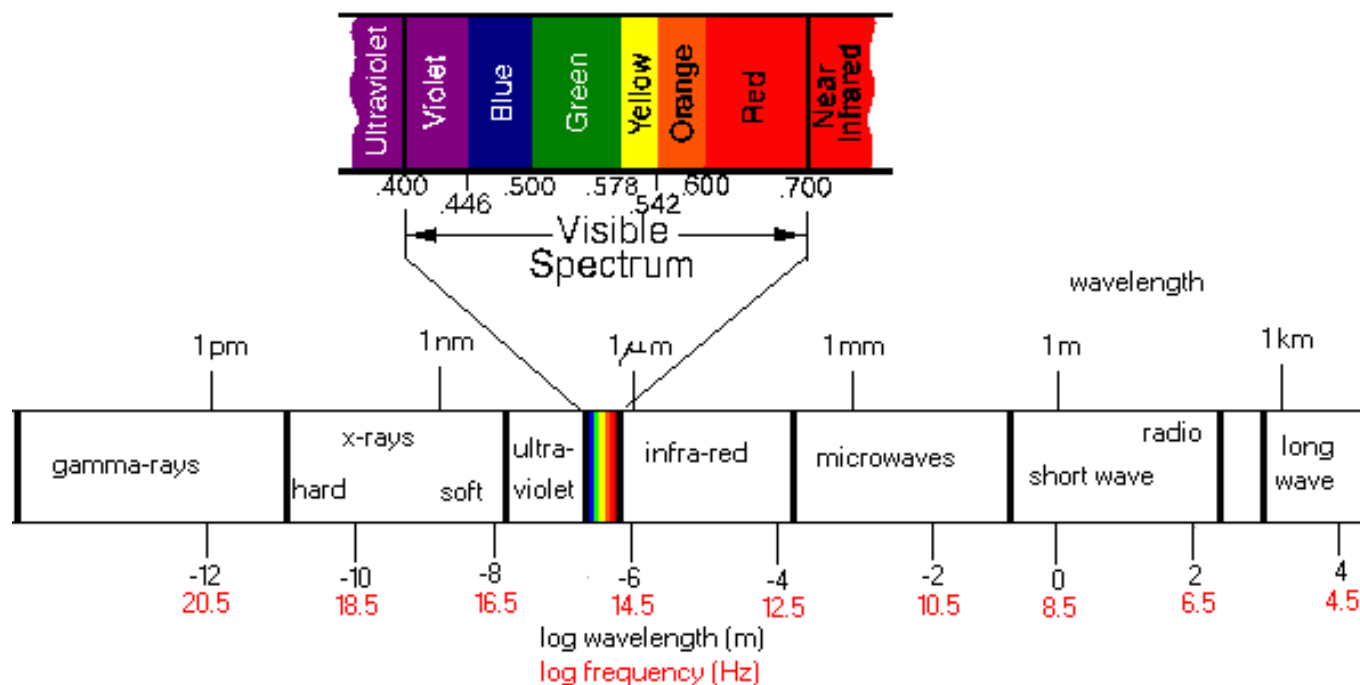


§ 1.2 光的波长 · 光强

- 光是一种电磁波



- 对人的视觉起作用的电磁波称为可见光。波长范围约为4000 Å~7000 Å
- 波长以纳米（nm）或埃（Å）为单位。
 - $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
 - $1 \text{ Å} = 0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$
- 不同的波长，在视觉上形成不同的色觉。

- 即赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫。其中：

红 6400~7500 →红外

橙 6000~6400

黄 5500~6000

绿 4800~5500

蓝 4500~4800

紫 4000~4500 →紫外

- 人眼对5550 Å（555nm）的黄绿光最敏感

- 理论上，只有单一频率的光称为**单色光**。
- 实际的单色光光源总是包括了一定的波长范围，称之为**准单色光**。
- 波长范围越窄，单色性越好。激光光源的波长范围约为 10^{-8}\AA 。

- 按电磁理论，光在介质中的速度

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}}$$

($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

- 因而真空中的光速 $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2.997\,924\,58 \times 10^8$ m/s

- 而一般介质中的光速 $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$ (一般 $v < c$)

- 定义折射率为 $n = \frac{c}{v}$

当光穿过不同介质中，频率不变，波长改变。其变化为

$$\lambda' = v/v = c/(nv) = \lambda/n$$

其中， λ 为真空中的波长。

光强又称光的辐照度，它与光振动的振幅有如下关系：

$$I = A^2$$



§ 1.3 波动的数学描述

- **1. 简谐平面波和球面波**
- 若波是简谐振动的传递，称为简谐波。表示为：

$$U(t) = A \cos \omega t$$

其中A为振幅， ω 为角频率

i ° 单色平行光可看着简谐平面波

设平行光沿K方向传播，现考虑空间中任一点P的振动。

§ 1.3 波动的数学描述

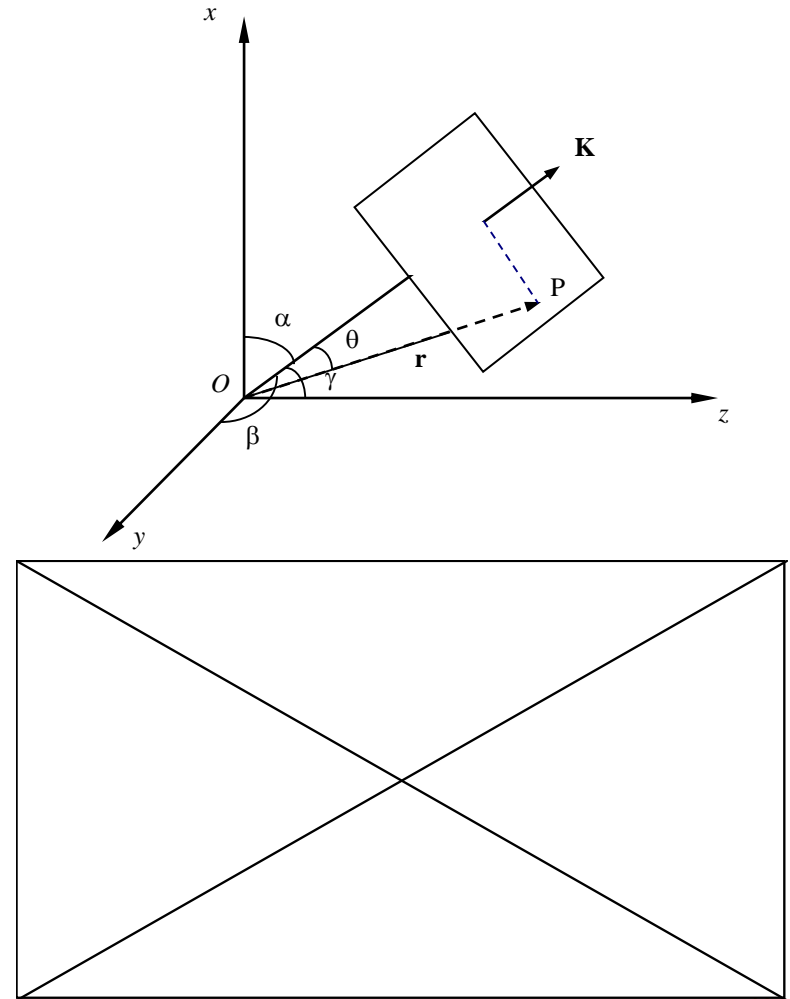
设为 $P(x,y,z)$ ，用矢量 \mathbf{r} 表示。

设光波速度为 v ，从 O 点传到 P 的时间为 t' ，则

$$t' = r \cos \theta / v$$

而 P 点的振动可写为

$$\begin{aligned} U(\mathbf{r}, t) &= A \cos(\omega t - \omega t') \\ &= A \cos[\omega t - (2\pi/\lambda) r \cos \theta] \\ (\omega &= 2\pi/T, \lambda = T \cdot v) \end{aligned}$$



- 定义: $\mathbf{K} = \frac{2\pi}{\lambda} \hat{k}$

所以有 $U(\mathbf{r}, t) = A \cos(\omega t - \mathbf{K} \cdot \mathbf{r})$

在直角坐标系下:

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{r} = K(x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma)$$

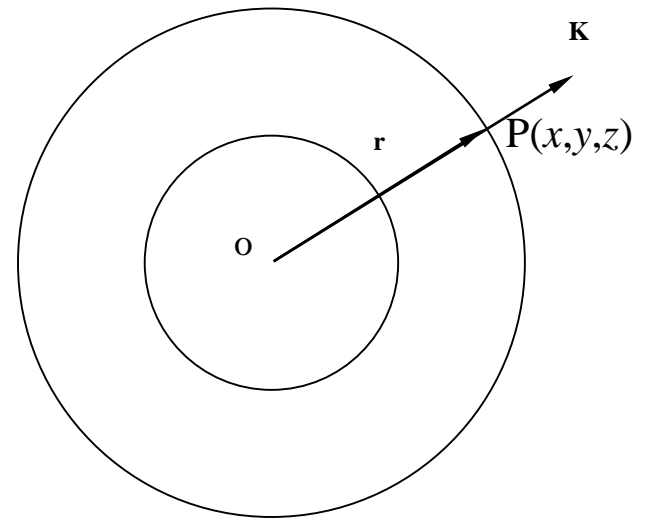
- 这说明只要给出简谐平面波表示式的具体形式, 就已知了波的传播方向。

ii ° 球面波

- 点光源在均匀介质中传播，其波面是球面，称为球面波。

由平面波的知识可知：任一点 $P(x,y,z)$ 的振动可表示为

$$U(\mathbf{r},t) = A(r)\cos(\omega t - \mathbf{K}r)$$



其中 $A(r)$ 表明球面波振幅会随传播距离而变化，由能量守恒定律可得：

$$A(r) = A_0/r .$$

$$(\text{能量} \quad 4\pi r_0^2 I_0 = 4\pi r^2 I$$

$$\Rightarrow r_0^2 A_0^2 = r^2 A^2$$

$$\Rightarrow A = A_0 r_0 / r \quad \text{令 } r_0 \text{ 为单位长度, 即得)}$$

所以 $U(\mathbf{r}, t) = (A_0/r) \cos(\omega t - Kr)$

■ 2. 复数表示

为使计算简化，往往将波动的余弦表达式用相应的复数表示。

- 前提： $e^{+i\alpha} = \cos\alpha + i\sin\alpha$

$$e^{-i\alpha} = \cos\alpha - i\sin\alpha$$

- 对一般的波动表达式有

$$U(\mathbf{r},t) = A(\mathbf{r}) \cos[\omega t - \phi(\mathbf{r})]$$

复数表示形式写为

$$\tilde{U}(\mathbf{r},t) = A(\mathbf{r}) e^{+i\phi(\mathbf{r})} e^{-i\omega t}$$

其中 $\tilde{U}(\mathbf{r}) = A(\mathbf{r}) e^{+i\phi(\mathbf{r})}$ 称为复振幅

- 相应地，平面波的复振幅为：

$$\begin{aligned}\tilde{U}(\mathbf{r}) &= A_0 e^{+i \mathbf{K} \cdot \mathbf{r}} \\ &= A_0 e^{+i K(x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma)}\end{aligned}$$

- 而对球面波：

$$\tilde{U}(\mathbf{r}) = (A_0 / r) e^{+i K r}$$

有了复数表示，光强可表示为：

$$I = \tilde{U}(\mathbf{r}) \cdot \tilde{U}(\mathbf{r})^*$$