静电场电场强度/电势

一、核心基础公式

1. **高斯定理**：$\varphi_e = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum q_{内}$
2. **电势定义式**：$U = \int_r^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l}$
3. **电场力做功**：$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int q\vec{E} \cdot d\vec{l}$

二、不同带电模型的电场强度(E)与电势(U)计算

1. 点电荷模型

- 电场强度：$E = \frac{\sum q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
- 电势：$U = \int Edr$（由电势定义积分推导，最终简化为 $U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$）

2. 无限大带电平面模型

- 电场强度：$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$（$\sigma$ 为电荷面密度，$\sigma = \frac{q}{S}$）
- 电势（两平行带电平板间）：$U = Ed$（d 为两板间距）

3. 带电球面（半径 R）

区域条件	电场强度 E	电势 U
$r < R$	$\sum q_{内} = 0$，$E = 0$	$U = \int_r^R E_1 dr + \int_R^{\infty} E_2 dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$
$r > R$	$\sum q_{内} = q$，$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$	$U = \int_r^{\infty} \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

4. 带电球壳（内半径 R_1，外半径 R_2，体密度 ρ）

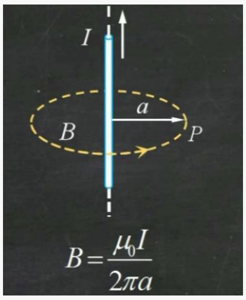
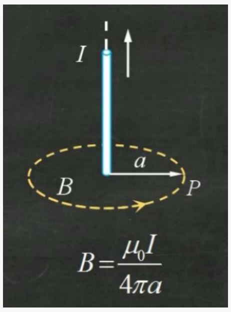
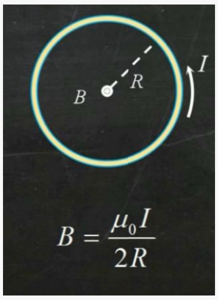
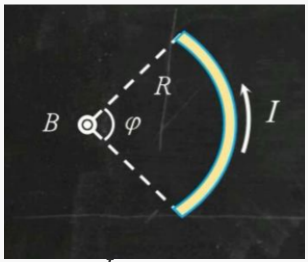
区域条件	电场强度 E	电势 U
$r < R_1$	$q = 0$，$E = 0$	$U = \int_r^{R_1} E_1 dr + \int_{R_1}^{R_2} E_2 dr + \int_{R_2}^{\infty} E_3 dr = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}(R_2^2 - R_1^2)$
$R_1 < r < R_2$	$q = \frac{4\pi\rho}{3}(r^3 - R_1^3)$， $E = \frac{\rho(r^3 - R_1^3)}{3\varepsilon_0 r^2}$	$U = \int_r^{R_2} E_2 dr + \int_{R_2}^{\infty} E_3 dr = \frac{\rho}{6\varepsilon_0}\left(3R_2^2 - r^2 - \frac{2R_1^3}{r}\right)$
$r > R_2$	$q = \frac{4\pi\rho}{3}(R_2^3 - R_1^3)$ $E = \frac{\rho(R_2^3 - R_1^3)}{3\varepsilon_0 r^2}$	$U = \int_r^{\infty} E_3 dr = \frac{\rho(R_2^3 - R_1^3)}{3\varepsilon_0 r}$

5. 带电球体（半径 R，体密度 ρ）

区域条件	电场强度 E	电势 U
$r < R$	$q = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$，$E = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}$	$U = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0} - \frac{\rho r^2}{6\varepsilon_0}$
$r > R$	$q = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$，$E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}$	$U = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r}$

电磁学核心

1. 毕奥 - 萨伐尔定律

			 $B = \frac{\mu_0 I}{2\,R} * \varphi/2\pi$

2. 安培环路定理

- **定理表达式:** $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_{内}$->$B = \frac{\mu_0 \sum I_{内}}{2\pi R}$
- **长直螺线管:** $B = \mu_0 nI$
- **电流叠加原理:** $I = J * S$(J为电流密度)

3. 磁通量与电磁感应

- **核心公式:** $\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S}\, \varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$
- **高斯定理:** 稳衡磁场中,穿过任一闭合曲面的总磁通量为0
- **楞次定律:** 来拒去留

类型	公式	方向判断方法
感生电动势	$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{S*dB}{dt}$ （N为匝数，Φ为磁通量）	**右手螺旋定则**：根据感应电流的磁场方向，用右手螺旋定则判断出感应电流的方向，即为感生电动势的方向（在电源内部）
动生电动势	$\varepsilon = BLv$ （B为磁感应强度，L为导体有效长度，v为导体垂直切割磁感线的速度）	**右手定则**：伸开右手，让磁感线从掌心进入，并使拇指指向导线运动方向，这时四指所指的方向就是动生电动势的方向（在电源内部）

4. 磁场对电流 / 电荷的作用力

类型	公式	方向判断
安培力	$F = BIL$	左手定则：磁感线穿掌心，四指指向电流方向，拇指指向安培力方向（垂直于电流与磁场平面）
洛伦兹力	$圆: F = Bqv = m\frac{v^2}{R}$ $R = \frac{mv}{qB}, T = 2\pi * \frac{m}{Bq}$	左手定则：磁感线穿掌心，四指指向**正电荷**运动方向（负电荷则反向），拇指指向洛伦兹力方向（垂直于速度与磁场平面）

5. 磁矩/磁力矩

- **磁矩:** $P_m = I * S$
- **磁力矩:** $M = B * P_m * \sin\theta$ (θ为其夹角)
- **磁力矩做功:** $A = I * \Delta\varphi_m$

6. 自感/互感

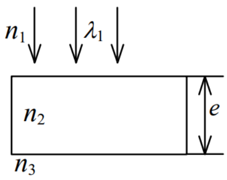
- **自感:** $L = \frac{\varphi}{I}, \varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$ (L为自感系数,与电流无关)
- **磁场能量:** $W = \frac{1}{2}LI^2$
- **互感:** $M = \frac{\Psi_{21}}{I_1} = \frac{\Psi_{12}}{I_2}$

7. 静电场/感生电场

场的类型	场的性质	场线特点	其他特征
静电场	保守场、有源场	非闭合	
感生电场	非保守场、无源场、有旋场	闭合	环路上$\vec{E}_r$大小处处相等，方向不同

光学核心

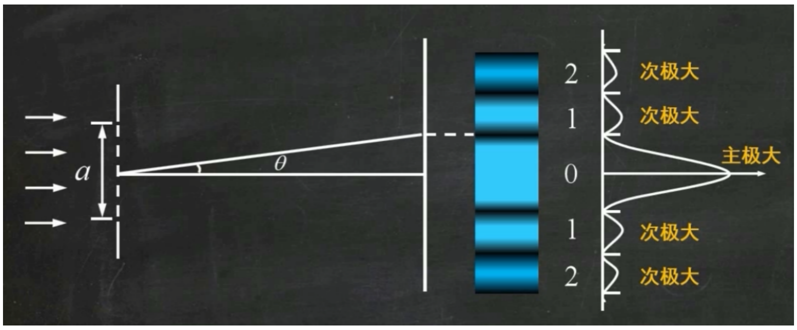
1. 薄膜干涉（等倾干涉, 牛顿环, 劈尖干涉）

- **光程差公式**: ($\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$) （n 为薄膜折射率, d为膜厚， $\frac{\lambda}{2}$ 是半波损失，当($n_1 < n_2 < n_3$) 或 ($n_1 > n_2 > n_3$) 时, 无半波损失)
- **明暗纹条件**: $\delta = \begin{cases} k\lambda & (k=0,1,2,\ldots) \quad 明纹 \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k=0,1,2,\ldots) \quad 暗纹 \end{cases}$
- 等倾干涉
  - 

2. 双缝干涉

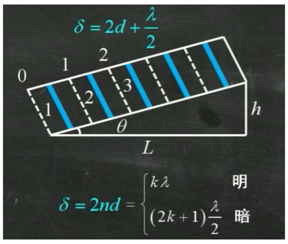
- **条纹间距**: ($\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$) （D为缝到屏的距离，d 为双缝间距)
- **两个k级明条纹间距:** $x_k - x_{-k} = 2k * \frac{D\lambda}{d}$

3. 单缝衍射



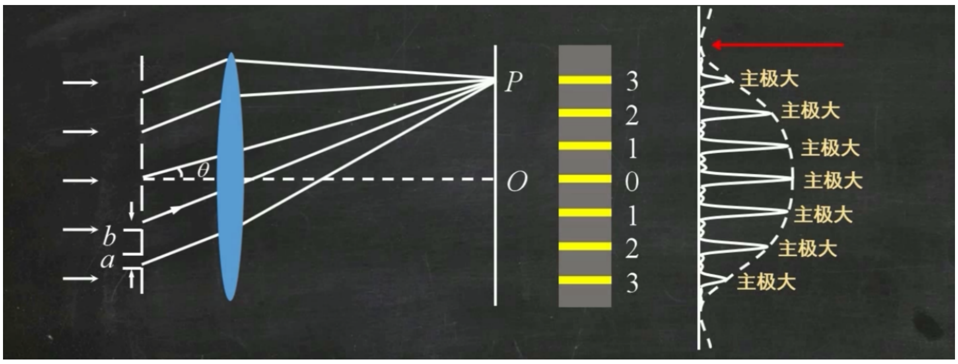
- **光程差与衍射角关系**：（$\delta = a\sin\theta$）
- **明暗纹条件**： $a\sin\theta = \begin{cases} \pm k\lambda & (k=1,2,3,\ldots) \quad 暗纹 \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k=0,1,2,\ldots) \quad 明纹 \end{cases}$
- **中央明纹宽度**：($\Delta x_0 = \frac{2\lambda D}{a}$)
- **次明纹宽度**： ($\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$)
- **暗纹中心位置**：($x = \pm k\frac{\lambda D}{a}$)
- **明纹中心位置**：（$x = \pm\frac{2k+1}{2}\frac{\lambda D}{a}$ ）

4. 劈尖干涉



- 光程差及明暗条纹条件同**薄膜干涉**
- **高度差**: $\Delta h = \frac{\lambda}{2n}$
- **间距**: $l sin\theta = \frac{\lambda}{2n}$

5. 光栅衍射



- **光栅方程（主极大条件）**：（($(a+b)\sin\theta = \pm k\lambda$) （d = a+b 为光栅常数，k 为衍射级次）
- **主极大最大级次**：（$k_{\max} = \frac{a+b}{\lambda}$ ）(取整数部分)
- **缺级现象**：当（ $\frac{a+b}{a} = \frac{k}{k'}$ ）时，k 级主极大缺级 （ k' 为单缝衍射暗纹级次）
    - k=3时, 中央明条纹共有 5 条谱线($-2,-1,0,1,2$)

6. 偏振

- **马吕斯定律**:($I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$)(α 为起偏器与检偏器的偏振化方向夹角)
- **自然光通过起偏器**:光强减半 ($I_1 = \frac{1}{2} I_0$)
- **布儒斯特定律**:当入射角 (i_0) 满足 ($\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$) 时,反射光为线偏振光(振动方向垂直入射面),折射光为部分偏振光。

7. 迈克尔逊干涉仪

- **光程差变化与移动距离关系**:($\Delta d = N \cdot \frac{\lambda}{2}$)(N为条纹移动数,Δd为反射镜移动距离)

量子物理核心

1. 光子能量

- $\varepsilon = h\nu$(h 为普朗克常量,ν 为光的频率)

2. 光电效应

- 爱因斯坦**光电效应方程**:$h\nu = W_0 + E_k$ (W_0) 为金属的逸出功,(E_k) 为光电子的最大初动能
- 截止频率(红限频率):$\nu_0 = \frac{W_0}{h}$
- 遏止电压与最大初动能关系:$E_k = eU_c$(e 为元电荷,U_c 为遏止电压)

3. 光子动量

- $p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$ (E) 为光子能量,(c) 为真空中光速,(λ) 为光的波长

4. 康普顿效应(康普顿偏移)

- 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**.
- $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\theta)$

  (m_0) 为电子静质量,(θ) 为散射角,($\frac{h}{m_0 c}$) 为康普顿波长)
- θ 为 π, 散射光子的频率**小的最多**; θ 为 0, 散射光子的频率与入射光子**相同**

5. 德布罗意波(物质波)

- $\lambda = \frac{h}{p}$ (p) 为粒子的动量

6. 带电粒子加速的动能关系

- $E_k = eU = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ (U) 为加速电压,(m) 为粒子质量,(v) 为粒子速度