



《光学工程》

期末速成课

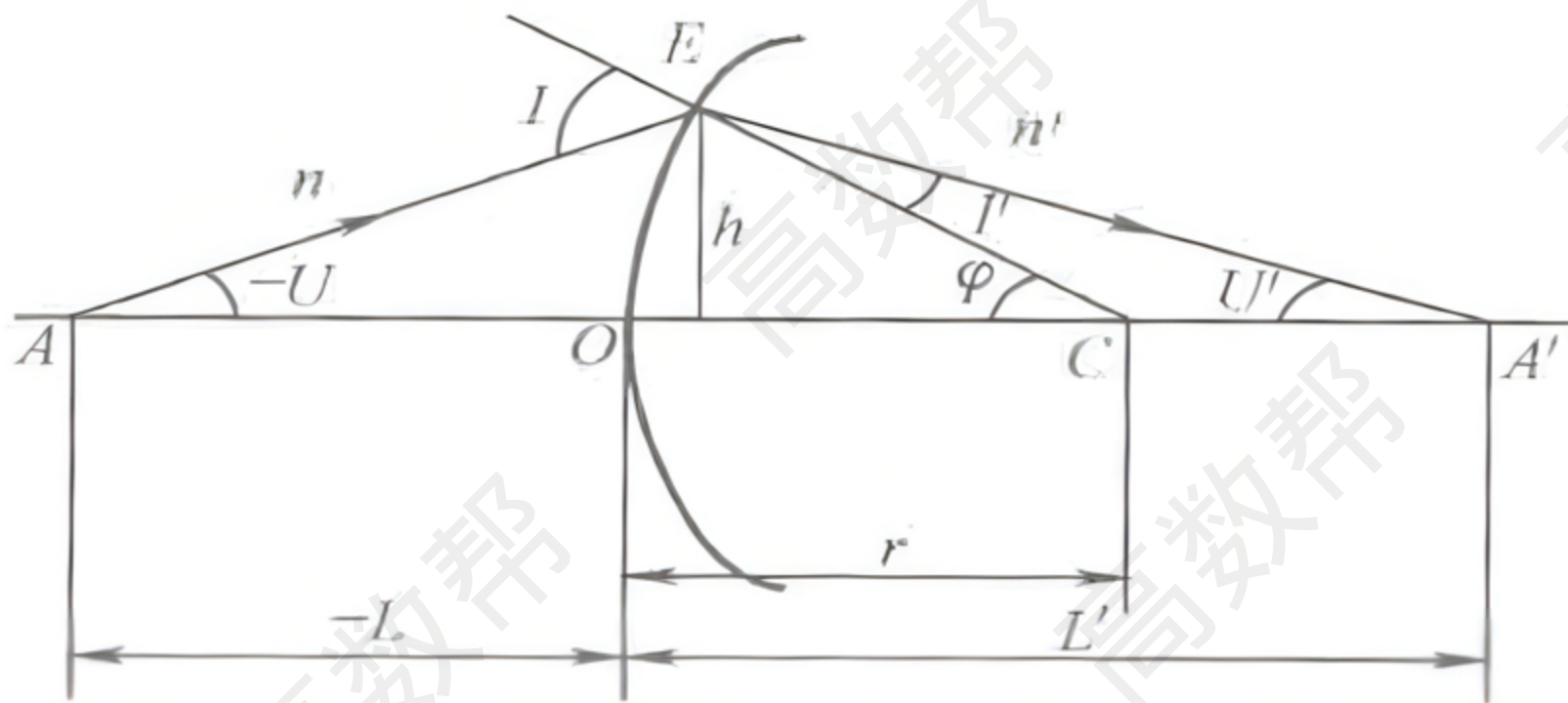


考点	重要程度	占分	题型
1.成像原理	★★★	5~10	选择、填空、计算
2.计算符号规则	★★★★	1-2	计算
3.计算	★★★★	4-6	计算

考点1 成像原理

- 1.直线传播定律：在各向同性的均匀介质中，光是沿直线传播的
- 2.费马原理和马吕斯定律从另外的角度描述了光在介质中的传播规律，它们与几何光学的四个基本定律是完全等价的，可以相互推导证明。
- 3.费马原理：光从一点传播到另一点，其间无论进行了多少次反射和折射，其光程为极值(极大值、极小值或常数)。光是沿着光程取极值的路径传播的。
- 4.马吕斯定律：光线束在各向同性的均匀介质中传播时，始终保持着与波面的正交性，并且入射波面与出射波面对应点之间的光程均为定值。
- 5.光的全反射现象条件：
 - 1)光线从光密介质向光疏介质入射
 - 2)是入射角大于临界角

考点2 计算符号规则



1.沿轴线段(如 L 、 L' 和 r): 规定光线的传播方向**自左至右**为正方向, 以折射面顶点 O 为原点, 由顶点到光线与光轴交点(A 、 A')或球心(C)的方向和光线传播方向相同时取正, 相反时取负。因此, 图中 L 为负, L' 、 r 为正。

总结: 从左到右, 从上到下为正, 光线起点无穷远, 折射球面起点为圆心, d 恒为正值

2.垂轴线段(如光线矢高 h): 以**光轴**为基准, 在光轴以上为正, 在光轴以下负。

考点3 计算

1. 折射球面公式

这个公式表示了当个折射球面的物像位置关系，已知物体位置即可以求出其共轭像的位置。

$$\frac{n'}{l'} - \frac{n}{l} = \frac{n' - n}{r}$$

放大率仅取决于共轭面的位置，在一对共轭面上， β 为常数，像与物相似根据 β 的定义，是可以确定物体的成像特性及像的正道虚实放大与缩小。

$$\beta = \frac{nl'}{n'l}$$



扫码观看
视频讲解更清晰

结论:

1. 若 $\beta > 0$, 即 y' 与 y 同号, 表示成正像; 反之, y' 与 y 异号, 表示成倒像。
2. 若 $\beta > 0$, 即 l' 与 l 同号, 物像虚实相反; 反之, l' 与 l 异号, 表示物像虚实相同。
3. 若 $|\beta| > 1$, 则 $|y'| > |y|$, 成放大的像; 反之, $|y'| < |y|$, 成缩小的像。

2. 折射球面的轴向放大率恒为**正**，因此当物点沿轴向移动时，其像点沿光轴同向移动

3. 轴向放大率与垂轴放大率**不等**，因此空间物体成像时要**变形**，比如一个**正方体**成像后将不再是正方体。

4. 球面反射镜成像只是折射的特例，令 $n' = -n$ （重要出发点）即可

$$\frac{1}{l'} + \frac{1}{l} = \frac{2}{r}$$

和

$$\begin{cases} \beta = y' / y = -l' / l \\ \alpha = dl' / dl = -(l' / l)^2 = -\beta^2 \\ \gamma = u' / u = -1 / \beta \end{cases}$$

5.拉赫不变量

物像共轭面内物体大小、成像光束的孔径角和物体所在介质的折射率 n 的乘积是一个常数，该常数称为拉赫不变量

$$J = n'u'y' = nuy$$

6.过渡公式：物像位置关系 $l_2 = l'_1 d_1$ $l_3 = l'_2 - d_2$ $l_k = l'_{k-1} - d_{k-1}$

解释：1)上一个系统的像的位置减去两球面之间的间隔等于下一个系统的物的位置。第一个系统的像成为了第二个系统的物，那么第二个系统成像在什么位置需要以第二个系统的原点来计算

2)系统的总放大率为各面放大率的乘积。且三个放大率之间的关系仍为 $\alpha\gamma=\beta$

【题1】一个折射球面 $r=150\text{mm}$, $n=1$, $n'=1.5$, 当物距分别为 $-\infty$, -1000mm , -100mm , 0 , 100mm , 150mm 和 200mm 时, 垂轴放大率各为多少?

解:



扫码观看
视频讲解更清晰

【题2】 一个球面镜半径 $r=-100\text{mm}$,求 $\beta=-0.2^*$, -1^* , 1^* , 10^* , ∞ 时的物距和像距。

解:



考点	重要程度	占分	题型
1.知识点总结	★★★	5~10	选择、填空、计算
2.画图	★★★★	4-5	画图
3.计算	★★★★	5-10	计算

考点1 知识点总结

1.基点与基面的性质（主点主平面、焦点焦平面）

一对主点和主平面一对焦点和焦平面通常称为共轴理想光学系统的基点和基面，他们构成了一个基本的光学系

- 1)平行于光轴入射的光线经过光学系统后过**向方焦点**
- 2)过物方焦点的光线经过系统后**平行**于光轴
- 3)倾斜于光轴入射的平行光束，经过系统后会交于**向方焦平面**上的一点
- 4)物方焦平面上一点发出的光束，经系统后形成倾斜于光轴的**平行光束**
- 5)共轭光线在主面上的**投射高度相等**。(作图题的根据)

2.解析法求像

分为**牛顿公式**(物和像的位置相对于光学系统的焦点来确定)和**高斯公式**(物和像的位置是相对于光学系统的主点来确定)

3.节点

光学系统中角放大率等于+1 的一对共轭点称为节点。

名 称	结 构 图	结构特点和组合特性	应 用
远摄型 光组		1. 正负光组组合, 其中正光组在前, 负光组在后 2. 组合焦距大于机械筒长 $f' > L$	用在长焦距镜头中, 缩小机械尺寸
反远距 型光组		1. 正负光组组合, 其中负光组在前, 正光组在后 2. 工作距大于焦距 $l_F' > f'$	用在需要短焦距、大工作距的镜头中, 如: 显微物镜

考点2 画图

物距 系统	$l = -\infty$	$l = -2f = 2f'$	$l = -f = f'$	$l = -f/2 = f'/2$
正透镜 $f' > 0$				
负透镜 $f' < 0$				

物距 系统	$l = f/2 = -f'/2$	$l = f = -f'$	$l = 2f = -2f'$	$l = \infty$
正透镜 $f' > 0$				
负透镜 $f' < 0$				

考点3 计算

牛顿公式: $xx' = ff'$

高斯公式: $\frac{f'}{l'} + \frac{f}{l} = 1$

若光学系统处于同一介质中, 则有 $\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$

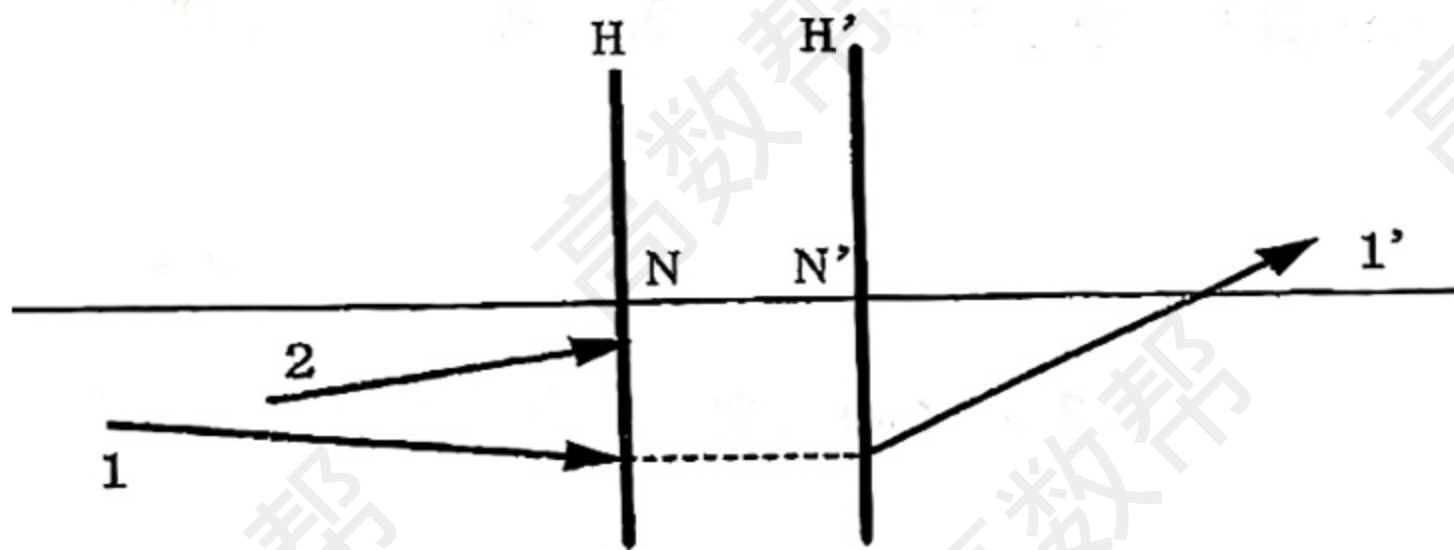
高斯公式下的垂轴放大率 $\beta = -\frac{f}{f'} \frac{l'}{l} = \frac{nl'}{n'l}$

当 $n = n'$ 时, $\beta = l' / l$

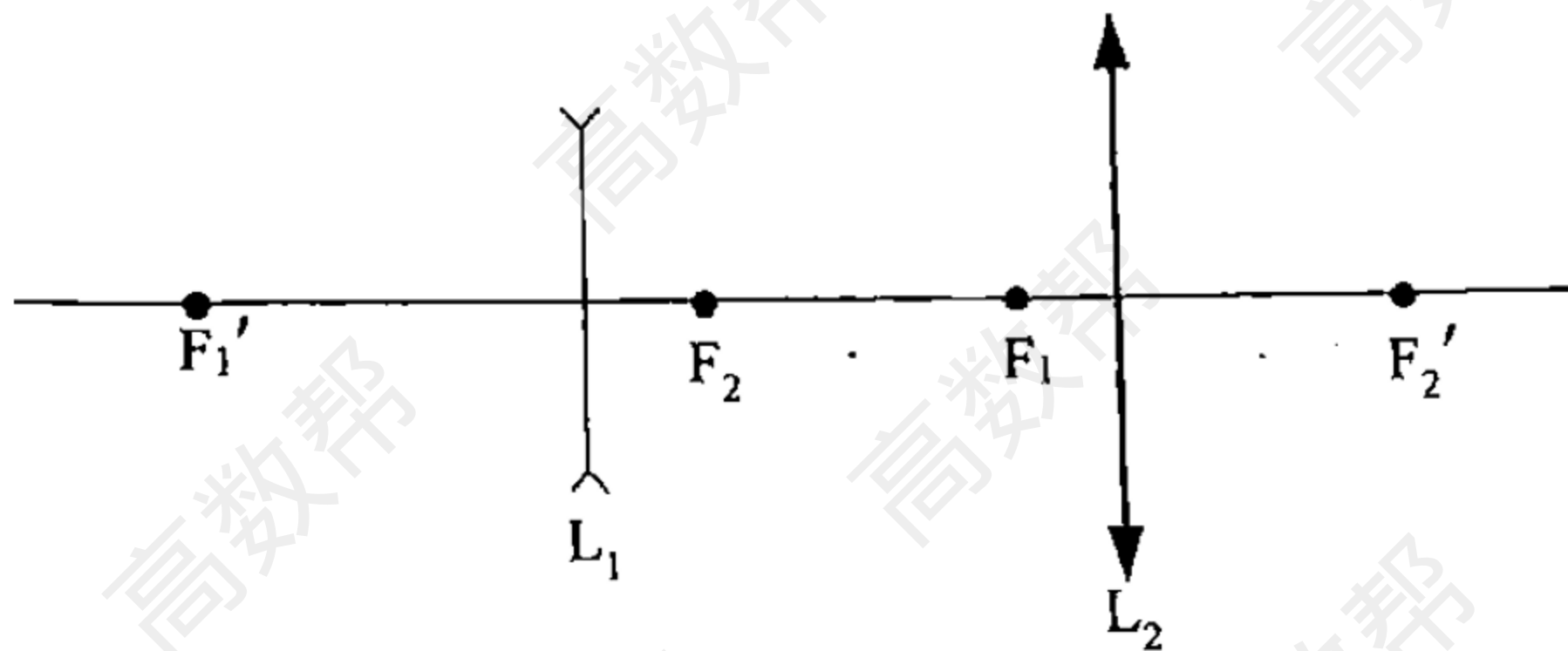
【题1】 请简述理想光学系统基点基面的性质

解：

【题3】 按要求作图。1)求光线2的共轭光线2'



【题3】 按要求作图。 2) 已知组合光学系统的基点位置如图所示，求该组合光学系统像方焦点位置 F'



【题4】两个薄透镜L1和L2的孔径均为40mm, L1的焦距为80mm, L2 的焦距为30mm, L2在L1之后50mm, 对于平行于光轴入射的光线, 求出射光线与光轴交点的位置。

解:

【题5】一个薄透镜对某物成实像，放大率为 -1^* ，今以另一个薄透镜紧贴在第一块透镜上，则见像向透镜方向移动 20mm ，放大率为原先的 $3/4$ 倍，求两块透镜的焦距为多少？

解：



扫码观看
视频讲解更清晰



考点	重要程度	占分	题型
1.知识点总结	★★★★	5~10	选择、填空、简答
2.画图			

考点1 知识点总结

- 1.平面反射镜是唯一能成完善项的最简单的光学元件。
- 2.双平面镜成像：出射光与入射光夹角与入射角无关，只取决于双面镜夹角 α 。
- 3.反射棱镜在光学系统中主要实现折转光路、转向、扫描等功能。

反射棱镜大体上可以分为：简单棱镜,屋脊棱镜,立方角锥棱镜和复合棱镜。

简单棱镜分为：一次反射棱镜，二次反射棱镜，屋脊棱镜。

反射棱镜等效于平行平板加上平面反射镜。

- 4.折射棱镜测量微小位移或角度的方法，有双光楔螺旋测微双光楔移动测微。

5.限制轴上物点的成像光束宽度，并有选择轴外物点成像光束位置作用的光阑叫做**孔径光阑**。光瞳就是孔径光阑的像，孔径光阑经孔径光阑前面光学系统所成的像称为**入射光瞳**。孔径光阑经孔径光阑后面光学系统所成的像称为出射光瞳简称出瞳。**入瞳、孔径光阑、出瞳三者是物像关系。**

6.物方远心光路特点：**入瞳位于无穷远轴外，轴外点主光线平行于光轴。**

原理：由于孔径光阑与物镜像方焦平面重合，无论轴外物点位于何处，他们的主光线是重合的，也就是说轴外点的光束中心是**相同**的。所以分化板标尺上的两个弥散圆的**中心间距不变**，避免了由于调焦不准所造成的测量误差。

7.轴外点发出的充满入瞳的光束，被光学系统中其他光孔或框所遮拦，造成轴外点实际成像光束的宽度比轴上点窄，下面边缘比中心暗的现象称为渐晕，渐晕的程度可用渐晕系数度量，轴外点成像光束与轴上点成像光束在光从面上的线度之比称为渐晕系数。

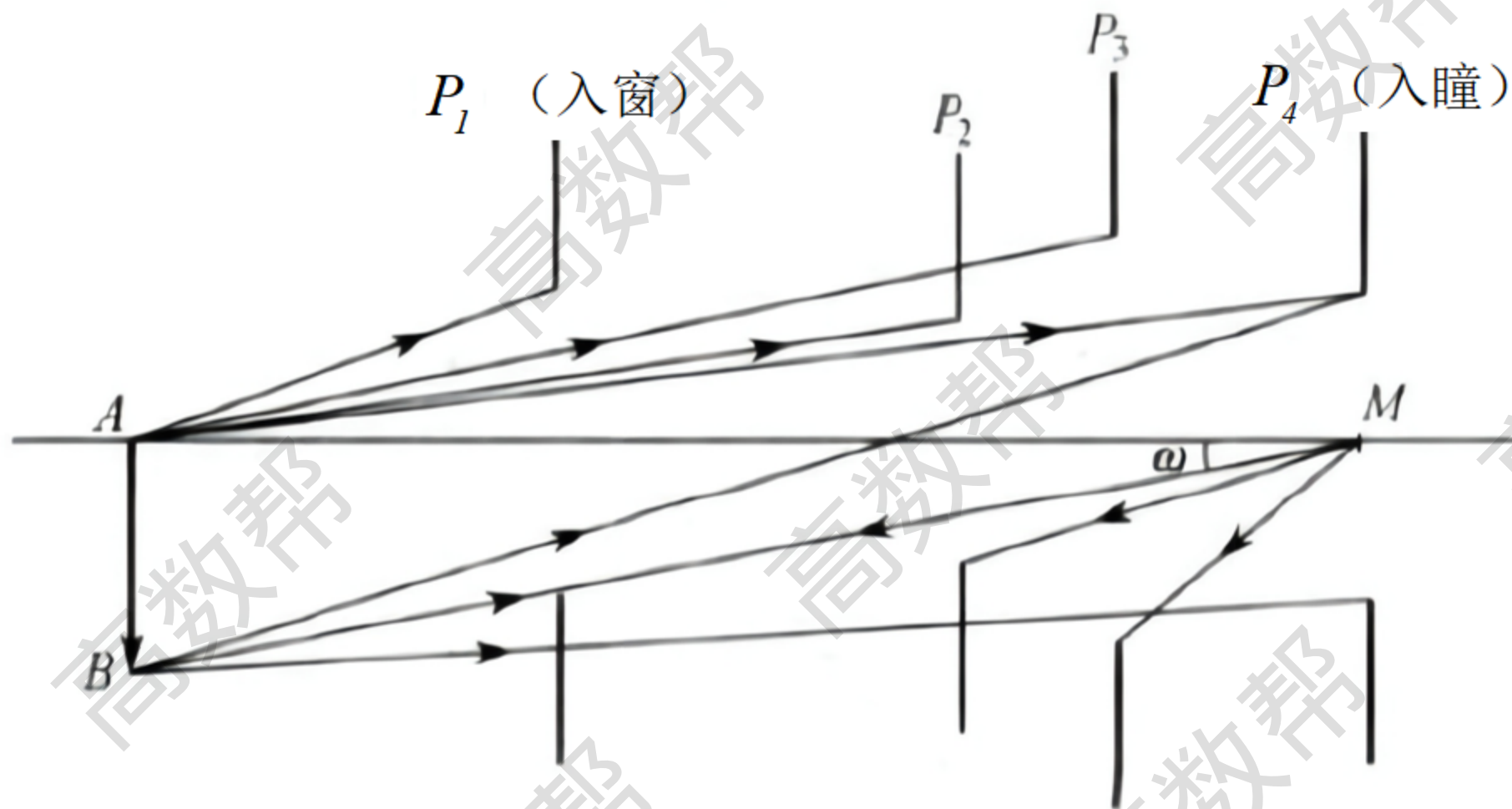
8.如何判断光阑？

1)首先将光学系统中所有的光孔或框在物空间成像，求出其大小和位置。

2)由轴上物点(A)向各光孔或框在物空间的像(P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4)的边缘张角，张角最小的(P_4) 即为入瞳，与之对应的实际光孔或框就是孔径光阑。

3)由入瞳的中心(M)向其余光孔或框在物空间的像(P_1 、 P_2 和 P_3) 的边缘张角，张角最小的(P_1) 即为入窗，与之对应的实际光孔或框就是视场光阑。

4)由物的边缘(B) 向入瞳(P_4) 的边缘张角，与起拦光作用的光孔或框在物空间的像(P_1 、 P_2) 相对应的实际光孔或框就是渐晕光阑。



口诀：物点过孔小入瞳，立即现身孔径阑，入瞳中心过孔角，最小角为视场阑，物边直奔入瞳去，拦光即为渐晕阑

9.典型光学系统的光束限制

	孔径光阑	入瞳	出瞳	视场光阑	入窗	出窗	渐晕光阑
放大镜	人瞳孔		人瞳孔	放大镜框	放大镜框	放大镜框	放大镜框
显微镜	物镜框			一次实像面处的分划板			目镜
测量显微镜	物镜的焦平面处						
望远系统	物镜框			一次实像面处的分划板			目镜
伽利略望远镜	人瞳孔		人瞳孔	物镜框		物镜框	

考点2 画图

口诀:

原来光坐标, z 轴永不变。(z 方向根据主截面来找, 方向永远不变)

垂直看屋脊, 奇变偶不变。

(偶数个屋脊面, 垂直方向的坐标不变, 奇数个则与原来相反)

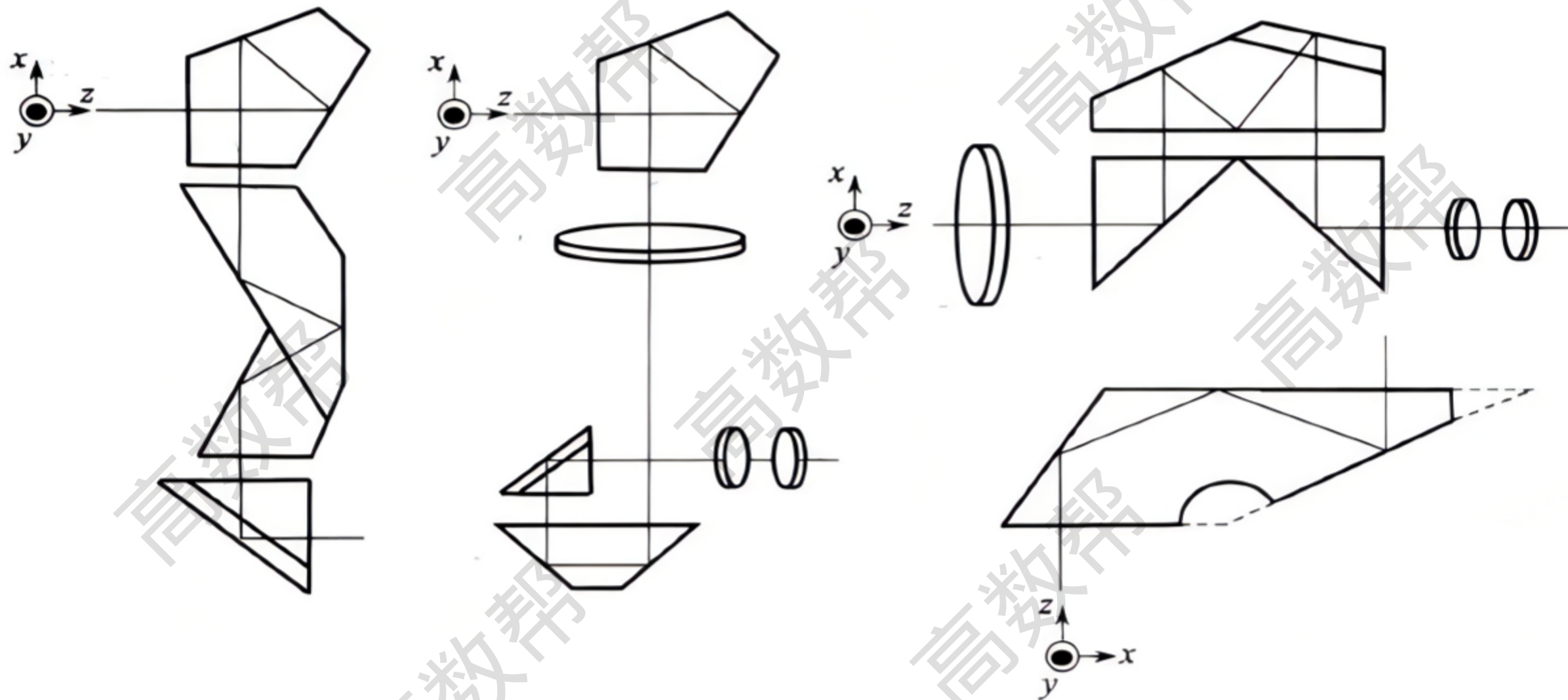
平行看反射。奇变偶不变。

(垂直坐标已经定下来的情况下, 若偶数个反射面, 坐标系不变, 奇数个变为与原来相反)

若有透镜来。奇变偶不变。

(上述条件找完时候, 再看透镜数量, 偶数个方向不变, 奇数个, x , y 方向同时变为相反)

【题1】 画图





考点	重要程度	占分	题型
1. 知识点详解	★★★	5~10	填空、判断

考点1 知识点详解

1.眼睛成像系统

$$\frac{1}{l_r} - \frac{1}{l_p} = R - P = A \quad l_r \text{ 为远点距离, } l_p \text{ 为近点距离}$$

此公式用于计算人眼的调节过程

把物或者像置于眼前250 毫米处称此距离为明视距离

2.放大镜

1) 当眼睛调焦到无限远 ($l' = \infty$) 时, 即物体位于物方焦面上时 $\Gamma_0 = \frac{250}{f'}$

2) 当把像调焦到明视距离处, 即 $P' - l' = D$ 则 $\Gamma = \frac{250}{f'} + 1 - \frac{P'}{f'}$

3)若人眼紧靠放大镜, 即 $P' \approx 0$ 则 $\Gamma = \frac{250}{f'} + 1$

3.显微镜的视觉放大率 (用于计算显微镜成像的重要公示)

$$\Gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = -\frac{(250\text{mm})\Delta}{f'_a f'_e} = \beta \Gamma_e$$

其中250mm 为明视距离, f'_o :物镜焦距 f'_e :目镜焦距

显微镜的视觉放大率等于物镜的垂轴放大率和目镜的视觉放大率之比

4. $NA = n \sin u$ 称显微镜物镜的数值孔径，根据瑞利判据或道威判据，要想提高显微镜分辨率需要减小入射光波长，增大数值孔径（减小焦距、换折射率大的物质）显微镜的分辨率主要取决于显微物镜的数值孔径，与目镜无关。

5. 开普勒望远镜是由两个正光焦度的物镜和目镜组成，因此系统呈倒像。为使系统形成正立的像，需要加入一个透镜或棱镜转向系统，因开普勒望远镜的物镜在其后焦平面上形成一实像，故可以在中间位置放分划板用作瞄准和测量。

$$\Gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = -\frac{f_1'}{f_2'} = -\frac{D}{D'}$$

f_1' 和 f_2' 分别是物镜和目镜的焦距；

D 和 D' 分别是系统的入瞳和出瞳



扫码观看
视频讲解更清晰

6.伽利略望远镜

是由正光焦度的物镜和负光焦度的目镜组成，其视觉放大率大于1，形成正立的像，但无法安装分化板。

7.摄影物镜的参数与特性

焦距 f' (决定成像大小)

相对孔径 D/f' (决定分辨率，相面照度)

视场角 2ω (决定接收器上成像范围)

8.相差理论

名 称	定 义	影 响 因 素
球差 (Spherical Aberration)	轴上点发出的同心光束,经光学系统折射后不再是同心光束,不同入射高度的光线交光轴于不同位置,相对于近轴像点有不同程度的偏离,称为轴向球差,简称球差。表示为 $\Delta L' = L' - l'$	孔径(入射高度)
正弦差 (Sine Aberration)	由小视场宽光束成像的不对称性引起的成像缺陷	孔径(入射高度)
慧差 (Coma)	入射光束对称于主光线而折射光束不对称于主光线,其光束交点不交在主光线上的成像缺陷。子午慧差: $K_T' = (y_a' + y_b')/2 - y_z'$,弧矢慧差: $K_s' = y_s' - y_z'$	孔径和视场
场曲 (Curvature of the Field)	像面弯曲的缺陷。细光束子午场曲: $x_t' = l_t' - l'$;细光束弧矢场曲: $x_s' = l_s' - l'$	视场(细光束); 视场和孔径(宽光束)

像散 (Astigmatism)	子午像和弧矢像不重合引起的成像缺陷。细光束像散：$x'_{ts} = x'_t - x'_s$，宽光束像散：$X'_{ts} = X'_t - X'_s$	视场(细光束)； 视场和孔径(宽光束)
畸变 (Distortion)	不同视场主光线经光学系统成像后在高斯面上的高度不同引起的缺陷。 $\delta y'_z = y'_z - y'$	视场
位置色差 (Longitudinal Chromatic Aberration)	轴上点两种色光成像位置的差异。对于目视系统可用 $\Delta L'_{FC} = L'_F - L'_C$ 表示。在近轴区可表示为：$\Delta l'_{FC} = l'_F - l'_C$	色光的折射率差异
倍率色差 (Lateral Chromatic Aberration)	由于各色光的垂轴放大率不同，它们的主光线在消单色像差的高斯像面上交点高度差异。对于目视系统可用 $\Delta Y'_{FC} = Y'_F - Y'_C$ 表示。在近轴区可表示为：$\Delta y'_{FC} = y'_F - y'_C$	色光的垂轴放大率不同

【题1】一个人近视程度是 -2D (屈光度), 调节范围是 8D , 求:(1)其远点距离。(2)配戴 100 度近视镜, 求看清的近点距离。

解:

【题2】有一个生物显微系统，物镜焦距 $f_o = 15\text{mm}$ ，目镜焦距 $f_e = 25\text{mm}$ ，相距 190mm ，当目镜成像在明视距离处时，求物体的位置和显微镜的放大率。

解：

【题3】测量显微镜目镜的视觉放大率 $\tau=15\times$ ，物镜的倍率 $\beta=-4\times$ ，设物镜的物面到像面间的距离为180mm。求物镜的焦距。

解：

【题4】实际像与()之间的差异称为像差，包括单色像差和色差两大类。

其中引起单色像差的主要原因是()和()。

【题5】在球差、慧差、像散、场曲、畸变、位置色差和倍率色差这七种几何像差中，

只与孔径相关的像差有()和()，

只与视场有关的像差为()。

考点	重要程度	占分	题型
1. 知识点详解	★★	5~10	计算
2. 计算	★★★★	5~10	计算

考点1 知识点详解

1.平面电磁波（电场）的几种表达形式： $E = A \cos \left[\omega \left(\frac{z}{v} - t \right) \right]$

$$E = A \cos \left[2\pi \left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \right]$$

通俗解释：首先无论写成什么样的形式， t (时间)前的参数是时间角频率，对应的都是周期 T ，而周期和频率在一起讨论，波长和速度在一起讨论，记住以上的要点，问什么参数都可以按照顺序找出来。

2.两个主要的散射

类 型	基 本 特 征	条 件	主 要 性 质
瑞利(Rayleigh) 散射	线性散射,即散射光的频率与入射光的频率相同	介质中的不均匀性与时间无关	1. 散射光强度与入射波长的 4 次方成反比 2. 散射光强随观察方向而变 3. 散射光具有偏振性,且与散射方向角有关
米氏(Mie)散射			1. 散射光强几乎与入射波长无关 2. 散射光强度的角分布和散射光的偏振特性随粒子的尺度 d/λ 的变化而变化

3.典型光学现象

物理现象	定义	条件
干涉	在叠加区域出现强弱稳定的光强分布现象	1. 频率相同 2. 振动方向相同 3. 相位差恒定
驻波	在波的传播路径上，振幅随位置而变化的现象	1. 频率相同 2. 振动方向相同 3. 传播方向相反

3.典型光学现象

物理现象	定义	条件
椭圆（圆、线）偏振光	在垂直于光传播方向的平面内，合振动矢量末端运动轨迹是椭圆（圆、线）的光波	1. 频率相同 2. 振动方向垂直 3. 具有一定的相位差
光学拍	合成波的振幅随位置和时间变化的现象	1. 频率接近 2. 振动方向相同 3. 振幅相同 4. 传播方向相同

4.干涉及干涉条件:

在两个或多个光波叠加的区域,某些点的振动始终加强,另一些点的振动始终减弱,形成该区域内稳定的光强强弱分布的现象称为干涉,光波叠加形成干涉的条件是:一频率相同,二振动方向相同,三相位差恒定,而且叠加光波的光程差不超过光波波列长度。

5.获得相干光的方法: 分波面法(杨氏双缝干涉)

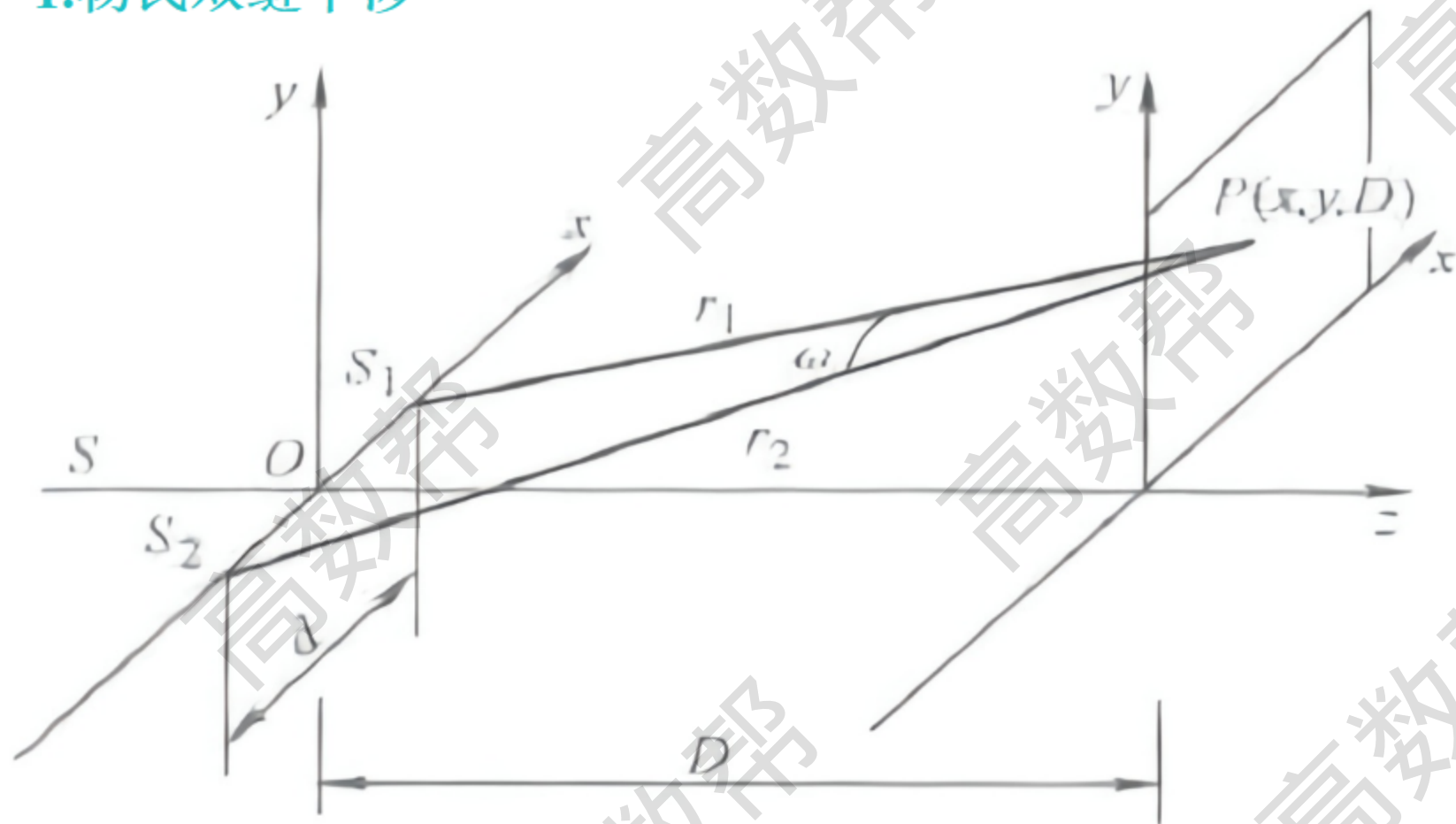
分振幅法(等倾干涉,等厚干涉)

影响条纹可见度的因素:两相关光源振幅比、光源的大小、光源的非单色性。

光源的大小影响空间相干性,光源的非单色性影响时间相干性。

考点2 计算

1. 杨氏双缝干涉



$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

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

$$\Delta = r_2 - r_1 = \frac{2xd}{r_2 + r_1} \approx \frac{d}{D} x$$

$$\text{当 } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta = 2m\pi \quad \Delta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$\text{即 } x = m \frac{\lambda D}{d} \text{ 时, } I = I_{\max} = 4I_0 \text{ 为亮条纹。}$$

$$\text{当 } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta = (2m + 1)\pi \quad \Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$\text{即 } x = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{d} \text{ 时, } I = I_{\min} = 0 \text{ 为暗条纹}$$

条纹间隔 $e = \frac{\lambda D}{d} = \frac{\lambda}{\omega}$

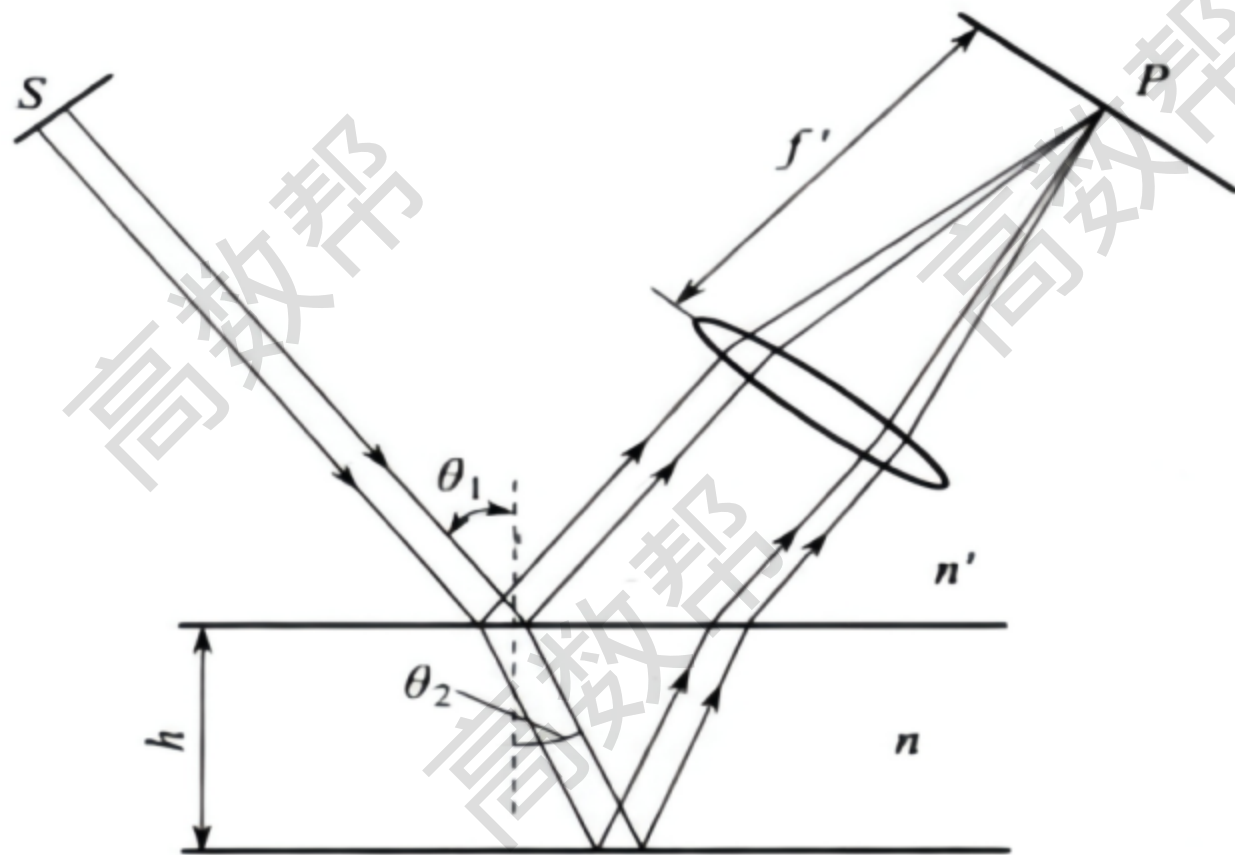
ω 称为干涉会聚角。该式表明条纹间隔 e

会随波长 λ 的增大而增大；随两干涉点源之间的距离 d 增大而减小；随两屏之间的距离 D 增大而增大。

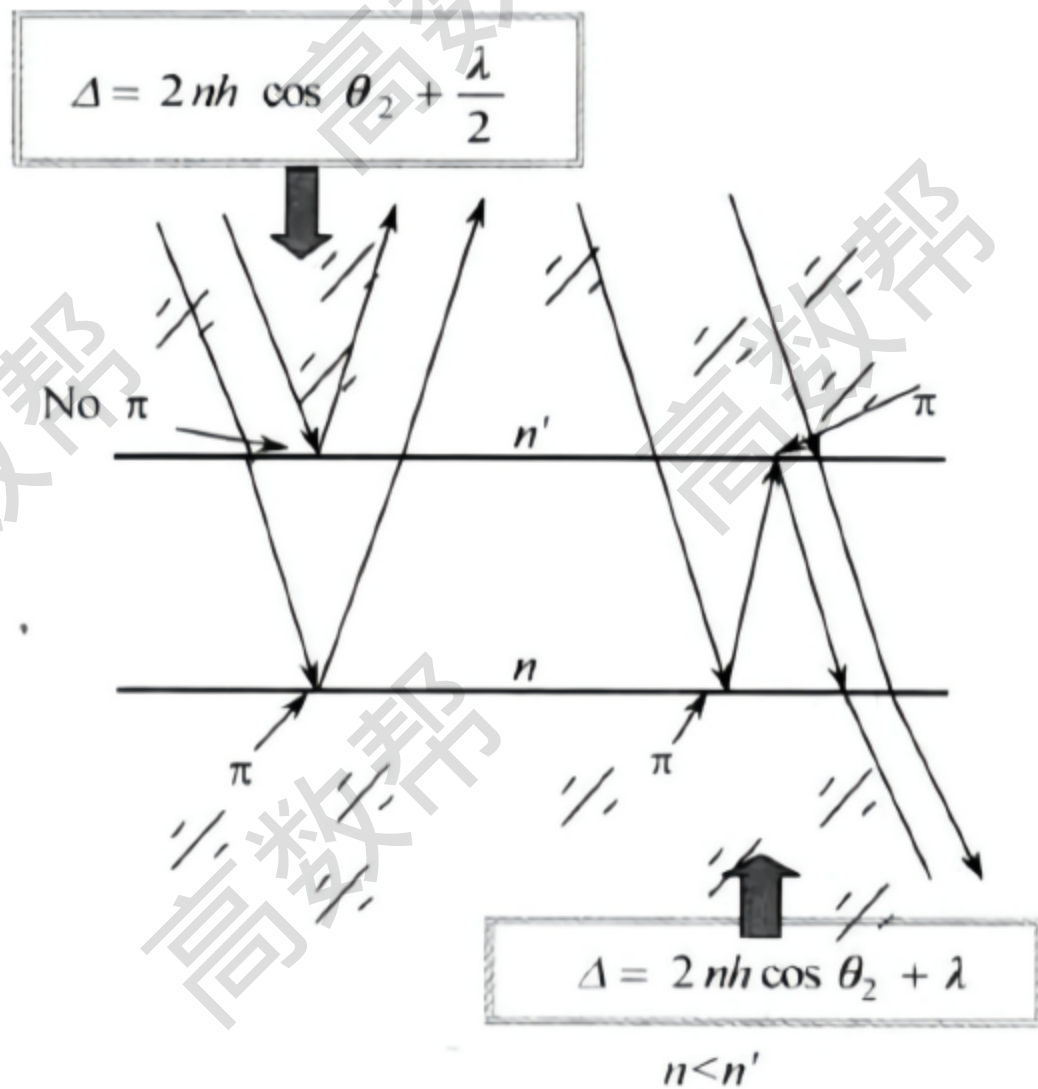
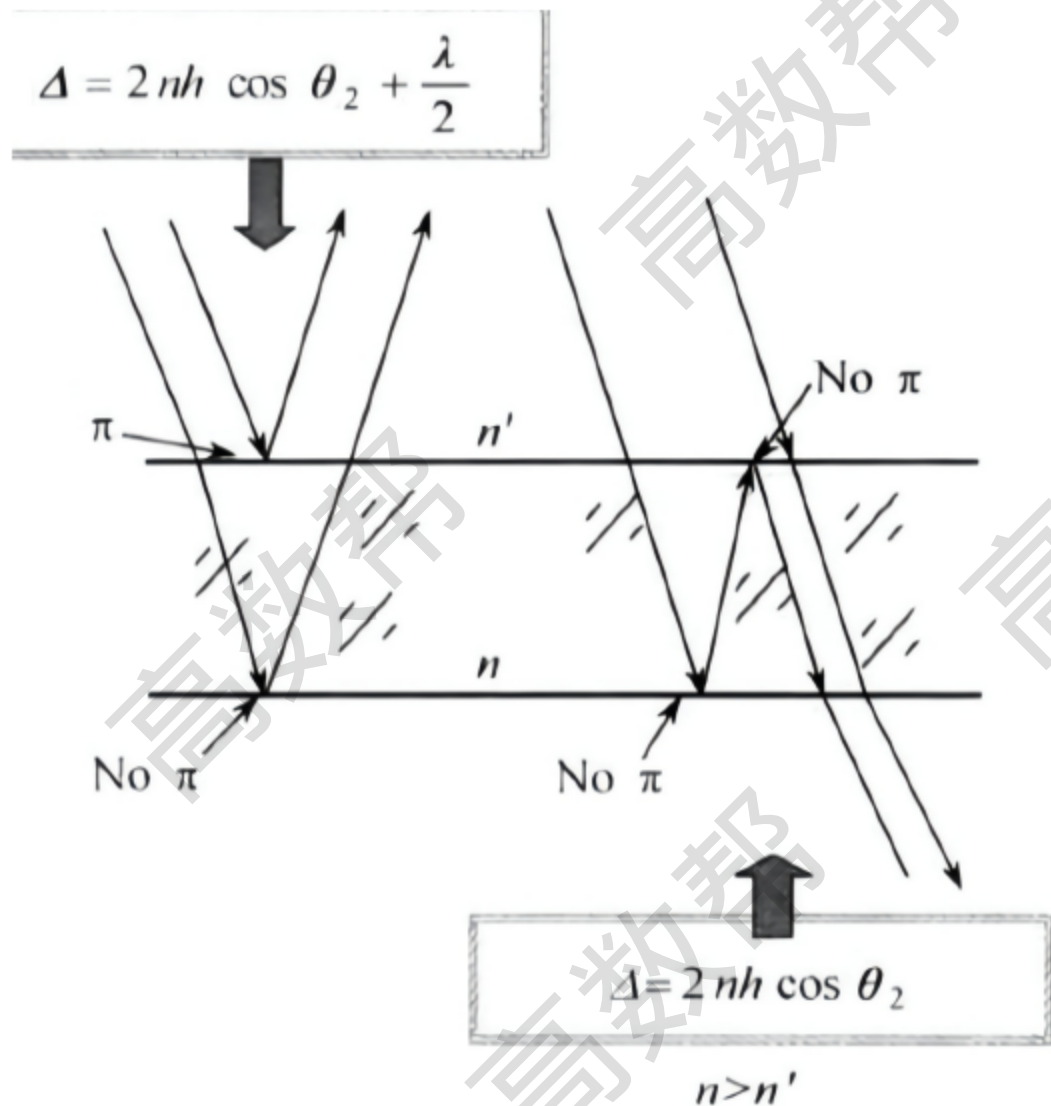
2. 等倾干涉

等倾干涉的光程差为

$$\Delta = 2nh \cos \theta_2 + \lambda / 2$$



1)技巧: 家记住一个模型, 假设 一共三层物质, 折射率从小到大为1,2,3当三层物质折射率按照, 121,212 排列, 则有半波损失, 按照123,321 排列时, 则没有。



2) 条纹性质

光程差只取决于折射角 θ_2 (入射角 θ_1)，相同 θ_1 的入射光构成同一级条纹，称为等倾干涉条纹，它是一组同心圆环。

当 $\Delta = 2nh \cos \theta_2 + \frac{\lambda}{2} = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ 时，对应亮环；

当 $\Delta = 2nh \cos \theta_2 + \frac{\lambda}{2} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ 时，对应暗环

等倾干涉在中心处 ($\theta_2 = 0$) 光程差最大，干涉级次最高。

从中心向外数第N条亮纹的角半径 $\theta_{1N} \approx \frac{1}{n'} \sqrt{\frac{n\lambda}{h}} \sqrt{N-1+q}$

式中， q 中心斑级次与从中心向外数第1个亮纹的级次之差，其取值范围 $0 < q \leq 1$

条纹间隔 $e = f' d \theta_1 = \frac{n\lambda}{2n'^2 h \sin \theta_1} f'$



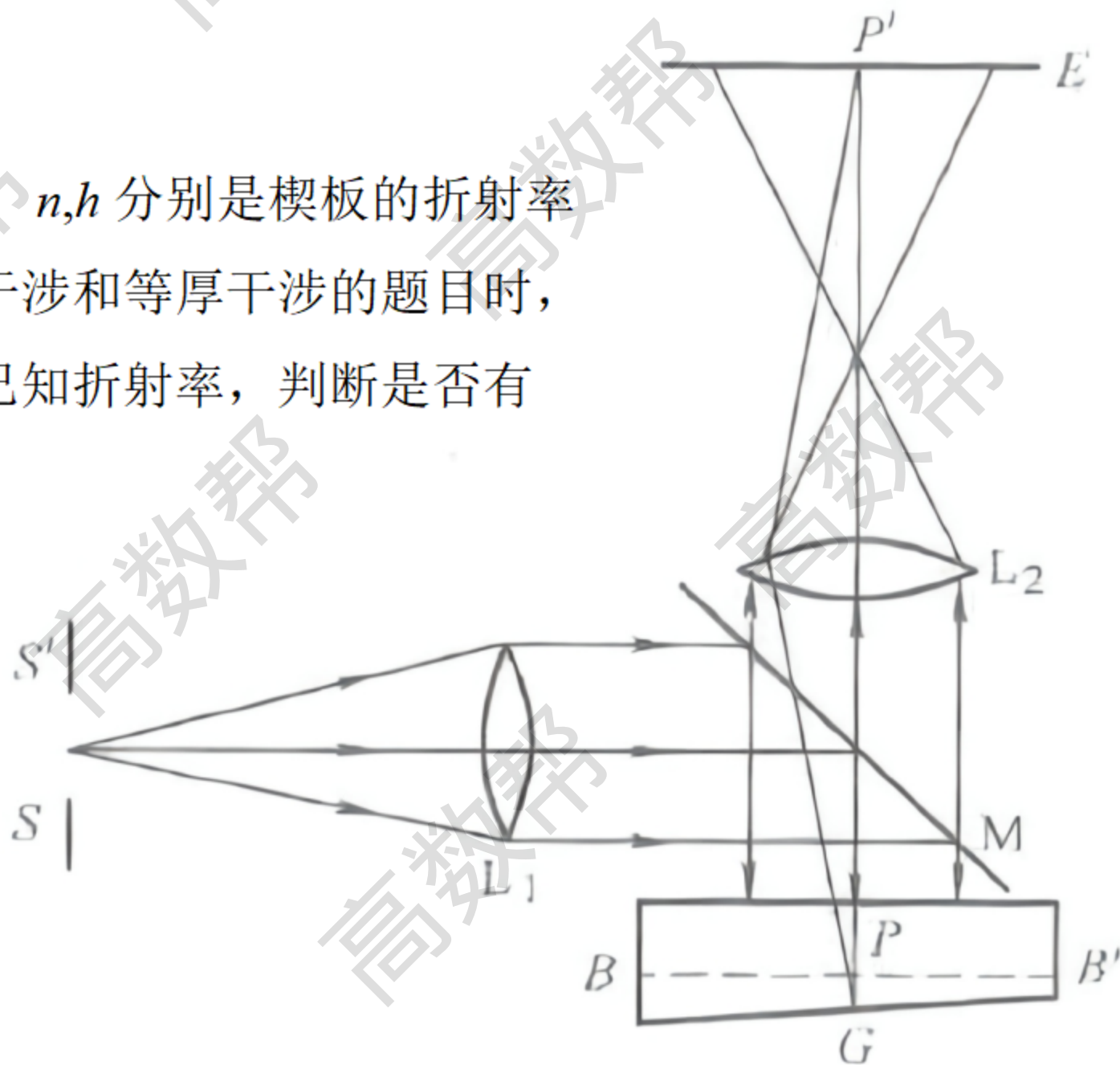
扫码观看
视频讲解更清晰

3.等厚干涉

1)其光程差为 $\Delta = 2nh + \lambda/2$ n, h 分别是楔板的折射率和厚度，**注意**：大家在做等倾干涉和等厚干涉的题目时，一定要详细看看题目中所给的已知折射率，判断是否有半波损失

2)条纹现象

若楔板折射率处处均匀，干涉条纹与等 h (厚度)的轨迹相对应，称为等厚干涉条纹，形成等间隔的平行于楔棱的直条纹。



当 $\Delta = 2nh + \frac{\lambda}{2} = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ 时, 对应亮纹; 而当

$\Delta = 2nh + \frac{\lambda}{2} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ 时, 对应暗纹。

两相邻亮纹(或暗纹)间对应的厚度变化 $\Delta h = \lambda / (2n)$

楔角的大小 $\alpha = \Delta h / e = \lambda / (2ne)$

局部厚度的变化可根据条纹的局部变形 Δe 求出 $H = \frac{\lambda}{2n} \frac{\Delta e}{e}$

4. 迈克尔逊干涉仪

只需要探究 平板移动量与单色光波长、环数的联系, 如下公式即可 $\Delta h = N\lambda / 2$

【题1】一平面电磁波可表示为 $E_y = 2 \cos \left[2\pi \times 10^{14} \left(\frac{z}{c} - t \right) + \frac{\pi}{2} \right]$ 请问该电磁波的波长、周期、振幅、远点初相位？

解：

简要叙述光学拍、驻波现象的以及产生的条件

【题2】杨氏双缝的间距为 0.2mm ，距离屏幕为 1m ，入射光的波长为 600nm 。(1)第一级明纹到第六级明纹的距离 (2)当用一片折射率是 1.6 的透明薄片覆盖在杨氏双缝的其中一条缝上，这时屏上的零级明纹移到原来的第九级明纹处。求薄片的厚度为多少？

解：

【题3】在等倾干涉实验中，若照明光波的波长 $\lambda=600\text{nm}$ ，平板厚度 $h=2\text{mm}$ ，折射率 $n=1.5$ ，其下表面镀高折射率介质（ $n>1.5$ ），问由中心向外计算，第10个亮纹的半径是多少？（观察望远物镜的视场为 20cm ）

解：

【题4】用波长为 660nm 的单色光垂直照射一玻璃楔时，发现干涉条纹出现局部弯曲，测得此时 $\Delta e=e/5$.设玻璃的折射率为 1.5 ，则玻璃楔的局部厚度变化为多少？

解：



扫码观看
视频讲解更清晰

【题5】迈克尔逊干涉仪平板移动了 $6\mu\text{m}$ 时，发现条纹冒出20圈，请问入射单色光波长为多少？

解：

考点	重要程度	占分	题型
1.偏振光的产生与检验	★★★★	5~10	填空、简答
2.衍射知识点	★★★	2-3	填空、计算
3.衍射、会更四原理画图	★★★	3-4	画图
4.光栅计算	★★★★	5-10	计算

考点1 知识点详解

1.衍射的定义及组成

衍射系统由光源、衍射屏和接收屏三部分组成，可分为菲涅尔衍射和夫琅禾费衍射，菲涅尔衍射，也称为近场衍射。夫琅禾费衍射也称远场衍射。（远近的判别）

2.光学系统分辨率

系 统	工作条件	分辨率表示	公 式
望远物镜	对无限远物体成像	用恰好刚刚能够分辨的两物点对望远物镜的张角 α 表示，单位 rad	$\alpha = 1.22\lambda/D$, D 为物镜的通光孔径
照相物镜	对无限远或准无限远物体成像	用能够分辨的最靠近的两直线在感光底片上的距离的倒数，即像面上每毫米内的线对数 N 来表示，单位 lp/mm	$N = \frac{D}{1.22\lambda f'}$, f' 为物镜焦距
显微物镜	对近距离微小物体成像	用能够分辨的最靠近两物点之间的距离 σ 表示，单位 mm	$\sigma = \frac{0.61\lambda}{NA}$, $NA = n\sin u$ 为数值孔径

3.光栅的一般形式 $d(\sin i \pm \sin \theta) = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

在考察与入射光同侧的衍射光谱时，上式取正号，

在考察与入射光异侧的衍射光谱时，上式取负号

4.自然光是一切可能的方位上震动光波的总和在观察时间内，光矢量在各个方向上的振动几率和大小相同，它可以用两个振动方向垂直，强度相等，相位无关的光矢量表示。偏振光是光矢量的方向和大小有规则变化的光，它包括线偏光、圆偏光和椭圆偏光。产生偏振光的一般方法，有反射折射法，二项色性法，散射法和双折射法。

5.布鲁斯特定律及其应用自然光入射到两种介质的分界面上时、若入射角和折射角满足相加等于90度，则反射光中没有振动方向平行于入射面的分量。

6.马里斯定律：从起偏器出射的光强为 I_0 的光经过检偏器，其出射光强 I 随两器件透光轴的夹角变化

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

7.晶体的双折射、非偏振光在某些晶体中传播时，由于晶体对两个相互垂直的振动的光矢量折射率不同而产生两束折射光的现象称为双折射。

考点2 典型光学器件

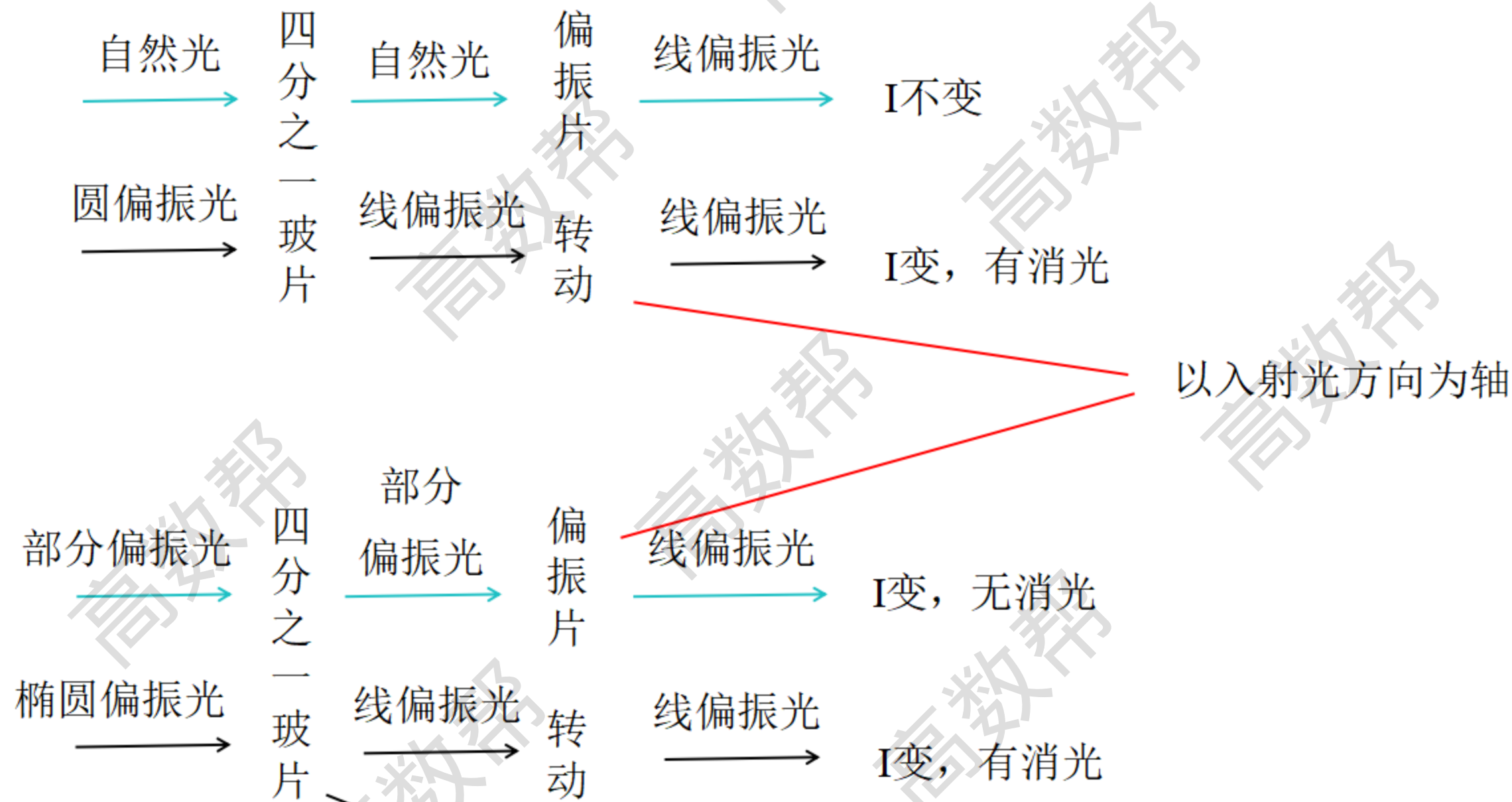
1.起偏器与检偏器：只能通过光轴方向上的光强

2.波片

分类 特点	$\frac{1}{4}$ 波片	$\frac{1}{2}$ 波片	全 波 片
光程差	$(m + \frac{1}{4})\lambda$	$(m + \frac{1}{2})\lambda$	$m\lambda$
位相差	$2m\pi + \frac{\pi}{2}$	$(2m + 1)\pi$	$2m\pi$

分类 特点	$\frac{1}{4}$ 波片	$\frac{1}{2}$ 波片	全 波 片
性质	线偏振光入射时 1. 若光矢量方向与波片的快（慢）轴方向相同，出射光仍为线偏振光 2. 若光矢量方向与波片的快（慢）轴成 45°，出射光为圆偏振光 3. 若光矢量方向与波片的快（慢）轴成 1、2 情况外任意角，出射光为椭圆偏振光	线偏振光入射时，出射光仍为线偏振光，但光矢量方向沿快（慢）轴转过 2α [α 为入射光矢量与快（慢）轴的夹角]	不改变偏振状态，只增加快（慢）轴方向上两光矢量的位相差
	圆偏振光入射时，出射光为线偏振光	圆偏振光入射时，出射光仍为圆偏振光，但旋向相反	
	椭圆偏振光入射时 1. 若长轴或短轴方向与波片的快（慢）轴方向相同，出射光为线偏振光 2. 其他情况，出射光仍为椭圆偏振光	椭圆偏振光入射时，出射光仍为椭圆偏振光，但旋向相反	

变换后 变换前	线 偏 光	圆 偏 振 光	椭圆偏振光
圆偏振光	通过一个 $1/4$ 波片		先通过一个 $1/4$ 波片, 变为线偏光, 再通过一个 $1/4$ 波片, 两个波片的快 (慢) 轴夹角不为 $\pm 45^\circ$ 或 0°
椭圆偏振光	通过一个 $1/4$ 波片, 该波片的快 (慢) 轴应与椭圆偏振光的长轴或短轴方向一致	先后通过两个 $1/4$ 波片, 第一个 $1/4$ 波片的快 (慢) 轴应与椭圆偏振光的长轴或短轴方向一致, 第二个 $1/4$ 波片的快 (慢) 轴应与从第一个 $1/4$ 波片出射的线偏光光矢量方向成 $\pm 45^\circ$	—



光轴平行最大光强或最小光强方向放置或光轴平行椭圆偏振光的长轴或短轴放置

七种偏振态的检验

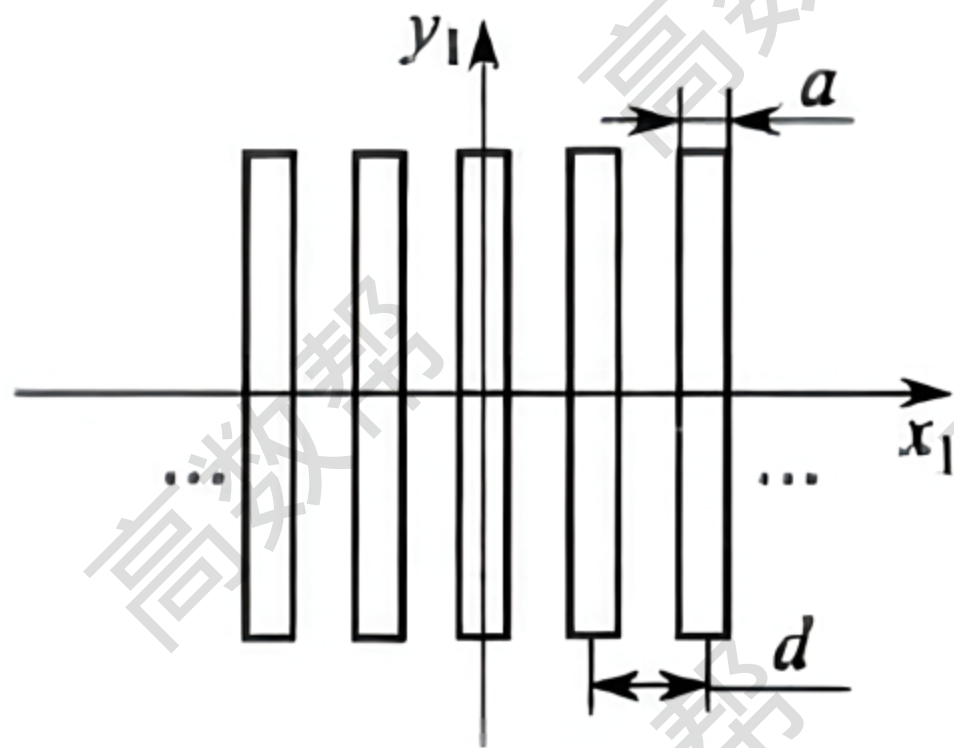
把检偏器对着被检光旋转一周，若得到						
两明两零	光强不息			两明两暗		
线偏振光	在光路中插入1/4波片，再旋转检偏器，若得			在光路中插入1/4波片，并使光轴与检得的暗方位相重合若，再旋转检偏器，若		
	两明两零	光强不变	两明两暗	两明两零	两明两暗但暗方位与未插入1/4波片时相同	程度与之前不同
	圆偏光	自然光	自然光加圆偏光	椭圆偏光	自然光加线偏光	自然光加椭圆偏光

8.偏振光的产生与检验

变换后 变换前	线 偏 光	圆 偏 振 光	椭圆偏振光
自然光	通过起偏器	先通过一个起偏器，再通过一个快（慢）轴与起偏器透光轴成 $\pm 45^\circ$ 的 $1/4$ 波片	先通过一个起偏器，再通过一个 $1/4$ 波片，波片的快（慢）轴与起偏器透光轴夹角不为 0° 或 $\pm 45^\circ$
线偏光	—	通过一个快（慢）轴与线偏光振动方向成 $\pm 45^\circ$ 的 $1/4$ 波片	通过一个快（慢）轴与线偏光振动方向不为 0° 或 $\pm 45^\circ$ 的 $1/4$ 波片

2.多缝衍射作图

缝宽为 a ，相邻两缝间隔为 d 、缝数为 N 的多缝衍射屏如图



$$I = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\sin N \frac{\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}} \right)^2$$

多缝衍射的光强分布是**多缝干涉**和**单缝衍射**共同作用的结果，可看成是经过单缝衍射调制的多峰干涉光强分布。

主极大位置。由干涉因子 $\left(\frac{\sin N \frac{\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}} \right)^2$ 知，

$$\text{当 } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta = 2m\pi (m = \pm 1, \pm 2 \dots)$$

$$\text{即 } d \sin \theta = m\lambda$$

在

$$\theta \text{ 方向上有极大值 } I = N^2 I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

缺级现象。当满足公式 $\frac{m}{n} = \frac{d}{a}$ 时，第m级干涉主极大位置正好与第n级衍射极

小位置重合，出现缺级现象。

以上几点是画图是需要重点注意的点

下面一条性质可以用作检验在两个主极大之间有 $N-1$ 个极小值， $N-2$ 个次极大值。

考点4 计算

1. 弗朗和费单缝衍射

单缝的夫琅和费衍射 单缝衍射屏及其夫琅和费衍射的光强分布如图
因缝的长度 b 远大于缝的宽度 a ，故沿 y 轴方向的衍射效应可以忽略。

光强分布公式为

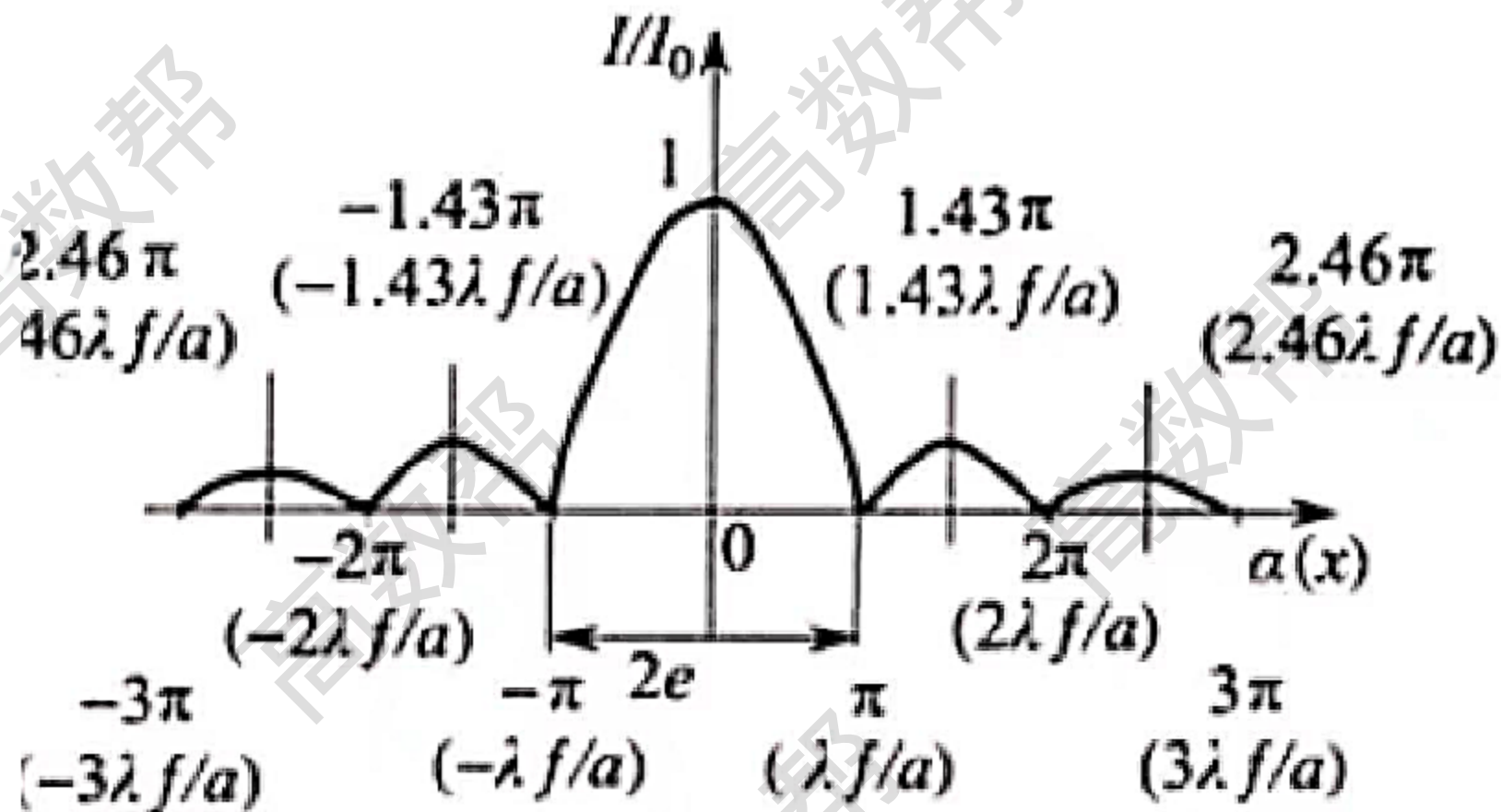
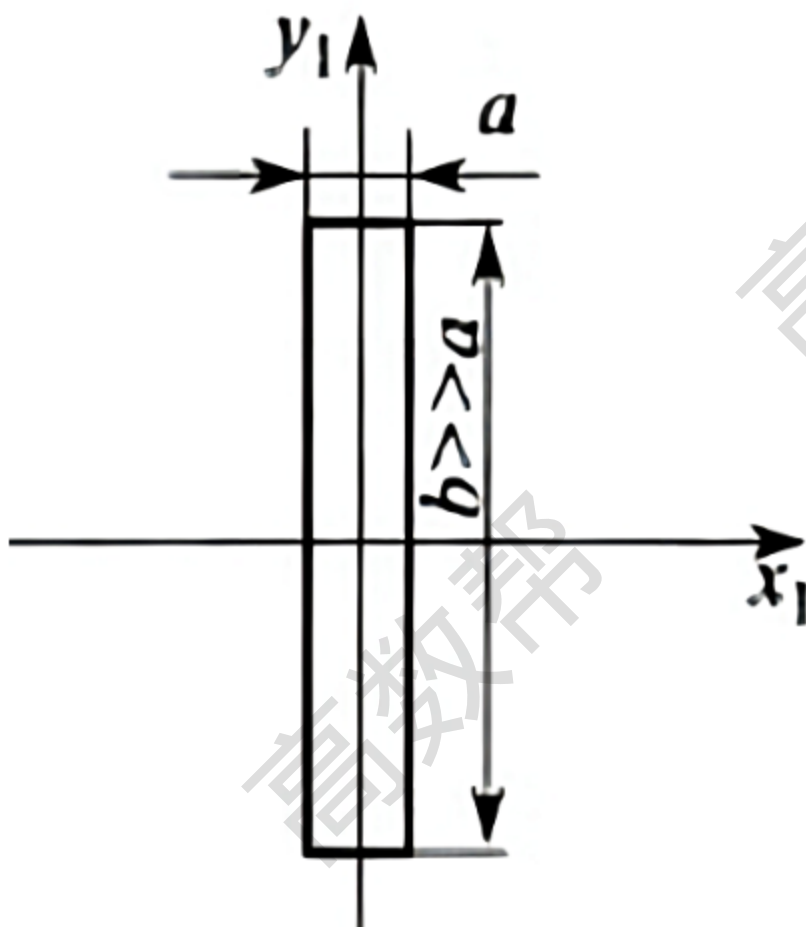
$$I = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

式中, $\alpha = \frac{kla}{2} = \frac{\pi x}{\lambda f} a = \frac{\pi}{\lambda} a \sin \theta_x$ a 为单缝的宽度;

θ_x 为 x 方向的衍射角。



扫码观看
视频讲解更清晰



2.光栅计算

光栅的计算同多缝衍射计算，涉及到非单色光需要考虑色散的问题

光栅的角色散和现色散

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \theta} \quad \frac{dl}{d\lambda} = f \frac{d\theta}{d\lambda} = f \frac{m}{d \cos \theta}$$

光栅的色分散本领

$$A = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$$

【题1】光的衍射现象是指()的现象。

【题2】多缝夫琅禾费衍射，缝数 N 越大，亮纹越()(亮/暗)越()(粗/细)

【题3】光沿双折射晶体()方向传播，不发生双折射现象

【题4】为检验自然光、圆偏振光、部分圆偏振光，在检偏器前放置一个 $1/4$ 波片，当旋转检偏器一周时，看到光强为两亮两黑，则说明入射光为()

【题】若要分辨角间隔为 $0.05''$ 的两颗星，需要望远镜的口径至少为()

【题6】 什么是自然光?什么是偏振光?说出一种从自然光产生圆偏振光的方法?

解:

【题7】自然光作为入射光通过起偏器后，又通过与起偏器光轴夹角成 60° 的检偏器出射，问出射光与入射光光强之比

解：

【题8】 波长为 500nm 的平行光垂直照射在宽度为 0.025mm 的单缝上,以焦距为 50cm 的会聚透镜将衍射光聚焦于焦面上进行观察,求衍射图样中央亮纹的半宽度。

解:

【题12】 设计一块光栅，要求满足下面4个条件：1)使波长 $\lambda = 600\text{nm}$ 的第2级谱线的衍射角 $\theta \leq 30^\circ$ 2)色散尽可能大；3)第3级谱线缺级；4)在波长 $\lambda = 600\text{nm}$ 的第2级谱线处能分辨 0.02nm 的波长差. 试给出光栅缝宽 a ，光栅间距 d 和光栅长度 L 三个参数，并回答在透镜的焦面上能看到波长 600nm 的几条谱线.

解：



扫码观看
视频讲解更清晰