

一轮光学总结

[参考: 选必一第四章 选必二第四章 选必三第四章]

一. 基本公式 (课内)

1. 几何光学 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_2 = \frac{v_1}{v_2}$, $\frac{\sin \theta_{\text{外}}}{\sin \theta_{\text{介}}} = n = \frac{c}{v} > 1$, $\sin C = \frac{1}{n}$.

2. 物理光学 $d\varphi = n d\lambda$, $d\lambda = \lambda \lambda$, $\lambda v = c$, $T = 2\pi \sqrt{LC}$.

3. 光的本质 $E = h\nu$, $E_{\text{km}} = \frac{1}{2} m_e v^2 = eU_c$, $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$, $p = \frac{h}{\lambda}$, $\frac{1}{\lambda} = R_{\infty}(\frac{1}{2} - \frac{1}{n^2})$, $h\nu = E_n - E_m$.

二. 几何光学概念

1. 折射定律: 三线共面, 两线分居, 正弦定比, (光路可逆).

2. (绝对) 折射率: 光从真空(空气)射入某种介质发生折射时, 入射角正弦与折射角正弦之比.

3. 光密介质: 折射率较大的介质 ("光" 觉得 "密").

4. 光疏介质: 折射率较小的介质 ("光" 觉得 "疏").

5. 全反射: 光密介质射向光疏介质, 折射光完全消失, 只剩下反射光的现象.

6. 临界角: 全反射折射角 $\frac{\pi}{2}$ 时的入射角.

三. 当有两束光 $v_1 > v_2$ 时 (对光波 1 来说)

1. 波动描述: $\lambda_1 < \lambda_2$ (真空或介质), $C_1 < C_2$ (介质, 真空 $C_1 = C_2$), $T_1 < T_2$, $\omega_1 > \omega_2$, $k_1 > k_2$.

2. 几何光学: $n_1 > n_2$, $\theta_{c1} < \theta_{c2}$, 折射偏折更大, 更易发生全反射, 折射光线率先消失.

3. 光波性质: 干涉衍射条纹偏窄, 更难衍射, 准直性更好.

4. 电磁波谱: $L_1 C_1 < L_2 C_2$, 作为载波 (有点极端了), 蓝青绿黄橙红.

5. 光子性质: $E_1 > E_2$, $p_1 > p_2$, $E_{\text{km}1} > E_{\text{km}2}$, $U_{c1} > U_{c2}$, 更易产生光电子.

四. 光的干涉

1. 理论: 相位差 $(2k)\pi$ / 光程差 $(n\lambda)\varphi$, 相长; 相位差 $(2k+1)\pi$ / 光程差 $(n+\frac{1}{2})\lambda\varphi$, 相消.

2. 双缝干涉: 单缝确保相干性, 缝窄缝间距窄条纹窄, 屏距宽, $d\Delta x = \lambda \lambda$ 记数量级.

3. 薄膜干涉: 看薄膜/薄片上下表面间距, 牛顿环暗斑, 肥皂膜重力下厚上薄, 地形图口诀.

"高凸(向厚处凸)谷(薄), 低凹(向薄处凹)脊(厚), 缓坡稀, 陡坡密".

4. 半波损: 仅当在光疏介质中传播的光在光密介质表面反射时出现相位差 $\frac{\pi}{2}$. (讨论正入射)

5. 增透膜: 反射光干涉相消 (能量守恒), 两束光均半波损, 厚 $\frac{\lambda}{4}$.

6. 增反膜: 反射光干涉相长, 一束光半波损, 厚 $\frac{\lambda}{4}$.

五. 光的衍射

1. 巴比涅原理: 缝与障碍物大小形状相同时, 衍射条纹互补.

2. 缝越窄, 光强越弱, 条纹越宽. (对相同缝, 波长越长, 条纹越宽)

3. 光栅: 精确度, 分辨率高, 刻痕处漫反射, 有透光透射光栅, 金属反射光栅.

4. 泊松亮斑: 支持波动说.



六、光的偏振

1. 定义: 证明光是横波。
2. 偏振片: 无孔, 仅容一方向振动分量的电磁波通过 (即与透振方向不垂直), 体现各向异性。
3. 偏振光: 透射或反射光均为偏振光, 太阳光可认为是不偏振的自然光。

七、电磁波的产生 (注: 涡旋方向与轴向相互对应, 规则为右手定则)

1. 涡旋电场: 变化磁场产生反方向涡旋电场, 不均匀变化的磁场可产生反方向的变化涡旋电场。
2. 涡旋磁场: 变化电场产生正方向涡旋磁场, 不均匀变化的电场可产生正方向的变化涡旋磁场。
3. 电磁波: 变化的磁场产生变化的电场, 变化的电场产生变化的磁场, 与传播方向两两正交。
4. 发射条件: 振荡频率高, 电路开放。

八、无线电波“五调” [调制(调频、调幅) $\xrightarrow{\text{发射}}$ (传输) $\xrightarrow{\text{接收}}$ 调谐 \rightarrow 解调]

1. 调制: 用高频电磁波发送低频信号, 前者即“载波”, 载波随信号改变的过程, 有调频、调幅两种。
2. 调频: FM, 载波频率随信号改变。
3. 调幅: AM, 载波振幅随信号改变。
4. 调谐: 使接收电路产生电谐振。
5. 解调: 将信号还原出来, 即调制的逆过程。

九、热辐射 (绝对黑体热辐射)

1. 黑体: 不反射电磁波, 但可辐射电磁波 (与吸收本领成正比), 带孔隙的小孔即为绝对黑体。
2. 实验规律: 温度越高, 任意波段辐射强度越大, 峰值波长越短。
3. 量子论的发现: 普朗克修正瑞利-金斯公式与维恩公式 (辐射强度与波长关系), 不得不引入 $E=h\nu$ 证明。

十、电磁波谱

1. 无线电波: 广播、导航, LC 振荡产生, 波长范围 ($10^4 \text{ m} \sim 10^3 \text{ m}$)。

长波 ($3 \times 10^4 \text{ m} \sim 3 \times 10^3 \text{ m}$) 中波 ($3 \times 10^3 \text{ m} \sim 2 \times 10^2 \text{ m}$) 中短波 ($2 \times 10^2 \text{ m} \sim 5 \times 10^1 \text{ m}$) 短波 ($50 \text{ m} \sim 10 \text{ m}$)
地表 (多次反射) \longrightarrow 天波 (一次反射) (AM)

微波: 磁控管 (8 个小 LC 振荡) 产生, 准直性好, 波长范围 ($10 \text{ m} \sim 10^{-3} \text{ m}$),

其中米波 ($10 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$) 调频 (FM); 应用: 电视、雷达、通信 (5G)、加热 (与 H_2O 共振)、射电。

2. 红外线: 夜视仪、红外遥感、红外摄影、测温, 分子能级/外层电子跃迁, 常温辐射 ($1 \times 10^{-3} \text{ m} \sim 7 \times 10^{-2} \text{ m}$)。
3. 可见光: 人眼可见, 紫光 $3.6 \times 10^{-7} \text{ m}$ (360 nm) \sim 红光 $7.2 \times 10^{-7} \text{ m}$ (720 nm), 丁达尔效应, 外层电子跃迁产生。
4. 紫外线: 高能、荧光, 破坏细胞核, 灭菌消毒, 促 Ca 吸收, 伤身、晒伤, 外层电子跃迁, ($3 \times 10^{-8} \text{ m} \sim 4 \times 10^{-9} \text{ m}$)。
5. X 射线: 穿透本领, 检查体内、金属、箱内, 内层电子跃迁/轫致辐射 (X 射线管), ($10^{-9} \text{ m} \sim 10^{-12} \text{ m}$)。
6. γ 射线: 破坏生命物质, 治癌, 核内能级跃迁, ($10^{-12} \text{ m} \sim 10^{-14} \text{ m}$)。



十一. 光学应用

1. 全反射: 全反射棱镜, 光纤纤维 (内窥镜, 光纤通信)。
2. 薄膜干涉: 增透膜, 增反膜, 平滑度检测。
3. 衍射: 衍射光栅 (透射/反射), X射线晶体衍射。
4. 偏振: 偏振滤光片, 激光 (f 相同, $\Delta\varphi$ 恒定, 振动方向相同)。

十二. 激光优势

1. 理想光源: 科研如干涉实验。
2. 传递信息: 可被调制, 结合光纤纤维。
3. 平行度好: 传播一定距离仍有一定强度, 精确测距, 指向设备。
4. 亮度很高: 短时集中大能量, 切割、焊接。
5. 科研工具: 光谱与物质结构, 分子运动和反应历程, 对时间超高精度测量。

十三. 光电效应

1. 现象: 截止频率, 饱和电流 (仅与光子数成正比), 遏止电压 (与频率正相关), 瞬时性。
2. 经典疑难: 不应存在截止频率, 遏止电压应与光强有关, 弱光不应有瞬时性。
3. 爱因斯坦解释: $h\nu > W_0$ 才能逸出, E_{km} 仅与 ν 有关, 电子一次性吸收光子全部能量, 光子数决定饱和电流。
4. $U_c - \nu$ 图线: 斜率 $\frac{h}{e}$, 纵截距 $-\frac{W_0}{e}$, 横截距 $\frac{W_0}{h}$ 。

十四. 玻尔电子跃迁规则

1. 电子可吸收 $h\nu \approx E_i - E_j$ 的光子发生跃迁。
2. $h\nu \neq E_i - E_j$ 的光子无法吸收 (dE 能带 $\approx E$, 容错量低, 大块物质耦合出许多能级)。
3. $h\nu > -E$, 电子被电离。
4. 多个光子可以一次性导致跃迁, 规律同上。
5. 电子等碰撞可造成跃迁, 且为余的最少能量作为残留动能。

