WEEKLY TIPS

知识小料

「电计 2203 班」周常规知识整理共享

ISSUE.
16

日期：2024-1-3
学科：大学物理 A2

《大学物理 · 下半》公式集锦

注：只是公式，不一定包括全部知识点。有的知识点没有公式。

带背景底色的公式需重点背诵。

1　磁学篇

1.1　恒定磁场

公式	描述
$\boldsymbol{F} = q\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B} = qvB\sin\theta$	运动电荷所受洛伦兹力
$\mathrm{d}\boldsymbol{B} = \dfrac{\mu_0}{4\pi} \cdot \dfrac{I\mathrm{d}\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}}{r^3}$	磁感应强度定义式
$\mathrm{d}B = \dfrac{\mu_0}{4\pi} \cdot \dfrac{I\mathrm{d}l\sin\theta}{r^2}$	磁感应强度定义 · 标量形式
$\boldsymbol{B} = \displaystyle\int \mathrm{d}\boldsymbol{B} = \int \dfrac{\mu_0}{4\pi} \cdot \dfrac{I\mathrm{d}\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}}{r^3}$	磁感应强度沿路径积分
$B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$	无限长载流的直导线的磁场（载流 I，考察点到导线的垂直距离为 a）
$B = \dfrac{\mu_0 I}{2R}$	载流圆线圈轴线上的磁场（载流 I，半径 R）
$B = \mu_0 nI$	载流螺线管轴线上的磁场（载流 I，匝密度 n）
$\displaystyle\oiint_S \boldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = 0$	磁场高斯定理

$\oint_L \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\mu_0\sum I_i$	安培环路定理（$\sum I_i$ 表示正向穿过以 L 为边界的曲面的电流和）
$U_{\mathrm{H}}=\frac{1}{ne}\frac{IB}{d}$	霍尔电压（d 是沿 $\boldsymbol{B}$ 方向的厚度）
$\boldsymbol{F}=I\boldsymbol{l}\times\boldsymbol{B}$	导线受到的安培力
$\boldsymbol{m}=I\boldsymbol{S}$	载流线圈的磁矩
$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{m}\times\boldsymbol{B}$	载流线圈的磁力矩
$A_{\mathrm{m}}=I(\Phi_2-\Phi_1)$	磁力矩做功
$\boldsymbol{B}=\mu\boldsymbol{H}=\mu_0\mu_{\mathrm{r}}\boldsymbol{H}$	磁场强度与磁感应强度的关系
$\boldsymbol{M}=(\mu_r-1)\boldsymbol{H}$	磁场强度与磁化强度的关系
$\oint_L \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\mu_0\left(\sum I_0+\sum I'\right)$	安培环路定理（为与下二式区别，再写一次）
$\oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\sum I_0$	磁场强度的环路定理
$\oint_L \boldsymbol{M}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\sum I'$	磁化强度的环路定理

1.2 电磁感应

公式	**描述**
$\mathscr{E}=-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$	法拉第电磁感应定律（单匝线圈）
$\mathscr{E}=-\frac{\mathrm{d}\Psi}{\mathrm{d}t}=-N\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$	法拉第电磁感应定律（N 匝线圈）
$\mathscr{E}_{ab}=\int_a^b(\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}$	动生电动势公式

$\oint_L \boldsymbol{E}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\iint_S \boldsymbol{B}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}\right)$	感生电场（涡旋电场）公式
$\Psi_{21} = M_{21} I_1$	线圈 1 对线圈 2 的全磁通
$M_{21} = M_{12}$	互感系数是相等的
$\mathscr{E}_{21} = -M\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}t}$	线圈 1 电流变化导致线圈 2 产生互感电动势
$\Psi = LI$	线圈自身的全磁通
$\mathscr{E} = -L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$	线圈的自感电动势
$w_\mathrm{m} = \frac{1}{2}\mu H^2 = \frac{1}{2}BH$	磁场能量密度
$W_\mathrm{m} = \int w_\mathrm{m}\mathrm{d}V = \frac{1}{2}\int_V BH\mathrm{d}V$	磁场能量
$W_\mathrm{m} = \frac{1}{2}LI^2$	磁场能量与自感系数的关系

1.3 麦克斯韦方程组

公式	描述
$I_D = \oiint_S \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}$	位移电流
$\boldsymbol{J}_D = \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}$	位移电流密度
$\oint_L \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{r} = I + I_D$	全电流安培环路定理（传导电流 + 位移电流）
$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$	真空中的光速与 μ_0 和 ε_0 的关系
$\sqrt{\mu}H = \sqrt{\varepsilon}E$	$\boldsymbol{E}$ 与 $\boldsymbol{H}$ 的关系
$\sqrt{\mu_0}H = \sqrt{\varepsilon_0}E$	$\boldsymbol{E}$ 与 $\boldsymbol{H}$ 的关系（真空中）

$\overline{S}=\dfrac{1}{2}H_0E_0=c\varepsilon_0\overline{\boldsymbol{E}^2}=I$	电磁波平均能流密度（也等于波强）

麦克斯韦方程组的形式如下，分别为

1. 电场高斯定理（电场 · 通量）
2. 法拉第电磁感应定律（电场 · 环流）
3. 磁场高斯定理（磁场 · 通量）
4. 全电流安培环路定理（磁场 · 环流）

$$\begin{cases}\oiint_S \boldsymbol{D}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\sum q_0\\ \oint_L \boldsymbol{E}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{r}=-\iint_S\dfrac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}\\ \oiint_S \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=0\\ \oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{r}=I+I_D\end{cases}\iff\begin{cases}\nabla\cdot\boldsymbol{D}=\rho\\ \nabla\times\boldsymbol{E}=-\dfrac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\\ \nabla\cdot\boldsymbol{B}=0\\ \nabla\times\boldsymbol{H}=\boldsymbol{j}+\dfrac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}\end{cases}$$

2 光学篇

2.1 几何光学

公式	描述
$L=\int_A^B n(x)\mathrm{d}x$	光程公式
$n=\dfrac{v_1}{v_2}=\dfrac{c}{v}$	折射率公式
$n_1\sin i_1=n_2\sin i_2$	折射定律
$\dfrac{1}{s'}-\dfrac{1}{s}=\dfrac{1}{f'}$	薄透镜成像（物点距离 s，像点距离 s'，焦距 $f=-f'$）

2.2 光的干涉

公式	描述
$I=\frac{1}{2}\boldsymbol{E}_0^2$	光矢量与光强
$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$	光强的相干叠加
$\Delta\varphi=\pm 2k\pi$	干涉相长的相位差条件（$k=0,1,2,\dots$）
$\Delta\varphi=\pm(2k-1)\pi$	干涉相消的相位差条件（$k=1,2,\dots$）
$\delta=\pm k\lambda$	干涉相长的光程差条件（$k=0,1,2,\dots$）
$\delta=\pm(2k-1)\frac{\lambda}{2}$	干涉相消的光程差条件（$k=1,2,\dots$）
$\delta=\frac{xnd}{D}$	杨氏双缝干涉光程差（条纹位置 x，级数 n，双缝间距 d，双缝到屏的距离 D）
$\Delta x=\frac{D\lambda}{nd}$	杨氏双缝干涉的条纹宽度（即相邻条纹间隔）
$\delta=\frac{xnd}{D}+\frac{\lambda}{2}$	洛埃镜实验光程差
$\delta=2h\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i_1}+\frac{\lambda}{2}$	等倾干涉反射光光程差（当 $n_1<n_2>n_3$ 或 $n_1>n_2<n_3$ 有半波损失；透射光相反）
$\delta=2hn_2+\frac{\lambda}{2}$	等厚干涉反射光光程差（空气劈尖满足 $n_1<n_2>n_3(=n_1)$，有半波损失）
$\Delta h=\frac{\lambda}{2n_2}$	等厚干涉相邻明纹（暗纹）厚度差
$\Delta l=\frac{\Delta h}{\sin\theta}\approx\frac{\lambda}{2n_2\theta}$	等厚干涉相邻明纹（暗纹）间距（$\theta<5^\circ$）
$r_k=\sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}$	牛顿环第 k 级暗环半径（牛顿环曲率半径为 R）
$k_{\max}=\frac{2h}{\lambda}$	迈克尔孙干涉仪的中心级次（两反射镜的像距离为 h）

2.3 光的衍射

公式	描述
$a\sin\theta_k = k\lambda$	单缝（夫琅禾费）衍射第 k 级暗纹公式（$k = \pm1, \pm2, \ldots$，缝宽 a，衍射角 θ_k）
$a\sin\theta'_k \approx (k+0.5)\lambda$	单缝衍射第 k 级明纹公式（$k = \pm1, \pm2, \ldots$，并不严格）
$\delta = a\sin\theta_k = N\cdot\dfrac{\lambda}{2}$	单缝衍射半波带公式 （半波带个数 N）
$x_k = k\dfrac{\lambda f}{a}$	单缝衍射第 k 级暗纹中心位置（会聚透镜焦距 f）
$\Delta x_0 = 2x_1 = \dfrac{2\lambda f}{a}$	单缝衍射中央明纹线宽度
$\Delta\theta_0 = 2\theta_1 = \dfrac{2\lambda}{a}$	单缝衍射中央明纹角宽度
$\delta\theta = 1.22\dfrac{\lambda}{D}$	瑞利判据：中心角距离等于角半径（衍射圆孔直径 D；前提是光强相近）
$A = \dfrac{1}{\delta\theta} = \dfrac{D}{1.22\lambda}$	光学仪器的分辨本领公式
$d\sin\theta = \pm m\lambda$	光栅衍射主极大位置公式（$m = 0, 1, 2, \ldots$）
$d(\sin\theta - \sin\theta_0) = \pm m\lambda$	光栅衍射主极大，斜入射 θ_0
$m = \dfrac{d}{a}k$	光栅衍射缺级位置
$\|m\| < \dfrac{d}{a}$	光栅衍射显见主极大的位置
$R = \dfrac{\lambda}{\mathrm{d}\lambda} = mN$	光栅分辨本领 （总刻线数 N，级次 m，最小可分辨波长之差 $\mathrm{d}\lambda$）
$2d\sin\alpha = k\lambda$	布拉格定律：干涉相长条件（晶格常数 d，掠射角 α，级次为 k）

2.4 光的偏振、散射、吸收

公式	描述
$P = \dfrac{I_p}{I_n + I_p} = \dfrac{I_M - I_m}{I_M + I_m}$	光的偏振度（最大光强 I_M，最小光强 I_m）
$I_x = I_y = \dfrac{I_0}{2}$	线偏振光光强是自然光的一半
$I = I_0 \cos^2\theta$	马吕斯定律
$\tan i_B = \dfrac{n_2}{n_1}$	布儒斯特定律（i_B 为布儒斯特角）
$n_e = \dfrac{c}{v_e}, \quad n_o = \dfrac{c}{v_o}$	垂直光轴方向的 o 光、e 光折射率
$\delta = d\lvert n_o - n_e\rvert = \dfrac{\lambda}{2}(+k\lambda)$	半波片
$\delta = d\lvert n_o - n_e\rvert = \dfrac{\lambda}{4}\left(+k\dfrac{\lambda}{2}\right)$	四分之一波片
$\alpha = \dfrac{\psi}{l}, \quad \alpha = \dfrac{\psi}{cl}$	晶体、液体的旋光率
$I \propto \dfrac{1}{\lambda^4}$	散射光的强度与波长的 4 次方成反比
$\nu_1 = \nu + \nu_0$	拉曼散射紫伴线频率（ν 为入射光频率，ν_0 由介质分子决定）
$\nu_1' = \nu - \nu_0$	拉曼散射红伴线频率
$I = I_0 e^{-\beta x}$	朗伯特定律：光吸收后的光强

3 原子物理篇

3.1 实验基础与基本原理

公式	描述

$\dfrac{M_{\nu A}}{a_A}=\dfrac{M_{\nu B}}{a_B}=M_\nu$	基尔霍夫热辐射定律（单色辐射出射度为 M_ν，单色吸收比为 a，最后一项为黑体）
$M=\sigma T^4$	斯特藩—玻尔兹曼公式（总辐射出射度为 M，温度为 T）
$\lambda_{\mathrm{M}}\cdot T=b$	维恩位移定律（辐射能量最大的光波长为 λ_{M}，其温度为 T）
$\varepsilon=h\nu$	光子的能量
$h\nu=A+\dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2$	光电效应方程
$h\nu_0=A$	红限频率（对应 $U_{\mathrm{c}}=0$ 的频率）
$eU_{\mathrm{c}}=\dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2$	遏止电压
$\Delta\lambda=2\lambda_{\mathrm{C}}\sin^2\dfrac{\varphi}{2}$	康普顿公式
$\lambda_{\mathrm{C}}=\dfrac{h}{m_0c}$	康普顿波长表达式（其中电子静质量为 m_0）
$p=\dfrac{h}{\lambda}$	德布罗意公式：光子及实物粒子动量
$E^2=E_0^2+(pc)^2$	能量动量的相对论表达式
$\hbar=\dfrac{h}{2\pi}$	约化普朗克常数
$\Delta x\cdot\Delta p\geqslant\dfrac{\hbar}{2}$	位置、动量不确定性关系（有时取 $\dfrac{\hbar}{2}$ 为 h 估算）
$\Delta t\cdot\Delta E\geqslant\dfrac{\hbar}{2}$	时间、能量不确定性关系

3.2　薛定谔方程、一维无限深势阱

公式	描述
$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+U\psi=E\psi$	一维势场中的定态薛定谔方程（势能 U，总能量 E）
$\int_V \lvert\psi\rvert^2 \mathrm{d}V=1$	归一化条件
$P(x)=\lvert\psi(x)\rvert^2$	概率密度函数
$\psi_n(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi x}{a}$	一维无限深势阱的波函数
$E_n=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ma^2}\cdot n^2$	一维无限深势阱的能量（动能）
$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{m^2}\right)$	氢原子光谱（莱曼系 $n=1$，巴耳末系 $n=2$，帕邢系 $n=3$；$m>n$，里德伯常数为 R）
$h\nu=\lvert E_n-E_m\rvert$	电子跃迁产生辐射
$E_n=-\frac{13.6}{n^2}(\mathrm{eV})$	氢原子能量量子化
$L=\sqrt{l(l+1)}\hbar$	氢原子角动量量子化
$L_z=m\hbar$	氢原子角动量取向量子化
$m_s=\pm\frac{1}{2}$	电子自旋磁量子数