V (T_2 - T_1)$ ①

等温过程吸热为 $Q_T = RT_1 \ln \frac{V_1}{V_1/2}$ ②

绝热过程方程 $V_1^{\gamma-1} T_1 = (\frac{V_1}{2})^{\gamma-1} T_2$ ③

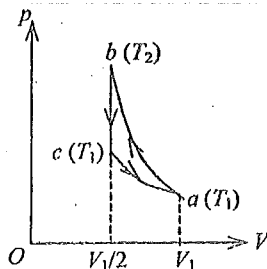
双原子分子气体 $C_V = \frac{5}{2} R, \gamma = 1.4$

由①~③式解得系统一次循环放出的净热量为

$$Q = Q_V - Q_T = \frac{5}{2} R (2^{\gamma-1} - 1) T_1 - RT_1 \ln 2 = 240 \text{ J}$$

若 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则熔解的冰的质量为

$$m = \frac{100Q}{\lambda} = 7.16 \times 10^{-2} \text{ kg}$$



(57 题图)

58. 解: (1) 系统开始处于标准状态 a , 活塞从 I \rightarrow III 为绝热压缩过程, 终态为 b ; 活塞从 III \rightarrow II 为等压膨胀过程, 终态为 c ; 活塞从 II \rightarrow I 为绝热膨胀过程, 终态为 d ; 除去绝热材料系统恢复至原态 a , 该过程为等体过程。该循环过程在 $p-V$ 图上对应的曲线如图所示。

(2) 由题意可知 $p_a = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$,

$$V_a = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3, T_a = 273 \text{ K},$$

$$V_b = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3, V_c = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3.$$

ab 为绝热过程, 据绝热过程方程 $T_a V_a^{\gamma-1} = T_b V_b^{\gamma-1}$, ($\gamma = 7/5$), 得

$$T_b = \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma-1} T_a = 424 \text{ K}$$

bc 为等压过程, 据等压过程方程 $T_b/V_b = T_c/V_c$ 得

$$T_c = \frac{V_c T_b}{V_b} = 848 \text{ K}$$

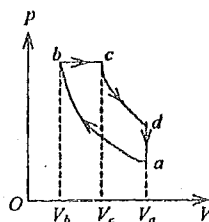
cd 为绝热过程, 据绝热过程方程 $T_c V_c^{\gamma-1} = T_d V_d^{\gamma-1}$, ($V_d = V_a$), 得

$$T_d = \left(\frac{V_c}{V_a}\right)^{\gamma-1} T_c = 721 \text{ K}$$

(3) 在本题循环过程中 ab 和 cd 为绝热过程, 不与外界交换热量; bc 为等压膨胀过程, 吸收热量为 $Q_{bc} = \nu C_p (T_c - T_b)$

式中 $C_p = \frac{7}{2} R$. 又据理想气体状态方程有 $p_a V_a = \nu R T_a$, 可得

$$Q_{bc} = \frac{7}{2} \cdot \frac{p_a V_a}{T_a} (T_c - T_b) = 1.65 \times 10^3 \text{ J}$$



(58 题图)

da 为等体降温过程, 放出热量为

$$|Q_{da}| = \nu C_V (T_d - T_a) = \frac{5}{2} \cdot \frac{p_a V_a}{T_a} (T_d - T_a) = 1.24 \times 10^2 \text{ J}$$

59. 解: 由卡诺循环效率可得热机放出的热量

$$Q_2 = Q_1 \frac{T_3}{T_1}$$

卡诺热机输出的功 $W = \eta Q_1 = (1 - \frac{T_3}{T_1}) Q_1$

由热力学第一定律可得致冷机向暖气系统放出的热量

$$Q'_1 = Q'_2 + W$$

卡诺致冷机是逆向的卡诺循环, 同样有 $Q'_2 = Q'_1 \frac{T_2}{T_3}$

由此解得 $Q'_1 = \frac{WT_3}{T_3 - T_2} = \frac{T_3 Q_1}{T_3 - T_2} (1 - \frac{T_3}{T_1})$

暖气系统总共所得热量 $Q = Q_2 + Q'_1 = \frac{(T_1 - T_2) T_3}{(T_3 - T_2) T_1} Q_1$

$$= 6.27 \times 10^7 \text{ J}$$

60. 解: 由绝热方程 $V_1^{\gamma-1} T_1 = V_2^{\gamma-1} T_2$

得 $T_2 / T_1 = (V_1 / V_2)^{\gamma-1} = 2^{\gamma-1}$

故 $(\bar{v}_2^2)^{1/2} / (\bar{v}_1^2)^{1/2} = (3RT_2 / M_{mol})^{1/2} / (3RT_1 / M_{mol})^{1/2}$
 $= (T_2 / T_1)^{1/2} = 2^{(\gamma-1)/2}$

单原子分子气体 $\gamma = 1.67$

$$\therefore (\bar{v}_2^2)^{1/2} / (\bar{v}_1^2)^{1/2} = 2^{0.335} = 1.26$$

61. 解: 已知 $V = a / \sqrt{p}$, 则有 $p = a^2 / V^2$,

$$\therefore W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{a^2}{V^2} dV = a^2 (1/V_1 - 1/V_2)$$

又由 $pV = \nu RT$ 及上面的 $p = a^2 / V^2$ 得

$$T = a^2 / (\nu R V)$$

$$\therefore T_1 - T_2 = \frac{a^2}{\nu R} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right)$$

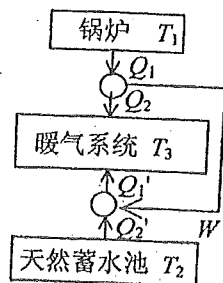
62. 解: 设绝热压缩前气体的体积为 V_1 , 温度为 T_1 ; 压缩后的体积为 $V_2 = V_1 / 2$, 温度为 T_2 ; 气体的比热比为 γ

由绝热方程得:

$$V_1^{\gamma-1} T_1 = V_2^{\gamma-1} T_2$$

$$\therefore T_2 = T_1 (V_1 / V_2)^{\gamma-1} = 2^{\gamma-1} T_1$$

设绝热压缩前后, 气体分子的平均速率分别为 \bar{v}_1 和 \bar{v}_2 ,



(59 题图)

$$\because \bar{v} \propto \sqrt{T} \quad \therefore \bar{v}_2 / \bar{v}_1 = \sqrt{T_2 / T_1}$$

将关系式 $T_2 / T_1 = 2^{\gamma-1}$ 代入上式, 得 $\bar{v}_2 / \bar{v}_1 = 2^{(\gamma-1)/2}$

单原子理想气体 $\gamma = 5/3 \approx 1.67$,

故 $\bar{v}_2 / \bar{v}_1 \approx 1.26$

63. 解: (1) 根据绝热过程方程 $p^{\gamma-1} T^{-\gamma} = C$

$$\text{有} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma}$$

$$\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma}$$

氦为单原子分子, $\gamma = 5/3$

$$\therefore T_2 = 1200 \text{ K}$$

$$(2) \quad n = \frac{p_2}{kT_2} = 1.96 \times 10^{26} \text{ m}^{-3}$$

64. 解: 根据绝热过程方程: $p^{1-\gamma} T^{\gamma}$ 常量,

$$\text{可得} \quad T_2 = T_1 (p_1 / p_2)^{(1-\gamma)/\gamma}$$

刚性双原子分子 $\gamma = 1.4$, 代入上式并代入题给数据, 得

$$T_2 = 410 \text{ K}$$

相对论

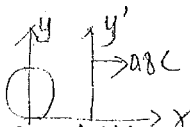
一、选择题

1-10 ABDBBCCAAA 11-22 CCDCACCBABCD

二、填空题

- 一切彼此相对作匀速直线运动的惯性系对于物理学定律都是等价的，一切惯性系中，真空中的光速都是相等的。
- c 3. c 4. c 5. $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$; $x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$ 6. 4.33×10^{-8}
- 2.60×10^8 8. $1.29 \times 10^{-5} \text{ s}$ 9. 8.89×10^{-8} 10. 0.075 m^3 11. $2.91 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $\Delta x/v$ ($\Delta x/v$) $\sqrt{1-(v/c)^2}$ 13. 相对的运动 14. $c\sqrt{1-(a/l_0)^2}$
- $1/\sqrt{1-(u/c)^2}$ m 16. $0.25m_0c^2$ 17. $\frac{1}{2}\sqrt{3}c$ 18. 5.8×10^{-13} 8.04 $\times 10^{-2}$
- $v = \sqrt{3}c/2$ $v = \sqrt{3}c/2$ 20. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ $E_K = mc^2 - m_0c^2$ 21. 4 22. 4
- $\frac{m}{1S}$ $\frac{25m}{91S}$ 24. $9 \times 10^{16} \text{ J}$ $1.5 \times 10^{17} \text{ J}$ 25. $m_0c^2(n-1)$ 26. $c\sqrt{1-(l/l_0)^2}$;
 $m_0c^2(\frac{l_0-l}{l})$ 27. 1.49×10^6

三、计算题



1. 解：由于 B 相对于 A 以 $v = 0.8c$ 匀速运动，因此 B 观测此图形时与 v 平行方向上的线度将收缩为 $2R\sqrt{1-(v/c)^2} = 2b$ ，即是椭圆的短轴。

而与 v 垂直方向上的线度不变，仍为 $2R = 2a$ ，即是椭圆的长轴。所以测得的面积为(椭圆形面积)

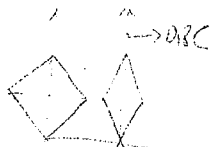
$$S = \pi ab = \pi R \sqrt{1-(v/c)^2} \cdot R = \pi R^2 \sqrt{1-(v/c)^2} = 7.2 \text{ cm}^2$$

2. 解：设立方体的长、宽、高分别以 x_0, y_0, z_0 表示，观察者 A 测得立方体的长、宽、高分别为

$$x = x_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad y = y_0, \quad z = z_0.$$

相应体积为

$$V = xyz = V_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$



观察者 A 测得立方体的质量 $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

故相应密度为 $\rho = m/V = \frac{m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{V_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{V_0 (1 - \frac{v^2}{c^2})}$

3. 解: 令 O 系中测得正方形边长为 a , 沿对角线取 x 轴正方向(如图), 则边长在坐标轴上投影的大小为

$$a_x = \frac{1}{2}\sqrt{2}a, \quad a_y = \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

面积可表示为: $S = 2a_x \cdot a_y$

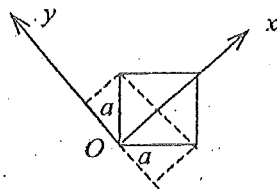
在以速度 v 相对于 O 系沿 x 正方向运动的 O' 系中

$$a'_x = a_x \sqrt{1 - (v/c)^2} = 0.6 \times \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

$$a'_y = a_y = \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

在 O' 系中测得的图形为菱形, 其面积亦可表示为

$$S' = 2a'_y \cdot a'_x = 0.6a^2 = 60 \text{ cm}^2$$



4. 解: (1) 观测站测得飞船船身的长度为

$$L = L_0 \sqrt{1 - (v/c)^2} = 54 \text{ m}$$

则

$$\Delta t_1 = L/v = 2.25 \times 10^{-7} \text{ s}$$

(2) 宇航员测得飞船船身的长度为 L_0 , 则

$$\Delta t_2 = L_0/v = 3.75 \times 10^{-7} \text{ s}$$

5. 解: 令 S' 系与 S 系的相对速度为 v , 有

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad (\Delta t / \Delta t')^2 = 1 - (v/c)^2$$

则

$$v = c \cdot (1 - (\Delta t / \Delta t')^2)^{1/2} \quad (= 2.24 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$$

那么, 在 S' 系中测得两事件之间距离为:

$$\Delta x' = v \cdot \Delta t' = c(\Delta t'^2 - \Delta t^2)^{1/2} = 6.72 \times 10^8 \text{ m}$$

6. 答: 在太阳参照系中测量地球的半径在它绕太阳公转的方向缩短得最多.

$$R = R_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

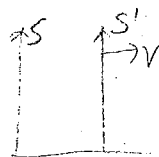
其缩短的尺寸为: $\Delta R = R_0 - R = R_0(1 - \sqrt{1 - (v/c)^2}) \approx \frac{1}{2} R_0 v^2 / c^2$

$$\Delta R = 3.2 \text{ cm}$$

7. 解: 它符合相对论的时间膨胀(或运动时钟变慢)的结论

设 μ^+ 子相对于实验室的速度为 v

μ^+ 子的固有寿命 $\tau_0 = 2.2 \times 10^{-6} \text{ s}$



μ^+ 子相对实验室作匀速运动时的寿命 $\tau_0 = 1.63 \times 10^{-5}$ s

按时间膨胀公式: $\tau = \tau_0 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$

移项整理得: $v = (c/\tau) \sqrt{\tau^2 - \tau_0^2} = c \sqrt{1 - (\tau_0/\tau)^2} = 0.99c$

8. 解: 以地球上的时钟计算: $\Delta t = \frac{S}{v} \approx 4.5$ 年

以飞船上的时钟计算: $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 0.20$ 年

9. 解: (1) 从列车上观察, 隧道的长度缩短, 其它尺寸均不变。

隧道长度为 $L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

(2) 从列车上观察, 隧道以速度 v 经过列车, 它经过列车全长所需时间为

$$t' = \frac{L'}{v} + \frac{l_0}{v} = \frac{L \sqrt{1 - (v/c)^2} + l_0}{v}$$

这也即列车全部通过隧道的时间。

10. 解: 设飞船 A 相对于飞船 B 的速度大小为 v , 这也就是飞船 B 相对于飞船 A 的速度大小。在飞船 B 上测得飞船 A 的长度为

$$l = l_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

故在飞船 B 上测得飞船 A 相对于飞船 B 的速度为

$$v = l / \Delta t = (l_0 / \Delta t) \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

解得

$$v = \frac{l_0 / \Delta t}{\sqrt{1 + (l_0 / c \Delta t)^2}} = 2.68 \times 10^8 \text{ m/s}$$

所以飞船 B 相对于飞船 A 的速度大小也为 2.68×10^8 m/s。

11. 解: (1) $E = mc^2 = m_e c^2 / \sqrt{1 - (v/c)^2} = 5.8 \times 10^{-13}$ J

$$(2) \quad E_{K0} = \frac{1}{2} m_e v^2 = 4.01 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$E_K = mc^2 - m_e c^2 = [(1/\sqrt{1 - (v/c)^2}) - 1] m_e c^2 = 4.99 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\therefore E_{K0} / E_K = 8.04 \times 10^{-2}$$

12. 解: 据相对论动能公式 $E_K = mc^2 - m_0 c^2$

$$\text{得 } E_K = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right) \quad \text{即} \quad \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 = \frac{E_K}{m_0 c^2} = 1.419$$

解得

$$v = 0.91c$$

平均寿命为

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = 5.31 \times 10^{-8} \text{ s}$$

13. 解: 根据功能原理, 要作的功 $W = \Delta E$

根据相对论能量公式 $\Delta E = m_2 c^2 - m_1 c^2$

根据相对论质量公式 $m_2 = m_0 / [1 - (v_2/c)^2]^{1/2}$

$$m_1 = m_0 / [1 - (v_1/c)^2]^{1/2}$$

$$\therefore W = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} \right) = 4.72 \times 10^{-14} \text{ J} = 2.95 \times 10^5 \text{ eV}$$

14. 解: 由题意, $v'_x = c \cos \theta'$, $v'_y = c \sin \theta'$,

根据相对论速度变换公式:

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + (uv'_x/c^2)} = \frac{c \cos \theta' + u}{1 + (uc \cos \theta'/c^2)}$$

$$v_y = \frac{v'_y \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 + (uv'_x/c^2)} = \frac{c \sin \theta' \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 + (uc \cos \theta'/c^2)}$$

光线与 x 轴的夹角是

$$\theta = \arctg \frac{v_y}{v_x} = \arctg \frac{c \sin \theta' \sqrt{1 - u^2/c^2}}{c \cos \theta' + u}$$

15. 解: 已知 $v'_x = 0$, $v'_y = c$, $v'_z = 0$.

按狭义相对论的速度变换公式:

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + (uv'_x/c^2)} = u$$

$$v_y = \frac{v'_y \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 + (uv'_x/c^2)} = c \sqrt{1 - u^2/c^2}$$

$$v_z = \frac{v'_z \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 + (uv'_x/c^2)} = 0$$

在 K 系中光讯号的速度大小

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{u^2 + c^2(1 - u^2/c^2)} = c$$

光讯号传播方向与 x 轴的夹角

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{v_x}{v} = \cos^{-1} \frac{u}{c}$$

16. 解: 选地球为 K 系, 火箭 B 为 K' 系, 正东方向为 x 和 x' 轴的正向, 正北方向为 y 和 y' 轴的正向. 火箭 A 为运动物体. 则 K' 对 K 系的速度 $u = -0.6c$, 火箭 A 对地的速度 $v_x = 0$, $v_y = 0.8c$, $v_z = 0$.

根据狭义相对论的速度变换公式:

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - (uv_x/c^2)} = 0.6c$$

$$v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 - (uv_x/c^2)} = 0.64c$$

$$v'_z = \frac{v_z \sqrt{1-u^2/c^2}}{1-(uv'_x/c^2)} = 0$$

在火箭 B 中测得火箭 A 的速度 \bar{v}' 的大小为

$$|\bar{v}'| = \sqrt{(v'_x)^2 + (v'_y)^2 + (v'_z)^2} = 0.877c$$

\bar{v}' 与 x' 轴之间的夹角为 $\alpha = \cos^{-1} \frac{v'_x}{|\bar{v}'|} = 46.83^\circ$

17. 解: 设粒子 A 的速度为 \bar{v}_A , 粒子 B 的速度为 \bar{v}_B , 合成粒子的运动速度为 \bar{V} . 由动量守恒得

$$\frac{m_0 \bar{v}_A}{\sqrt{1-v_A^2/c^2}} + \frac{m_0 \bar{v}_B}{\sqrt{1-v_B^2/c^2}} = \frac{M_0 \bar{V}}{\sqrt{1-V^2/c^2}}$$

因 $v_A = v_B = v_1$, 且 $\bar{v}_A = -\bar{v}_B$, 所以 $\bar{V} = 0$.
即合成粒子是静止的. 由能量守恒得

$$\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = M_0 c^2$$

解出

$$M_0 = \frac{2m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

18. 解: 按题意, $mv = 2m_0 v$

$$\frac{m_0 v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = 2m_0 v$$

即

$$\sqrt{1-v^2/c^2} = 0.5, \quad 1-v^2/c^2 = 0.25$$

$$v^2 = 0.75c^2, \quad v = 0.866c$$

动能 $E_k = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2$, 即 $mc^2 = 2m_0 c^2$,

$$\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = 2m_0 c^2$$

同上可得 $v = 0.866c$

19. 解: 设实验室为 K 系, 观察者在 K' 系中, 电子为运动物体, 则 K' 对 K 系的速度为 $u = 0.6c$, 电子对 K 系速度为 $v_x = 0.8c$. 电子对 K' 系的速度

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1-(uv_x/c^2)} = 0.385c$$

观察者测得电子动能为

$$E_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-(v'_x/c)^2}} - 1 \right) = 6.85 \times 10^{-15} \text{ J}$$

动量

$$p = mv'_x = \frac{m_0 v'_x}{\sqrt{1-(v'_x/c)^2}} = 1.14 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

20. 解: 设复合质点静止质量为 M_0 , 运动时质量为 M . 由能量守恒定律可得

$$Mc^2 = m_0c^2 + mc^2$$

其中 mc^2 为相撞前质点 B 的能量.

$$mc^2 = m_0c^2 + 6m_0c^2 = 7m_0c^2$$

故

$$M = 8m_0$$

设质点 B 的动量为 p_B , 复合质点的动量为 p . 由动量守恒定律

$$p = p_B$$

利用动量与能量关系, 对于质点 B 可得

$$p_B^2c^2 + m_0^2c^4 = m^2c^4 = 49m_0^2c^4$$

对于复合质点可得

$$p^2c^2 + M_0^2c^4 = M^2c^4 = 64m_0^2c^4$$

由此可求得

$$M_0^2 = 64m_0^2 - 48m_0^2 = 16m_0^2$$

$$M_0 = 4m_0$$

21. 解: 根据

$$E_K = mc^2 - m_0c^2$$

$$m = m_0 + \frac{E_K}{c^2}$$

回旋周期

$$T = \frac{2\pi m}{qB} = 2\pi \frac{m_0 + \frac{E_K}{c^2}}{qB}$$

代入数据

$$E_K = 10^4 \text{ MeV} = 10^{10} \text{ eV} = 10^{10} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$m_0 = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}; \quad q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}; \quad B = 1 \text{ T}$$

得

$$T = 7.64 \times 10^{-7} \text{ s}$$

22. 解: 设两系的相对速度为 v , 根据洛仑兹变换, 对于两事件, 有

$$\Delta x = \frac{\Delta x' + v\Delta t'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t' + (v/c^2)\Delta x'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

由题意:

$$\Delta x' = 0$$

可得

$$\Delta x = v\Delta t$$

及

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

由上两式可得

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - (v/c)^2} = ((\Delta t)^2 - (\Delta x/c)^2)^{1/2} = 4 \text{ s}$$

23. 解: 设相对速度为 v . 由

$$t_2' = \frac{t_2 - (v/c^2)x_2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$t'_1 = \frac{t_1 - (v/c^2)x_1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

则有

$$t'_2 - t'_1 = \frac{(t_2 - t_1) - (v/c^2)(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

由题意

$$t'_2 = t'_1$$

有

$$(t_2 - t_1) - [v(x_2 - x_1)/c^2] = 0$$

$$\frac{v}{c} = \frac{c(t_2 - t_1)}{x_2 - x_1} = 0.4$$

则

$$v = 0.4c$$

24. 解: 设两系的相对速度为 v . 根据洛伦兹变换, 对于两事件, 有

$$\Delta x = \frac{\Delta x' + v\Delta t'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t' + (v/c^2)\Delta x'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

由题意:

$$\Delta t' = 0$$

可得

$$\Delta t = (v/c^2)\Delta x$$

及

$$\Delta x' = \Delta x \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

由上两式可得 $\Delta x' = [(\Delta x)^2 - (c^2\Delta t/c^2)^2]^{1/2} = [\Delta x^2 - c^2\Delta t^2]^{1/2} = 4 \times 10^6 \text{ m}$

25. 解: 按地球的钟, 导弹发射的时间是在火箭发射后

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = 12.5 \text{ s}$$

这段时间火箭在地面上飞行距离: $S = v \cdot \Delta t_1$

则导弹飞到地球的时间是:

$$\Delta t_2 = \frac{S}{v_1} = \frac{v}{v_1} \Delta t_1 = 25 \text{ s}$$

那么从火箭发射后到导弹到达地面的时间是:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 12.5 + 25 = 37.5 \text{ s}$$

26. 解: 实验室参考系中介子的能量

$$E = E_K + E_0 = 7M_0c^2 + M_0c^2 = 8E_0$$

设介子的速度为 v , 又有 $E = Mc^2 = M_0c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

$$= E_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

可得

$$E/E_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 8$$

令固有寿命为 τ_0 , 则实验室中寿命 $\tau = \tau_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = 8\tau_0$

27. 解: 根据 $E = mc^2 = m_0 c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = E_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

可得 $1/\sqrt{1 - v^2/c^2} = E/E_0 = 30$

由此求出 $v \approx 2.996 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

又介子运动的时间 $\tau = \tau_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = 30\tau_0$

因此它运动的距离 $l = v\tau = v \cdot 30\tau_0 \approx 1.798 \times 10^4 \text{ m}$

28. 解: 设 K' 系相对于 K 系的运动速度为 v . 则根据洛仑兹变换公式可得:

$$t'_1 = \frac{t_1 - vx_1/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad t'_2 = \frac{t_2 - vx_2/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

乙测得两事件同时发生, 则 $t'_1 = t'_2$

可得 $t_2 - t_1 = v(x_2 - x_1)/c^2$

由题 $t_2 - t_1 = 2 \times 10^{-7} \text{ s}$, $x_2 - x_1 = 500 \text{ m}$

则 $v = (t_2 - t_1)c^2 / (x_2 - x_1) = 3.6 \times 10^7 \text{ m/s}$

29. 解: 设 K' 相对于 K 运动的速度为 v 沿 x (x') 轴方向, 则根据洛仑兹变换公式, 有

$$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$(1) \quad t'_1 = \frac{t_1 - vx_1/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad t'_2 = \frac{t_2 - vx_2/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

因两个事件在 K 系中同一点发生, $x_2 = x_1$, 则

$$t'_2 - t'_1 = \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

解得 $v = [1 - (t_2 - t_1)^2 / (t'_2 - t'_1)^2]^{1/2} c$
 $= (3/5)c = 1.8 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$(2) \quad x'_1 = \frac{x_1 - vt_1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad x'_2 = \frac{x_2 - vt_2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

由题 $x_1 = x_2$

则 $x'_1 - x'_2 = \frac{v(t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = \frac{3}{4}c(t_2 - t_1) = 9 \times 10^8 \text{ m}$

若直接写出 $t'_2 - t'_1 = \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$

$$x'_1 - x'_2 = \frac{v(t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

30. 解: 根据洛仑兹变换公式:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

可得

$$x'_2 = \frac{x_2 - vt'_2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad x'_1 = \frac{x_1 - vt'_1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

在 K 系, 两事件同时发生, $t_1 = t_2$, 则

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}},$$

\therefore

$$\sqrt{1 - (v/c)^2} = (x_2 - x_1) / (x'_2 - x'_1) = \frac{1}{2}$$

解得

$$v = \sqrt{3}c/2.$$

在 K' 系上述两事件不同时发生, 设分别发生于 t'_1 和 t'_2 时刻,

则

$$t'_1 = \frac{t_1 - vx_1/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad t'_2 = \frac{t_2 - vx_2/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

由此得

$$t'_1 - t'_2 = \frac{v(x_2 - x_1)/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = 5.77 \times 10^{-6} \text{ s}$$

量子力学基础

一、选择题

1-10 DDADBD DDCB 11-20 CDDDD BCCED 21-30 DBDCCBCCCA
31-40 CDBAAACCAD 41-50 DADAACCDDB 61-67 CDCABBC

二、填空题

1. 3.82×10^3 2. hc/λ h/λ $h/(c\lambda)$ 3. 2.5 4.0×10^{14} 4. 1.45V $7.14 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

5. π 0 6. 2.21×10^{-32} 7. 0.99 8.5×10^{14} 2 9. Alh $(h/e)(\nu_1 - \nu_0)$ 10. 2.5 4.0×10^{14}

11. 1.5×10^{19} 12. 1.5 13. $6.63 \times 10^{-26} \text{ J}$ $2.21 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 14. 不变; 变长; 波长变长

15. $\frac{h\nu}{c} = \frac{(h\nu' \cos \phi)}{c} + p \cos \theta$ (16. 0.568 17. $>$ $<$) 18. $\sqrt{\frac{h}{2m(\nu - \nu_0)}}$ 19. $hc \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda \lambda'}$

20. 负; 不连续 21. -0.85; -3.4 22. 13.6; 3.4 23. 13.6; 5 24. 6; 973

25. $\nu_3 = \nu_2 + \nu_1$; $\frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1}$ 26. 定态能级; 能级跃迁决定谱线频率. 27. 10.2

28. 量子化定态假设; 量子化跃迁的频率法则 $\nu_{kn} = |E_n - E_k|/h$; 角动量量子化假设

$L = nh/2\pi$ $n=1, 2, 3, \dots$ 29. 12.75 30. 12.09 31. 54.4 32. 1.51 33. 2.55

34. 原子只能处在一系列能量不连续的稳定状态(定态)中, 处于定态中的原子, 其电子只能在一定轨道上绕核作圆周运动, 但不发射电磁波.

35. 原子中电子从能量为 E_n 的定态跃迁到能量为 E_k 的定态时, 便发射(当 $E_n > E_k$ 时)或吸收

(当 $E_n < E_k$ 时)单色光, 其频率 ν 由下式决定: $\nu = \frac{|E_n - E_k|}{h}$ (h 为普朗克常量)

36. 在电子绕核的圆周运动中, 只有电子的动量矩 L 等于 $h/2\pi$ 的整数倍的那些轨道才是

可能的, 即: $L = n \frac{h}{2\pi}$ ($n=1, 2, 3, \dots$) (h 为普朗克常量)

37. 4 1; 4 3 38. 1; $2\sqrt{39}$ 2.55; 4 $\textcircled{40}$ -0.85 41. 13.6 42. 9 43. $6.56 \times 10^{15} \text{ Hz}$

44. 1.51 45. 1.8 46. 1.35 47. 5; 10 48. 10; 3 49. $1/\sqrt{3}$ $\textcircled{50}$ 0.0549

51. $h/(2m_e e U_{12})^{1/2}$ 52. 1.45 \AA $6.63 \times 10^{-19} \text{ \AA}$ 53. 0.1 \AA 54. 150V 55. $3.29 \times 10^{-21} \text{ J}$

56. 1:1 4:1 57. 粒子在 t 时刻在 (x, y, z) 处出现的概率密度; 单值、有限、连续;

$\iiint |\Psi|^2 dx dy dz = 1$ 58. 1.33×10^{-23} 59. 1.06×10^{-24} (或 6.63×10^{-24} 或 0.53×10^{-24})

或 3.32×10^{-24}) 60. 1, 2, 3, ... (正整数). 原子系统的能量. 61. 2; $2 \times (2l+1)$; $2n^2$

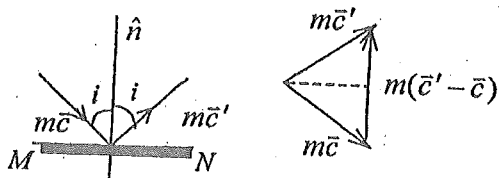
62. 电子自旋的角动量的空间取向量子化. 63. $\frac{1}{2}$; $-\frac{1}{2}$ 64. $0, \hbar, -\hbar, 2\hbar, -2\hbar$
 65. $0, \sqrt{2}\hbar, \sqrt{6}\hbar$ 66. 8 67. 1 0 $\frac{1}{2}$ 或 $-\frac{1}{2}$ 68. $0, 1, 2, 3; 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$
 69. $h/(2\pi); 0$; 量子力学 70. 泡利不相容; 能量最小 71. 一个原子内部不能有两个或两个以上的电子有完全相同的四个量子数(n, l, m_l, m_s) 72. 4 73. 32 74. $1, 0, 0, -\frac{1}{2}; 2, 0, 0, \frac{1}{2}$ 或 $2, 0, 0, -\frac{1}{2}$ 75. 7 76. $(1, 0, 0, \frac{1}{2}); (1, 0, 0, -\frac{1}{2})$

三、计算题

1. 解: (1) $\varepsilon = h\nu, p = h/\lambda = h\nu/c,$
 $m = h\nu/c^2.$

(2) 光对平面镜的光压

如图所示, 每一个光子入射到平面镜 MN 上, 并以 i 角反射, 其动量改变量为:



$m\bar{c}' - m\bar{c} = 2mc \cos i \hat{n} = h\nu/c \cdot 2 \cos i \hat{n}$
 平面镜上面积为 S 的截面上, 在单位时间内受到碰撞的光子数为

$$N = c \cos i \cdot S n \quad (\text{此处 } n \text{ 为光子数密度})$$

所以光压 $P = N |m\bar{c}' - m\bar{c}| / S = (2mc \cos i \cdot c \cos i \cdot S n) / S$
 $= 2mc^2 n \cos^2 i = 2h\nu n \cos^2 i$

2. 解: (1) 由 $e|U_a| = h\nu - A$
 得 $|U_a| = h\nu/e - A/e$
 $d|U_a|/d\nu = h/e$ (恒量)

由此可知, 对不同金属, 曲线的斜率相同.

(2) $h = e\tau g\theta = e \frac{2.0 - 0}{(10.0 - 5.0) \times 10^{14}}$
 $= 6.4 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

3. 解: (1) 由 $eBv = mv^2/R$ 得 $v = (ReB)/m,$

代入 $h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A$

可得 $A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2} \frac{mR^2 e^2 B^2}{m^2} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{R^2 e^2 B^2}{2m}$

(2) $e|U_a| = \frac{1}{2}mv^2$
 $|U_a| = \frac{mv^2}{2e} = \frac{R^2 e B^2}{2m}$

4. 解: 由爱因斯坦方程 $h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A$ 和 $\frac{1}{2}mv^2 = e|U_a|$

得 $e|U_a| = (hc/\lambda) - A$

所以 $e(|U_{a2}| - |U_{a1}|) = hc(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1})$

遏止电压改变 $\Delta|U_a| = (hc/e)(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}) = 0.345 \text{ V}$

数值加大.

5. 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 $(hc/\lambda_0) - A = 0$

$\lambda_0 = hc/A$

又按题意: $(hc/\lambda) - A = E_K$

$\therefore A = (hc/\lambda) - E_K$

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

6. 解: 设光源每秒钟发射的光子数为 n , 每个光子的能量为 $h\nu$

则由 $P = nh\nu = nhc/\lambda$

得: $n = P\lambda/(hc)$

令每秒钟落在垂直于光线的单位面积的光子数为 n_0 , 则

$n_0 = n/S = n/(4\pi d^2) = P\lambda/(4\pi d^2 hc)$

光子的质量 $m = h\nu/c^2 = hc/(c^2\lambda) = h/(c\lambda) = 3.33 \times 10^{-36} \text{ kg}$

7. 解: 设散射前电子为静止自由电子, 则反冲电子的动能 $E_K =$ 入射光子与散射光子能量之差 $= \varepsilon_0 - \varepsilon$

入射 X 射线光子的能量 $\varepsilon_0 = h\nu_0 = hc/\lambda_0$ $\lambda_0 = hc/\varepsilon_0$

散射光子的能量 $\varepsilon = hc/\lambda = hc/(1.20\lambda_0) = (1/1.2)\varepsilon_0$ $\varepsilon = h\nu$

反冲电子的动能 $E_K = \varepsilon_0 - \varepsilon = (1 - 1/1.2)\varepsilon_0 = 0.10 \text{ MeV}$

8. 解: (1) 康普顿散射光子波长改变:

$\Delta\lambda = (hm_e c)(1 - \cos\phi) = 0.024 \times 10^{-10} \text{ m}$

$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 1.024 \times 10^{-10} \text{ m}$

(2) 设反冲电子获得动能 $E_K = (m - m_e)c^2$, 根据能量守恒:

$h\nu_0 = h\nu + (m - m_e)c^2 = h\nu + E_K$

即 $hc/\lambda_0 = [hc/(\lambda_0 + \Delta\lambda)] + E_K$

故 $E_K = hc\Delta\lambda/[\lambda_0(\lambda_0 + \Delta\lambda)] = 4.66 \times 10^{-17} \text{ J} = 291 \text{ eV}$

9. 解: $h\nu = A + \frac{1}{2}m_e v^2$ ①

$$eVB = m_e v^2 / R \quad (2)$$

$$A = hc / \lambda_0 \quad (3)$$

$$\lambda = c / \nu \quad (4)$$

①, ②, ③, ④式联立可求得

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{1 + \lambda_0 (eBR)^2 / (2m_e hc)} = 0.137 \text{ \AA}$$

10. 解: (1) 由

$$A = h\nu_0 = hc / \lambda_0$$

得

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 5.65 \times 10^{-7} \text{ m} = 565 \text{ nm}$$

(2) 由

$$\frac{1}{2} m v^2 = e|U_a|, \quad h\nu = \frac{hc}{\lambda} = e|U_a| + A$$

得

$$\lambda = \frac{hc}{e|U_a| + A} = 1.73 \times 10^{-7} \text{ m} = 173 \text{ nm}$$

11. 解: 当铜球充电达到正电势 U 时, 有

$$h\nu = eU + A + \frac{1}{2} m v^2$$

当 $h\nu \leq eU + A$ 时, 铜球不再放出电子,

即

$$eU \geq h\nu - A = \frac{hc}{\lambda} - A = 2.12 \text{ eV}$$

故 $U \geq 2.12 \text{ V}$ 时, 铜球不再放出电子.

12. 解: 入射光子的能量为

$$\varepsilon_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

散射光子的能量为

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

反冲电子的动能为

$$E_K = \varepsilon_0 - \varepsilon = hc \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right) = 1.68 \times 10^{-16}$$

13. 解: 令 \vec{p} 、 ν 和 \vec{p}' 、 ν' 分别为入射与散射光子的动量和频率, $m\vec{v}$ 为反冲电子的动量 (如图). 因散射线与入射线垂直, 散射角 $\phi = \pi/2$, 因此可求得散射 X 射线的波长

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e c} = 0.724 \text{ \AA}$$

(1) 根据能量守恒定律

$$m_e c^2 + h\nu = h\nu' + mc^2$$

且

$$E_K = mc^2 - m_e c^2$$

得

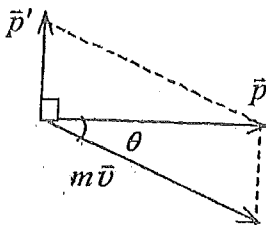
$$E_K = h\nu - h\nu' = hc(\lambda' - \lambda) / (\lambda'\lambda) = 9.42 \times 10^{-17} \text{ J}$$

(2) 根据动量守恒定律

$$\vec{p} = \vec{p}' + m\vec{v}$$

则

$$mv = \sqrt{p^2 + p'^2} = \sqrt{(h/\lambda)^2 + (h/\lambda')^2}$$



$$\cos\theta = \frac{p}{mv} = \frac{h/\lambda}{\sqrt{(h/\lambda)^2 + (h/\lambda')^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\lambda/\lambda')^2}}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + (\lambda/\lambda')^2}} = 44.0^\circ$$

14. 解: 根据能量守恒, 有 $h\nu_0 + m_e c^2 = h\nu + mc^2$

这里 $m = m_e \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$

$$\therefore h\nu = h\nu_0 + m_e c^2 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right]$$

则 $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + m_e c^2 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right]$

解得: $\lambda = \frac{\lambda_0}{1 + \frac{m_e c \lambda_0}{h} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right]} = 0.00434 \text{ nm}$

15. 解: (1) 当电子匀速直线地穿过互相垂直的电场和磁场区域时, 电子所受静电力与洛伦兹力相等, 即

$$eE = evB$$

$$v = E/B = 10^6 \text{ m/s}$$

(2) 根据爱因斯坦光电理论, 则有

$$hc/\lambda = hc/\lambda_0 + \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$\therefore \lambda = \frac{\lambda_0}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{m_e v^2 \lambda_0}{hc} \right)}$$

$$= 1.63 \times 10^{-7} \text{ m} = 163 \text{ nm}$$

16. 解: (1) 此双原子气体分子绕轴旋转时的角动量为:

$$L = \frac{1}{2} m \omega d^2$$

据 $L = nh/(2\pi), n = 0, 1, 2, \dots$

则 $\frac{1}{2} m \omega d^2 = nh/(2\pi), \quad \omega = nh/(m\pi d^2)$

(2) 此系统的转动动能为:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \times 2 = m \omega^2 r^2 = \frac{n^2 h^2}{4m\pi^2 d^2}, n = 0, 1, 2, \dots$$

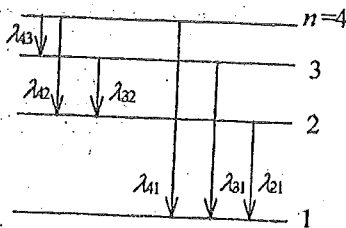
17. 解: (1)

$$\Delta E = Rhc\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) = 13.6\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) = 12.75 \text{ eV}$$

$n=4$

(2) 可以发出 λ_{41} 、 λ_{31} 、 λ_{21} 、 λ_{43} 、 λ_{42} 、 λ_{32} 六条谱线。

能级图如图所示。



18. 解: 极限波数 $\tilde{\nu} = 1/\lambda_\infty = R/k^2$ 可求出该线系的共同终态。

$$k = \sqrt{R\lambda_\infty} = 2$$

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

由 $\lambda = 6565 \text{ \AA}$ 可得始态

$$n = \sqrt{\frac{R\lambda\lambda_\infty}{\lambda - \lambda_\infty}} = 3$$

由

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

可知终态

$$n=2, E_2 = -3.4 \text{ eV}$$

始态

$$n=3, E_3 = -1.51 \text{ eV}$$

19. 解: 设始态能级量子数为 k , 则轨道半径由 r_k 变为 r_n , 且 $r_k = qr_n$ 。

由

$$r_k = k^2 \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$$

可得

$$k^2 = qn^2$$

光子的频率

$$\nu = Rc\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right)$$

即

$$\nu = \frac{Rc}{n^2} \left(1 - \frac{n^2}{k^2}\right) = \frac{Rc}{n^2} \left(1 - \frac{1}{q}\right)$$

20. 解: (1)

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{①}$$

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad \text{②}$$

$$\omega_n = \frac{v}{r} \quad \text{③}$$

①、②、③联立解出

$$\omega_n = \frac{\pi m e^4}{2\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$$

$$\nu_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{m e^4}{4\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$$

(2) 电子从 n 态跃迁到 $(n-1)$ 态所发出光子的频率为

$$\begin{aligned} \nu' &= \frac{c}{\lambda} = cR \left[\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2} \right] = cR \frac{2n-1}{n^2(n-1)^2} \\ &= \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{2n-1}{n^2(n-1)^2} \end{aligned}$$

(3) 当 n 很大时, 上式变为

$$\nu' = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{2-(1/n)}{n(n-1)^2} \approx \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3} = \nu_n$$

21. 解: 电子作一次圆周运动所需时间(即周期 T)为

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{①}$$

令激发态的平均寿命为 $\tau = 10^{-8}$ s, 故电子在 τ 内从激发态跃迁到基态前绕核的圈数为

$$N = \frac{\tau}{T} \quad \text{②}$$

电子作圆周运动的周期 T 可由下面二式求出

$$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{③}$$

$$m\omega r^2 = \frac{h}{2\pi} n \quad \text{④}$$

可求出

$$\omega = \frac{\pi me^4}{2\varepsilon_0^2 n^3 h^3} \cdot \frac{1}{n^3} \quad \text{⑤}$$

由①、②、⑤可得

$$N = \frac{\tau}{T} = \frac{\tau me^4}{4\varepsilon_0^2 n^3 h^3} \cdot \frac{1}{n^3} = \frac{6.54 \times 10^7}{n^3}$$

当 $n=5$ $N=5.23 \times 10^5$

22. 解: (1) $h\nu = hc/\lambda = 2.86$ eV.

(2) 由于此谱线是巴耳末线系, 其 $k=2$

$$E_K = E_1/2^2 = -3.4 \text{ eV} (E_1 = -13.6 \text{ eV})$$

$$E_n = E_1/n^2 = E_K + h\nu$$

$$n = \sqrt{\frac{E_1}{E_K + h\nu}} = 5.$$

(3) 可发射四个线系, 共有 10 条谱线.

见图

波长最短的是由 $n=5$ 跃迁到 $n=1$ 的谱线.

23. 解: 由于发出的光线仅有三条谱线, 按:

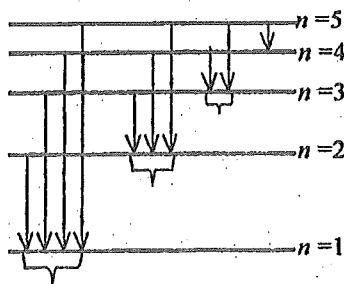
$$\nu = c \cdot \tilde{\nu} = cR \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$n=3, k=2$ 得一条谱线.

$n=3, k=1$ 得一条谱线.

$n=2, k=1$ 得一条谱线.

可见氢原子吸收外来光子后, 处于 $n=3$ 的激发态. 以上三条光谱线中, 频率最大的一



条是:
$$\nu = cR\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) = 2.92 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

这也就是外来光的频率.

24. 解:
$$\tilde{\nu} = R\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

令线系极限: $n \rightarrow \infty$ 可得

$$\tilde{\nu} = R/k^2$$

赖曼系: $k=1$

$$\tilde{\nu} = 1.097 \times 10^7 / 1^2 = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

巴耳末系: $k=2$

$$\tilde{\nu} = 1.097 \times 10^7 / 2^2 = 0.274 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

帕邢系: $k=3$

$$\tilde{\nu} = 1.097 \times 10^7 / 3^2 = 0.122 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

25. 解: 因为观察到巴耳末系中的三条光谱线, 所以只可能是从 $n=5, 4, 3$ 的状态, 分别跃迁到 $n=2$ 的状态而发出的.

由
$$\tilde{\nu}_{2n} = \frac{1}{\lambda_{2n}} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

得
$$\lambda_{2n} = \frac{1}{R} \cdot \frac{2^2 n^2}{n^2 - 2^2}$$

所求的波长为氢原子从由 $n=3$ 的状态跃迁到 $n=2$ 的状态发出的谱线的波长, 上式代入 $n=3$ 得

$$\lambda_{23} = 6.56 \times 10^{-7} \text{ m} = 656 \text{ nm}$$

外来光应使氢原子从 $n=2$ 的状态跃迁到 $n=5$ 的状态, 其频率为:

$$\nu_{25} = c/\lambda_{25}$$

而:
$$\lambda_{25} = 4.34 \times 10^{-7} \text{ m} = 434 \text{ nm}$$

$$\nu_{25} = c/\lambda_{25} = 6.91 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

26. 解: 根据玻尔氢原子理论的角动量子化条件

$$m_e v r = nh/2\pi \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

则
$$v = nh/(2\pi m_e r)$$

$n=1$ 时对应最小轨道半径 $r_1 = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$

$\therefore v = nh/(2\pi m_e r_1) = 2.18 \times 10^6 \text{ m/s}$

27. 解: 设激发态量子数为 n , 根据玻尔理论: $E_n = E_1 + h\nu$

对氢原子
$$E_1 = -13.6 \text{ eV} \quad (\text{基态}),$$

$$h\nu = 12.09 \text{ eV}$$

$\therefore E_n = -1.51 \text{ eV}$

另外, 对氢原子有
$$E_n = -13.6/n^2 \text{ eV}$$

由此有
$$-1.51 = -13.6/n^2$$

故
$$n^2 \approx 9, \quad n = 3$$

氢原子的半径公式为
$$r_n = n^2 a_1 = 9 a_1$$

即氢原子的半径增加到基态时的 9 倍.

28. 解: 设轨道半径为 r_n , 电子运动速度为 v . 则由

$$e v B = m v^2 / r_n$$

$$L = mvr_n = n\hbar$$

得 $r_n = (\hbar/eB)^{1/2} \cdot \sqrt{n} \quad (n=1, 2, 3, \dots)$

29. 解: 所发射的光子能量为 $\varepsilon = hc/\lambda = 2.56 \text{ eV}$

氢原子在激发能为 10.19 eV 的能级时, 其能量为

$$E_K = E_1 + \Delta E = -3.41 \text{ eV}$$

氢原子在初始状态的能量为 $E_n = \varepsilon + E_K = -0.85 \text{ eV}$

该初始状态的主量子数为 $n = \sqrt{\frac{E_1}{E_n}} = 4$

30. 解: 按题意可知单色光照射的结果, 氢原子被激发至 $n=3$ 的状态(因为它发射三种频率的谱线), 故知原照射光子的能量为

$$\varepsilon = E_3 - E_1 = -\frac{13.6}{3^2} - (-13.6) = 12.09 \text{ eV} = 1.93 \times 10^{-18} \text{ J}$$

该单色光的频率为 $\nu = \frac{\varepsilon}{h} = 2.92 \times 10^{15} \text{ Hz}$

31. 解: 因为 1025.7 \AA 是紫外线, 是属于赖曼系的一条谱线, 故知它是在 $n = n_1 \rightarrow n = 1$ 这两个能级间的跃迁中发射出来的. 根据

$$\tilde{\nu} = R(1/1^2 - 1/n_1^2)$$

并代入 $\tilde{\nu} = 1/\lambda$ 可解得 $n_1 = \sqrt{\lambda R(\lambda R - 1)} = 3.00$

所以 1025.7 \AA 谱线是在 $n=3 \rightarrow n=1$ 的能级间的跃迁中辐射的.

32. 解: 把一个基态氢原子电离所需最小能量

$$E_i = 13.6 \text{ eV}$$

则有 $h\nu = E_i + \frac{1}{2}m_e v^2$

$$v = \sqrt{2(h\nu - E_i)/m_e} = 7.0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

33. 解: 从题设可知, 若圆周半径为 r , 则有 $2\pi r = n\lambda$, 这里 n 是整数, λ 是电子物质波的波长.

根据德布罗意公式 $\lambda = h/(mv)$

得 $2\pi r = nh/(mv)$

于是 $2\pi r m v = nh$

这里 m 是电子质量, v 是电子速度的大小, $r m v$ 为动量矩, 以 L 表示, 则上式为:

$$L = nh/(2\pi)$$

这就是玻尔的动量矩量子化条件.

34. 解: (1) 德布罗意公式: $\lambda = h/(mv)$

由题可知 α 粒子受磁场力作用作圆周运动

$$qvB = m_\alpha v^2 / R, \quad m_\alpha v = qRB$$

又 $q = 2e$ 则 $m_\alpha v = 2eRB$

故 $\lambda_\alpha = h/(2eRB) = 1.00 \times 10^{-11} \text{ m} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ nm}$

(2) 由上一问可得 $v = 2eRB/m_\alpha$

对于质量为 m 的小球

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{2eRB} \cdot \frac{m_\alpha}{m} = \frac{m_\alpha}{m} \cdot \lambda_\alpha = 6.64 \times 10^{-34} \text{ m}$$

35. 解: $E_K = p^2 / (2m_e) = (h/\lambda)^2 / (2m_e)$
 $= 5.0 \times 10^{-6} \text{ eV}$

36. 解: 据 $E_K = mc^2 - m_0c^2 = (m_0c^2 / \sqrt{1-(v/c)^2}) - m_0c^2$
 得 $m = (E_K + m_0c^2) / c^2$

$$v = c \sqrt{E_K^2 + 2E_K m_0c^2} / (E_K + m_0c^2)$$

将 m, v 代入德布罗意公式得

$$\lambda = h/mv = hc / \sqrt{E_K^2 + 2E_K m_0c^2}$$

37. 解: $\lambda = h/p = h/(mv)$

因为若电子在第 n 玻尔轨道运动, 其轨道半径和动量矩分别为

$$r_n = n^2 a \quad L = mvr_n = nh/(2\pi)$$

故 $mv = h/(2\pi na)$

得 $\lambda = h/(mv) = 2\pi na$

38. 解: 用相对论计算

由 $p = mv = m_0v / \sqrt{1-(v/c)^2}$ ①

$$eU_{12} = [m_0c^2 / \sqrt{1-(v/c)^2}] - m_0c^2$$
 ②

$$\lambda = h/p$$
 ③

计算得 $\lambda = \frac{hc}{\sqrt{eU_{12}(eU_{12} + 2m_0c^2)}} = 3.71 \times 10^{-12}$

若不考虑相对论效应

则 $p = m_0v$ ④

$$eU_{12} = \frac{1}{2} m_0v^2$$
 ⑤

由③, ④, ⑤式计算得

$$\lambda' = h/(2m_0eU_{12})^{1/2} = 3.88 \times 10^{-12} \text{ m}$$

相对误差 $\frac{|\lambda' - \lambda|}{\lambda} = 4.6\%$

39. 解: 非相对论动能 $E_K = \frac{1}{2} m_e v^2$

而 $p = m_e v$ 故有 $E_K = \frac{p^2}{2m_e}$

又根据德布罗意关系有 $p = h/\lambda$ 代入上式

则 $E_K = \frac{1}{2} h^2 / (m_e \lambda^2) = 4.98 \times 10^{-6} \text{ eV}$

40. 解: 由 $E_K = mc^2 - m_0c^2 = [m_0c^2 / \sqrt{1 - (v/c)^2}] - m_0c^2$

解出: $m = (E_K + m_0c^2) / c^2$

$$v = c\sqrt{E_K^2 + 2E_Km_0c^2} / (E_K + m_0c^2)$$

根据德布罗意波: $\lambda = h/p = h/(mv)$

把上面 m, v 代入得:
$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{E_K^2 + 2E_Km_0c^2}}$$

当 $E_K \ll m_0c^2$ 时, 上式分母中, $E_K^2 \ll 2E_Km_0c^2$, E_K^2 可略去.

得 $\lambda = hc / \sqrt{2E_Km_0c^2} \approx h / \sqrt{2E_Km_0}$

当 $E_K \gg m_0c^2$ 时, 上式分母中, $E_K^2 \gg 2E_Km_0c^2$, $2E_Km_0c^2$ 可略去.

得 $\lambda \approx hc / E_K$

41. 解: 若电子的动能是它的静止能量的两倍, 则:

$$mc^2 - m_0c^2 = 2m_0c^2$$

故: $m = 3m_0$

由相对论公式 $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

有 $3m_0 = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

解得 $v = \sqrt{8}c/3$

德布罗意波长为: $\lambda = h/(mv) = h/(\sqrt{8}m_0c) \approx 8.58 \times 10^{-13} \text{ m}$

42. 解: 远离核的光电子动能为

$$E_K = \frac{1}{2}m_0v^2 = 15 - 13.6 = 1.4 \text{ eV}$$

则 $v = \sqrt{\frac{2E_K}{m_0}} = 7.0 \times 10^5 \text{ m/s}$

光电子的德布罗意波长为

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_0v} = 1.04 \times 10^{-9} \text{ m} = 10.4 \text{ \AA}$$

43. 解: $\lambda = h/(m_0v)$ ①

$$v^2 - v_0^2 = 2ad$$
 ②

$$eE = m_0a$$
 ③

由①式: $v = h/(m_0\lambda) = 7.28 \times 10^6 \text{ m/s}$

由③式: $a = eE/m_0 = 8.78 \times 10^{13} \text{ m/s}^2$

由②式: $d = (v^2 - v_0^2)/(2a) = 0.0968 \text{ m} = 9.68 \text{ cm}$

44. 解: 光子动量: $p_r = m_0c = h/\lambda$ ①

电子动量: $p_e = m_0v = h/\lambda$ ②

两者波长相等, 有 $m_0c = m_0v$

得到

$$m_r/m_e = v/c \quad (3)$$

电子质量

$$m_e = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (4)$$

式中 m_0 为电子的静止质量. 由②、④两式解出

$$v = \frac{c}{\sqrt{1+(m_0^2 \lambda^2 c^2 / h^2)}}$$

代入③式得

$$\frac{m_r}{m_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(m_0^2 \lambda^2 c^2 / h^2)}}$$

45. 解: 先求粒子的位置概率密度

$$|\psi(x)|^2 = (2/a) \sin^2(\pi x/a) = (2/2a)[1 - \cos(2\pi x/a)]$$

当 $\cos(2\pi x/a) = -1$ 时, $|\psi(x)|^2$ 有最大值. 在 $0 \leq x \leq a$ 范围内可得 $2\pi x/a = \pi$

$$\therefore x = \frac{1}{2}a.$$

46. 解: 1 keV 的电子, 其动量为

$$p = (2mE_K)^{1/2} = 1.71 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

据不确定关系式:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$$

得

$$\Delta p = \hbar / \Delta x = 0.106 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

\therefore

$$\Delta p / p = 0.062 = 6.2\%$$

[若不确定关系式写成 $\Delta p \cdot \Delta x \geq h$ 则 $\Delta p / p = 39\%$, 或写成 $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar/2$ 则 $\Delta p / p = 3.1\%$, 均可视为正确.]

47. 解: 光子动量

$$p = h/\lambda$$

按题意, 动量的不确定量为

$$\Delta p = \left| -h/\lambda^2 \right| \Delta \lambda = (h/\lambda)(\Delta \lambda/\lambda)$$

根据测不准关系式得:

$$\Delta x \geq h/(2\pi \Delta p) = \frac{h\lambda}{2\pi h(\Delta \lambda/\lambda)} = \frac{\lambda}{2\pi(\Delta \lambda/\lambda)}$$

故

$$\Delta x \geq 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm}$$

若用

$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h/(4\pi)$ 或 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$, 或 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{1}{2}h$, 计算 Δx 同样得 2 分.

48. 解:

$$dP = |\psi|^2 dx = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx$$

粒子位于 $0 - a/4$ 内的概率为:

$$\begin{aligned} P &= \int_0^{a/4} \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx = \int_0^{a/4} \frac{2}{a} \frac{a}{\pi} \sin^2 \frac{\pi x}{a} d\left(\frac{\pi x}{a}\right) \\ &= \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{2} \frac{\pi x}{a} - \frac{1}{4} \sin \frac{2\pi x}{a} \right] \Big|_0^{a/4} = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{2} \frac{\pi a}{a} - \frac{1}{4} \sin \left(\frac{2\pi a}{a}\right) \right] = 0.091 \end{aligned}$$

49. 解: 由 $\Delta p_x \Delta x \geq h$ 即
$$\Delta x \geq \frac{h}{\Delta p_x} \quad (1)$$

据题意 $\Delta p_x = mv$ 以及德布罗意波公式 $\lambda = h/mv$ 得
$$\lambda = \frac{h}{\Delta p_x} \quad (2)$$

比较①、②式得
$$\Delta x \geq \lambda$$

50. 解: 找到粒子的概率为

$$\begin{aligned} \int_{a/4}^{3a/4} \psi_1^*(x)\psi_1(x) dx &= \int_{a/4}^{3a/4} \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx \\ &= \frac{1}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} = 0.818 \end{aligned}$$

51. 解: 所谓归一化就是让找到粒子的概率在可能找到的所有区域内进行积分, 并使之等

于 100%, 即
$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x)\psi(x) dx = 1$$

这里, 我们的问题是要
$$\int_0^a A^2 \sin^2 \frac{n\pi}{a} x dx = 1$$

即
$$[aA^2 / (n\pi)] \times \frac{1}{2} n\pi a / a = 1$$

所以
$$A = \sqrt{2/a}$$

于是得到归一化的波函数
$$\psi_n(x) = \sqrt{2/a} \sin\left(\frac{n\pi}{a} x\right)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

52. 解: 据已知条件
$$a = n\lambda/2 \quad (1)$$

又据德布罗意公式
$$\lambda = h/mv$$

得
$$mv = h/\lambda \quad (2)$$

无限深势阱中粒子的能量为
$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

即
$$mv = m\sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{2mE} \quad (3)$$

由②、③式解得
$$2mE = h^2/\lambda^2$$

以①代入得
$$2mE_n = \frac{h^2}{4a^2} n^2$$

$$\therefore E_n = \frac{h^2}{8ma^2} n^2$$

53. 解: 把运动的粒子看作在题所给区域内的驻波, 则 $x=0$ 和 $x=a$ 两点应该是波节, 因而满足这边界条件的德布罗意波的波长应为

$$\lambda_n = 2a/n \quad (n = 1, 2, \dots)$$

而
$$\lambda_n = h/p_n$$

故粒子的动量只能取 $p_n = h/\lambda_n = \frac{1}{2}nh/a$

所给出的各个值. 粒子的能量 $E_n = \frac{p_n^2}{2m} + V(x)$

在 $0 < x < a$ 区域内 $V(x) = 0$, 所以

$$E_n = \frac{p_n^2}{2m} = \frac{n^2 h^2}{8ma^2} \quad (n = 1, 2, \dots)$$

54. 解: 设粒子能量为 E , 根据一维定态薛定谔方程

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} = E\psi$$

令

$$k^2 = (2mE)/\hbar^2$$

上面方程可改写为

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + k^2 \psi = 0$$

方程的解为

$$\psi = A \cos kx + B \sin kx$$

由题意

$$x \leq 0 \quad \psi = 0$$

$$x \geq a \quad \psi = 0$$

可得

$$A = 0, \quad B \sin ka = 0.$$

因为 B 不可能等于 0, 所以必须

$$\sin ka = 0$$

则

$$ka = n\pi, \quad k = n\pi/a,$$

n 不能取零值, 如果 $n=0$, 则 $k=0$, $\psi(x)$ 在 $0 < x < a$ 区间各处都为零, 与原题不合. 故

$$\psi = B \sin(n\pi x/a) \quad n = 1, 2, \dots$$

粒子能量

$$E_n = (n^2 h^2)/(8ma^2) \quad n = 1, 2, \dots$$

根据归一化条件

$$\int_0^a |\psi|^2 dx = 1$$

可得

$$\int_0^a B^2 \sin^2(n\pi x/a) dx = 1$$

$$B = \sqrt{2}/\sqrt{a}$$

所以粒子的归一化波函数为

$$\psi = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a}$$

55. 解: 由波函数的性质得

$$\int_0^1 |\psi|^2 dx = 1$$

即

$$\int_0^1 c^2 x^2 (1-x)^2 dx = 1,$$

由此解得

$$c^2 = 30/l^5, \quad c = \sqrt{30/l^5}$$

设在 $0 - 1/3$ 区间内发现该粒子的概率为 P , 则

$$P = \int_0^{1/3} |\psi|^2 dx = \int_0^{1/3} 30x^2 [(1-x)^2 / l^5] dx = \frac{17}{81}$$