普通物理 B 下公式

（公式需记得准确！再做做作业题、历年期末试卷、期末复习 ppt、课堂例题！）

1、 复习重点为每次的作业。作业必须搞懂!!!
2、 关于单位：（1）如果所写的答案里都是字母，没有数字，则可以不写单位。一旦公式里带入了数字，就必须要注意单位问题。（2）若原题目中已经写了单位（比如：SI）则答案中必须带和题目中一样的单位（SI）不论是字母还是数字。
3、 矢量记得带矢量符号。写矢量的大小不要忘记叉乘点乘角度问题。

力学

二、

狭义相对论

1、 ★质速关系: $m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$，★静止能量：$E_0=m_0c^2$，★总能量：$E=mc^2=\dfrac{E_0}{\sqrt{1-\left(\dfrac{v}{c}\right)^2}}$，

★动能：$E_k=mc^2-m_0c^2=\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}-1\right)E_0$，★动能定理：$A_{外}=E_{k2}-E_{k1}$，★动量 $\vec{p}=m\vec{v}=\dfrac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$

2、 光子：$m_0=0$，$E_0=0$，$E=mc^2=h\nu$，$p=mc=\dfrac{E}{c}=\dfrac{h}{\lambda}$

3、 两个粒子碰撞，复合成一个新的粒子：满足系统的能量守恒，动量守恒。

★小结：每一个公式都要记住。特别是长度收缩、时间膨胀、质能关系式和相对论动能的表达式。

静电场

一、真空中的静电场：①所有公式中，当真空→电介质时，只要将公式中的 $\varepsilon_0\to\varepsilon=\varepsilon_r\varepsilon_0$ 即可；②重点：点电荷、球型、柱型或平面电荷分布的各个物理量的计算。

1、 库仑定律：$\vec{F}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r^2}\vec{e}_r$， $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9\,N\cdot m^2/c^2$

2、 电场强度的计算

① 电场强度定义：$\vec{E}=\dfrac{\vec{F}}{q_0}$；

② 场强叠加法：$\vec{E}=\sum\limits_i\vec{E}_i$，$\vec{E}=\int d\vec{E}$（分割成许多电荷元 dq；求出 dq 在场点产生的场强 $d\vec{E}$ 的大小和方向；分解为分量 dE_x,dE_y,dE_Z 后，三个分量分别积分 $E_x=\int dE_x$，$E_y=\int dE_y$，$E_Z=\int dE_Z$）；

③ 高斯定理法：球对称：$E\cdot 4\pi r^2=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum\limits_{S内}q$ ； 轴对称：$E\cdot 2\pi rL=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum\limits_{S内}q$

④ 电势梯度法：$\vec{E}=-\nabla U$，三个分量$E_x=-\dfrac{\partial U}{\partial x}$，$E_y=-\dfrac{\partial U}{\partial y}$，$E_z=-\dfrac{\partial U}{\partial z}$

1、电通量：$\Phi=\iint\limits_s\vec{E}\cdot d\vec{s}$（注意，点积；有时可以借助于高斯定理简化计算）。

2、电场线和等势面：电场线指向电势下降的地方；电场线垂直于等势面；电场线、等势面密集处，场强大。

3、★电势和电势差的计算

① 定义式：电势差：$U_1-U_2=\int\limits_{r_1}^{r_2}\vec{E}\cdot d\vec{r}$，电势定义式：$U_P=\int_{r_P}^{电势零点的位置}\vec{E}\cdot d\vec{r}$

② 电势叠加法：$\mathrm{U}=\sum\limits_i U_i$，$U=\int dU$（将带电体分割，任取一电荷元 dq，求出 dq 在场点的电势dU；然后对带电体积分$U=\int dU$）；

4、★电场力做功：$A_{a\to b}=q\left(U_a-U_b\right)$，$q$在电场中的电势能$W_a=qU_a$；静电场能量密度：$w_e=\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2$；静电场能量$W_e=\iiint\limits_V w_e dV=\iiint\limits_V\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2 dV$；

5、静电场的高斯定理：$\oiint\limits_s\vec{E}\cdot d\vec{s}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum\limits_{s内}q$，$\oiint_s\vec{D}\cdot d\vec{s}=\sum\limits_{s内}q$，其中，电位移矢量$\vec{D}=\varepsilon\vec{E}=\varepsilon_r\varepsilon_0\vec{E}$；掌握用高斯定理计算高对称性带电体（球对称、轴对称、面对称）激发的场强分布（注意步骤）；计算电通量。

6、静电场的环路定理：$\oint_L\vec{E}\cdot d\vec{l}=0$，静电场是保守力场，静电力做功与路径无关。(证明题中常用反证法！)

7、**★各种典型带电体的场强和电势分布**：请画出 E-r 和 U-r 曲线。

① 点电荷： $\vec{E}=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$， $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$；

② 均匀带电球面（半径 R，总电量 Q，r 为场点到球心的距离）：

$$\vec{E}=\begin{cases}0 & (r<R)\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r & (r>R)\end{cases}\qquad U=\begin{cases}\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} & (r\le R)\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} & (r>R)\end{cases}$$

③ 均匀带电球体（半径 R，总电量 Q，体密度为ρ，r 为场点到球心的距离）：

$$\vec{E}=\begin{cases}\dfrac{\rho\vec{r}}{3\varepsilon_{0\,r}} & (r<R)\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r & (r\ge R)\end{cases}$$

④ 有限长直导线（长度为 L，单位长度的电量为λ，r 为场点到直线的垂直距离）：

$E_x = \dfrac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 r}\left(\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right)$，$E_y = \dfrac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 r}\left(\sin\theta_2 - \sin\theta_1\right)$ （y 为沿着导线方向；x 为垂直导线方向）

⑤ 均匀带电无限长直线（单位长度的电量为λ，r 为场点到直线的垂直距离）：$\vec{E} = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r$

⑥ 均匀带电无限长圆柱面（半径为 R，单位长度的电量为λ，r 为场点到轴线的垂直距离）：

$$\vec{E} = \begin{cases} 0 & (r < R) \\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r & (r > R) \end{cases}$$，外部空间的电势差$U_{R_1} - U_{R_2} = \int_{R_1}^{R_2} Edr = \int_{R_1}^{R_2} \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} dr = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

⑦ 均匀带电无限长圆柱体（半径为 R，单位长度的电量为λ，r 为场点到轴线的垂直距离）：

$$\vec{E} = \begin{cases} \dfrac{\lambda \vec{r}}{2\pi\varepsilon_0 R^2} & (r < R) \\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r & (r \ge R) \end{cases}$$，外部空间的电势差$U_{R_1} - U_{R_2} = \int_{R_1}^{R_2} Edr = \int_{R_1}^{R_2} \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} dr = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

⑧ 均匀带电无限大平面： $E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

★小结：

1、给定电荷分布，要求电势分布与场强分布，应如何选取较为简便的计算方法？

①首选方法：先用电势叠加法$U = \int dU$ 计算电势分布，再用$\vec{E} = -\nabla U$ 计算场强分布。

②其次，电荷分布具有高对称性时，也可先用高斯定理求出$\vec{E}$ 分布，再用$U_p \equiv \int_p^{\text{电势零点的位置}} \vec{E}\cdot d\vec{l}$ 计算电势分布。

★③但若仅求**某一特殊点**的场强和电势，则各用各的叠加法：$U = \int dU$，$\vec{E} = \int d\vec{E}$

★2、默写典型带电体的场强和电势分布公式。牢记电场强度和电势满足叠加原理。

二、静电场中的导体和电介质：①根据静电平衡后导体的性质，先确定电荷分布；②场强满足矢量叠加，电势满足标量叠加；③接地的导体电势为零；④电容器带等量异号电荷；电介质能使电容增大；

1、导体静电平衡的条件和性质：

① 电荷分布：实心导体以及导体空腔内无带电体时，电荷分布在外表面上；空腔内有带电体时，空腔内表面的电荷与内部的电荷等量异号，外表面电荷由电荷守恒定律决定。腔内带电体改变一下位置，会影响内表面的电荷分布，但不影响外表面的电荷分布；导体接地，意味着电势为零，导体上是否还有电荷，应从“电势为零”进行讨论。

② 场强分布：$\vec{E}_{导体内} = 0$，$\vec{E}_{外表面} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{e}_n$；注意，$\vec{E}$ 为空间所有电荷产生的总场强；空腔内有带电体时，腔内电场由腔内带电体和空腔内表面的电荷决定；腔外电场由空腔外表面电荷和腔外带电体决定。

③ 电势分布：导体为等势体，导体表面为等势面；

2、电容器：

① 电容的定义：$C=\dfrac{Q}{U}$ （C 的计算步骤：假设带等量异号电荷，电量为 Q，求出两个极板的电势差，然后代入定义式即可求出 C)；

② 电容器储能：$W=\dfrac{1}{2}QU=\dfrac{Q^2}{2C}=\dfrac{1}{2}CU^2$；

③ 电容器并联：每个电容器的电压相同；等效电容 $C=C_1+C_2+C_3+......$；

④ 电容器串联：每个电容器的电量相同，等效电容 $\dfrac{1}{C}=\dfrac{1}{C_1}+\dfrac{1}{C_2}+\dfrac{1}{C_3}+......$；

⑤ 平行板电容器：两极板间为真空时，$E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$，$U=Ed$，$C_0=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$；电容器极板间充满电介质（相对介电常数为 ε_r）时，$C=\varepsilon_r C_0>C_0$，电容增大。

3、 电介质：两种方法求解。

a) 将真空公式中的 ε_0 改成介电常数 ε，而 $\boldsymbol{\varepsilon=\varepsilon_r\varepsilon_0}$，其中，$\boldsymbol{\varepsilon_r}$ 称为相对介电常数。

b) 先用高斯定理 $\oiint_s \vec{D}\cdot d\vec{s}=\sum_{s内} q$ 求出电位移矢量 $\vec{D}$ 的分布，然后利用 $\vec{D}=\varepsilon\vec{E}=\varepsilon_r\varepsilon_0\vec{E}$ 求出不同电介质中的 $\vec{E}$ 的分布。

小结：有带电导体存在时，应先确定电荷在导体上的分布，然后求解场强和电势。牢记“场强满足矢量叠加，电势满足标量叠加”。**★重点：球形导体、无限长圆柱形导体、无限大导体板各物理量的计算。**

。

稳恒电流的磁场

一、已知电流分布（或运动的电荷），求解磁感应强度 $\vec{B}$ 的分布

1、方法一 —— 毕奥-萨伐尔定律

$\boldsymbol{d\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{Id\vec{l}\times\vec{e}_r}{r^2}}$，大小 $\boldsymbol{dB=\dfrac{\mu_0 Idl\sin\theta}{4\pi r^2}}$，方向为 $\boldsymbol{Id\vec{l}\times\vec{e}_r}$ 的方向。$\boldsymbol{\dfrac{\mu_0}{4\pi}=10^{-7}\,\mathrm{N\cdot A^{-2}}}$

注意：电流是标量。公式里面 $d\vec{l}$ 的方向为 I 的方向。

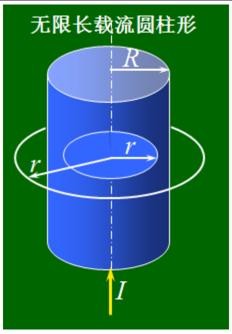
$\boldsymbol{\vec{B}=\int d\vec{B}}$：将 $\boldsymbol{d\vec{B}}$ 分解为分量后再积分，$\boldsymbol{B_x=\int dB_x}$，$\boldsymbol{B_y=\int dB_y}$，$\boldsymbol{B_z=\int dB_z}$

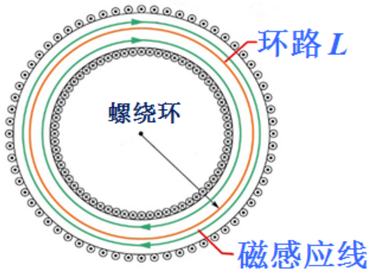
【注意】电流在其延长线上各点产生的磁感应强度为零。(因为夹角 θ 为 0)

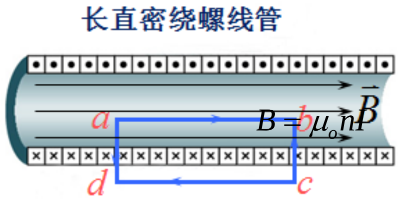
$\vec{B}$ 是矢量，有大小有方向。单位为：特斯拉（T）.

2、方法二 —— 安培环路定理（求解高对称性的磁场分布）

$\boldsymbol{\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_{L内} I}$，注意安培环路 L 的选取，(一般取同心圆周或者矩形)







（1）、无限长载流圆柱形： L 选取如图所示， $\boldsymbol{B\cdot 2\pi r=\mu_0\sum_{L内} I}$， 从而求出 B。(安培环路 ppt 有此例题)

注意：和载流圆柱面的区别。(见第二页）

（2）、螺绕环：L 选取如图所示，则 $\boldsymbol{B2\pi r=\mu_0\left(NI\right)}$ （N 为总共的匝数）(安培环路 ppt 有此例题)

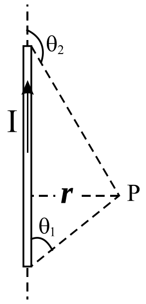
（3）、长直密绕螺线管：选取过场点的矩形回路为 L，如图所示，则 $\boldsymbol{B\cdot\overline{ab}=\mu_0\left(n\overline{ab}I\right)}$ （n 为单位长度的匝数）

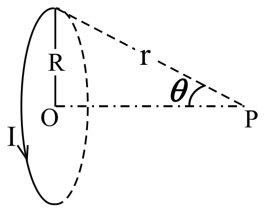
3、【几种形状载流导线所产生的磁场】重要！

磁场的方向与电流满足右手螺旋关系。

(1)有限长载流直导线： $\boldsymbol{B=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)}$

无限长载流直导线：$\boldsymbol{B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}}$（方向右手大拇指为电流方向，四指环绕方向为磁场方向）





②载流圆线圈：圆心 O 处 $\boldsymbol{B=\dfrac{\mu_0 I}{2R}}$

轴线上 P 点　　$\boldsymbol{B=\dfrac{\mu_0 I}{2R}\sin^3\theta=\dfrac{\mu_0 IR^2}{2r^3}}$

一段圆弧（圆心角为 θ， 弧长为 l）在圆心处： $\boldsymbol{B=\dfrac{\mu_0 I}{2R}\left(\dfrac{\theta}{2\pi}\right)=\dfrac{\mu_0 I}{2R}\left(\dfrac{l}{2\pi R}\right)}$

方向：右手四指电流方向，大拇指为磁场方向。

③无限长载流直螺线管内部： $\boldsymbol{B=\mu_0 nI}$， n — 单位长度的匝数。

无限长载流直螺线管外部： $\boldsymbol{B=0}$

方向：右手螺旋判断。右手四指电流方向，大拇指为磁场方向。

④螺绕环： $\boldsymbol{B=\dfrac{\mu_0 NI}{2\pi r}}$； 细螺绕环： $\boldsymbol{B\approx\mu_0 nI}$， N — 总匝数；n — 单位长度的匝数。方向：为上一页螺绕环的磁感应线方向。

⑤无限大平面电流： $\boldsymbol{B=\dfrac{1}{2}\mu_0 i}$， i 表示单位宽度上流过的电流强度。

⑥无限长载流圆柱面： $\boldsymbol{r<R}$ 代表圆柱面内部空间， $\boldsymbol{r>R}$ 代表外部空间；

则有　$$\boldsymbol{B=\begin{cases}0 & r<R\\ \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & r>R\quad(\text{注意，B与r成反比})\end{cases}}$$

无限长载流圆柱体（或者称为“圆柱形”）： $$\boldsymbol{B=\begin{cases}\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2} & r\le R\quad(\text{注意，B与r成正比})\\ \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & r>R\quad(\text{注意，B与r成反比})\end{cases}}$$

4、单个运动电荷的磁感应强度：$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\vec{e}_r}{r^2}$

电量为 q 的点电荷或环形电荷作匀速圆周运动，可以等效为圆电流：$I=\frac{q}{T}=q\frac{\omega}{2\pi}$

5、磁场的高斯定理：$\oiint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$　　（穿过闭合曲面的磁通量为零）

磁通量的计算：$\Phi=\iint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=\iint_S BdS\cos\theta$，　　单位为 Wb（韦伯）

6、安培环路定理：$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_{L内} I$，注意电流有正负（与 L 满足右手螺旋关系的电流为正，反之为负）。常用反证法。

7、有磁介质时：将公式中的 μ_0 改成磁介质的磁导率 μ；而 μ 可写成 $\mu=\mu_r\mu_0$，μ_r 称为磁介质的相对磁导率。

此时的安培环路定理：$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_{L内} I$，$\vec{B}=\mu\vec{H}=\mu_r\mu_0\vec{H}$（注意 $\vec{H}$ 为磁场强度。单位 $\mathrm{A/m}$）

二、已知 $\vec{B}$，求作用力

1、洛仑兹力：$\vec{F}=q\vec{v}\times\vec{B}$

$\vec{v}\parallel\vec{B}$ 时，$\vec{F}$=0，粒子做“匀速直线运动”；

$\vec{v}\perp\vec{B}$ 时，$F=qvB=m\frac{v^2}{R}$，粒子作“匀速率圆周运动”，半径 $R=\frac{mv}{qB}$，周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$.

$\vec{v}$、$\vec{B}$ 之间夹角为 θ 时，将速度分解为平行磁场的分量 $v_{\parallel}=v\cos\theta$ 和垂直磁场的分量 $v_{\perp}=v\sin\theta$，粒子作“等螺距的螺旋线运动”，半径 $R=\frac{mv_{\perp}}{qB}$，螺距 $h=v_{\parallel}T=v_{\parallel}\frac{2\pi m}{qB}$

利用洛仑兹力定义 $\vec{B}$：大小为 $B=\frac{F_{\max}}{qv}$，方向：$\vec{F}_{\max}\times\vec{v}$ 的方向即为 $\vec{B}$ 的方向。

2、安培力：$d\vec{F}=Id\vec{l}\times\vec{B}$，$\vec{F}=\int_l d\vec{F}=\int_l Id\vec{l}\times\vec{B}$（注意，应将 $d\vec{F}$ 分解为分量后，对分量积分）

【特例】在均匀磁场中的直导线受力：$\vec{F}=I\vec{L}\times\vec{B}$

【特例】在均匀磁场中的弯曲导线的受力=从起点到终点通以同样电流的直导线的受力。

【特例】在均匀磁场中的闭合导线线圈的受力=0。

3、在均匀磁场中载流线圈受到的磁力矩：

$\vec{M}=\vec{p}_m\times\vec{B}$，大小 $M=p_mB\sin\theta$，（注意两个矢量的夹角，注意磁力矩方向的判断）。其中 $\vec{p}_m=NI\vec{S}$ 称为线圈的磁矩，其方向与线圈中的电流满足右手螺旋关系。单位：牛顿米（N・m）

4、磁力或磁力矩作功：$A=I\left(\Phi_{m2}-\Phi_{m1}\right)$，单位：焦耳（J）

注意：Φ_{m2} 和 Φ_{m1} 为磁通量。注意 Φ_{m2} 和 Φ_{m1} 的正负。
在这种情况下，面积的方向与电流的方向成右手螺旋关系。

电磁感应

一：感应电动势大小的计算（单位：伏特（v））

1、法拉第定律：感应电动势 $\varepsilon=-N\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{dt}}$，　（N 为线圈匝数，$\Phi$ 为穿过每一匝线圈的磁通量）

注意：①先计算穿过整个回路的磁通量 Φ，然后再对 t 求导；

②先计算大小 $|\varepsilon|=\left|-N\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{dt}}\right|$，再用愣次定律判断 ε 的指向。

感应电流：$I=\dfrac{\varepsilon}{R}=-\dfrac{N}{R}\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{dt}}$；（单位：安培（A））

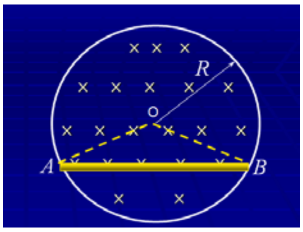
感应电量：$q=\int_{t_1}^{t_2}I\mathrm{d}t=-\dfrac{1}{R}(\Phi_2-\Phi_1)$（注意负号）(单位：库伦（C））

2、动生电动势：（1）用法拉第定律计算外（若不是回路，可以添加辅助线构成回路）；

（2）$\varepsilon=\int_L(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}$，L——运动的导线。（注意叉乘和点乘的夹角）

建议：先计算大小 $|\varepsilon|=\left|\int_L(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}\right|$，再用 $(\vec{v}\times\vec{B})$ 判断 ε 的指向（从负极指向正极）。

3、感生电动势：



产生原因：变化的磁场在其周围空间将激发出感生电场。

用法拉第定律计算，若导线不是回路，
可以添加辅助线构成回路(常常添加径向辅助线)。
如图所示，棒 AB 上的感生电动势的大小就等于
回路 OAB 所产生的感应电动势的大小。
方向用楞次定律判断

4、变化的磁场会产生涡旋电场 $\vec{E}_k$（单位（V/m)），满足 $\oint_L\vec{E}_k\cdot d\vec{l}=-\iint_S\dfrac{d\vec{B}}{dt}\cdot d\vec{s}$，

$\vec{E}_k$ 的方向与所围的 $\dfrac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ 的相反方向成右手螺旋关系。（因为有负号）

$\vec{E}_k$ 不是保守场，不能引入电势的概念。

二、自感和互感的计算

①自感系数：$L=\dfrac{\Psi}{I}=\dfrac{N\Phi}{I}$，其中 Ψ 为穿过 N 匝线圈的自感全磁通（也称为磁通匝链数），Φ 为穿过每一匝线圈的磁通量。单位：亨利（H）

无铁磁质时, L 仅与线圈形状、匝数 N 及磁介质有关，而与电流 I 无关。

无限长螺线管的自感系数：$L=\mu n^2V=\mu_0\mu_r n^2V$　注意：n — 单位长度的匝数。

自感电动势：$\varepsilon_L=-L\dfrac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$　（注意负号）

②互感系数：$M=\frac{\Psi_{21}}{I_1}=\frac{\Psi_{12}}{I_2}$，其中$\Psi_{21}$为线圈 1 的磁场穿过线圈 2 的互感全磁通；$\Psi_{12}$为线圈 2 的磁场穿过线圈 1 的互感全磁通。单位：亨利（H）

无铁磁质时，M 仅与两个线圈形状、大小、匝数、相对位置以及周围的磁介质有关，而与电流无关。

互感电动势：$\varepsilon_{12}=-M\frac{dI_2}{dt}$，$\varepsilon_{21}=-M\frac{dI_1}{dt}$ （注意负号）

③两个线圈顺接：$L=L_1+L_2+2M$，两个线圈反接：$L=L_1+L_2-2M$

$M=k\sqrt{L_1L_2}$，无漏磁时，$k=1$

④自感线圈磁能：$W_m=\frac{1}{2}LI^2$ 单位：J

磁场能量密度：$w_m=\frac{1}{2}BH=\frac{B^2}{2\mu}=\frac{1}{2}\mu H^2$，单位：J/m^3

某区域（体积为 V）内的磁场能量：$W_m=\int_V w_m dV=\int_V\frac{B^2}{2\mu}dV$ 单位：J

三、位移电流的计算

1、**产生原因**：变化的电场。

2、**位移电流密度**：$\vec{j}_d=\frac{d\vec{D}}{dt}=\varepsilon\frac{d\vec{E}}{dt}$，当$\vec{E}$随着时间 t 增加时，$\vec{j}_d$与$\vec{E}$同方向；当$\vec{E}$随着时间 t 减小时，$\vec{j}_d$与$\vec{E}$反方向；单位：A/m^2。

3、**位移电流强度**（简称“位移电流”）：

$I_d=j_dS=\frac{dD}{dt}S=\varepsilon\frac{dE}{dt}S$，S——垂直于电流方向的面积。

或者，电容器充放电时，$I_d=\frac{dq}{dt}=\frac{d(CU)}{dt}=C\frac{dU}{dt}$

位移电流（即变化的电场）能够产生感生磁场，位移电流的方向与磁场的方向满足右手螺旋关系。

3、**全电流**：$I=I_0+I_d$，全电流是连续的，电流线不中断。

4、**全电流定律**：全电流在空间产生的磁场满足：$\oint_L\vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_{L内}I=\sum_{L内}\left(I_0+I_d\right)=\iint_S(\vec{j}_0+\frac{d\vec{D}}{dt})\cdot d\vec{s}$

$\vec{H}$（单位：A/m）的方向与全电流的方向满足右手螺旋定则。

四、麦克斯韦方程组（注意积分符号、矢量符号以及点积、叉积的符号要写）

$\oint\!\!\!\oint_S\vec{D}\cdot d\vec{s}=\iiint_V\rho dV$，$\oint_l\vec{E}\cdot d\vec{l}=-\iint_S\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{s}$，

$\oint\!\!\!\oint_S\vec{B}\cdot d\vec{s}=0$，$\oint_l\vec{H}\cdot d\vec{l}=\iint_S(\vec{j}_0+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t})\cdot d\vec{s}$

（注意，等号左边的积分上都有圆圈符号，而右边的都没有）。

光的干涉

一、光程、光程差、相位差

1、光程=折射率×光传播的几何路程；

2、光程差δ与相位差$\Delta\varphi$的关系：$\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta$，注意，λ为真空中的波长。

3、干涉条纹的分析，主要取决于光程差δ：当$\delta=\pm k\lambda$时，干涉增强；当$\delta=\pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$时，干涉相消。干涉级次$k$的取值具体问题具体分析。

（重点：写出各种干涉装置的光程差！）

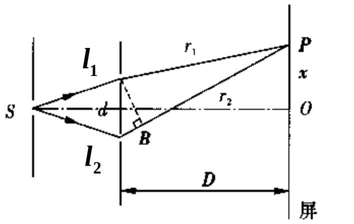
二、杨氏双缝干涉（设在真空中）*很重要！*

1、光程差$\delta=(l_2-l_1)+(r_2-r_1)\approx(l_2-l_1)+d\dfrac{x}{D}$

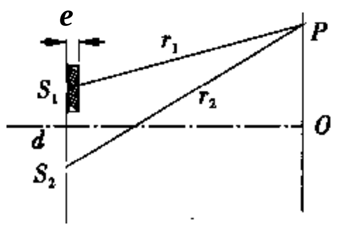
特例：$l_2=l_1\rightarrow$明纹：$\delta=d\dfrac{x_k}{D}=\pm k\lambda$，$x_k=k\dfrac{D}{d}\lambda$，级次$\pm k=0,\pm1,\pm2,\cdots$，

暗纹：$\delta=d\dfrac{x_k}{D}=\pm(2k-1)\dfrac{\lambda}{2}$，级次$\pm k=\pm1,\pm2,\cdots$

相邻明纹间距：$\Delta x=x_{k+1}-x_k=\dfrac{D}{d}\lambda$



2、如图，某一狭缝后加一薄片（折射率为n，厚度为e），则条纹会移动k条（上移），满足$(n-1)e=k\lambda$



三、薄膜干涉

1、薄膜等倾干涉：光程差$\delta=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}+\dfrac{\lambda}{2}$

2、垂直入射时，反射光的光程差：$\delta=2ne+\delta'$，n为薄膜的折射率。其中，附加光程差$\delta'=\begin{cases}\dfrac{\lambda}{2} & n_1<n>n_2,\ n_1>n<n_2\\ 0 & n_1>n>n_2,\ n_1<n<n_2\end{cases}$（$\delta'$要具体问题具体分析）。（注意，无论是厚度相等的薄膜，还是劈尖膜和牛顿环，当光线垂直入射时，δ都是这样表示。）

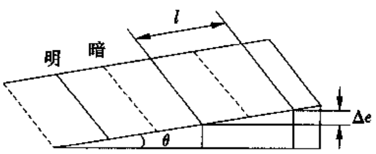
3、增透膜：透射光干涉增强，即反射光干涉相消，$\therefore\delta=2ne+\delta'=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$.

高反膜：反射光干涉增强，$\therefore\delta=2ne+\delta'=k\lambda$.

4、劈尖膜：*很重要！*

①明纹：$\delta=2ne+\delta'=k\lambda$，（$k$的取值具体分析）→可求出厚度$e$

②暗纹：$\delta=2ne+\delta'=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ → 可求出厚度e



③相邻条纹厚度差：$\Delta e = e_{k+1} - e_k = \dfrac{\lambda}{2n}$；条纹间距（明纹或暗纹）：$l = \dfrac{\Delta e}{\sin\theta} \approx \dfrac{\lambda}{2n\theta}$

④分析：当膜的结构发生微小变化时，条纹如何移动；工件平整度的检查（光的干涉作业中的自测提高 9）。

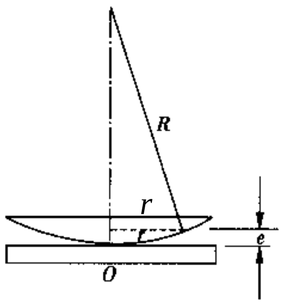
5、牛顿环：装置如图所示。***很重要!***

①条纹半径 r 与厚度的关系：$r^2 = R^2 - (R-e)^2 \approx 2eR$　（注意：①略去 e^2；②若装置改变了，则应重新推导 r 的公式）

② r 公式中的厚度由下式决定：

明纹：$\delta = 2ne_k + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda$，（$k$ 的取值具体分析）→e_k → r_k

暗纹：$\delta = 2ne_k + \dfrac{\lambda}{2} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ → e_k → r_k



③分析：条纹的移动（光的干涉作业中的基础训练 8）。

6、迈克尔逊干涉仪：注意以下两种变动，不可混淆。

①在某一光路中放入一薄片（n，e），光程差改变了 $2(n-1)e$，引起条纹移动Δk 条：$2(n-1)e = \Delta k \cdot \lambda$

②平面镜移动 d，光程差改变了 $2d$，引起条纹移动Δk 条：$2d = \Delta k \cdot \lambda$

光的衍射

一、单缝衍射（缝的宽度为 a） ***很重要!***

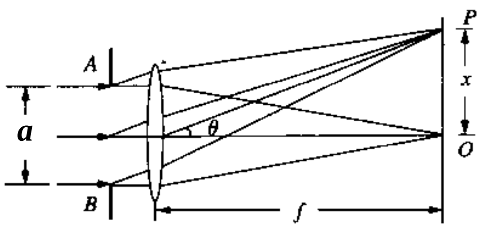
1、半波带法的思想：相邻两个半波带上相应位置发出的光波在相遇点 P 的相位差为π，叠加时干涉相消。因此，若衍射角为θ的衍射光将单缝分割成偶数个半波带，则 P 处为暗纹；若分割成奇数个半波带，则 P 处为明纹。

2、暗纹：$a\sin\theta_k = \pm k\lambda$，级次 $\pm k = \pm1, \pm2, \cdots$，半波带数目=2$k$，暗纹在屏幕上的位置 $x_k = f \cdot \tan\theta_k$；

3、明纹：$a\sin\theta_k = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$，级次 $\pm k = \pm1, \pm2, \cdots$；半波带数目=2$k$+1，

在屏幕上的位置 $x_k = f \cdot \tan\theta_k$，

4、中央明纹宽度：$\Delta x = 2x_1 \approx 2f\dfrac{\lambda}{a}$



二、光栅衍射：多光束干涉+单缝衍射光强的调制

①参数：透光部分宽度 a；不透光部分宽度为 b，光栅常数：d=a+b；
　　总缝数：N=光栅的宽度/d　（给出了 N 与 d 之间的关系）

②主极大（也称为谱线、明纹）满足：相邻两束光的光程差=波长的整数倍。

垂直入射时：$d\sin\theta_k = \pm k\lambda$（称为光栅方程），级次 $\pm k = 0, \pm1, \pm2, \cdots \pm k_{\max}$，

条纹在接收屏上的位置：$x_k = f\cdot\tan\theta_k$（不可作小角近似，即 $\tan\theta_k \neq \sin\theta_k$），

③最大级次的取值：$k_{\max} < \dfrac{d\sin\frac{\pi}{2}}{\lambda} = \dfrac{d}{\lambda}$

④缺级：$\begin{cases} d\sin\theta = k\lambda \\ a\sin\theta = k'\lambda \end{cases}$，所以，缺级发生在 $k = \dfrac{d}{a}k'$ 处，其中 $k' = \pm1,\ \pm2,\ \pm3,\ \ldots$

⑤光谱分析：

最大可分辨级次 k 满足：$(k+1)\lambda_{\min} \geq k\lambda_{\max}$，

对于白光来说，紫光的波长（较短）,红光的波长（较长）。

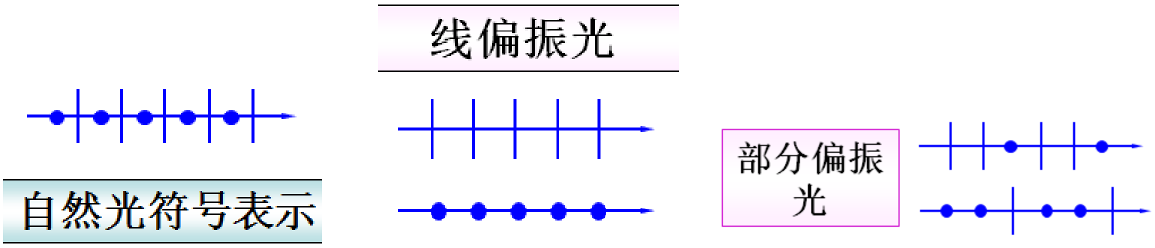
光学仪器（包括人眼）的最小分辨角：$\delta\theta = 1.22\dfrac{\lambda}{d}$，分辨本领：$R \equiv \dfrac{1}{\delta\theta} = \dfrac{d}{1.22\lambda}$

增大孔径 d，或减小波长，可以提高分辨本领。

光的偏振

一、马吕斯定律及其相关知识点

1、自然光、部分偏振光、线偏振光（完全偏振光）的表示法。



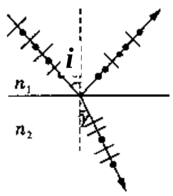
2、自然光 I_0 通过偏振片后，成为线偏振光，光强为 $I_0/2$

马吕斯定律：强度为 I_0 的偏振光通过偏振片后，出射光的强度为 $I = I_0 \cos^2 \alpha$

注意：α为偏振化方向间的夹角

3、利用偏振片和四分之一波片，如何区分圆偏振和自然光，以及椭圆偏振和部分偏振光？

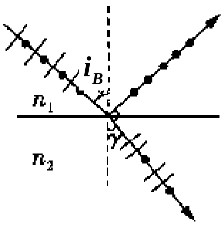
二、布儒斯特定律



1、以一般的入射角入射时：反射光为部分偏振光，垂直于入射面的振动成分较多。折射光也是部分偏振光，但是平行于入射面的振动成分较多。如图所示。

2、布儒斯特定律：当光从 n_1 介质以布儒斯特角 i_B 入射到界面上时，振动方向平行于入射面的成分 100%透射，导致

①反射光为完全偏振光，且振动方向垂直于入射面，折射光为部分偏振光。



②反射光和折射光互相垂直：$i_B + \gamma = \dfrac{\pi}{2}$，$\tan i_B = \dfrac{n_2}{n_1}$

③根据光的可逆性，当入射光以γ 角从n_2 介质入射于界面时，此γ 角即为布儒斯特角。

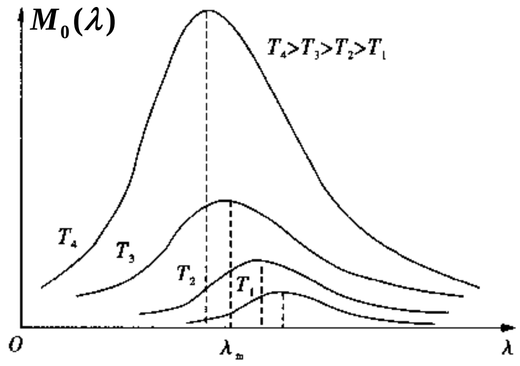
注意：布儒斯特角为入射角！

量子物理

最重要还是复习作业!!!

一、黑体辐射

1、能谱曲线：如图。随着温度升高，面积增大，峰值位置往短波移动。



2、斯特藩 — 玻尔兹曼定律：$\boldsymbol{M=\sigma T^4}$，

M——辐出度，即曲线下的面积；

$\boldsymbol{\sigma = 5.670\times10^{-8}\,\mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}}}$.

3、维恩位移定律：$\boldsymbol{\lambda_m T=b}$，$\boldsymbol{\lambda_m}$——峰值波长。

$\boldsymbol{b=2.898\times10^{-3}\,\mathrm{m\cdot K}}$

二、光电效应

1、光电效应方程：$\boldsymbol{h\nu=\frac{1}{2}mv^2+A}$；其中，光子能量$\boldsymbol{h\nu=h\frac{c}{\lambda}}$；初动能$\boldsymbol{\frac{1}{2}mv^2=eU_a}$（$\boldsymbol{U_a}$为反向截止电压）；逸出功$\boldsymbol{A=h\nu_0=h\frac{c}{\lambda_0}}$（$\boldsymbol{\nu_0}$和$\boldsymbol{\lambda_0}$分别为红限频率和红限波长）。

2、光的波粒二象性

光子能量$\boldsymbol{E=h\nu}$；动量$\boldsymbol{p=\frac{h}{\lambda}}$；质量$\boldsymbol{m=\frac{p}{c}=\frac{E}{c^2}=\frac{h\nu}{c^2}}$

三、康普顿效应

1、散射光中波长变长的成分可以用光子与自由电子的弹性碰撞解释。满足能量守恒和动量守恒。

其中能量守恒：　　$\boldsymbol{h\nu_0+m_ec^2=h\nu+mc^2}$

电子获得的反冲动能：$\boldsymbol{E_k=mc^2-m_ec^2}=h\nu_0-h\nu=h\frac{c}{\lambda_0}-h\frac{c}{\lambda}$，其中$\boldsymbol{m=\frac{m_e}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}}$，$\boldsymbol{m_e}$为电子的静止质量。

2、康普顿公式：φ——散射角；$\lambda_c=\frac{h}{m_ec}=0.0243\overset{0}{\mathrm{A}}$——电子的康普顿波长。

$$\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0=2\lambda_c\sin^2\frac{\varphi}{2}\qquad\begin{cases}\varphi=\pi, & \Delta\lambda_{\max}=2\lambda_c\\ \varphi=0, & \Delta\lambda_{\min}=0\end{cases}$$

注意：当散射光子与入射光子方向成夹角$\varphi=\underline{\pi}$时，散射光子的频率小得最多；当$\varphi=\underline{0}$时，散射光子的频率与入射光子相同.

组合常数：$hc=1.24\,\mathrm{KeV{\bullet}nm},\ m_ec^2=0.511\,\mathrm{MeV}$

四、氢原子光谱与玻尔理论

1、里德伯公式：$\tilde{\nu}=R\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$，R 为里德伯常数。$\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}$ 称为波数。

2、氢原子能级：$E_n=\frac{E_1}{n^2}\qquad (n=1,2,3,...)$，　$E_1=-13.6\mathrm{eV}$

3、跃迁时，吸收或发射光子的能量：$h\nu=E_n-E_m$　；（频率 $\nu=\frac{c}{\lambda}=c\tilde{\nu}$）

4、处于 E_n 能级的氢原子的电离能 $=\left|E_\infty-E_n\right|=\left|E_n\right|=\frac{13.6eV}{n^2}$　（注意，电离能是正的）

五、德布罗意波长

1、考虑相对论效应：$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m\mathrm{v}}=\frac{h}{m_0\mathrm{v}}\sqrt{1-\left(\frac{\mathrm{v}}{c}\right)^2}$，或者：

粒子的动能 $E_K=mc^2-m_0c^2=qU$，（U 为加速电压）→ 由 $\left(E_K+m_0c^2\right)^2=m_0^2c^4+p^2c^2$，可得 $p=\sqrt{\left(\frac{E_K}{c}\right)^2+2m_0E_K}$，$\lambda=\frac{h}{p}=\cdots$

2、若不用相对论计算：则动能 $E_K=\frac{1}{2}m_0\mathrm{v}^2=qU$，$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m_0\mathrm{v}}=\frac{h}{\sqrt{2m_0E_K}}$

六、不确定关系

1、位置与动量：$\Delta x\Delta p_x\geq\frac{\hbar}{2}$，$\hbar=\frac{h}{2\pi}$，$h=6.626\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$　（注意，$\hbar$ 与 h 不同）

2、能量与时间：$\Delta E\cdot\Delta t\geq\frac{\hbar}{2}$

光子：$E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}\to\lambda=\frac{hc}{E}\to\frac{d\lambda}{dE}=-\frac{hc}{E^2}\to\Delta\lambda=\frac{hc}{E^2}\Delta E$

七、薛定谔方程

1、一维无限深势阱（宽度为 a）：

波函数为 $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi x}{a}$，在 $x_1\to x_2$ 区间找到粒子的概率 $=\int_{x_1}^{x_2}\left|\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi x}{a}\right|^2dx$　（先平方，再积分）

2、隧道效应：在势垒及势垒两侧找到粒子的概率都不为零。

3、氢原子：波函数 ψ_{n,l,m_l}，径向 $r\to r+dr$ 区间找到电子的概率 $w=\left|\psi_{n,l,m_l}\right|^2 4\pi r^2dr$

八、电子自旋、电子组态

1、直接证实了电子自旋存在的最早的实验之一是施特恩—格拉赫实验

自旋量子数 S=1/2，自旋磁量子数 $m_s=\frac{1}{2},-\frac{1}{2}$

2、电子的状态用四个量子数描述：$\left(n,l,m_l,m_s\right)$　　（注意顺序）

主量子数 n = 1,2,3,…分别称为 K、L、M、N. . . . 主壳层；

角量子数 l =0, 1, 2, …, (n-1)，分别用符号 s、p、d、f、g、h......表示。

磁量子数 $m_l = 0,\pm1,\pm2,\cdots\pm l$，自旋磁量子数 $m_s = \frac{1}{2},-\frac{1}{2}$

3、电子组态：$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$......；n 主壳层能够填充的最多电子数为 $2n^2$ 个。

说明：如果有同学发现错误，请及时和我联系!!! 谢谢!!!