01 求电场强度

$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$\mathrm{d}E = \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

求$\mathrm{d}q$时，可以借助线密度$\mathrm{d}q = \lambda\,\mathrm{d}l$，面密度$\mathrm{d}q = \sigma\,\mathrm{d}S$，体密度$\mathrm{d}q = \rho\,\mathrm{d}V$。

解决环状问题时，有公式：$dl = R\,\mathrm{d}\theta$。

02 求电场强度的典型结论

- 长为L的直棒中点距离为x、半角为θ处：$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}\sin\theta_0 \cdot \vec{i}$
- 长为λ、半径为R的弧形棒、半角为θ处：$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}\sin\theta_0$
- 带电无限大平板：$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$
- 带电无限长直线：$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}$

03 电通量

$\Phi_e = ES\cos\theta = \int \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$

对于曲面而言，向外穿出为正，向内穿入为负。

04 静电场中的高斯定理

$\Phi_e = \oint \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S} = \frac{\sum(q_{内})}{\varepsilon_0}$

高斯定理描述了高斯面上电通量只与高斯面内的电荷有关，表明了电场是一个有源场。

高斯面上的场强E，不仅与高斯面内的电荷有关，还与高斯面外的电荷有关。

05 静电场中的安培环路定理

$\oint \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = 0$

这个定理说明，沿闭合路径一周，电场力做功为 0。说明电场力是保守力，静电场是保守场。

06 电势

$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

$\mathrm{d}V = \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

07 电场强度和电势的关系

$V = \int_r^\infty \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}$

该公式的积分下限为起点，积分上限为电势为 0 的点。通常定义无穷远处电势为 0。

$\vec{E} = -\nabla U = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k}\right)$

08 求电势的典型结论

- 点电荷的电势：$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$
- 球壳在球心处的电势：

$\begin{cases} r<R\,,\ V=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} \\ r>R\,,\ V=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} \end{cases}$

09 电势能

$W_M = q_0 V = \int_r^\infty \vec{F}\cdot\mathrm{d}\vec{r}$

电场力做正功，电势能减少。

10 导体的静电平衡

导体电荷分布在外表面，内部场强处处为 0。导体是等势体，表面是等势面，但场强并非处处相等。导体表面曲率越大，电荷密度越大。

导体表面电场强度: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$。

11 电容器

$C = \frac{q}{U}$，$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{U}{d}$，$F = \frac{1}{2}E\cdot q$

电容器含介质时，$C = \varepsilon_r C_0$，$\varepsilon = \varepsilon_0\cdot\varepsilon_r$

并联：$C = C_1 + C_2 + \ldots$；串联：$C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$

12 求电容的典型结论

- 平行板电容器：$C = \frac{\varepsilon S}{d}$
- 圆柱形电容器：$C = 2\pi\varepsilon\frac{L}{\ln\left(\frac{R_b}{R_a}\right)}$
- 球形电容器：$C = 4\pi\varepsilon\frac{R_a R_b}{R_b - R_a}$
- 孤立导体电容器：$C = 4\pi\varepsilon R_a$

13 电介质高斯定理

$\oint \vec{D}\cdot\mathrm{d}\vec{S} = \sum q_{内}$，其中$D = \varepsilon_0\varepsilon_r E$为电位移。

14 电场能

电场能密度：$w_e = \frac{1}{2}\vec{D}\cdot\vec{E} = \frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r E^2$

电场能：$W_e = \int_V w_e\,\mathrm{d}V = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}C(V_1 - V_2)^2 = \frac{1}{2}Q(V_1 - V_2)$

这里的电场能为静电能，指的是一个带电体或一个带电系统的总能量。

15 毕奥-萨瓦尔定律

描述了电流在其周围所产生的磁场大小。

$B = \int \mathrm{d}B = \frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{I\,\mathrm{d}l\sin\theta}{r^2}$

16 求磁感应强度的典型结论

- 无限长载流直导线周边半径为a处：$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$
- 圆形载流导线轴线处：$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$
- 螺绕环内部/无限长密绕直螺线管内部：$B = \mu_0 nI$
- 无限长的载流平面：$B = \frac{1}{2}\mu_0 i$（i为平面在其法矢量方向上单位长度上的电流）

17 磁场中的安培环路定理

$\oint \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = \mu_0\sum I_{内}$

安培环路定理只与环路内部的电流有关，与环路外部的电流无关。还表明了磁场是一个有旋场（非保守场）。

环路上的磁感应强度B，不仅由环路内的电流影响，也由环路外的电流影响。

18 磁通量

$\Phi_m = BS\cos\theta = \int \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$

对于曲面而言，向外穿出为正，向内穿入为负。

19 磁场中的高斯定理

$\oint \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = 0$

磁场中的高斯定理表明磁场是一个无源场。

20 安培力

$F = BIL\sin\alpha$（磁场和路径的夹角为α）

$\mathrm{d}\vec{F} = I\,\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}$

21 磁矩、磁力矩

磁矩：$P_m = I\cdot S$

磁力矩：$M = BP_m\sin\theta$

磁力矩做功：$A = I\Delta\Phi_m$

22 洛伦兹力

$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B} = qvB\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$；$T = \frac{2\pi m}{Bq}$

23 磁介质中的安培环路定理

$\oint \vec{H}\,\mathrm{d}\vec{l} = \sum I_{\text{内}}$，其中$H = \frac{B}{\mu_0\mu_r} = \frac{B}{\mu_0} - M$为磁场强度，$M$为磁化强度。

$$\mu_r = \frac{B}{B_0}\begin{cases}\mu_r>1 \text{ 顺磁质}\\ \mu_r<1 \text{ 逆磁质}\\ \mu_r\gg 1 \text{ 铁磁质（强磁质）}\end{cases}$$

24 磁场能量

磁能密度：$w_m = \frac{1}{2}\vec{B}\cdot\vec{H} = \frac{1}{2}\mu H^2 = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}$。

磁场能量：$W_m = \int_V w_m\,\mathrm{d}V$

25 磁化、电极化

磁场相关公式（B, H, M）

1. $\bar{M} = \chi_m\bar{H}$
2. $\bar{H} \equiv \frac{\bar{B}}{\mu_0} - \bar{M}$
3. $\bar{B} = \mu_0(1+\chi_m)\bar{H}$
4. $\mu_r = (1+\chi_m)$
5. $\bar{B} = \mu_0\mu_r\bar{H} = \mu\bar{H}$

电场相关公式（P, D, E）

1. $\bar{P} = \chi_e\varepsilon_0\bar{E}$
2. $\bar{D} \equiv \varepsilon_0\bar{E} + \bar{P}$
3. $\bar{D} = (1+\chi_e)\varepsilon_0\bar{E}$
4. $\varepsilon_r = (1+\chi_e)$
5. $\bar{D} = \varepsilon_r\varepsilon_0\bar{E} = \varepsilon\bar{E}$

26 感生电动势

$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \oint \overrightarrow{E_k}\cdot\mathrm{d}\vec{l} = -\oint \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$

感生电场：非保守场、无源场、有旋场、闭合。

27 动生电动势

$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \int_l\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)\mathrm{d}\vec{l} = BL\bar{v}$（棒上各处速率不同）

28 自感与互感

自感：$L = \frac{\Phi}{I}$；$\varepsilon = L\cdot\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$

自感回路周围空间磁场的能量：$W_m = \frac{1}{2}LI_0^2$

自感系数L的大小与回路的几何形状、大小、匝数、磁介质有关，与电流无关。

互感：$M = \frac{\Phi_2}{I_1} = \frac{\Phi_1}{I_2}$；$M = \sqrt{L_1L_2}$（耦合线圈）

$\varepsilon_{21} = M\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}t}, \varepsilon_{12} = M\frac{\mathrm{d}I_2}{\mathrm{d}t}$

29 麦克斯韦方程组

1. 电场高斯定理：电场是有源场，电荷总伴随着电场。

$\oint \vec{D}\,\mathrm{d}\vec{S} = \sum q = \int_v \rho\,\mathrm{d}v$

2. 磁场高斯定理：磁场是无源场，磁力线闭合。

$\oint \vec{B}\,\mathrm{d}\vec{S} = 0$

3. 变化的电场产生磁场。（全电流安培环路定理）

位移电流：电位移通量对时间的变化率看作是一种电流，由变化的电场产生。

位移电流在磁效应上和传导电流等效；但在热效应上不产生焦耳热。

全电流 = 位移电流 + 传导电流

$\oint_L \vec{H}\,\mathrm{d}\vec{l} = I + I_d = \int_S \vec{j}\cdot\mathrm{d}\vec{S} + \int_S \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$

4. 变化的磁场一定伴随着电场。

$\oint \vec{E}\,\mathrm{d}\vec{l} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\oint \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$

30 爱因斯坦相对论中的两个基本假设

狭义相对论的相对性原理、光速不变原理。

31 相对论

长度收缩效应：$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

时间延缓效应：$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$