大学物理（2）

—考前辅导

华北电力大学

2022年11月

大学物理（2）内容

- 电磁学（75%）
  - 静电学
    - 真空中的静电场
    - 导体中的静电场
    - 介质中的静电场
  - 稳恒磁场
    - 真空中的稳恒磁场
    - 介质中的稳恒磁场
    - 磁场对电荷作用力
      - 洛伦兹力
      - 安培力
      - 力矩、做功
  - 电磁感应
    - 动生、感生、自感、互感
- 波动光学（25%）
  - 干 涉
    - 分波面阵法
      - 杨氏双缝干涉
    - 分振幅法
      - 薄膜干涉
        - 迈克尔逊
        - 劈尖
        - 牛顿环
        - 增反/增透膜
  - 衍 射
    - 单缝衍射
    - 光栅衍射
  - 偏 振
    - 起偏、检偏
    - 反射起偏

考试题型

一、选择题：6道，每题3分，共18分

二、判断题：5道，每题2分，共10分

三、填空题：6道，每题2分，共12分

四、计算题：6道，每题10分，共60分

电磁学学习重点

一、体系：E、V、B、ε（包含F、M、A）

二、高中——均匀、不变 ⇨ 大学——不均匀、变化

三、解题思路：

1、微分 $\begin{cases} \text{非均匀} \rightarrow \text{均匀} \\ \text{曲} \rightarrow \text{直} \end{cases}$

细圆环

$$dq = \sigma \cdot dS = \sigma \cdot 2\pi r dr$$

薄球层

$$dq = \rho \cdot dV = \rho \cdot 4\pi r^2 dr$$

电荷元 **dq** $\quad dq = \lambda dl, \sigma ds, \rho dv$

电流元**Idl**

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{e}_r}{r^2} \qquad d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

2、叠加

- 标量积分→V、φ、ε →分段积分
- 矢量积分→E、B →投影、分量积分

3、对称性分析

E →球、轴、面→高斯定理求解

B →轴、面→环路定理求解

4、对比学习：　电场 ⟺ 磁场

（1）规律相似　（2）做题思路相似　（3）结果相似

第一部分—静电场

一、求场强的三种方法

方法 1. 叠加法或积分法：　点电荷场强 +叠加原理

离散：$\vec{E}=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i^2}\vec{e}_{ri}$　　连续：$\vec{E}=\int\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r$

$dq=\lambda dl,\sigma ds,\rho dv$

方法 2. 应用高斯定律 ：

条件 --- 场具有高度对称性（球、轴、面）；

$$\oiint\vec{E}d\vec{s}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i(s内)}q_i$$

*方法 3. 场强是电势负梯度（不作考试要求）

$$\vec{E}=-(\frac{\partial U}{\partial x}\vec{i}+\frac{\partial U}{\partial y}\vec{j}+\frac{\partial U}{\partial z}\vec{k})=-\nabla U \qquad E=-\mathrm{grad}U$$

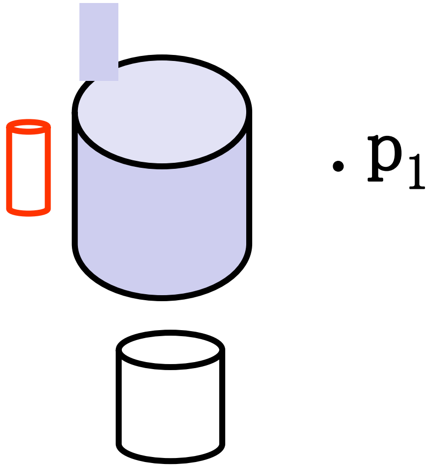
例1 求无限长均匀带电圆柱体内外场强的分布.

（1）通过带电体外任一点 P_1 作同轴圆柱面 S_1

$$\oiint_{s_1} \vec{E}_{外} \cdot d\vec{s} = E_{外} \cdot (2\pi r \cdot l) = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho_e \pi R^2 \cdot l$$

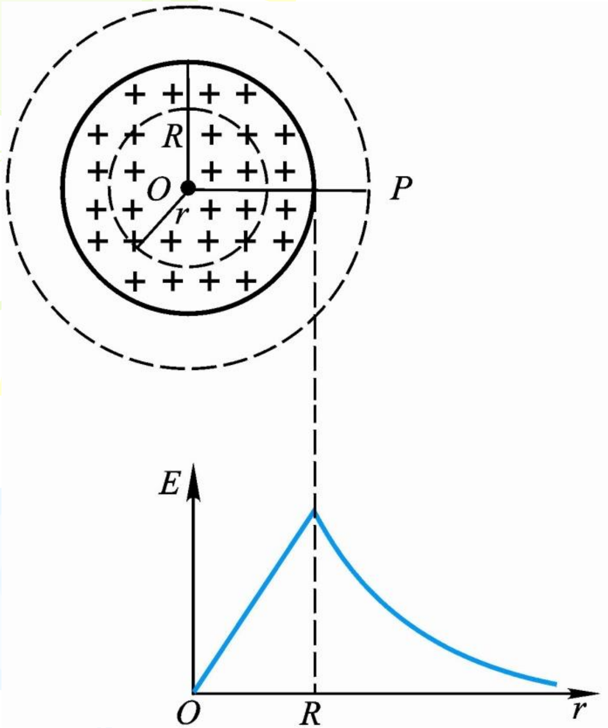
$$\therefore E_{外} = \frac{\rho_e R^2}{2\varepsilon_0 r} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} \qquad (\boldsymbol{\lambda} = \boldsymbol{\rho}_e \pi \boldsymbol{R}^2)$$

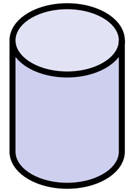
（2） 过带电体内任一点 作高斯面 S_2

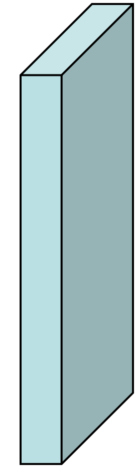


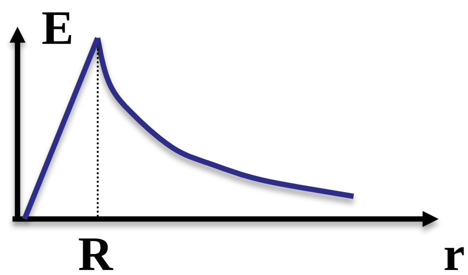
$$\oiint_{s_2} \vec{E}_{内} \cdot d\vec{s} = E_{内} \cdot (2\pi r \cdot l) = \frac{l}{\varepsilon_0} \rho_e \pi r^2 \cdot l$$

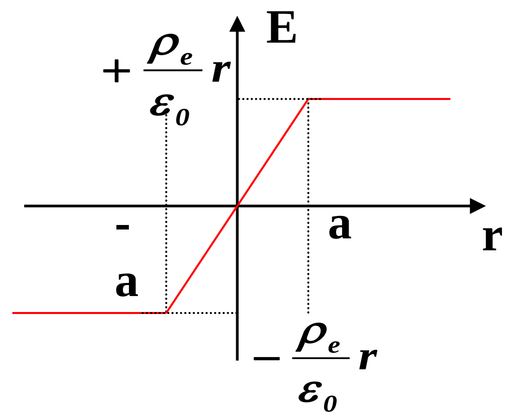
$$\therefore E_{柱内} = \frac{\rho_e}{2\varepsilon_0} \mathrm{r}$$











$$E_{球内}=\frac{\rho_e}{3\varepsilon_0}r \qquad E_{柱内}=\frac{\rho_e}{2\varepsilon_0}r \qquad E_{板内}=\frac{\rho_e}{\varepsilon_0}r$$

二、 求电势的两种方法

方法 1. 场强积分法：

$$U_P = \int_P^{\text{零势点}} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

注意：(1) 场强分布已知或很容易确定。

(2) 要分段积分，不同的积分段，E 不同。

(3) 有限大带电体电势选无限远为电势零点；

无限大带电体选有限处为电势零点。

方法 2. 电势叠加法：（ 由场强积分法演变而来 ）

电荷离散分布： $U_P = \sum_i \frac{Q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}$

电荷连续分布： $U_P = \int \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$

适用条件：有限大带电体且选无限远处为电势零点.

- 静电场力的功 $A_{ab} = \int_a^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 U_{ab} = q_0 U_a - q_0 U_b$

【解题指导】：

均匀带电球壳的场强和电势

球壳外： $E_{外} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}, \quad V_{外} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ → 球壳外为点电荷电场和电势。

球壳内： $E_{内} = 0, \quad V_{内} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$ → 球壳内等势为表面处电势。

由电势叠加原理求解——对球壳类问题求解尤其方便！！！

三．静电场中的导体 （重点）

1. 静电平衡条件: $E_{内}=0$ $\vec{E}\perp d\vec{S}$

推论：1） 整个导体是等势体，表面是等势面。

2）导体内部电荷体密度为零，电荷只分布内外表面。

2. 在静电平衡条件下，导体上的电荷分布:

1) 实心导体: 导体内部没有净电荷,电荷只能分布在导体表面上。

2）空腔导体: 腔内无电荷 -- 电荷只分布在外表面上;

腔内有电荷 -- 内表面电荷与腔内电荷等值异号

3）导体表面场强 $$\vec{E}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}$$

重要结论：外电荷（场）只影响外表面电荷分布;

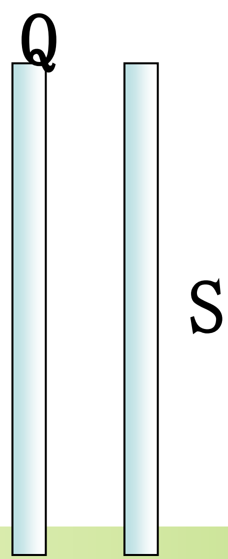
内电荷只影响内表面电荷分布。 （唯一性定理）

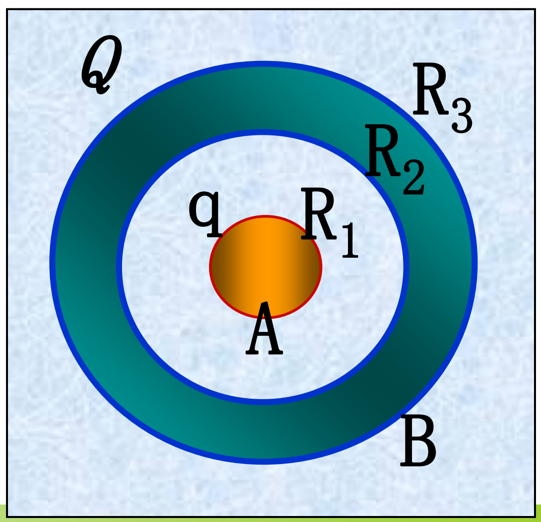
3.静电平衡下导体计算问题

- 分析方法：
  - 静电平衡条件 ($E_{导内}=0$)
  - 电荷守恒（ 导体不接地）
  - 高斯定律

注意： 若导体接地： $E_{内}=0$， $\varphi_{导}=\varphi_{地}=0$ 。

- 常见导体组：板状，球状

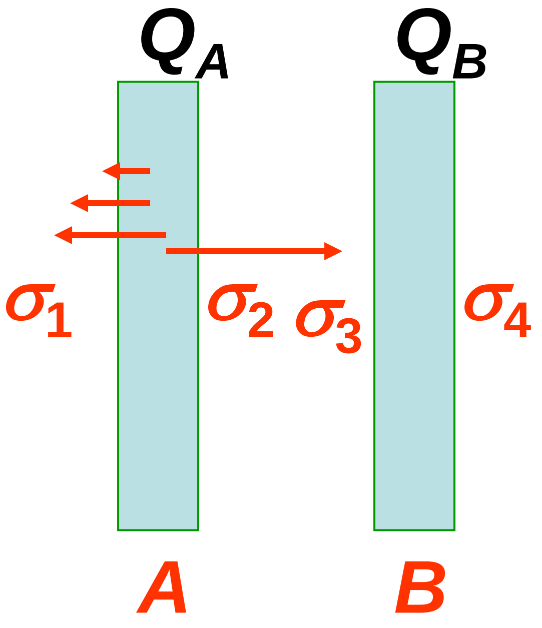




例7-19 两块大导体平板，面积为S，分别带电荷Q_A和Q_B，忽略边缘效应，求平板各表面的电荷密度。

解： 电荷守恒 $\sigma_1 S + \sigma_2 S = Q_A$

$$\sigma_3 S + \sigma_4 S = Q_B$$

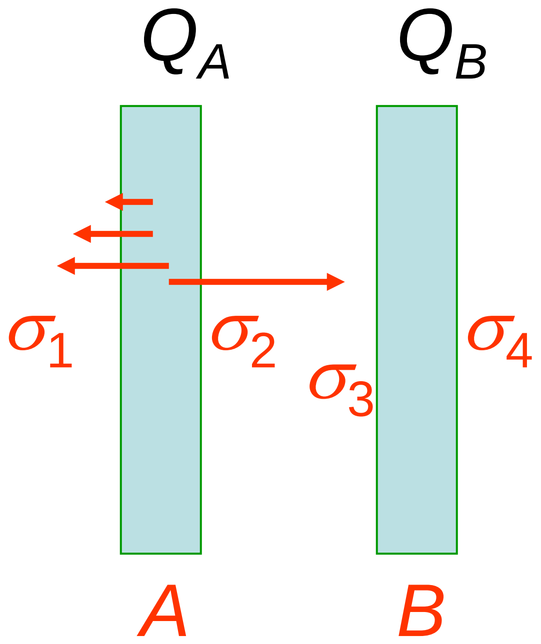


由静电平衡条件，导体板内 $E = 0$。

$$E_A = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0} = 0$$

$$E_B = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0} = 0$$

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{Q_A + Q_B}{2S}$$

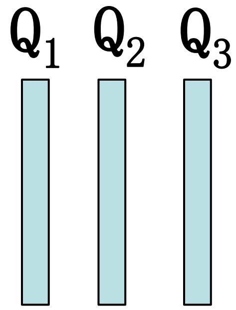


$$\sigma_2 = -\sigma_3 = \frac{Q_A - Q_B}{2S}$$

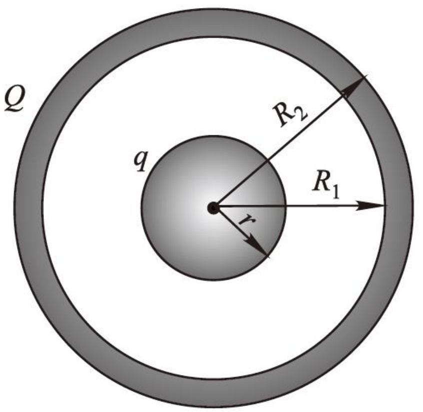
结论： （1）最外侧左右两面等值同号；

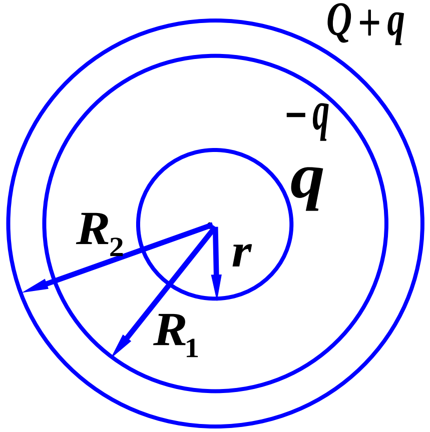
（2）相对两面等值异号；

（3）$Q_{左} = Q_{右} = \frac{Q_1+Q_2+\cdots+Q_n}{2}$ 。



例7-20 在内外半径分别为R_1和 R_2的导体球壳内（带电为Q），有一个同心的半径为r的小球（带电为q），求：（1）小球的电势以及球壳内、外表面的电势；





解：

$$V_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r} - \frac{q}{R_1} + \frac{q+Q}{R_2}\right)$$

$$V_{R_1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{R_1} - \frac{q}{R_1} + \frac{q+Q}{R_2}\right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q+Q}{R_2}$$

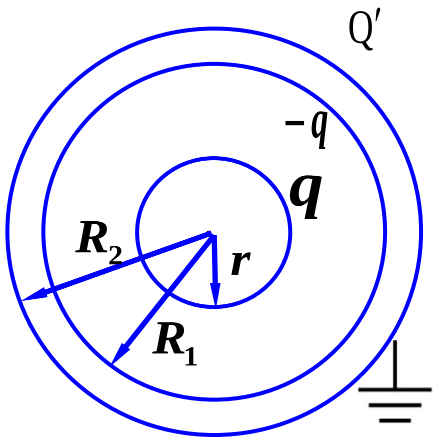
$$V_{R_2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{R_2} - \frac{q}{R_2} + \frac{q+Q}{R_2}\right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q+Q}{R_2}$$

（2）外球接地

$$V_{外}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+\frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 r}+\frac{Q'}{4\pi\varepsilon_0 R}=0$$

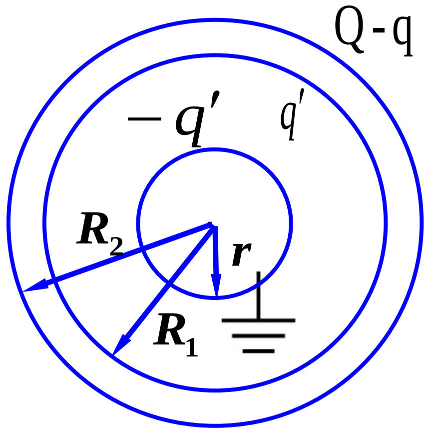
$$\Longrightarrow \quad Q'=0$$



（3）内球接地

$$V_{内}=\frac{-q'}{4\pi\varepsilon_0 r}+\frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 R_1}+\frac{Q-q'}{4\pi\varepsilon_0 R_2}=0$$

$$\Longrightarrow \quad q'=\frac{rR_1}{rR_2-rR_1-R_1R_2}Q$$



结论：（1）高斯定理：$q_{内}=-q_{内表}$；

（2）电荷守恒（或接地：$V_{导}=V_{地}=0$）；

（3）叠加原理求E、V。

4. 电容和电容器

$$C=\frac{Q}{U}$$

平行平板电容器 $$C=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

同心球电容器 $$C=\frac{4\pi\varepsilon_0 R_A R_B}{R_B-R_A}$$

同轴圆柱形电容器 $$C=\frac{2\pi\varepsilon_0 L}{\ln(R_B/R_A)}$$

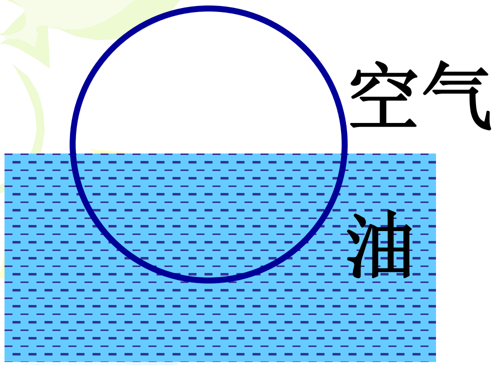
充满电介质时 $$C=\varepsilon_r C_0$$

等效电容：

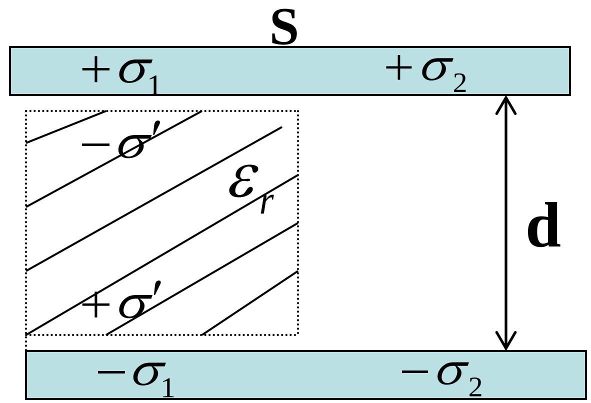
串联（**Q同**） $$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\dots$$

并联（**U同**） $$C=C_1+C_2+\dots$$

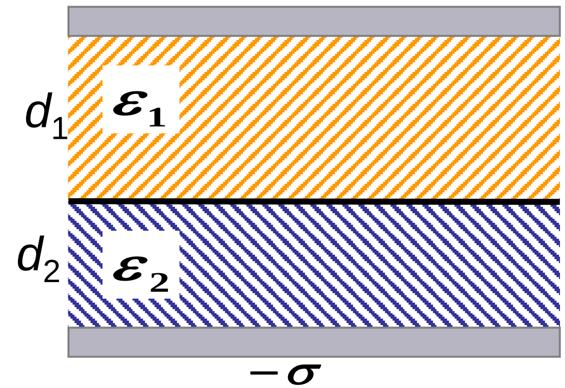
（1）判断电容器的串并联：



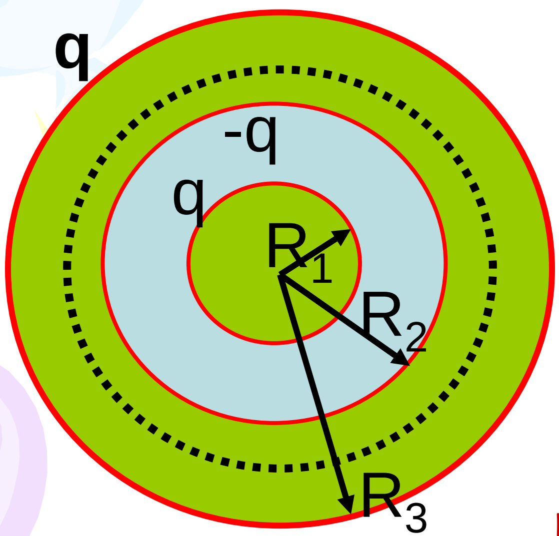
并联



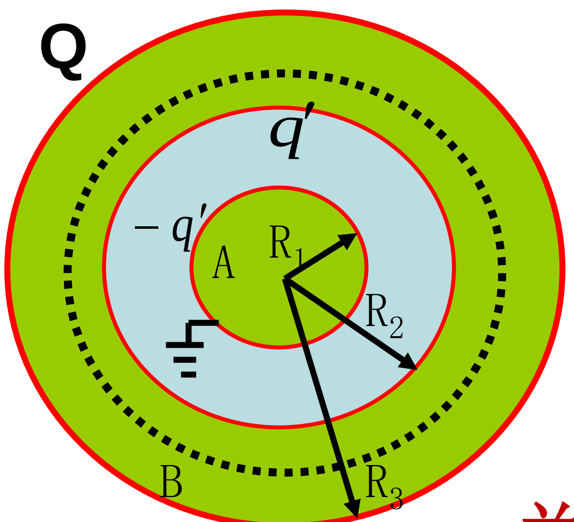
并联



串联



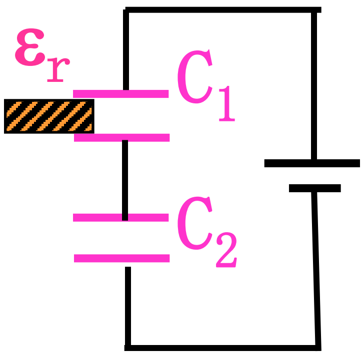
串联



并联

（2）电容器的变化问题：①断开：Q不变 ②连通：U不变

例4　两相同电容器C_1, C_2，串联后与电源相连，C_1中插入电介质，则：



(A) $C_{总}\downarrow$　　(B) $Q_1 > Q_2$

(C) $U_1 > U_2$　　(D) $W_{总}\uparrow$　√

解：(A) $C_1 = \dfrac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d} = \varepsilon_r C_0 \uparrow, C_{总}\uparrow$

(B) 串联，则$Q_1=Q_2=Q$，且都↑　$(\because Q = C_{总} U)$

(C) $Q_1=Q_2=Q$ ，由$U=Q/C$，得$U_1<U_2$

(D) $W_{总} = \dfrac{C_{总} U_{总}^2}{2} \uparrow$

四、电介质（难点）

方法 1：D的高斯定理

$$
\begin{tikzcd}
q_0 \arrow[r, "\left(\oint_S \vec{D}\bullet d\vec{S} = \Sigma q_0\right)"] & \vec{D} \arrow[r, "\left(\vec{D} = \varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}\right)"] & \vec{E} \arrow[r, "\left(V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}.d\vec{l}\right)"] \arrow[d, "\left[\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)\vec{E}\right]"] & V \\
 & & \vec{P} \arrow[d, "\left[\sigma' = \vec{P}.\vec{e}_n\right]"] & \\
 & & \sigma' &
\end{tikzcd}
$$

方法 2：均匀介质充满电场全部空间，或分界面是等势面时：

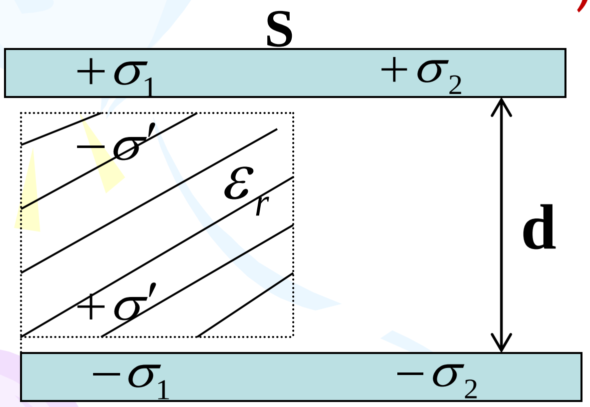
$$\vec{E}=\frac{\vec{E}_0}{\varepsilon_r} \qquad U=\frac{U_0}{\varepsilon_r} \qquad C=\varepsilon_r C_0,$$

方法 3：电容器串并联

电介质大多数问题是电容器问题！！！

例5 两块平行金属板间原为真空，分别带上等量异号电荷 σ_0 ，这时两板间电压 $V_0=300V$。 保持两板上电量不变，将板间一半空间充以 $\varepsilon_r=5$ 的电介质，求 ：（1）V变为多少？自由电荷密度；（2）板间有介质和无介质处的 D、E， 电介质上、下表面束缚电荷面密度多大?

解： （1） 插入介质前电容器电容为：



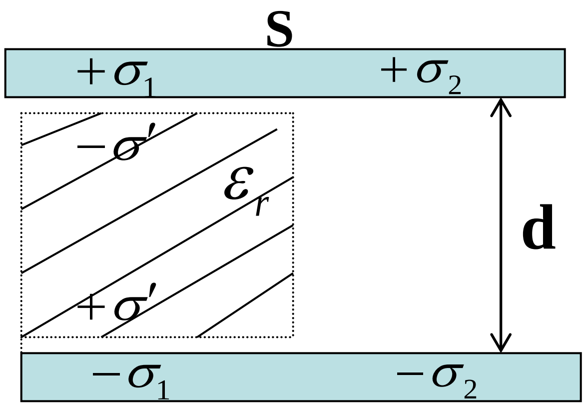
$$C_0=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

插入介质相当于两电容器并联：

$$C=C_1+C_2=\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0 S}{2d}+\frac{\varepsilon_0 S}{2d}=3\frac{\varepsilon_0 S}{d}=3C_0$$

$$U=\frac{Q}{C}=\frac{Q}{3C_0}=\frac{1}{3}U_0=100V$$

$$\therefore \sigma_1 = \varepsilon_r \sigma_2 = 5\sigma_2 \qquad \text{------} \ (1)$$



$$\sigma_0 S = \sigma_1 \frac{S}{2} + \sigma_2 \frac{S}{2}$$

$$\therefore 2\sigma_0 = \sigma_1 + \sigma_2 \qquad \text{-----} \ (2)$$

两式联立 $\sigma_1 = \dfrac{5}{3}\sigma_0, \quad \sigma_2 = \dfrac{1}{3}\sigma_0$

$$D_1 = \sigma_1 = \frac{5}{3}\sigma_0, \quad E_1 = \frac{D_1}{\varepsilon_r \varepsilon_0} = \frac{\sigma_0}{3\varepsilon_0} \qquad \sigma' = \sigma_1\left(1 - \frac{1}{\varepsilon_r}\right)$$

$$D_2 = \sigma_2 = \frac{1}{3}\sigma_0, \quad E_2 = \frac{D_2}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma_0}{3\varepsilon_0} \qquad = \frac{4}{3}\sigma_0$$

五、静电场能量

适用条件

1、电容器能量 $w=\frac{1}{2}QU=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}CU^2$ （电容器）

2、静电场能量 $w=\int \omega dv=\int_v \frac{1}{2}\varepsilon E^2 dv$ （任何）

基本以小题形式出现！！！

第二部分—稳恒磁场

一、求磁场的四种方法

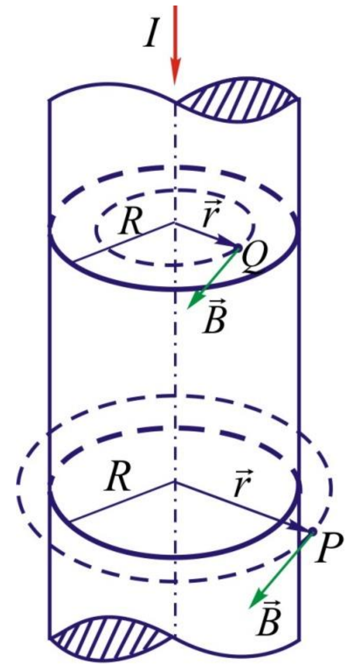
方法 1：毕奥—萨伐尔定律 $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$（不常用）

方法 2：安培环路定理 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_i$

条件：（1）闭合电流

（2）场具有高度对称性（轴、面）

例6 无限长载流圆柱形导体的磁场分布



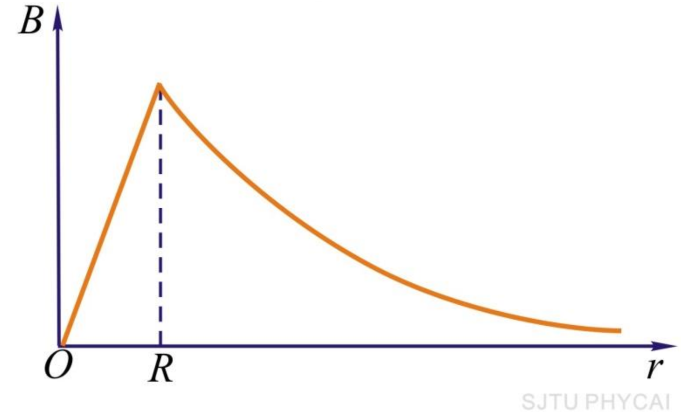
解：（1）圆柱外的磁场：

$$\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = B\cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

$$\Rightarrow \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad (r > R)$$

（2）圆柱内的磁场：

$$\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = B\cdot 2\pi r = \mu_0 I' = \mu_0 \frac{r^2}{R^2} I$$



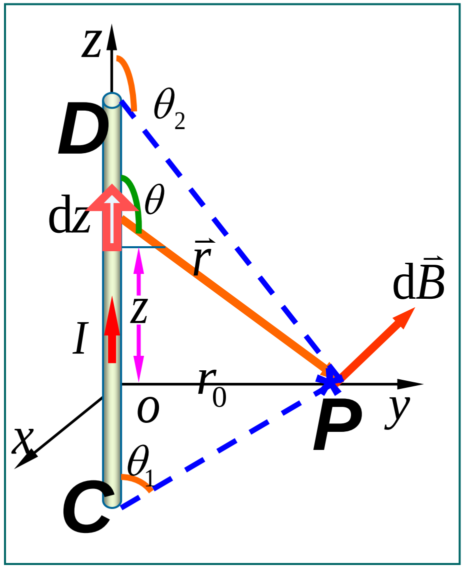
$$\Rightarrow \quad B = \frac{\mu_0 r I}{2\pi R^2} \qquad (r \le R)$$

$$\Rightarrow \quad B = \frac{\mu_0 j}{2} r$$

方法 3：典型电流的磁场+叠加原理

（1）有限长直线电流的磁场

$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi\ r_0}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$$



（2）无限长载流直导线

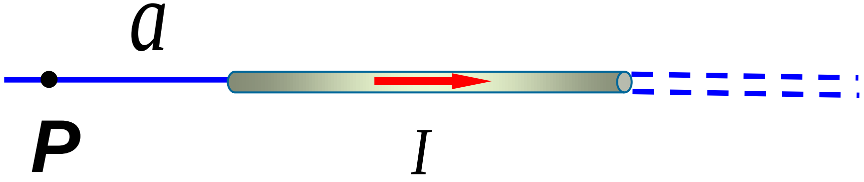
$$\boxed{B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}}$$

（3）半无限长载流直导线

$$\boxed{B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0}}$$

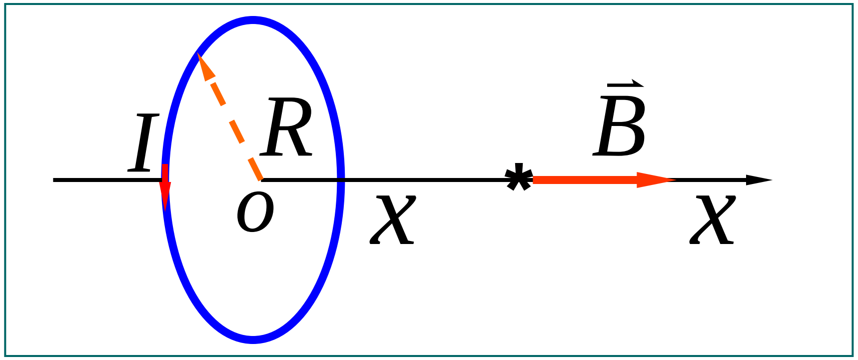
（4）载流导线延长线上任一点的磁场

$$\boxed{\vec{B}=0}$$



（5）载流圆线圈轴线上的磁场

$$B=\frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2+R^2)^{3/2}}$$



（6）载流圆环中心的磁场

$$B=\frac{\mu_0 I}{2R}$$

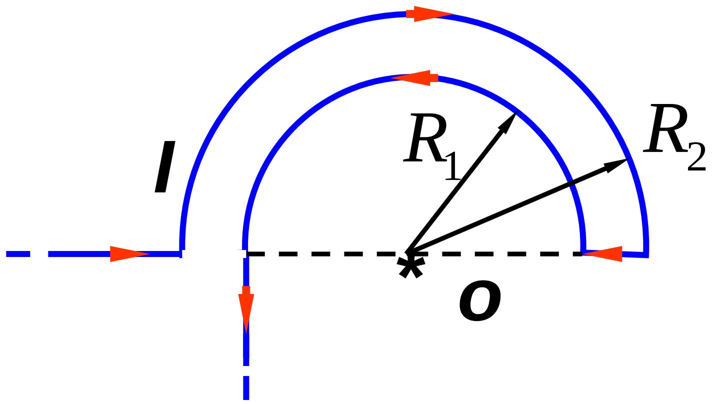
一段圆弧：

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

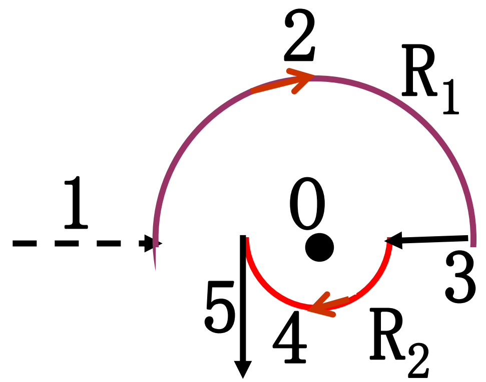
（7）密绕长直螺线管、密绕细螺绕环内部的磁场

$$B=\mu_0 n I=\mu_0 j$$

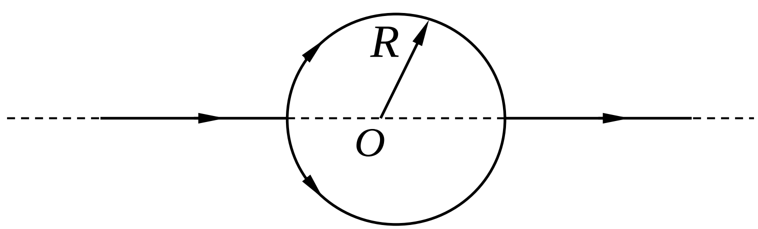
方法 3：典型电流的磁场+叠加原理



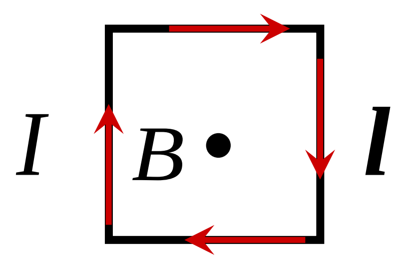
$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{4R_2} - \frac{\mu_0 I}{4R_1} - \frac{\mu_0 I}{4\pi\ R_1}$$



$$B_O = \frac{\mu_0 I}{4R_1} \frac{\mu_0 I}{4R_2} - \frac{\mu_0 I}{4\pi R_2}$$



$$B_0 = 0$$

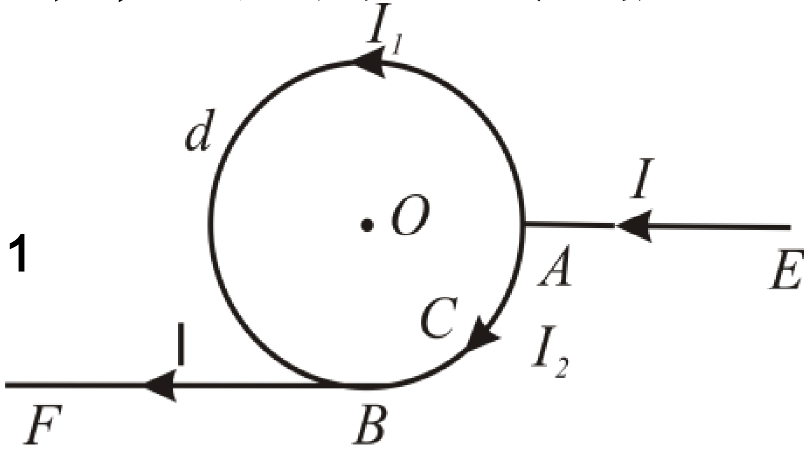


$$B = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}$$

模考

一、2

例7 两根直导线与铜环上AB 两点连接，如图所示，并在很远处与电源相连接。若圆环的粗细均匀，半径为 r，直导线中电流I 。求圆环中心处的磁感应强度。



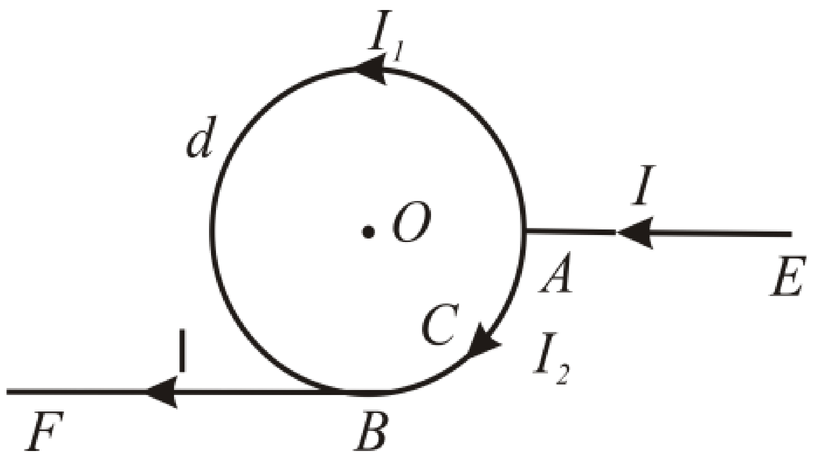
解: 电流在A 点分为两支路为I_1 和 I_2， 串联:

$$l_{AdB}I_1 = l_{AcB}I_2$$

$$B_{AdB} = -\frac{\mu_o I_1}{2\pi}\frac{l_{AdB}}{2\pi r} \qquad B_{AcB} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi}\frac{l_{AcB}}{2\pi l} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi}\frac{l_{AdB}}{2\pi r}$$

$$B_{AdB} + B_{AcB} = 0$$

$$B_{EA} = 0,$$



$$B = B_{BF} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos 90^\circ - \cos 180^\circ) = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}$$

方向垂直图面向里

方法 4：电荷旋转圆电流法

$$\begin{cases} I = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} & \text{（即时电流—可以不闭合）} \\[2em] I = \dfrac{\omega}{2\pi}q & \text{（圆电流—闭合电流）} \end{cases}$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2R}}$$

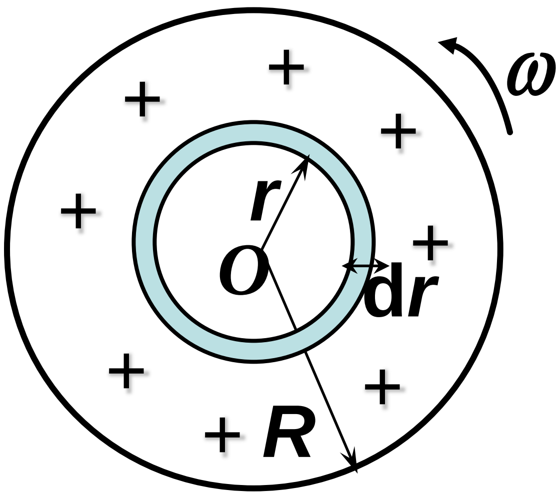
常用

$$\mathrm{d}I = \frac{\omega}{2\pi}\mathrm{d}q$$

例8 一个半径R为的塑料薄圆盘，电荷$+q$均匀分布其上，圆盘以角速度ω绕通过盘心并与盘面垂直的轴匀速转动，求圆盘中心处的磁感应强度和磁矩。

解： 带电圆盘转动形成圆电流，取距盘心r处宽度为$\mathrm{d}r$的圆环作圆电流，则：

$$\mathrm{d}I = \frac{\omega}{2\pi}\frac{q}{\pi R^2}2\pi r\,\mathrm{d}r = \frac{\omega q r\,\mathrm{d}r}{\pi R^2}$$



$$\Rightarrow \quad \mathrm{d}B = \frac{\mu_0\,\mathrm{d}I}{2r}$$

$$B = \frac{\mu_0 \omega q}{2\pi R^2}\int_0^R \mathrm{d}r = \frac{\mu_0 \omega q}{2\pi R}$$

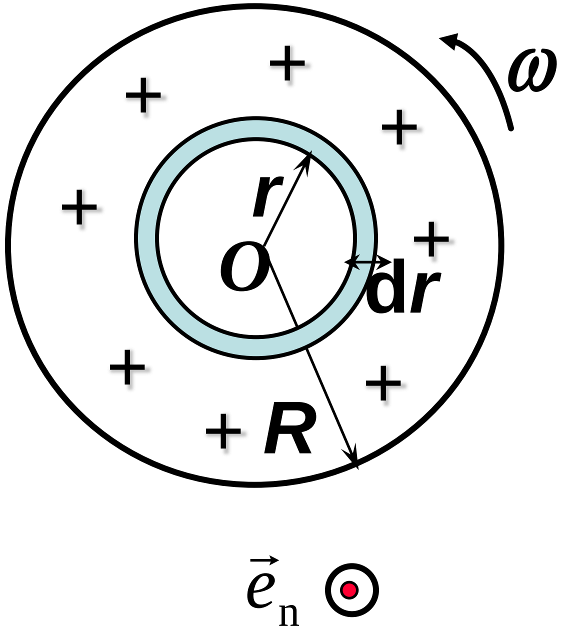
求磁矩：

r→r+dr的圆环电流：

$$\mathrm{d}\vec{m} = \pi r^2 \mathrm{d}I\, \vec{e}_{\mathrm{n}}$$

$$m = \int \mathrm{d}m = \int_0^R \pi r^2 \omega\sigma\ r\mathrm{d}r$$

$$= \frac{1}{4}\omega qR^2$$



方向：与转向成右手螺旋，$\vec{e}_{\mathrm{n}}$

二、磁场对电流的作用

对运动电荷 $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\quad R = \dfrac{mv}{qB} \quad T = \dfrac{2\pi m}{qB}$

对载流导线 $\vec{F} = \int_L d\vec{f} = \int_L I d\vec{l} \times \vec{B}$

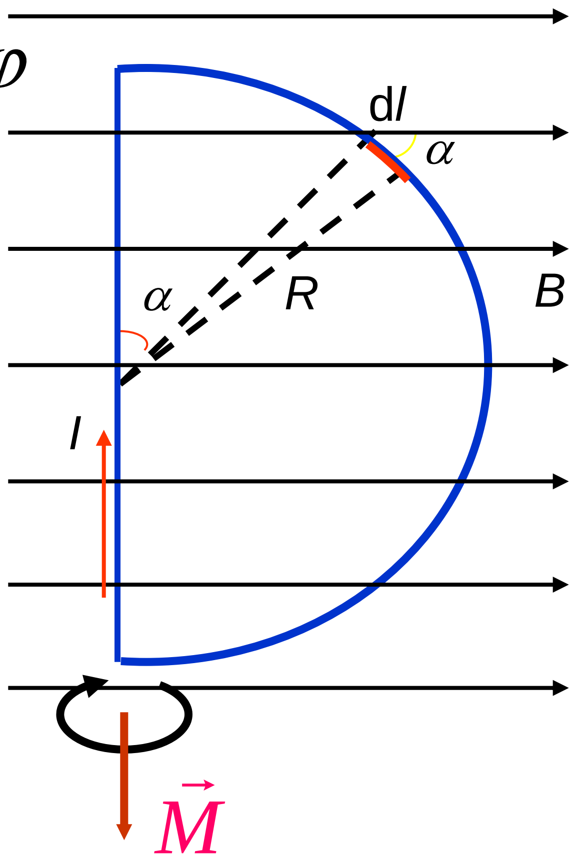
对载流线圈 $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$ $\Longrightarrow$ 适用各种形状

$\vec{m} = NI\vec{S}$

磁场力的功 $A = I\Delta\Phi$ $\Longrightarrow$ 也适合于非匀强磁场的导线或线圈

例9 半径R的闭合载流线圈，通过电流I。放在均匀磁场B中，其方向与线圈平面平行。求：（1）以直径为转轴，线圈所受磁力矩的大小和方向；（2）在力矩作用下，线圈转过90°，力矩做了多少功？

解：（1） $\vec{M}=\vec{m}\times\vec{B}$ $\quad M=mB\sin\varphi$



$$\because\quad \varphi=90^\circ \quad m=I\cdot\frac{\pi R^2}{2}$$

$$\therefore\quad M=\frac{1}{2}\pi IBR^2$$

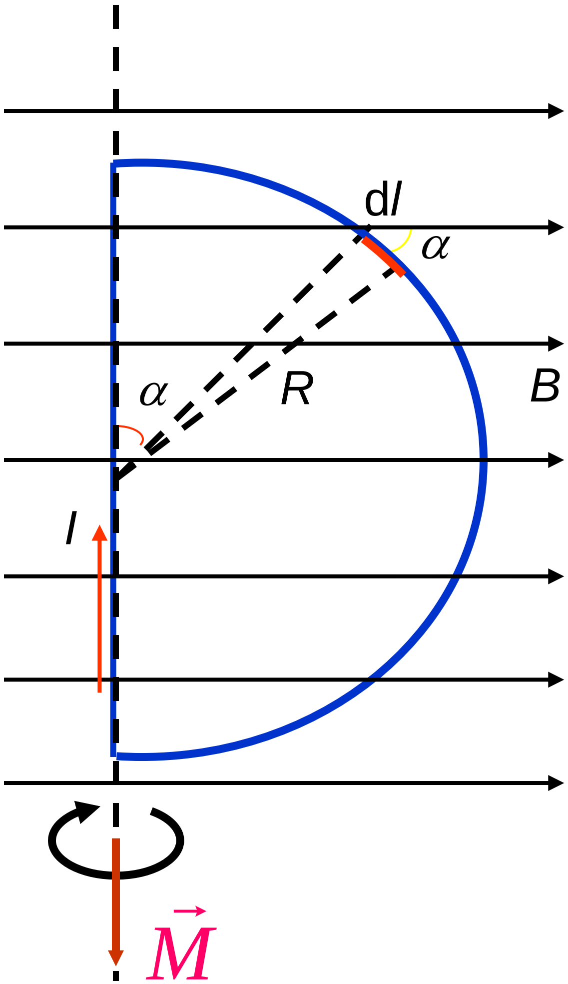
方向：竖直向下

(2)力矩的功

线圈转过90°时，磁通量的增量为

$$\Delta\Phi = \frac{\pi R^2}{2} B$$

$$A = I\Delta\Phi = \frac{\pi R^2}{2} IB$$



三、磁介质—（与电介质类似）

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_i I_{0i} \qquad \vec{B}=\mu_0\mu_r\vec{H} \qquad \vec{M}=\frac{\mu_r-1}{\mu_0\mu_r}\vec{\mathbf{B}}$$

$$\vec{j}'=\vec{M}\times\hat{n}$$

均匀磁介质且磁场满足对称性时：

$$\boldsymbol{B=\mu_r B_0}$$

第三部分—电磁感应

一、电磁感应 $\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$

(1) 动生电动势 $\varepsilon_{动} = \int_{-}^{+} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

推论：匀强磁场中 $\varepsilon_{弧ab} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \overline{ab}$

(2) 感生电动势： $\varepsilon_{感} = \oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$

(3)自感电动势： $\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$ $I \to \vec{B} \to \Phi \to L = \frac{\Phi}{I}$

(4) 互感电动势： $\varepsilon = -M\frac{dI}{dt}$ $I \to \vec{B} \to \Phi \to M = \frac{\Phi_{12}}{I_2}$

电磁感应问题关键在于求Φ

（3） 感应电场E_i 圆柱形空间匀强磁场

$$E_{内} = -\frac{r}{2}\frac{dB}{dt} \quad E_{外} = -\frac{R^2}{2r}\frac{dB}{dt}$$

二、磁场能量

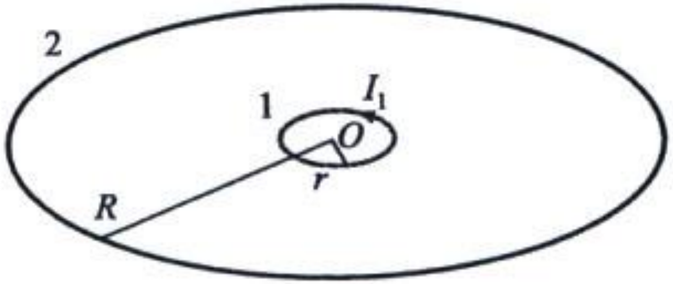
$$W = \int w_m dv = \int \frac{B^2}{2\mu} dv$$

自感线圈磁能 $$W = \frac{1}{2}LI^2$$

互感线圈互感磁能 $$W = MI_1I_2$$

互感线圈总磁能 $$W_M = \frac{1}{2}L_1I_1^2 + \frac{1}{2}L_2I_2^2 \pm M I_1I_2$$

例10 两只水平放置的同心圆线圈1和2，半径分布*r*和*R*，且*R* >> *r*，已知小线圈1内通有电流$I_1 = I_0 \cos\omega t$，求在大线圈2上产生的感应电动势。



解：（1）先假设大线圈通电流 I_2

其中心的磁场为 $B = \dfrac{u_0 I_2}{2R}$

因为*R* >> *r*，小线圈内的磁场可以看作是均匀的

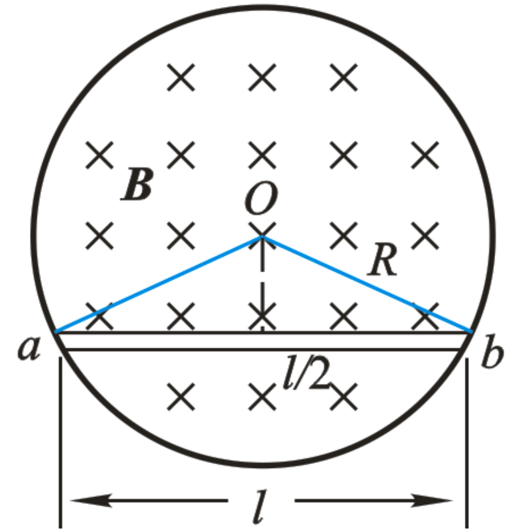
$$\Phi_{12} = BS = \frac{u_0 I_2}{2R}\pi r^2$$

$\Rightarrow$ 互感系数 $M_{12} = \dfrac{u_0}{2R}\pi r^2$

互感系数 $$M_{21} = M_{12} = \frac{u_0}{2R}\pi r^2$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{21} = -M_{12}\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}t} = \frac{u_0 \pi r^2}{2R} I_0 \omega \sin\omega t$$

例11 半径为R 的圆柱形体积内充满磁感应强度$B(t)$的均匀磁场，有一长为 l 的金属棒放在其中，设$\mathrm{d}B/\mathrm{d}t$已知，求棒两端的感生电动势。



解：作辅助线，构成一个闭合回路aob

$$\Phi = B\cdot\frac{l}{2}\sqrt{R^2-\left(\frac{l}{2}\right)^2}$$

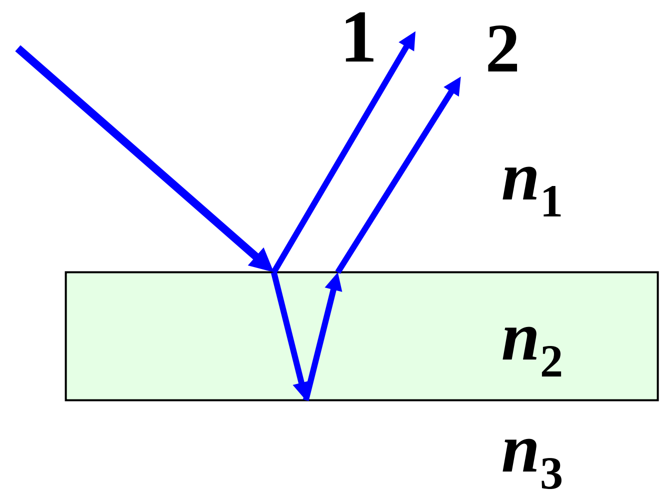
$$\varepsilon_{\mathrm{i}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\frac{l}{2}\sqrt{R^2-\left(\frac{l}{2}\right)^2}\,\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$

$$\because\ \varepsilon_{Oa} = 0,\ \varepsilon_{bO} = 0 \qquad \varepsilon_{ab} = \frac{l}{2}\sqrt{R^2-\left(\frac{l}{2}\right)^2}\,\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$

方向： $a\rightarrow b$

第四部分—波动光学

学习重点：



一、半波损失：

$\boldsymbol{n_1} < \boldsymbol{n} > \boldsymbol{n_2}$，$\boldsymbol{n_1} > \boldsymbol{n} < \boldsymbol{n_2}$ $\delta = \dfrac{\lambda}{2}$

$\boldsymbol{n_1} < \boldsymbol{n} < \boldsymbol{n_2}$，$\boldsymbol{n_1} > \boldsymbol{n} > \boldsymbol{n_2}$ $\delta = 0$

注意：透射光与反射光互补。

半波损互补

能量互补

二、光程差：

$$\delta = d \sin \theta \qquad \delta = 2nd + (\frac{\lambda}{2})$$

$$\delta = 2d\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 i} + (\frac{\lambda}{2})$$

三、光程改变：

1、改变一个λ，条纹移动一条

2、$\Delta\delta = (n-1)\mathrm{d}$　　　$\Delta\delta = 2\Delta d = N\lambda$

四、光栅：

（1）中央明纹内主极大个数；

（2） 缺级；

（3） 整个屏幕能看到主极大个数

（4） 完整光谱条件

五、偏振：马吕斯定律和布儒斯特定律

波动光学

- 光的干涉
  - 干涉条纹明暗条件
    $$\delta=\begin{cases}\pm k\lambda & 明\\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & 暗\end{cases}$$
    - 杨氏双缝：$\delta=\dfrac{nd}{D}x$
    - 薄膜干涉
      - 等倾：$\delta=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}+\dfrac{\lambda}{2}$
      - 等厚
        - 劈　尖
        - 牛顿环

        $\delta=2en_2+\dfrac{\lambda}{2}$
- 光的衍射
  - 单缝衍射
    - 衍射条纹明暗条件
      $$\delta=\begin{cases}\pm k\lambda & 暗\\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & 明\end{cases}$$
      $\delta=a\sin\varphi$
  - 光栅衍射
    - 多光束干涉 — 光栅方程
      - $d\sin\varphi=\pm k\lambda$
      - $k_{\max}<\dfrac{a+b}{\lambda}$
    - 单缝衍射 — 缺级现象
      - $k=\dfrac{a+b}{a}k'$
- 光的偏振
  - 偏振光的获得
    - 偏振片 起偏 检偏 — 马吕斯定律：$I_2=I_1\cos^2\theta$
    - 反射起偏 — 布儒斯特定律：$tgi_0=\dfrac{n_2}{n_1}=n_{21}$

光的干涉（相干光源）

分波振面法 ⟶ 杨氏双缝干涉

$$\delta = n(r_2 - r_1) = \frac{nd}{D}x$$

$$\delta = \begin{cases} k\lambda & 明 \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & 暗 \end{cases}$$

分振幅法 ⟶ 薄膜干涉

- 等倾干涉
- 等厚干涉

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

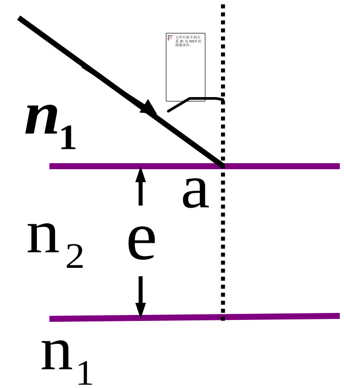
在光垂直入射的情况下

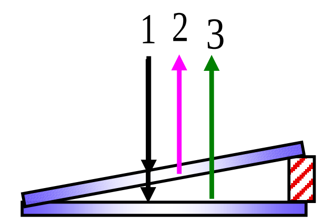
$$\delta = 2en_2 + \frac{\lambda}{2}$$

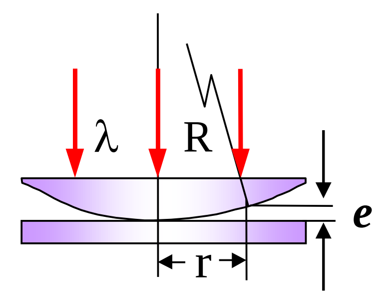
迈克耳逊干涉仪：

$$\Delta d = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

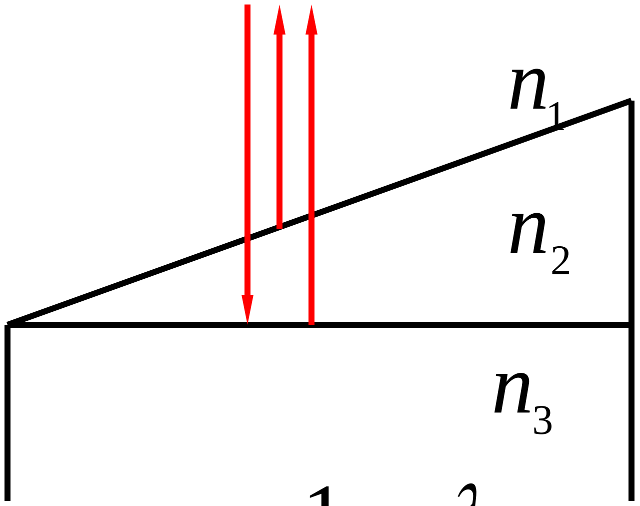
$$\Delta\delta = 2(n-1)d = N\lambda$$







例12 用波长为 λ 的单色光垂直照射折射率为 n_2 的劈尖薄膜如图. 图中各部分折射率的关系是 $n_1 < n_2 < n_3$，观察反射光的干涉条纹，从劈尖顶开始向右数第 5 条暗条纹中心所对应的厚度 e 为 $\underline{9\lambda/4n_2}$



暗条纹

$$\Delta_r = 2n_2 e = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$k = 0,1,2,\cdots$$

第 5 条暗条纹 $k = 4$

$$e = (4+\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2n_2}$$

单选题 1分

此题未设置答案，请点击右侧设置按钮

设置

例13 在折射率 n_1为 1.5 的玻璃板上表面镀一层折射率n_2为 2.5 的透明介质膜可增强反射. 设在镀膜过程中用一束波长为 600nm 的单色光从上方垂直照射到介质膜上, 并用照度表测量透射光的强度. 当介质膜的厚度逐步增大时，透射光的强度发生时强时弱的变化，求当观察到透射光的强度第三次出现最弱时，介质膜镀了多少nm厚度的透明介质膜

A 300 ,

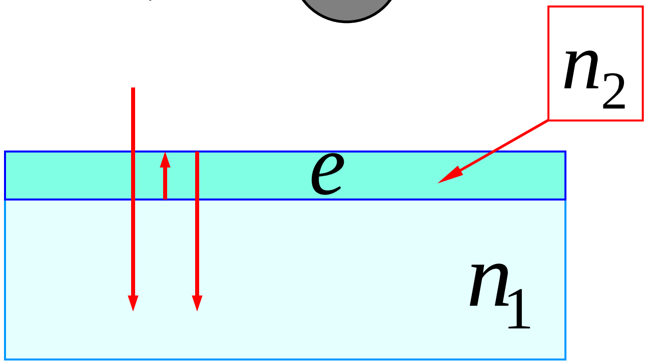
B 600 ,

C 250 ,

D 420

$$\Delta_t = 2n_2 e = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$k=2,\ e=300\,\mathrm{nm}$$



提交

光的衍射

单缝衍射：$\boxed{\delta = a\sin\varphi}$　　半波带法

光栅衍射：光栅衍射条纹是单缝衍射和多光束干涉的综合效果。

光栅方程　$\boxed{(a+b)\sin\varphi = \pm k\lambda \quad (k = 0,1,2\ldots)}$

缺级现象　$\boxed{k = \dfrac{a+b}{a}k'}$

最高级次满足：$\boxed{k_{\max} < \dfrac{a+b}{\lambda}}$

完整光谱条件：$\boxed{k\lambda_{红} < (k+1)\lambda_{紫}}$

单选题 1分

设置

此题未设置答案，请点击右侧设置按钮

例14. 双缝的缝宽为b，缝间距为$2b$（缝的中心点的间隔），则单缝中央衍射包络线内明条纹有

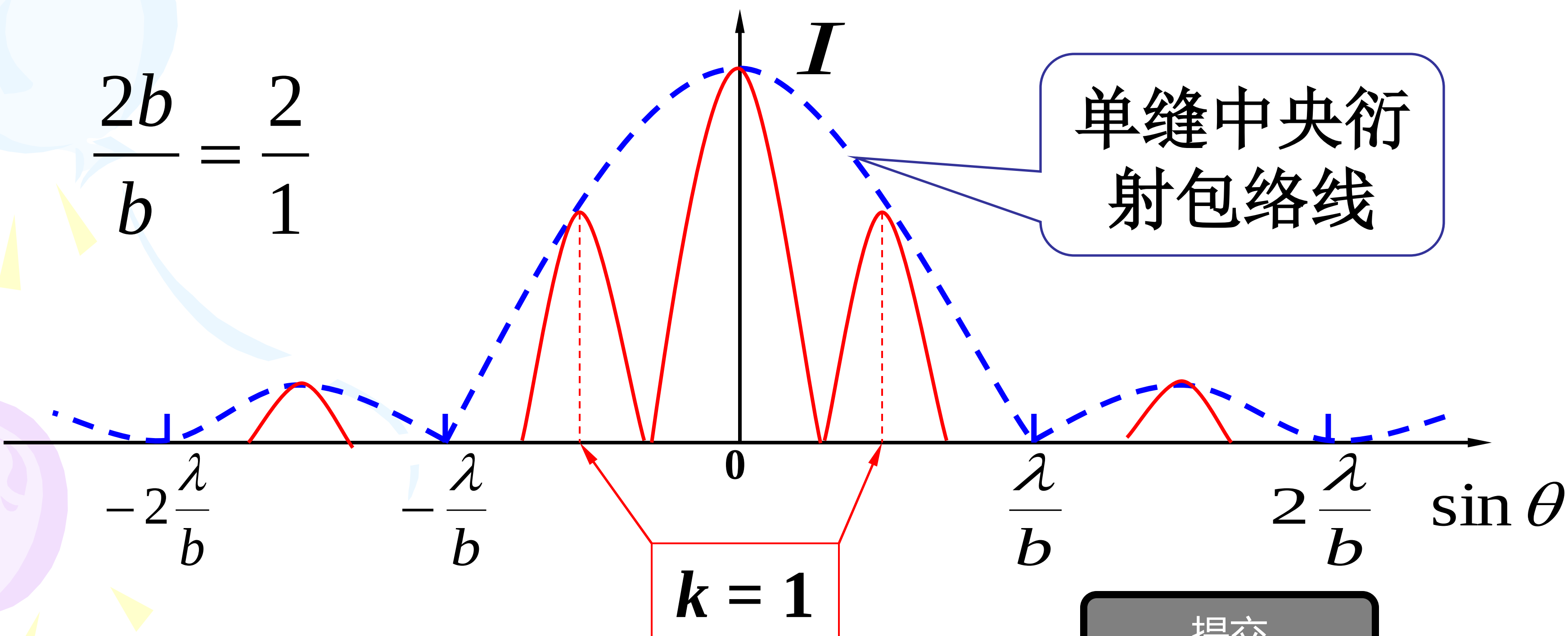
A 1条；

B 3条；

C 4条；

D 5条

$$\frac{2b}{b}=\frac{2}{1}$$



提交

例15 光垂直入射光栅，光栅常数与入射光波长之比为 $\frac{d}{\lambda}=\frac{20}{3}$，光栅常数与透光部分宽度之比 $\frac{d}{a}=2$

求：实际呈现的光谱线条数

解： 据光栅方程 $d\sin\theta=\pm k\lambda$

最大主极大级次为：$k_{\max}=\frac{d}{\lambda}=\frac{20}{3}=6.67$ 取 $k_{max}=6$

可能的主极大为：$k=0,\quad \pm1,\quad \pm2,\quad \pm3,\quad \pm4,\quad \pm5,\quad \pm6$

缺级条件：$k_1=\frac{d}{a}k_2$

缺级为：$k=\quad \pm2,\quad \pm4,\quad \pm6$

实际呈现的光谱线级次：

$k=0,\quad \pm1,\quad \pm3,\quad \pm5,$ 共7条谱线

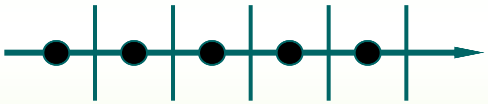
光的偏振

1.要区分 自然光, 部分偏振光, 完全偏振光

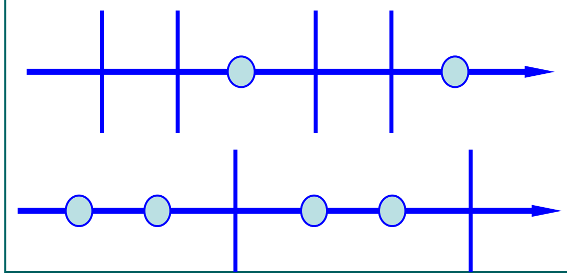
如何获得偏振光(吸收起偏,反射,折射起偏,布儒斯特定律)

光的分类: 按光矢量取向分类

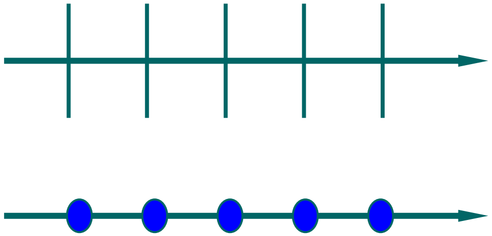
符号表示



符号表示



符号表示

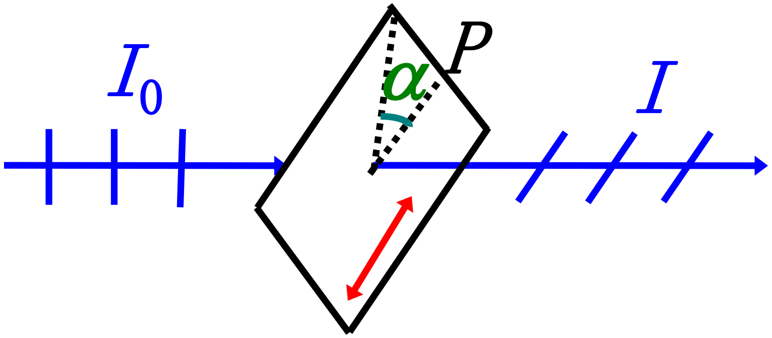


1.自然光　　2. 部分偏振光　　3. 线偏振光

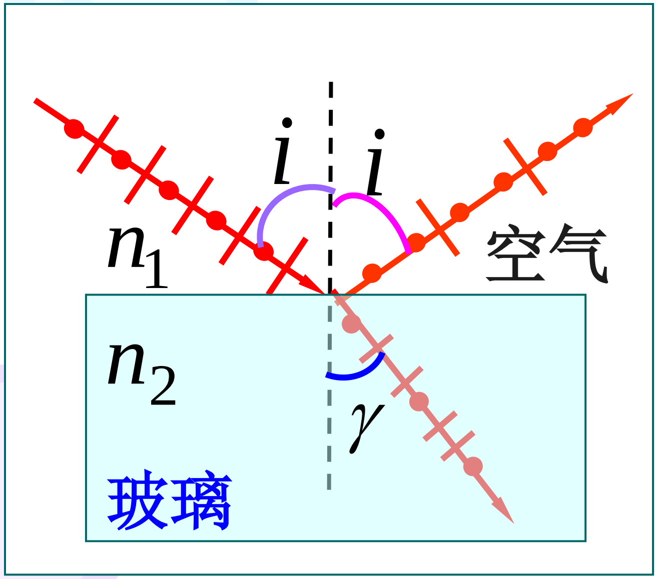
2、马吕斯定律

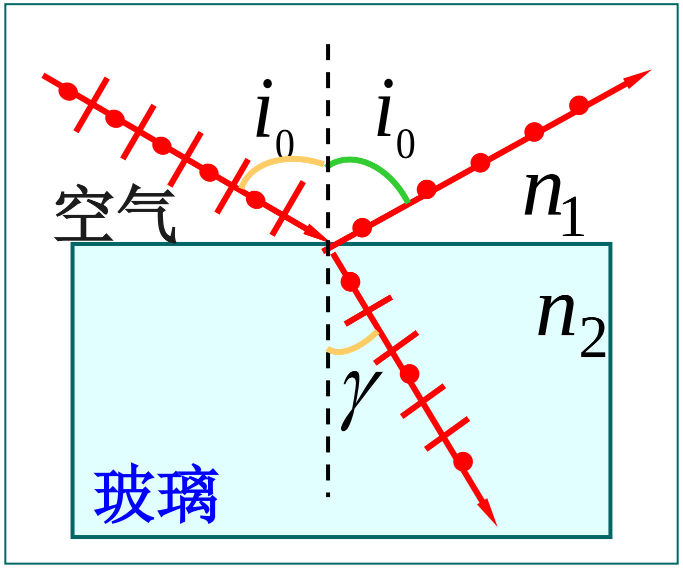
线偏振光通过检偏器后光强变化规律

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$



3、布儒斯特定律：





布儒斯特角

$$\mathrm{tg}\, i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

例16一束光是自然光和线偏振光的混合光，当它垂直通过一偏振片后，随着偏振片的偏振化方向取向的不同，出射光强度可以变化 5 倍。问：入射光中自然光与线偏振光的强度各占入射光强度的百分比为多少？

解： 由马吕斯定律 $$\boxed{I_{出} = \frac{1}{2} I_0 + I_1 \cos^2 \alpha}$$

式中I_0、I_1分别为入射光中自然光与线偏振光的强度

由题意： $$I_{\max} = \frac{1}{2} I_0 + I_1 \qquad I_{\min} = \frac{1}{2} I_0$$

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = 5 \quad \Longrightarrow \quad I_1 = 2I_0$$

祝同学们取得好成绩！！！

谢谢大家！