物理总复习

运动学　　位移 速度 加速度 轨迹方程

相对论　　相对论效应（同时性、时间延缓、长度收缩）

静电场

1.电场强度（叠加 电通量 高斯定律 静电力）

2电势（保守性 环路定理 做功） 3.电容

振动波动

1.振动（方程（相位）、图像、合成）

2.波动（方程、图像、干涉）

光的干涉衍射

1.干涉：光程、杨氏双缝；增透（反）膜

2.衍射：单缝衍射 光栅衍射

（各级明暗条纹中心的坐标、间距）

运动学：

位矢 $\vec{r}$　位移 $\Delta\vec{r}$　速度 $\vec{v}$　加速度 $\vec{a}$

1. 理解物理意义

比如：加速度—速度变化的快慢

2. 已知运动函数，求轨迹、位移、速度、加速度

$$\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

- 速度

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$$

$$= v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

速度大小： $\upsilon = |\vec{\upsilon}| = \sqrt{\upsilon_x{}^2 + \upsilon_y{}^2 + \upsilon_z{}^2}$

- 加速度

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}$$

$$= \frac{d\upsilon_x}{dt}\vec{i} + \frac{d\upsilon_y}{dt}\vec{j} + \frac{d\upsilon_z}{dt}\vec{k}$$

$$= a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$$

加速度大小： $\boldsymbol{a} = |\vec{a}| = \sqrt{\boldsymbol{a}_x{}^2 + \boldsymbol{a}_y{}^2 + \boldsymbol{a}_z{}^2}$

练习：设质点做二维运动： $\vec{r} = -t^2\vec{i} + 2t^2\vec{j}$

求：（1）t=1s到2s之间质点的位移

（2）质点任意时刻的速率，加速度

（3）质点做什么运动，求轨迹方程

相对论

一、 牛顿的经典力学时空观

二、狭义相对论的基本原理

三、狭义相对论的时空效应

（同时的相对性，动钟变慢，长度收缩）

四、狭义相对论动力学

基础：两个假设；洛伦兹变换

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - ut}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \dfrac{t - \dfrac{u}{c^2}x}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \end{cases}$$

时空坐标变换

$\Longrightarrow$ **时间间隔　空间间隔**

- 相对论效应（时空观）

1.同时的相对性（一定不同时？推导证明）

2.时间延缓

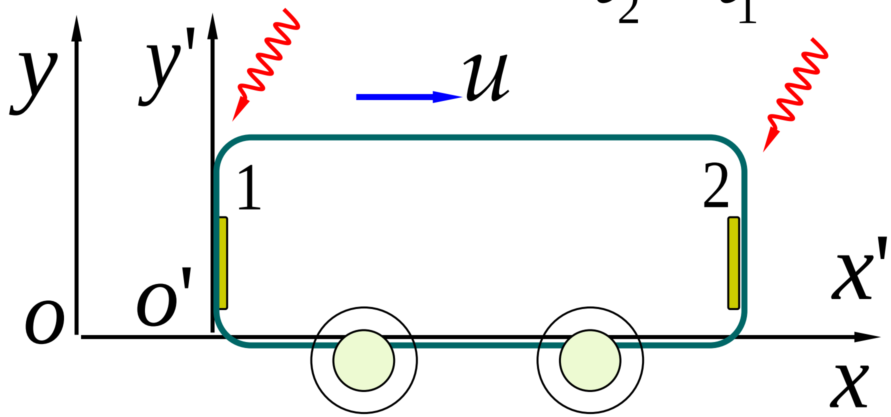
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-\left(\frac{u}{c}\right)^2}}$$

3.长度收缩

$$l = l_0\sqrt{1-\left(\frac{u}{c}\right)^2}$$

讨论：火车匀速，地面的人观察到车头车尾同时遭雷击，请问从车厢观察者来看，是否同时？若不同时，何处先被雷击？

$$t_2 - t_1 = \frac{t_2' - t_1' + \frac{u}{c^2}(x_2' - x_1')}{\sqrt{1-\beta^2}}$$



(A) 同时　　**(B) 1**处先被雷击　　**(C) 2**处先被雷击

某种粒子静止时的寿命是10^{-8}s，如它以$\upsilon=\frac{2}{3}c$的速度运动，它能飞行的距离s为（　　）

A. $\frac{6}{\sqrt{5}}m$

B．$2m$

C．$10^{-3}m$

D．$\sqrt{5}m$

静止边长为a的立方体，当它以速率$u=0.8c$沿与它的一个边平行的方向相对 地面运动时，地面观测者中测得它的体积是________.

静 电 场

一、静电场的描述 $\vec{E}$ φ

（定义；物理意义；计算；几何描述 ）

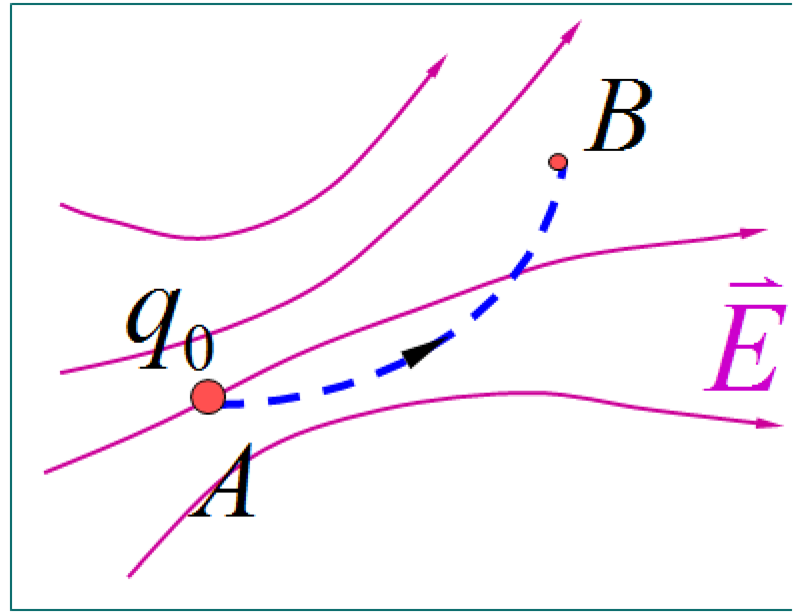
二、静电场的基本性质方程

（有源场、保守场）

三、 静电场中的导体 （ 静电感应 电容）

概念的引入

$$\vec{F}_{静} = q_0 \vec{E}$$



- 电场强度、电场线、电通量

$$A = \int_A^B \vec{F}_{静} \cdot d\vec{l}$$

- 保守性、电势能、电势、电势差

静电场两个基本性质方程

静电场高斯定律

$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{int}}}{\varepsilon_0}$$

——有源场

静电场环路定理

$$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 0$$

——保守场 无旋场

$\vec{E},\varphi$ 计算：两种方法

①用高斯定律

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{\sum_i q_i}{\varepsilon_0} \Rightarrow \vec{E} \Rightarrow$$

$$\varphi = \int_{(P)}^{(0)} \vec{E}\cdot d\vec{l}$$

$$U_{ab} = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}$$

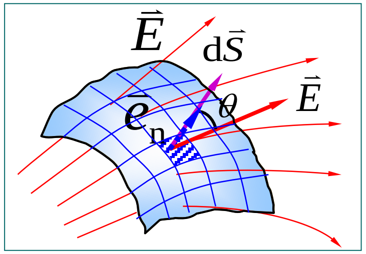
② 叠加原理

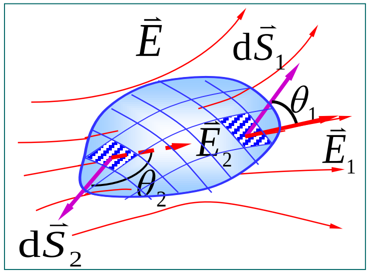
$$\vec{E} = \int_{(Q)} d\vec{E} \qquad \varphi = \int_{(Q)} d\varphi$$

（一） $$\Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i$$

相关知识点：

1. 物理意义——有源场





2.电通量

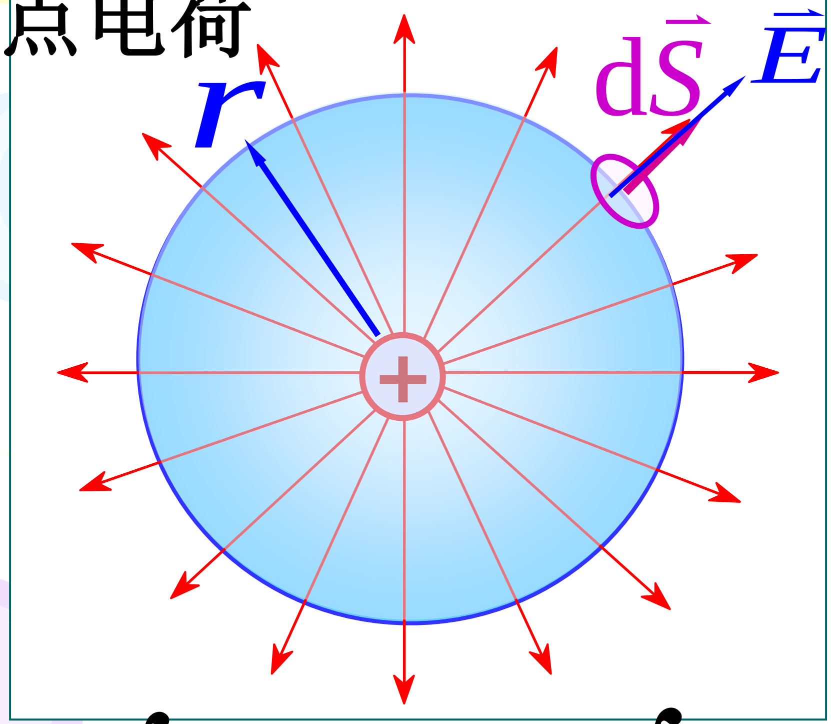
$$\Phi_e = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{S} \qquad \Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \oint_S E\cos\theta dS$$

3. 利用高斯定律求静电场的分布（$\vec{E}$）

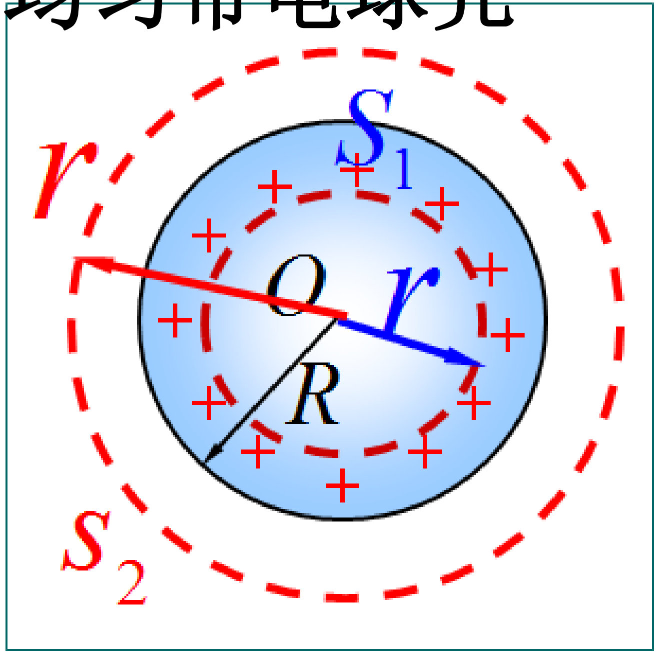
场源电荷模型：1.电场分布球形对称

高斯面取半径为r的球面

点电荷

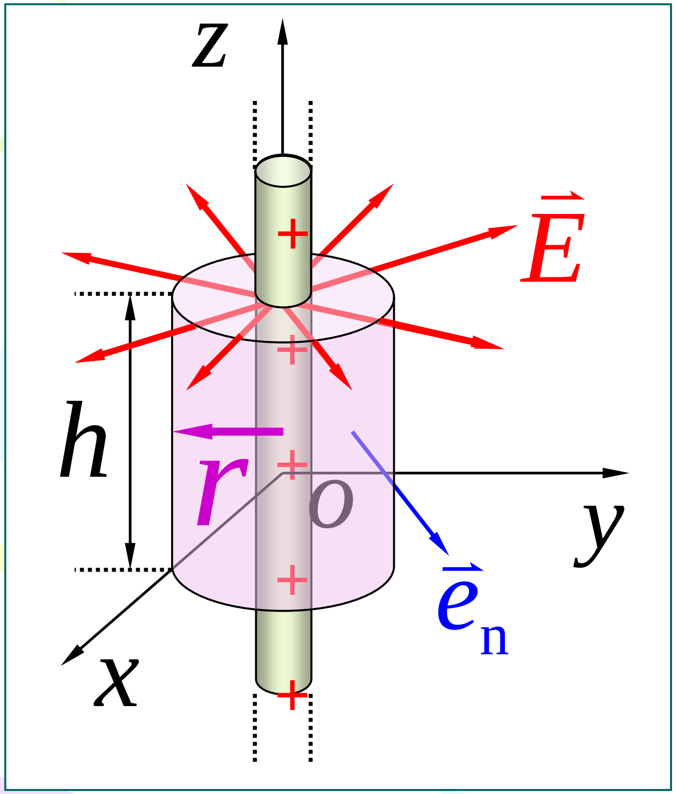


均匀带电球壳

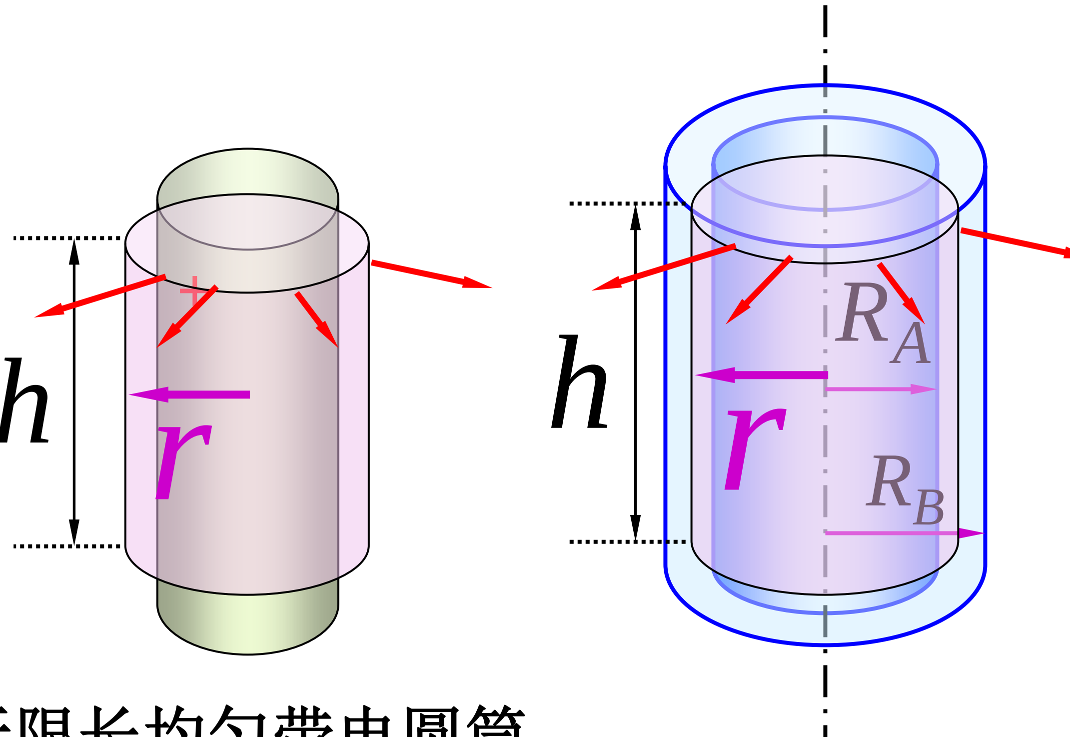


$$\oint_S E\cdot \mathrm{d}S = E\oint_S \mathrm{d}S = E\cdot 4\pi r^2$$

2. 电场分布轴对称：取高为**h**，半径为**r**圆柱面为高斯面



无限长均匀带电棒



无限长均匀带电圆筒

$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = E\cdot 2\pi rh$$

$$\varphi_A = \int_A^{\varphi=0\text{点}} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

电势 电势能相关公式

$$\frac{A}{q_0} = \int_A^B \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \underbrace{\boxed{\frac{W_A}{q_0}}}_{\text{A点电势}} - \underbrace{\boxed{\frac{W_B}{q_0}}}_{\text{B点电势}} = \varphi_A - \varphi_B$$

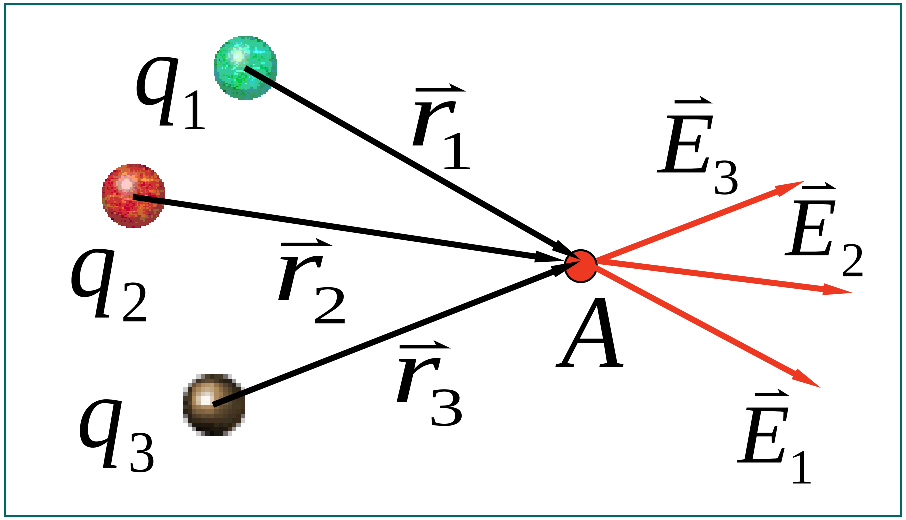
电 势 差 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \int_A^B \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$

电场力做的功 $A_{AB} = q_0 U_{AB}$

（二）叠加原理

◆ 点电荷系

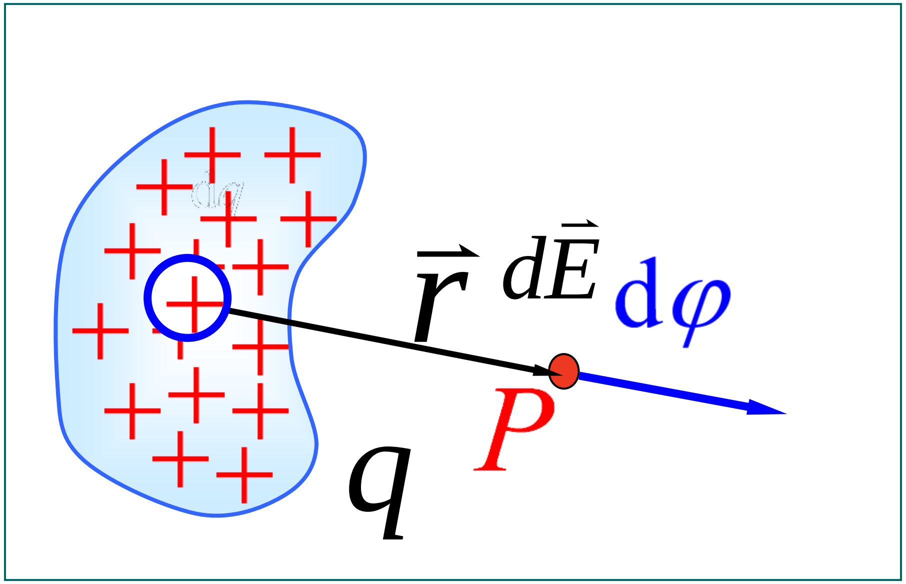
$$\vec{E}=\sum_i \vec{E}_i \qquad \varphi_A=\sum_i \varphi_{Ai}$$



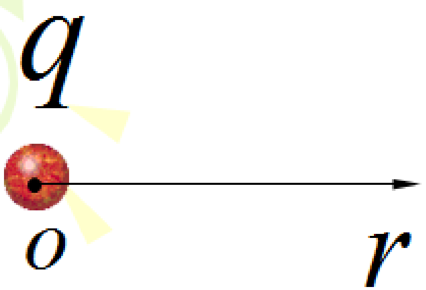
◆ **带电体**

$$\vec{E}=\int \mathrm{d}\vec{E} \qquad \varphi=\int \mathrm{d}\varphi$$

（线、面、体）



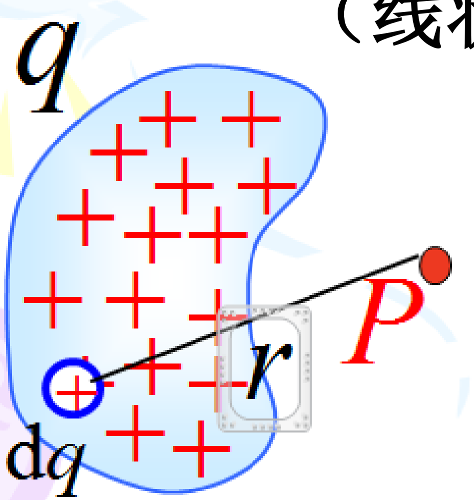
◆ 点电荷



$$\boxed{\vec{E}}=\frac{\boxed{q}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r \qquad \boxed{\varphi}=\frac{\boxed{q}}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

◆ 连续带电体

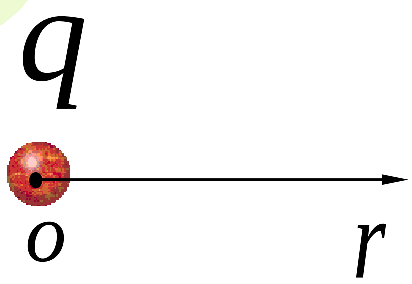
（线状）$\boxed{\mathrm{d}\vec{E}}=\frac{\boxed{\mathrm{d}q}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r \qquad \boxed{d\varphi}=\frac{\boxed{dq}}{4\pi\varepsilon_0 r}$

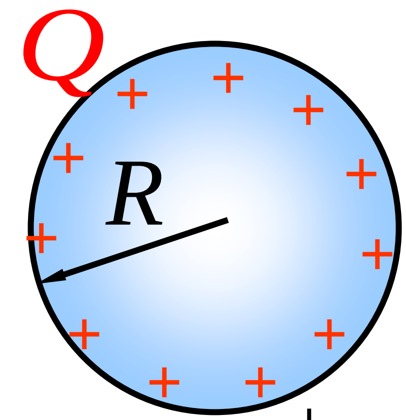


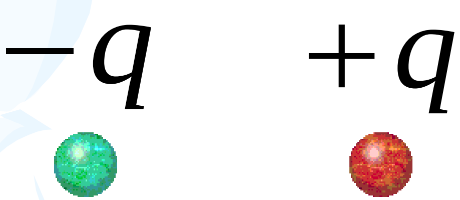
$$\vec{E}=\int \mathrm{d}\vec{E} \qquad \varphi_P=\int\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

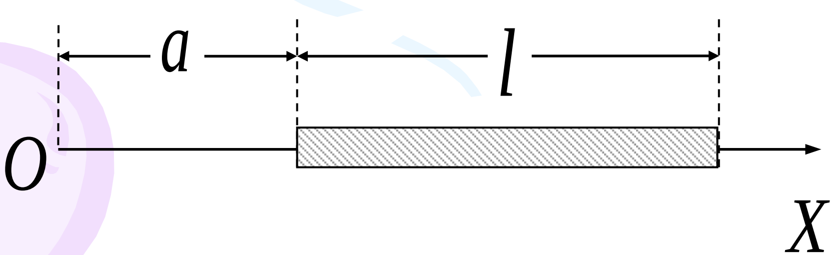
——叠加原理

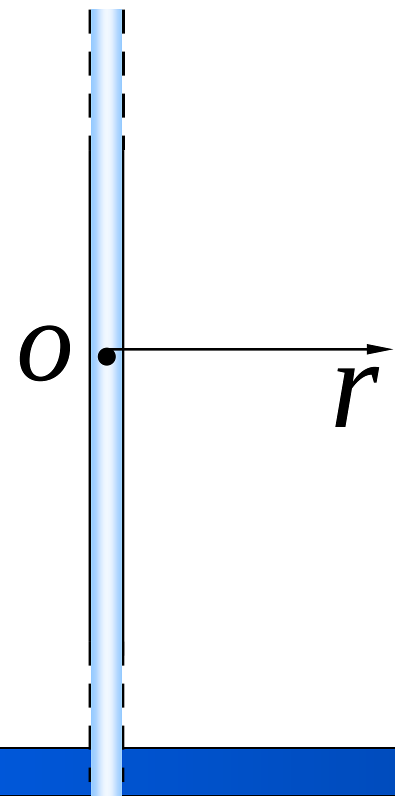
基本模型:请写出以下模型的 $\vec{E}$ φ

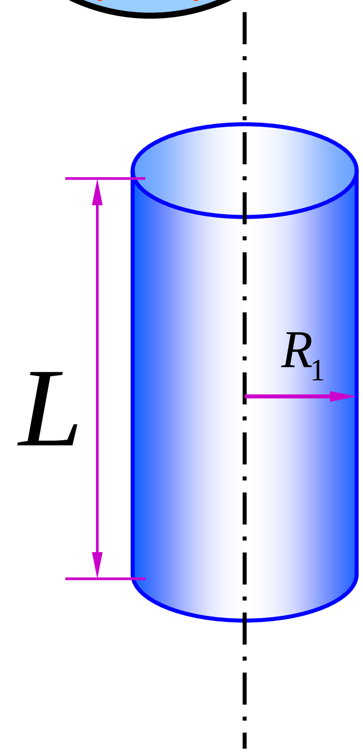










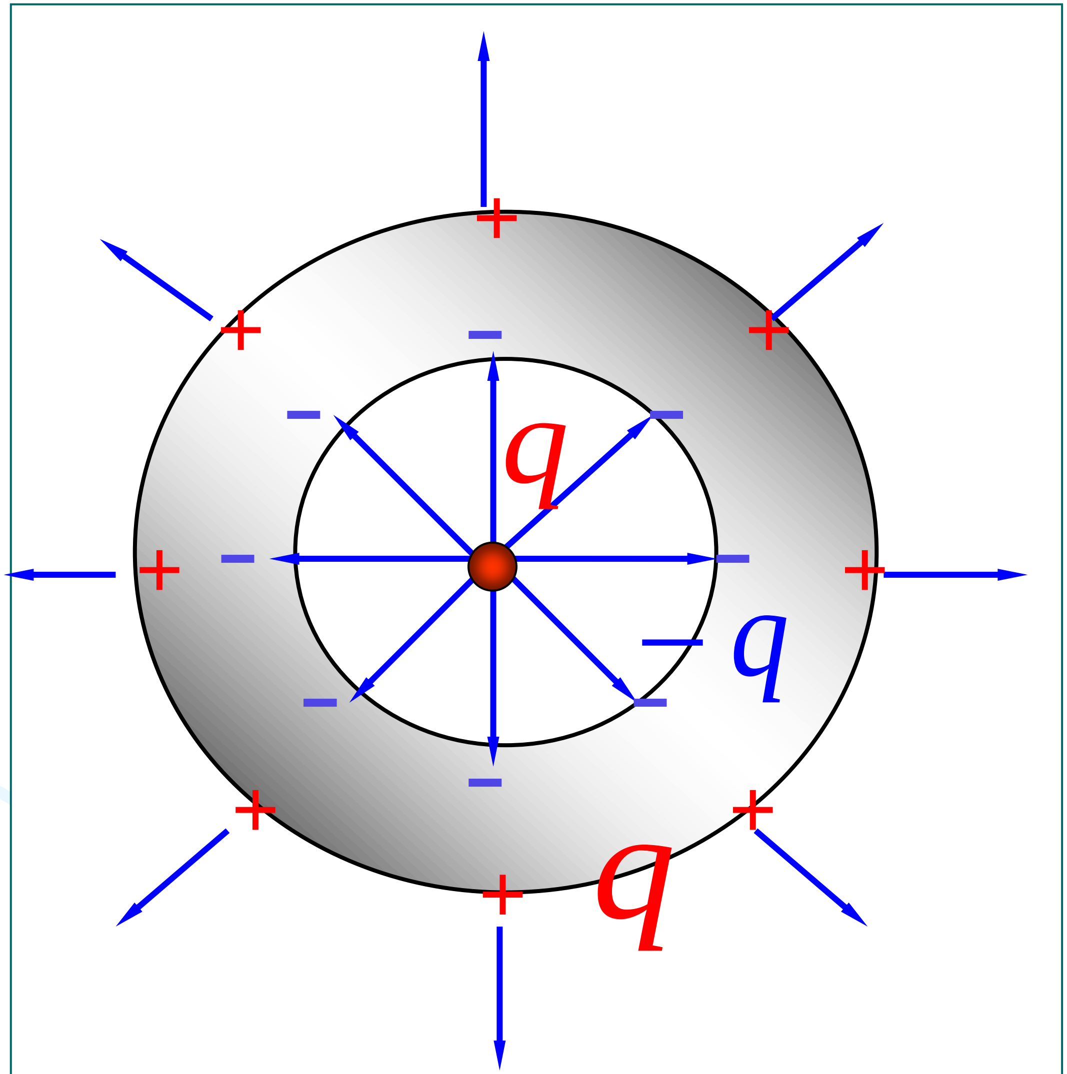


静电场中的导体（静电平衡；电容）

1. 静电感应、静电平衡及其条件

2. 电容的计算

静电平衡 $\vec{E}_{\text{int}} = 0; \quad \vec{E}_s \perp$表面



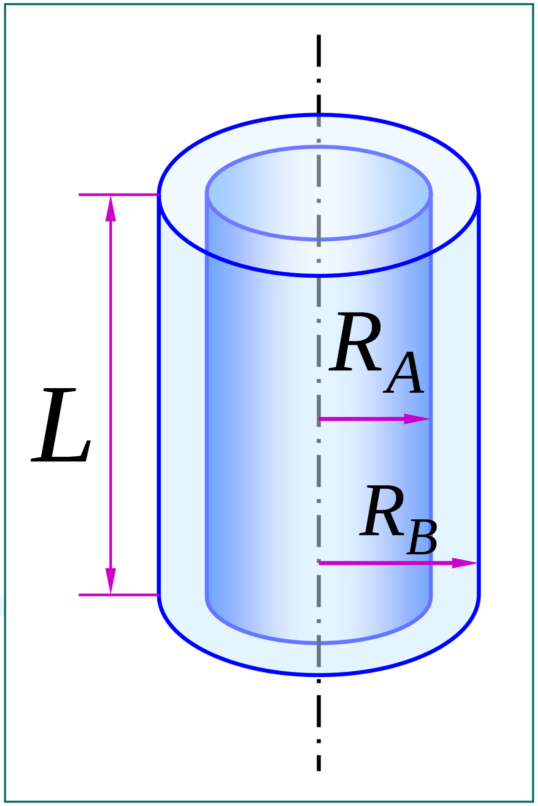
静电感应

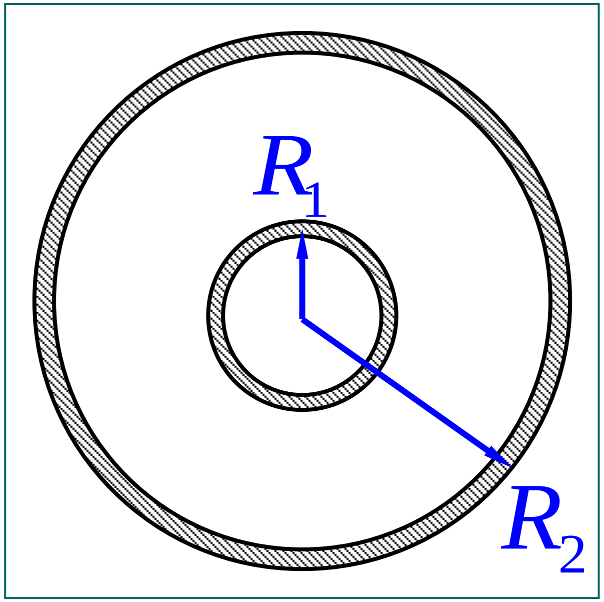
静电平衡

等势体

电容计算

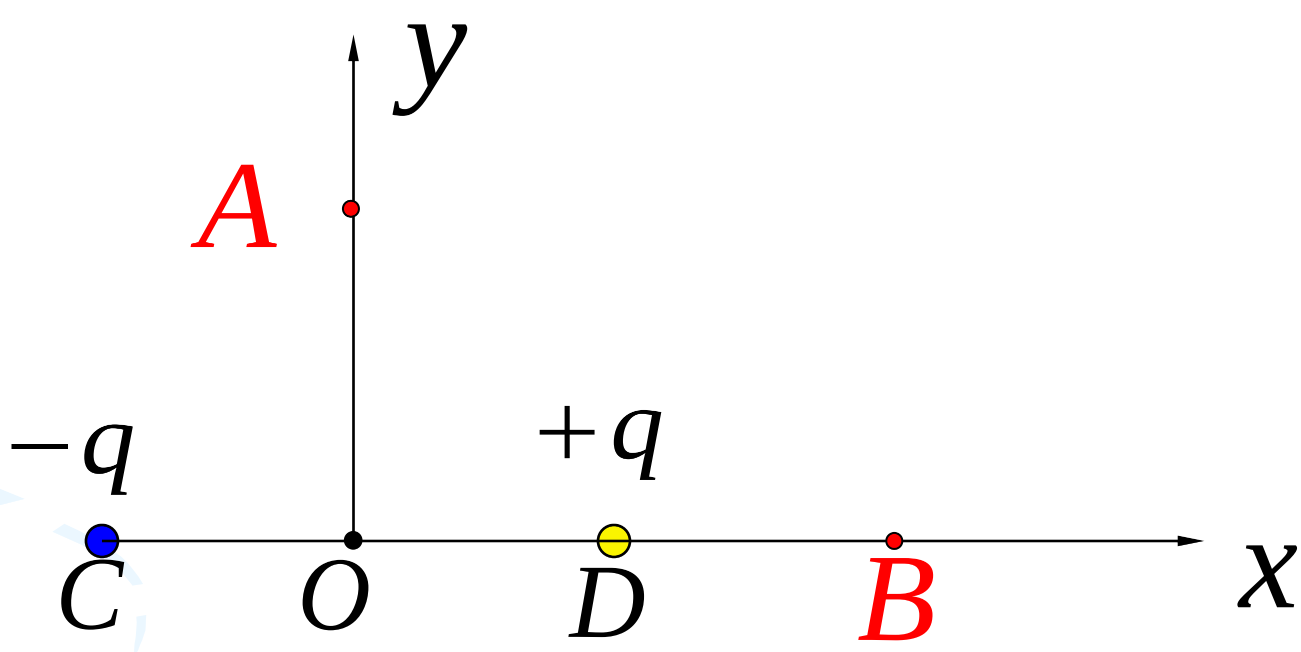
$$C = \frac{Q}{U}$$





习题1 已知：$OC = OD = DB = l$

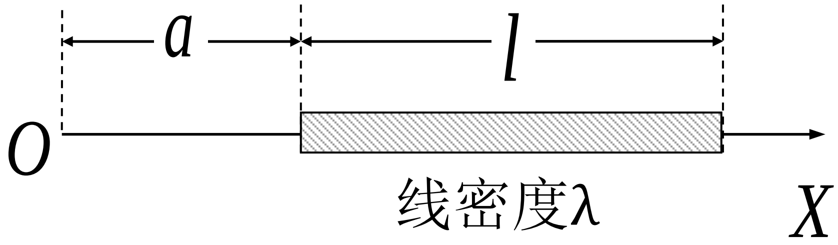
求单位正电荷e从A移到B过程中，电偶极子对其做的功.



习题2

带电细棒延长线上一点的电场强度和电势

————叠加法



O点的电场强度和电势

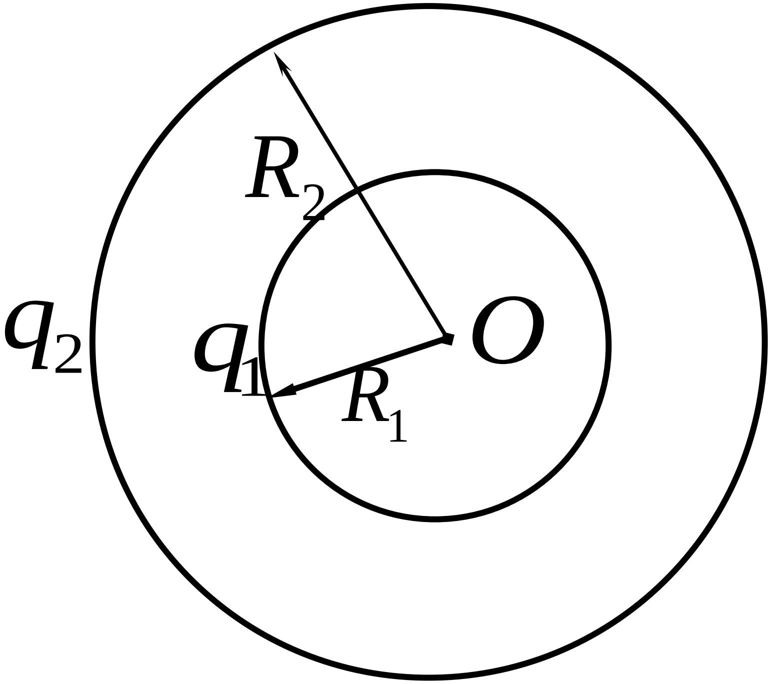
习题3　两个同心球面半径分别为R_1和R_2，各自带有电荷q_1、q_2，如图所示。

求:

（1）$\vec{E}$ 的分布

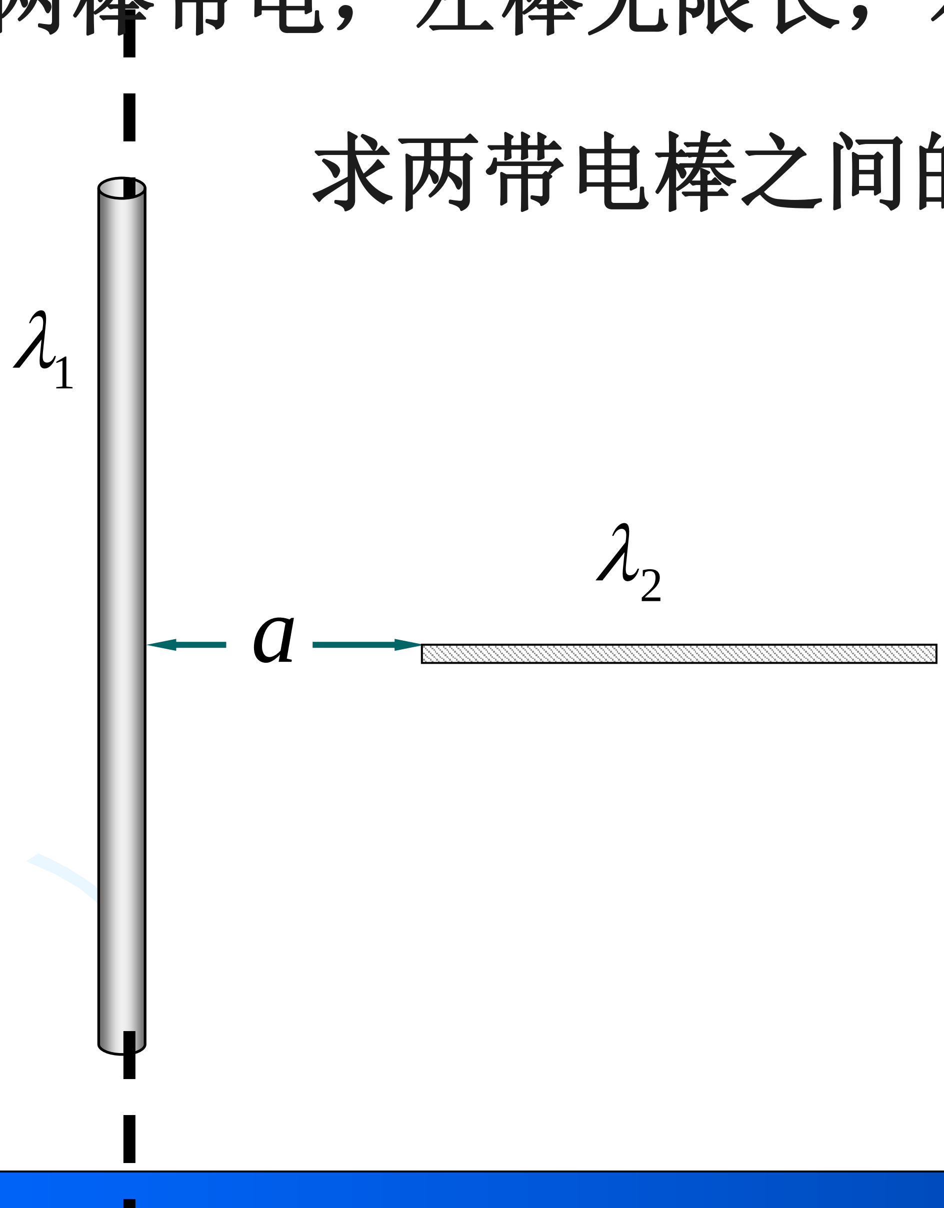
（2）任意一点的电势

（3）两球面上的电势差



习题4　两棒带电，左棒无限长，右棒长L

求两带电棒之间的静电力



振动

机械振动

- 简谐运动的描述
  - 特征量
  - 振动方程
  - 旋转矢量图
  - 振动曲线图
- 简谐运动的合成

描述简谐运动的特征量

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

A 振幅

（振幅和初相由初始条件决定）

φ 初相

(φ 取$[-\pi \to \pi]$)

ω 角频率（固有） $\omega T = 2\pi$

相位 $\omega t + \varphi$

两个振动的关系：同相、反相

图像描述

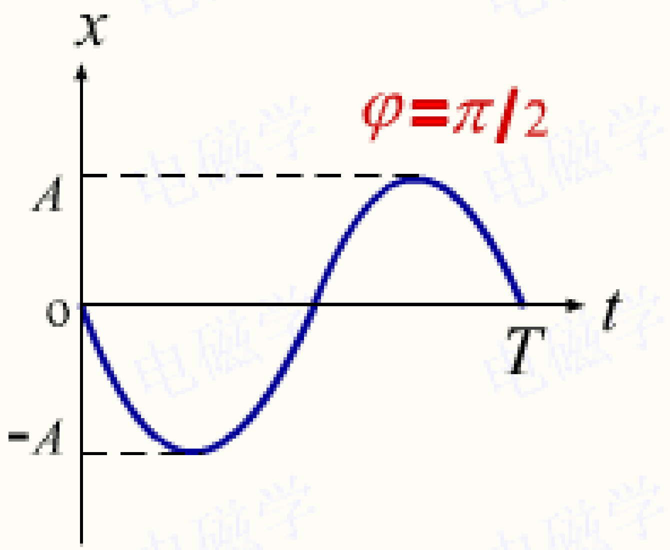
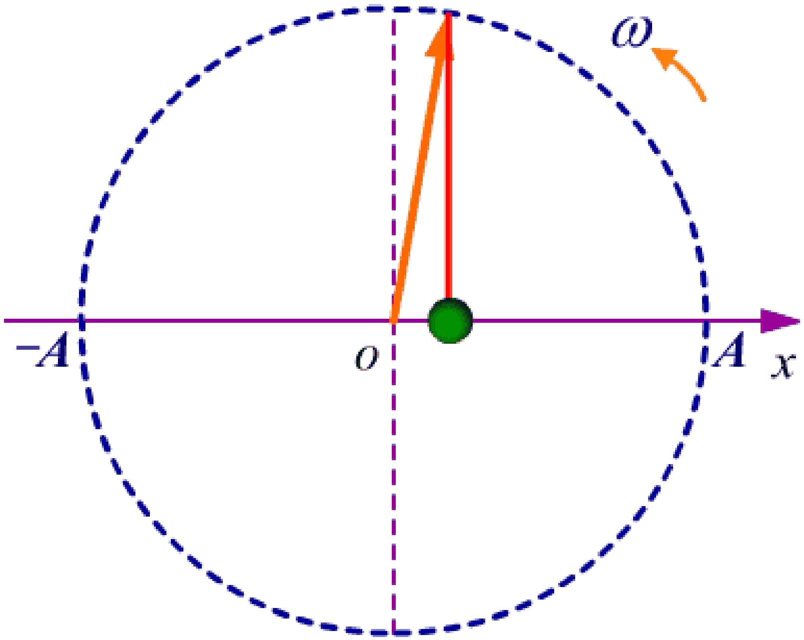


图1.3 用振动曲线描述简谐振动

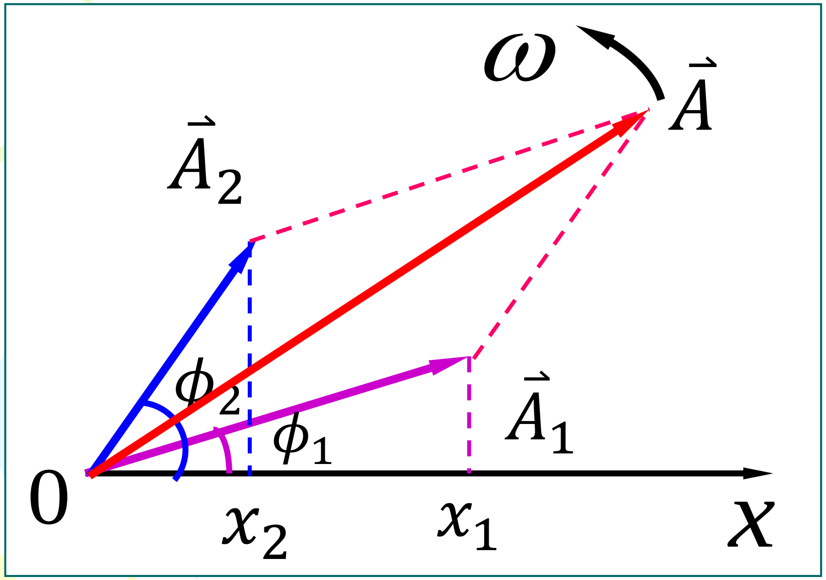
旋转矢量图



了解各特征量在图线上的意义

简谐运动的合成

同方向同频率



$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi}$$

相位差 ：

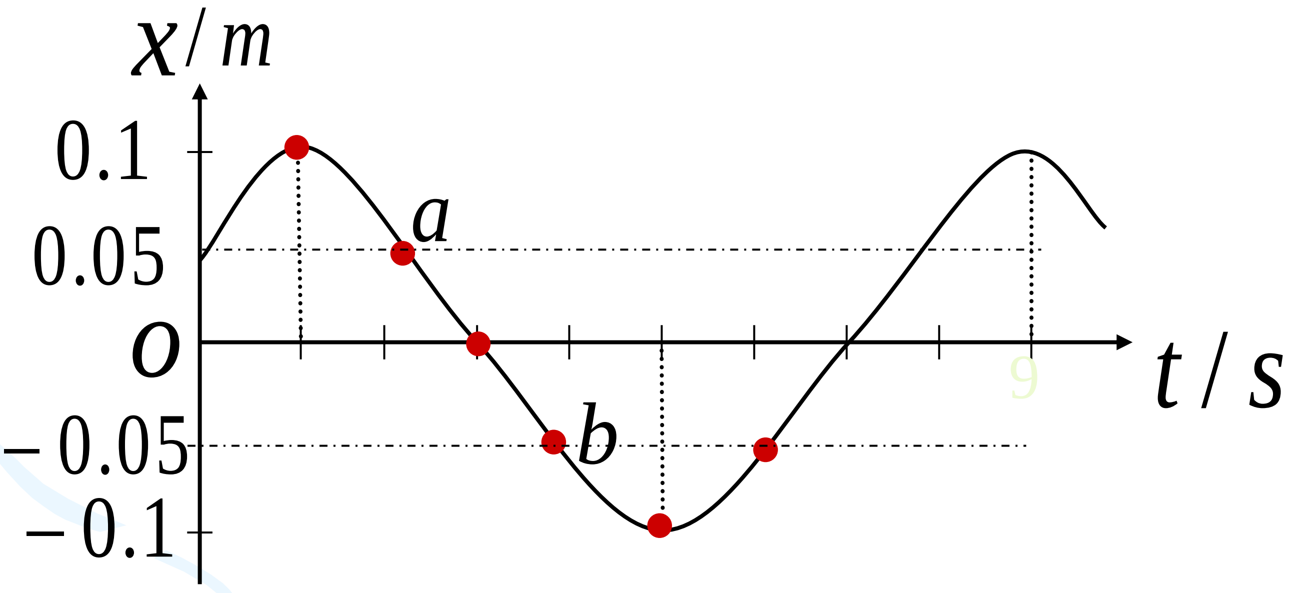
同相；反相

$$\Delta\varphi=\pm 2k\pi \qquad A=A_1+A_2$$

$$\Delta\varphi=\pm(2k+1)\pi \qquad A=\left|A_1-A_2\right|$$

练习：已知简谐运动的$x-t$图线，写出六个点对应的相位

（易错：最后一个点）



$\Delta t_{ab} = \_\_T$

波　动

机械波

- 机械行波的产生及特点
- 波的描述 —— 物理量；波函数；图形；传播规律
- 波的叠加 —— 干涉　半波损失

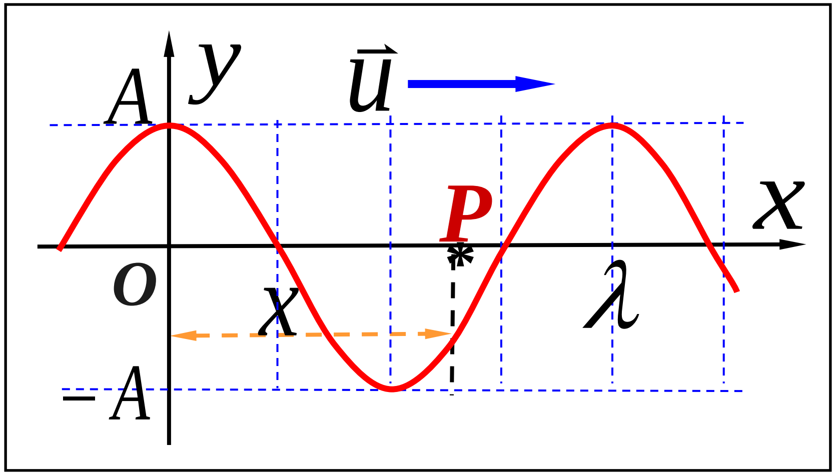
1. 描述波的物理量

- 波长　周期　频率　波速

$$\lambda = uT = u/\nu$$

$$\boxed{\Delta\varphi_{AB} = \frac{2\pi}{\lambda} r_{AB}}$$

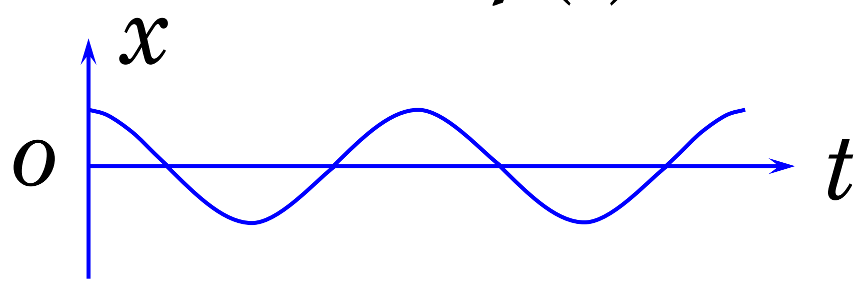
2.能从波形曲线中读出有用信息



振动方程与波函数

$$\boxed{x = A\cos(\omega t+\varphi)}$$

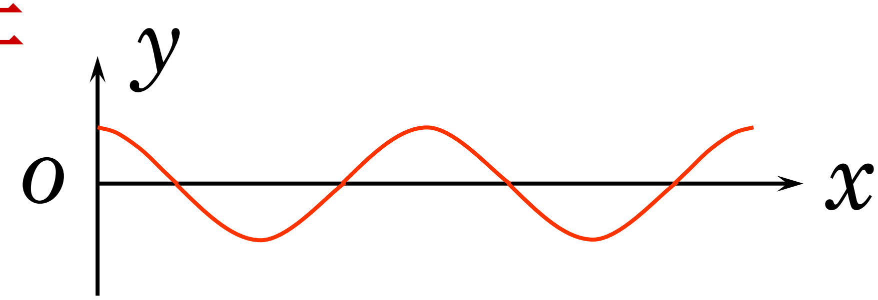
$$x = f(t)$$



振动方程是时间 t 的函数

波函数是波程 x 和时间 t 的函数，描写某一时刻任意位置处质点振动位移。

$$y = f(x,t)$$



$$\boxed{y = A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]}$$

3 波动方程（波函数）

振动方程

已知：点 x_0 振动方程

$$y_{x_0}=A\cos(\omega t+\varphi)$$

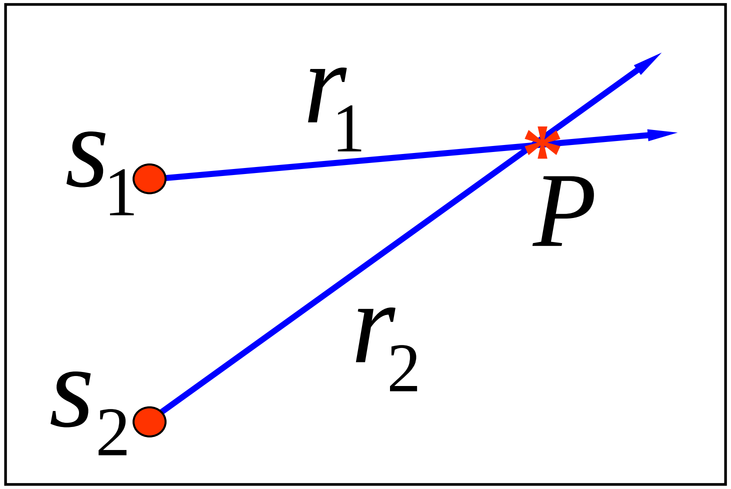
求：波函数

波函数

$$\boxed{y=A\cos[\omega(t\mp\frac{x-x_0}{u})+\varphi]}$$

$$y=A\cos[\omega t+\varphi\mp\frac{2\pi(x-x_0)}{\lambda}]$$

4.波的叠加：干涉



干涉：波的相干叠加

干涉的相干条件是什么？

干涉特点：振幅在空间有稳定的分布

相位差 $$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi\,\frac{r_2 - r_1}{\lambda}$$

干涉加强和减弱的条件

$$\begin{cases} \Delta\varphi = \pm 2k\pi \quad k = 0,1,2,\cdots \\ \quad A = A_1 + A_2 \\ \Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi \quad k = 0,1,2,\cdots \\ \quad A = \left|A_1 - A_2\right| \\ \Delta\varphi = \text{其他} \quad \left|A_1 - A_2\right| < A < A_1 + A_2 \end{cases}$$

振动始终加强—干涉相长

振动始终减弱—干涉相消

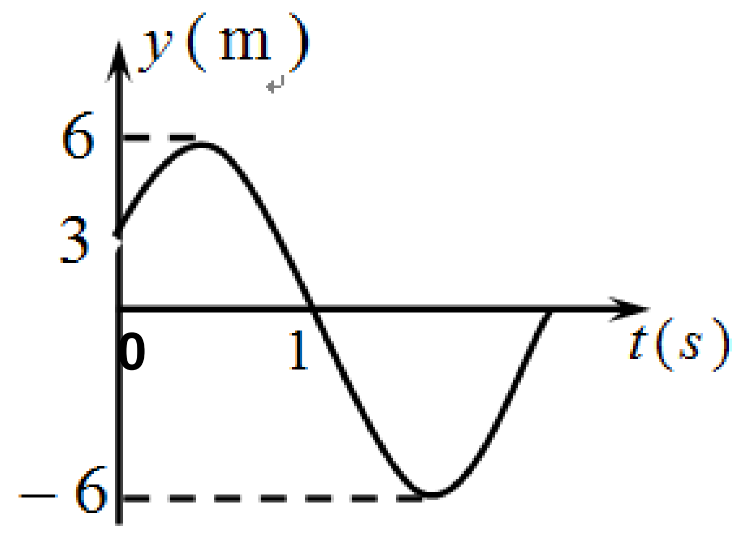
练习

A、***B***是简谐波波线上的两点，已知***B***点的相位比***A***点落后$\pi/3$，***A***、***B***两点相距***0.5m***，波的频率为***100Hz***，则该波的

波长 λ = ___________ ***m***，

波速 **u** = ___________ **m/s**.

一列**负x轴**方向($u = 3m/s$)传播的简谐横波在x=-1m处的点P振动图像如图所示，



求：

(1) 点P的振动方程

(2) 波函数

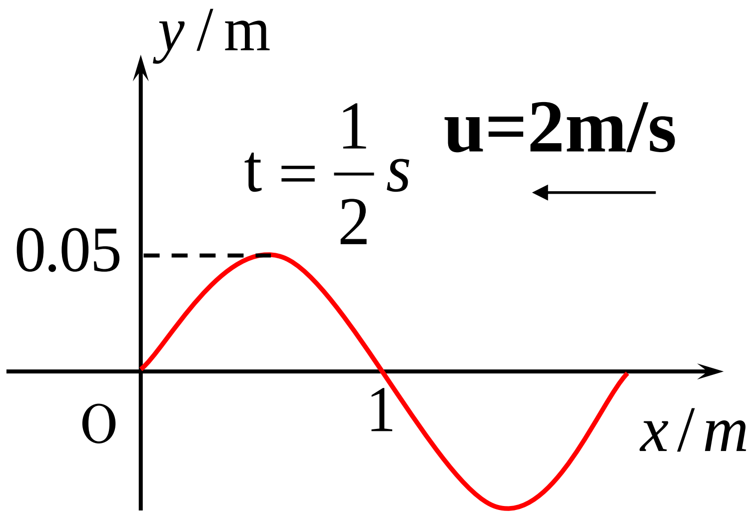
一平面波沿**−x**方向传播，u=2m/s。求：

（1）O点初相

（2）x=1m处质点的初相

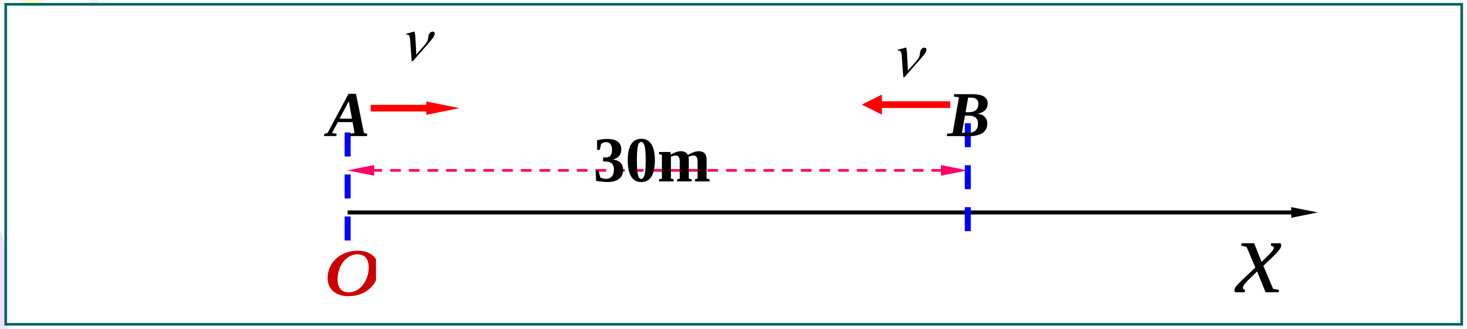
（3）x=1m处振动的状态（即相位）需要多久传到O点？

（4）平面波的波函数。



练习：

AB两个相干波源，振幅相等，频率都是**100Hz**，初相差为 π ，若 $|AB| = 30m$ 波速为**400m/s**，求**AB**连线之间因叠加而静止的各点位置。



光的干涉

一、相干光的获得(波阵面 振幅)

二、双缝干涉

三、光程　半波损失

四、薄膜干涉（增透/反膜）

➢ 波程：波所走过的几何路程 r

➢ 光程： 介质折射率 n 与光的几何路程 r 之积 $\boxed{nr}$

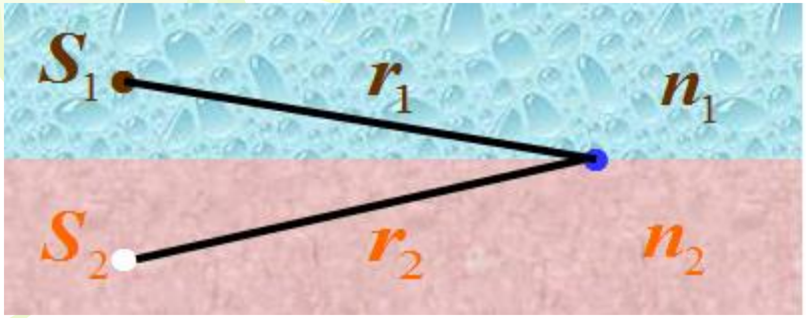
波速和波长随着介质的变化而变化

折射率为n介质中

波长为 $\lambda_n = \dfrac{\lambda}{n}$

波程 光程

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\boxed{l}}{\lambda_n} = 2\pi \frac{\boxed{nl}}{\lambda}$$



$$\varphi_2-\varphi_1=0$$

波程差 $\Delta r=r_2-r_1$

有不同介质，*几何路程差*没有意义

光程差 $\Delta=(n_2r_2-n_1r_1)$

相位差 $$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(n_2r_2-n_1r_1)=-2\pi\frac{\Delta}{\lambda}$$

$$\Delta\varphi=(\varphi_2-\frac{2\pi}{\lambda_{n2}}r_2)-(\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda_{n1}}r_1)$$

光的干涉的相关计算

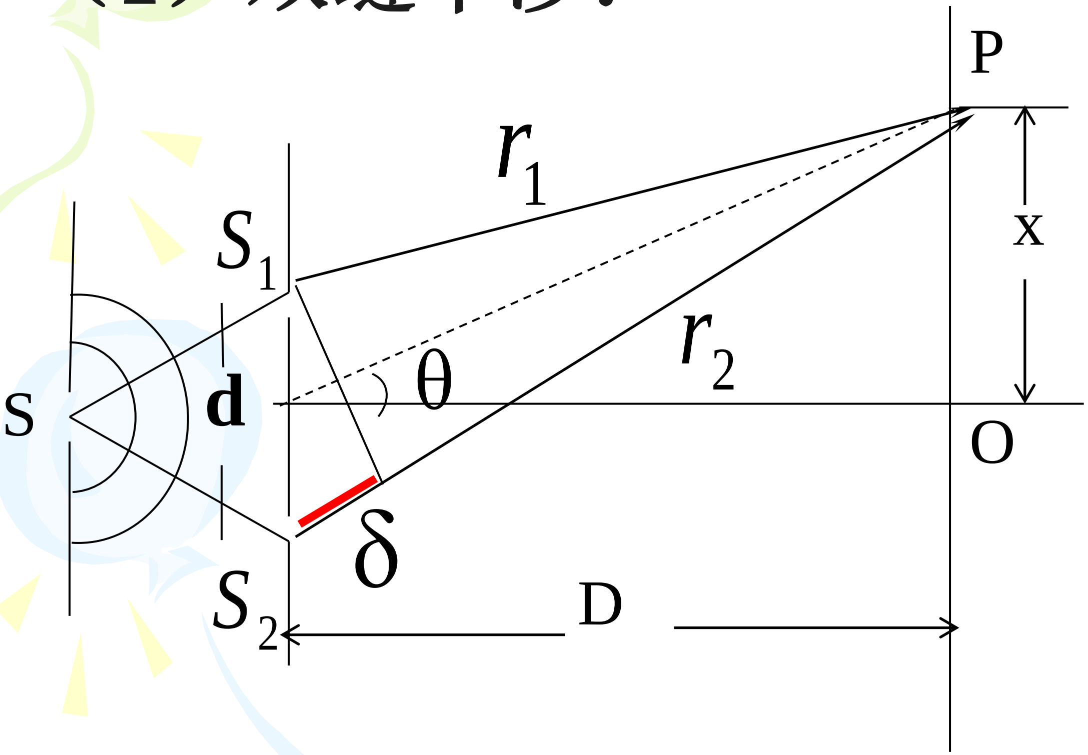
步骤： ①找出两束相干光

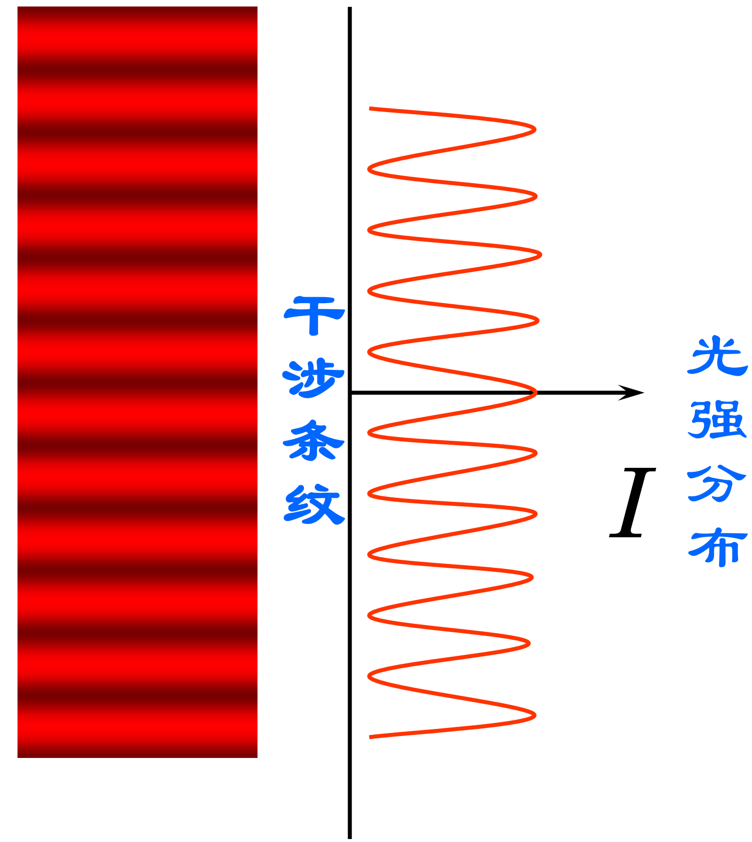
$$\Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta}{\lambda}$$

②计算光程差 Δ

③ $$\Delta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{干涉加强} \\ \pm(2k-1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{干涉减弱} \end{cases}$$

（1）双缝干涉：





$$\Delta r = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta$$

求各级角位置、线位置及间距

物理总复习

干涉明暗原理

$$\Delta\varphi = \begin{cases} \pm 2k\pi \\ \pm(2k-1)\pi \end{cases}$$

干涉明暗条件

$$\Delta r = \begin{cases} \pm k\lambda \\ \pm(2k-1)\dfrac{\lambda}{2} \end{cases}$$

波程差

$$\Delta r = d\sin\theta \approx d\tan\theta = d\frac{x}{D}$$

明暗条纹的位置

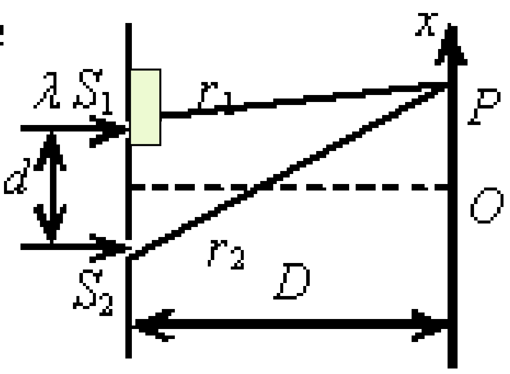
$$x = \begin{cases} \pm k\dfrac{D}{d}\lambda \\ \pm\dfrac{D}{d}(2k-1)\dfrac{\lambda}{2} \end{cases}$$

明暗条纹间距

$$\boxed{\Delta x = \frac{D}{d}\lambda}$$

- **练习**、双缝干涉实验装置如图所示,双缝与屏之间的距离D=100 cm,两缝间距d=0.50 mm,用波长λ=500 nm 单色光垂直照射双缝.试求:
- (1) 求原点O (零级明条纹所在处)上方的第3级明条纹的坐标x。
- (2) 如果用厚度为h,折射率为n的透明薄膜,覆盖在图中的S1缝后面,此时双缝至P点的光程差表达式
- (3)如果n=1.58,且零级明纹移至原7级明纹处,求该薄膜的厚度h。

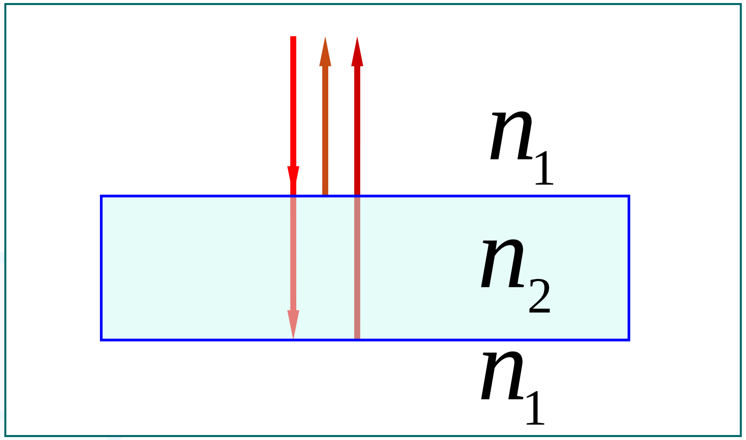
解 :(1) $\delta = \frac{dx}{D} = 3\lambda \qquad x = \frac{3\lambda D}{d} = 3.0\times 10^{-3}\, m$

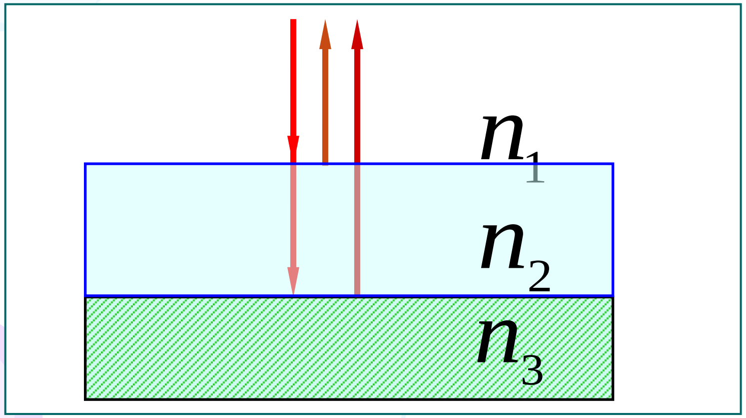


(2) $\delta' = r_2 - [(r_1 - h) + nh]$

(3) $h = \frac{7\lambda}{n-1}$

（2）薄膜干涉





①找到薄膜

②明确相干光　透射光？反射光？

③计算光程差

$$\Delta = 2dn_2 \boxed{+\frac{\lambda}{2}} \quad ?$$

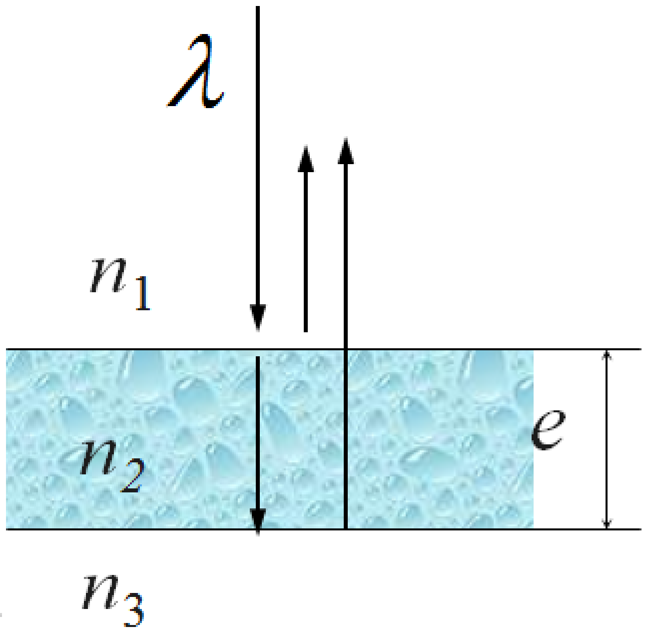
- 增透膜和增反膜

如图，$n1<n2<n3$

增透膜应满足条件(1)；

增反膜应满足条件(2).

条件(1),条件(2)分别是



(A) (1) $2n_2e = k\lambda$, (2) $2n_2e = k\lambda$.

(B) (1) $2n_2e = k\lambda + \lambda/2$, (2) $2n_2e = k\lambda$.

(C) (1) $2n_2e = k\lambda$, (2) $2n_2e = k\lambda - \lambda/2$.

(D) (1) $2n_2e = k\lambda - \lambda/2$, (2) $2n_2e = k\lambda - \lambda/2$.

答案：**B**

光的衍射

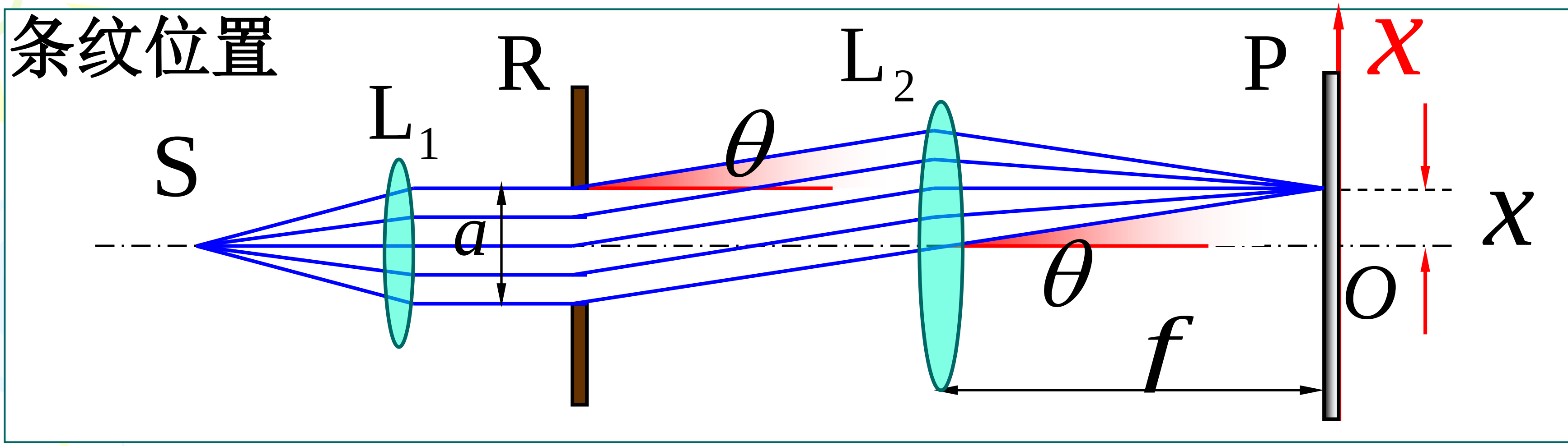
一、光的衍射（现象；分类；惠—菲原理）

二、单缝衍射（半波带法）

三、光栅衍射

（光栅方程；缺级；光谱）

单缝衍射：　哪里是半波带？数目固定吗？



当 θ 较小时，　$\sin\theta \approx \theta \approx \tan\theta$　　$x = \theta f$

推导：<u>中央明纹宽度；各级明纹宽度</u>

各级明暗纹中心坐标，对应的半波带数目

单缝衍射公式

$$a\sin\theta = 0$$

中央明纹中心

$$\underline{a\sin}\theta = \pm 2k\frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda$$

暗纹中心

级数？

半波带数？

含义？

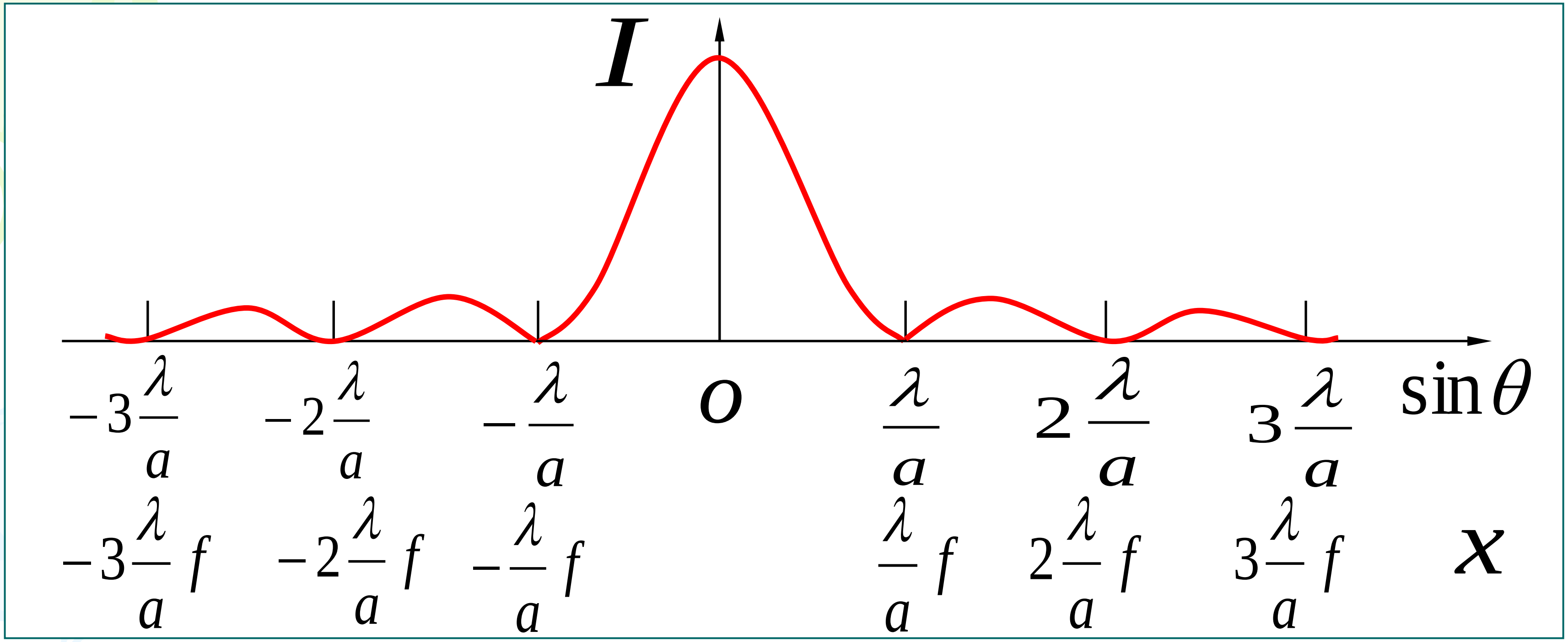
$$a\sin\theta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

明纹中心

$$(k = 1,2,3,\cdots)$$

注意：k不取**0**

求各级 角位置、线位置及条纹宽度



$$\Delta x_0 = 2\Delta x = 2\frac{\lambda f}{a}$$ 中央明纹的线宽度

$$\Delta x = \theta_{k+1} f - \theta_k f = \frac{\lambda f}{a}$$ 除了中央明纹外其它明纹（暗纹）的宽度

练习：

单缝衍射中，当衍射角φ满足$a\sin\varphi = 3\lambda$时对应位置为第__3__级__暗__条纹，此时单缝的波阵面可分为__6__个半波带。

若将缝宽缩小一半，则此位置将变为第__1__级__明__条纹

练习：可见平行光入射单缝，已知缝宽0.5mm，透镜 $f=100cm$，在离屏上中央明纹中心距离1.5mm处的P点为某级亮纹中心，求：

（1）入射光波长

（2）P点条纹级数和及其对应的衍射角

（3） P点对应的波阵面可分为几个半波带

（4）中央明纹的宽度

(1). $a\sin\theta=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$.

当θ较小时. $\sin\theta=\frac{x}{f}$

$\lambda=\frac{2ax}{f(2k+1)}$

当k=1时 $\lambda=500nm$

当k=2时 $\lambda=300nm$（不合题意）

∴入射光波长为500 nm

(2) 由(1)可得P点对应的条纹级数为k=1

由$a\sin\theta=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$得

$\sin\theta=\frac{(2k+1)\lambda}{2a}$

$=\frac{3\times500}{2\times0.5\times10^{6}}$

$=1.5\times10^{-3}$

(3). ∵k=1

∴半波带数=2k+1=3

(4). $\Delta x=2\frac{\lambda f}{a}$

$=\frac{2\times500\times10^{-9}}{0.5\times10^{-6}}$

$=2mm$

光栅衍射

光栅构造：光栅常数 $a+b$

光栅条纹

定 性：单缝衍射＋多缝（光束）干涉

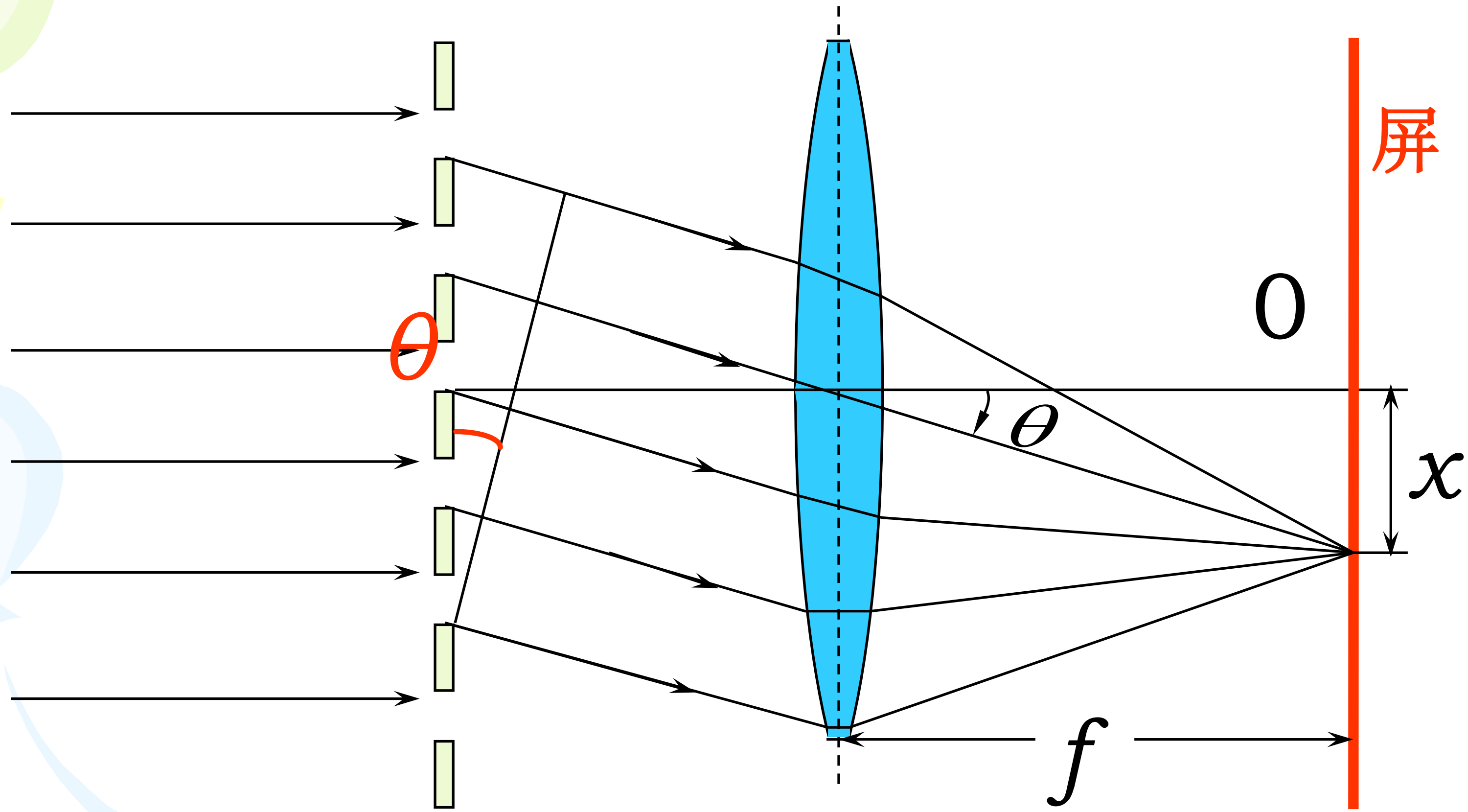
定 量：光 栅 方 程＋缺 级 条 件

光栅方程(明纹位置)

$$d\sin\theta = \pm k\lambda \quad (k = 0,1,2,\cdots)$$

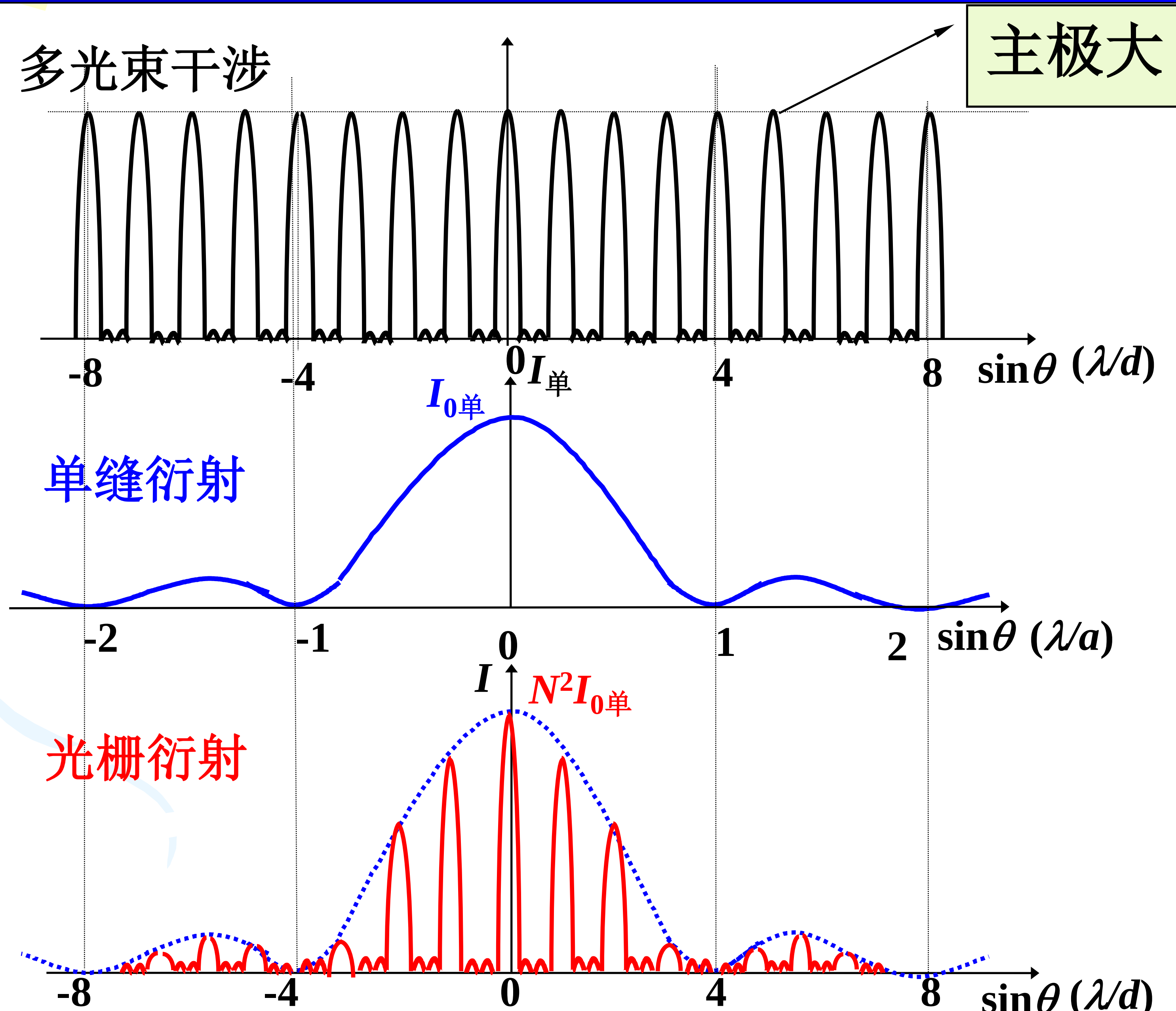
缺级条件：

$$\left.\begin{aligned} d\sin\theta &= k\lambda \\ a\sin\theta &= k'\lambda \end{aligned}\right\} \quad \boxed{\frac{d}{a} = \frac{k}{k'} \quad (k' = \pm 1, \pm 2, \cdots)}$$



当 θ 较小时， $\sin\theta \approx \theta \approx \tan\theta$ $\quad x = \theta f$

求各级 角位置、线位置 θ_k $\quad x_k$



主极大
多光束干涉
-8
-4
0
4
8
sinθ (λ/d)
I单
I0单
单缝衍射
-2
-1
0
1
2
sinθ (λ/a)
I
N2I0单
光栅衍射
-8
-4
0
4
8
sinθ (λ/d)

练习:

光栅夫琅禾费衍射中*单缝中央宽度*内有**13**条主极大明条纹，则光栅常数**d**与缝宽**a**应有什么关系?

$\lambda = 600nm$ 单色光垂直入射光栅，已知2个相邻明纹分别位于$\sin\theta = 0.2$与$\sin\theta' = 0.3$处，明纹第4级缺级，求

（1）光栅常数

（2）可能缝宽

（3）对应最小缝宽，单缝中央条纹内有多少条明纹？整个屏上的明纹有多少？

题型：

一、选择题（ 10题）

二、判断题（ 5题）

三、填空题（ 6题）

四、计算题（ 6题）

物理总复习

相对论 $t=\dfrac{t'+ux'/c^2}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$ $\Delta t=\dfrac{\Delta t_0}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$ $l=l_0\sqrt{1-u^2/c^2}$ 双缝干涉 $r_2-r_1\approx d\sin\theta\approx d\dfrac{x}{D}$

静电力做功 $A=q_0U_{ab}=q_0\int_a^b\bar{E}\cdot d\bar{l}=q_0(\varphi_a-\varphi_b)$ 光程 $\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{\lambda_n}r=\dfrac{2\pi}{\lambda}nr$

相位差 $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\dfrac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$ 夫琅禾费衍射 $\theta\approx\sin\theta\approx\dfrac{x}{f}$ 光栅缺级 $\dfrac{d}{a}=\dfrac{k}{k'}$

波函数 $y=A\cos[\omega(t\mp\dfrac{x-x_0}{u})+\varphi]=A\cos[\omega t+\varphi\mp\dfrac{2\pi}{\lambda}(x-x_0)]$