

第一章 几何光学的基本定律和成像概念

一. 教学要求

通过本章 4 课时的授课,应使学生掌握几何光学的基本定律(光的直线传播定律、独立传播定律、反射定律和折射定律),光的全反射性质,费马原理、马吕斯定律以及二者与几何光学基本定律之间的关系;明确完善成像概念和相关表述;会熟练应用符号规则进行单个折射球面的光线光路计算,掌握单个折射球面和反射球面的成像公式,包括物像位置、垂轴放大率 b 、轴向放大率 a 、角放大率 γ 、拉赫不变量等公式及其各量的物理意义,并推广到共轴球面系统的成像计算。

二. 重点难点

1. 几何光学的基本定律

光是一种电磁波,它在介质中的传播规律可概括为以下四个基本定律:直线传播定律,独立传播定律、反射定律和折射定律。4 个定律的内容、实例和适用条件。折射率的概念。

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。

2. 成像的基本概念与完善成像条件

光学系统的作用之一是对物体成像。若一个物点对应的一束同心光束,经光学系统后仍为同心光束,该光束的中心即为该物点的完善像点。物体上每个点经光学系统后所成完善像点的集合就是该物体经光学系统后的完善像。物所在的空间称为物空间,像所在的空间称为像空间,物像空间的范围均为 $(-, +)$ 。物像有虚实之分,由实际光线相交所形成的物或像为实,由光线的延长线相交所形成的物或像为虚。【其中物像空间和物像虚实的判断是难点】

光学系统成完善像应满足以下三个条件之一:1) 入射波面是球面波时,出射波面也是球面波。2) 入射是同心光束时,出射光也是同心光束。3) 物点及其像点之间任意两条光路的光程相等。

3. 几何光学中的符号规则和单个折射球面的光线光路计算

为保持几何光学公式的一致性和讨论问题的方便,特确定了如下的符号规则:1) 光线的传播方向由左向右。沿轴线段以折射面顶点为原点度量,若与光线的传播方向相同,其值为正,反之为负;2) 垂轴线段以光轴为基准,在光轴以上为正,光轴以下为负;3) 光线与光轴的夹角用由光轴转向光线形成的锐角度量,顺时针为正,逆时针为负;4) 光线与法线的夹角用由光线转向法线形成的锐角度量,顺时针为正,逆时针为负;5) 光轴与法线的夹角用由光轴转向法线形成的锐角度量,顺时针为正,逆时针为负;6) 折射面间隔从前一面的顶点到后一面的顶点,与光线的传播方向相同,其值为正,反之为负。符号规则是人为规定的,所

有公式都在此规则基础上推导出来，因此解题时必须严格遵守。如遇到光线由右向左传播的情况，一定要做适当的变通后，才可使用公式。【其中灵活应用符号规则是难点，有相关例题支撑】

单个折射球面光线光路计算公式的推导、球差产生的原因。

近轴光线光路计算公式及其拓展公式。理解近轴成像的特点。

4. 单个折射（反射）球面的成像

为讨论单个折射（反射）球面成像的大小、倒正和虚实，引入垂轴放大率、轴向放大率和角放大率的概念。3种放大率的定义、计算公式和物理意义。【其中根据放大率值分析成像性质、判断成像条件改变时放大率的变化是难点】

5. 共轴球面系统的成像

由 k 个折射球面构成的共轴光学系统相邻各面间折射率、孔径角、物像关系、物像距及拉赫不变量之间存在过渡关系公式。系统的成像放大率为各面放大率的乘积。

第二章 理想光学系统

一. 教学要求

通过本章 6 课时的授课和 2 课时实验，应使学生掌握理想光学系统的概念、成像性质、基点基面及其系统的表示；会用图解法和解析法求像，重点掌握高斯公式和牛顿公式及其理想光学系统的放大率公式；会灵活运用理想光学系统的组合公式求组合系统的焦距、基点和基面；掌握两种典型的光组组合及其性质；会求透镜的焦距、基点和基面位置，并了解透镜的分类和性质。

二. 重点难点

1. 理想光学系统及其表征

所谓理想光学系统，就是能对任意大的空间，以任意宽的光束都能够成完善像的光学系统。表征理想光学系统的基本参数是基点和基面，即焦点、焦平面、主点、主平面、节点和节平面。

对理想光学系统而言，基点和基面的位置确定以后，系统的成像性质也就确定了。通常可用一对主平面和一对焦点来表示一个理想光学系统。

2. 图解法求像

利用理想光学系统基点和基面的性质，可通过作图法求物体在确定系统中的像。图解法求像时常用的光学性质有：1) 无限远轴上物点发出的光线一定通过像方焦点。2) 无限远轴外物点发出的光线一定通过像方焦面上一点。3) 物方焦点发

出的光线经光学系统后平行于光轴。4) 物方焦面上一点发出的光线经光学系统后相互平行。5) 物方主平面上光线的入射高度与其共轭光线在像方主平面上的出射高度相等。6) 经过节点的任何一对共轭光线互相平行。【其中虚物成像是难点】

3. 理想光学系统的物像位置公式

当理想光学系统确定后，已知物体的位置（或）就可以求出像的位置（或）。常用物像位置公式有两种，一是以焦点为坐标原点的牛顿公式；二是以主点为坐标原点的高斯公式。两者在解题中的作用是等价的。

牛顿公式和高斯公式。

4. 理想光学系统的放大率

物体经理想光学系统成像的大小、正倒和虚实，可用光学系统的放大率表示。光学系统三种放大率（垂轴放大率、轴向放大率和角放大率）的定义、计算公式和物理意义。【其中根据放大率值分析成像性质、判断成像条件改变时放大率的变化是难点】

5. 理想光学系统的组合

两个理想光学的直接组合公式及比较适合 2 个以上多光组组合的正切计算公式。

6. 两种典型的光组组合及其性质

远摄型光组和反远距型光组的组成、结构特点和典型应用。

7. 透镜

透镜可按照对光线所起的作用分为会聚透镜（正透镜）或发散透镜（负透镜），也可按照形状不同分为凸透镜和凹透镜两类。凸透镜不一定是正透镜，凹透镜也不一定是负透镜，透镜的正负不仅与形状有关，还与透镜的厚度有关。

在空气介质中单个透镜的焦距公式、光焦度公式。

第三章 平面和平面系统

一. 教学要求

通过本章 4 课时的授课，应使学生掌握平面系统的基本作用和种类，掌握平面反射镜、平行平板、反射棱镜和折射棱镜等典型平面系统的性质和作用。了解有关光学材料的基本知识。

二. 重点难点

平面光学元件包括平面反射镜、平行平板、反射棱镜和折射棱镜等，其作用是改变光路方向、使倒像转换为正像或产生用于光谱分析的色散现象。

1. 平面反射镜

(1) 平面镜的性质 平面反射镜是唯一能够完善成像的光学元件。

若在光学系统中加入奇数个平面镜，则最终像和物成“镜像”；若在光学系统中加入偶数个平面镜，则最终像与物完全一致。它们与共轴球面系统组合后，可改变光路方向，但不会改变像的大小和形状，也不影响像的清晰度。

平面镜还有一个重要的性质，即当入射光线方向不变，而平面镜转动角时，反射光线转动角。

(2) 平面镜的应用 利用平面镜转动性质，可以测量微小角度和位移，其原理亦称光学杠杆原理。

2. 平行平板

平行平板是由两个相互平行的折射平面所构成的光学元件，如分划板、微调平板等。平行平板成像具有以下性质：

- 1) 光线经平行平板折射后方向不变，出射光线与入射光线互相平行。
- 2) 平行平板不使物体放大或缩小。
- 3) 光线经平行平板折射后虽然方向不变，但产生了侧向位移和轴向位移

平行平板在近轴区以细光束成像时，成像是完善的。

3. 反射棱镜

在光学系统中反射棱镜主要用于转折光路、转像、倒像和扫描等。

(1) 反射棱镜可分为四类：简单棱镜、屋脊棱镜、立方角锥棱镜和复合棱镜。各自具有其特点和典型应用。

(2) 反射棱镜成像的判断原则

注意：基本原则只在同一光轴面内适用，对于光轴不在同一平面内的复合棱镜，要分别考虑各光轴面内的成像情况。由于整个光学系统的成像是由透镜成像特性和棱镜转像特性共同决定的，因此还必须考虑系统中透镜对成像的影响。一般情况是，物镜成倒像，目镜成正像。

(3) 反射棱镜的等效作用与展开

在光学系统中反射棱镜的作用相当于平面反射镜和附加平行平板玻璃的组合。棱镜展开的具体方法是：在棱镜主截面内，按照反射面的顺序，以反射面与主截面的交线为轴，依次使主截面翻转，便可得到棱镜的等效平行平板。

4. 折射棱镜和光楔

折射棱镜在光学系统中的作用一是用于偏折光束的方向，二是用以产生色散。

入射光线经棱镜后的出射光线之间的偏向角公式、最小偏向角公式及其应用。

光楔的定义、公式及其在小角度和微位移测量中的应用。

5. 光学材料

光学材料可以分透射和反射两大类。透射材料对工作波段应有良好的透过率，反射材料对工作波段应有很高的反射率。

透射材料包括光学玻璃、光学晶体和光学塑料三类，其光学特性主要由它们对各种波长的透过率和折射率决定。表征透射材料性质的光学常数为：平均折射率、阿贝常数、部分色散、相对色散等。

反射不存在色散，因此反射材料的光学特性由反射率决定。各种材料的反射率不同，同种材料的反射率随入射波长不同而变化。

第四章 光学系统中的光束限制

一. 教学要求

通过本章 4 课时的授课，应使学生掌握孔径光阑、入射光瞳（入瞳）、出射光瞳（出瞳）、视场光阑、入射窗（入窗）、出射窗（出窗）、孔径角、视场角、渐晕和渐晕系数等基本概念，明确孔径光阑、视场光阑和渐晕光阑的作用和关系；掌握照相系统、望远系统和显微系统中

光束限制情况；明确物方远心光路和场镜的定义和作用；明确光学系统景深的概念、公式和影响因素。

二. 重点难点

1. 孔径光阑、入瞳、出瞳和孔径角

孔径光阑是限制轴上物点成像光束立体角（孔径角）大小，或者说限制轴上物点成像光束宽度、并有选择轴外物点成像光束位置作用的光阑。

孔径光阑经它前面的光组在物空间所成的像，被称为入瞳。孔径光阑经它后面的光组在像空间所成的像，被称为出瞳。

物方孔径角是轴上物点对入瞳边缘的连线与光轴的夹角，像方孔径角是轴上像点对出瞳边缘的连线与光轴的夹角，当物（像）位于无限远时，物（像）方孔径角为0。

2. 视场光阑、入窗、出窗和视场角

视场光阑是限定物平面上或物空间中成像范围的光阑。

视场光阑经它前面的光组在物空间所成的像称为入窗。视场光阑经它后面的光组在像空间所成的像称为出窗。

光学系统的视场根据物所在的位置通常有两种表示方法：视场角表示或线视场表示。

物方视场角是入瞳中心对入射窗边缘的张角，像方视场角是出瞳中心对出射窗边缘的张角。由物（像）方视场角确定的物（像）面边缘点的渐晕系数刚好为50%。

3. 渐晕、渐晕系数和渐晕光阑

轴外点发出的充满入瞳的光束被光学系统中的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，像面边缘比中心暗的现象被称为渐晕。

渐晕的程度用渐晕系数度量。轴外点成像光束与轴上点成像光束在光瞳面上的线度之比，称为渐晕系数。渐晕系数的范围在0与1之间。在光学系统中起渐晕作用的光阑即为渐晕光阑。【渐晕的概念是本章难点】

4. 光学系统中光阑性质的判别

任何一个光学系统至少有一个孔径光阑和一个视场光阑，但可能有多个渐晕光阑，系统中光阑的判别步骤如下：1) 确定判别空间并在该空间内求像；2) 判定孔径光阑；3) 判定视场光阑；4) 最后判定渐晕光阑。

光学系统中，光阑的性质有可能随着物距（或像距）的改变而变化，所以考虑光阑的性质时一定要结合具体的光学系统和应用条件。【灵活判断光阑的性质是难点】

5. 照相系统中的光束限制

照相系统主要由照相物镜、可变光阑和感光底片三部分组成。照相物镜将景物成像在感光底片上，可变光阑起到调节光能量以适应外界不同照明条件的作用。

照相系统中，可变光阑即为系统的孔径光阑，底片框为视场光阑。

6. 望远系统中的光束限制

望远系统有开普勒望远镜和伽利略望远镜两种型式。

开普勒望远镜是由两个正透镜组组成的无焦系统，且物镜焦距大于目镜焦距。对无限远物体成倒立的像，机械筒长为两焦距之和。物镜框是系统的孔径光阑，置于一次实像面处的分划板是视场光阑，目镜往往是渐晕光阑。

伽利略望远镜是由 1 个正透镜和 1 个负透镜组成的无焦系统，无一次实像面，对无限远物体成正立的像，机械筒长为两焦距之差，机械尺寸较小。伽利略望远镜一般以人眼作为孔径光阑，物镜框为视场光阑。由于系统的视场光阑不与物面（或像面）重合，因此对大视场一般存在渐晕。

7. 显微系统中的光束限制和物方远心光路

显微系统由两个正透镜组组成，其光学结构特点是：1) 物镜和目镜焦距都较小；2) 光学间隔很大。显微系统按照使用条件的不同有如下两种光束限制情况：1) 生物显微镜或称一般显微镜；2) 测量显微镜。解题时应首先给予区分。【根据类型确定光阑性质是难点】

生物显微镜的物镜框是系统的孔径光阑，置于一次实像面处的分划板是视场光阑，目镜往往是渐晕光阑。测量显微镜的孔径光阑位于物镜的像方焦平面上，设在一次实像面处的分划板是视场光阑，物镜和目镜往往是渐晕光阑。

当孔径光阑位于物镜的像方焦面上时，系统的入瞳位于物方无限远处，此时构成物方远心光路。测量显微镜采用物方远心光路可避免由于调焦不准造成的测量误差。

8. 场镜及其在光学系统中的作用

光学系统中置于实像或实像面附近的透镜被称为场镜，它能够压缩入射光线在后续光组上的透射高度，从而减小后续光组的通光口径。场镜对成像不起作用，但对光瞳有影响，需要满足新的光瞳衔接要求。

9. 空间物成像和景深

许多光学系统能够把空间中的物成像在一个像平面上，称为空间物成像。景深的定义、公式及其影响因素。

第五章 光线的光路计算及像差理论

一. 教学要求

通过本章 4 课时的授课，应使学生掌握像差的定义、分类和消像差原则；了解用于计算像差的光线光路计算公式；了解单个折射球面的不晕点及其性质；全面了解各种像差的定义、影响因素、性质、危害和消除方法；了解像差的级数表达式以及各种初级像差的分布式和分布系数；掌握显微物镜、望远物镜、照相物镜的像差校正原则。

二. 重点难点

1. 像差的基本概念

(1) 像差与像差分类

光学系统成像时，实际像与理想像之间的差异称为像差。这是由于实际光学系统成像均具有一定的孔径和视场，而且多数都是对白光或复色光成像而造成的。

基于几何光学理论，像差可以分为单色像差和色差两类，单色像差根据性质不同，又可分为球差、慧差（正弦差）、像散、场曲和畸变 5 种；不同色光的成像差异称为色差，它包括位置色差和倍率色差 2 种。

基于波动光学理论，实际波面和理想波面之间的差异称为波像差。

(2) 消像差原则

光学设计中总是根据系统的作用和接收器的特性把影响像质的主要像差校正到某一公差范围内；对光能接收器的最灵敏谱线校正单色像差，对接收器所能接收到的波段范围两边缘校正色差。

2. 光线光路计算

为求出光学系统的成像位置和大小以及各种像差，需要对子午面内（近轴和实际）光线、轴外点沿主光线的细光束和子午面外的空间光线进行光路计算，求出对应像差。

3. 单个折射球面的不晕点

单个折射球面成像时，校正了球差，并满足正弦条件的共轭点，称为不晕点或齐明点。根据球差的分布系数公式和成像关系可推导出三对齐明点的位置及其性质。常利用它们的特性来制作齐明透镜，以增大物镜的孔径角，用于显微物镜或照明系统中。

4. 几何像差的定义、影响因素、性质、危害和消除方法

【全面掌握并灵活分析是本章难点】

5. 显微物镜、望远物镜、照相物镜的像差校正

显微物镜和望远物镜均属于大孔径小视场的光学系统，因此只需校正与孔径有关的像差，包括球差、正弦差和位置色差三种；照相物镜属于大孔径大视场的光学系统，因此需要校正所有 7 种几何像差。

第六章 典型光学系统及像质评价方法

一. 教学要求

通过本章 4 课时的授课和 4 学时的实验，应使学生掌握人眼的成像特性及各种典型光学系统（放大镜、显微镜、望远系统和摄影系统）的光学参数、结构形式、光束限制和成像特性，明确视觉放大率、数值孔径、视度调节、分辨率等基本概念，掌握相关公式。

二. 重点难点

1. 人眼的光学特性

(1) 人眼光学系统 人眼本身相当于摄影光学系统。物体经成像元成像在视网膜上，神经受到刺激而产生视觉。人眼可通过肌肉调节改变等效光学系统的焦距，可通过调节瞳孔大小适应外界光照度。

(2) 人眼的调节 眼睛对任意距离的物体自动调焦的过程称为眼睛的调节。其调节能力用远点距离和近点距离的倒数之差来度量，即。

(3) 正常眼和反常眼 眼睛的远点在无限远，或眼睛光学系统的后焦点在视网膜上，称为正常眼，反之称为反常眼。反常眼的分类、定义和校正。

(4) 眼睛的分辨率 眼睛能够分辨最靠近的两个相邻点的能力称为眼睛的分辨能力，或视觉敏锐度。

(5) 眼睛的对准 是指垂直于视轴方向上的置中或重合能力。对准后，偏离置中或重合的线距离或角距离称为对准误差。对准误差随对准形式而变化。

(6) 眼睛的景深 定义、公式以及与一般光学系统景深公式的区别和联系。

(7) 立体视觉 双眼立体视觉机理、产生误差原因。相关概念：体视锐度、立体视觉半径、双目立体视觉误差等。

2. 放大镜

放大镜是能将放在焦点上或焦点附近的物体成放大虚像的目视透镜或透镜系统。放大镜视觉放大率定义、公式和适用条件。放大镜系统的光束限制及其视场的计算。

3. 显微镜系统

(1) 显微系统的组成和工作原理 显微系统是用来观察近距离微小物体的光学系统，它由物镜和目镜组成，其特点是：物镜和目镜的焦距都很短，且光学间隔（物镜的像方焦点到目镜的物方焦点间的距离）较大。使用时，将物体置于物镜一倍焦距以外靠近焦点的位置上，经物镜后成一个放大的、倒立的实像，且位于目镜的物方焦面上或一倍焦距以内，经目镜成像在无限远或明视距离处，供人眼观察。显微镜可分为生物显微镜（或一般显微镜）和测量显微镜两种，其光束限制情况不同。【其中根据系统类型画出光路图，分析光束限制情况、计算渐晕条件下的通光口径是难点】

(2) 显微镜的视觉放大率 定义、公式及其影响因素。

(3) 显微镜的线视场 定义、公式及其影响因素。

(4) 显微镜的分辨率和有效放大率

显微镜的分辨率主要取决于显微物镜的数值孔径 (NA)，与目镜无关。为了充分利用物镜的分辨率，使已被物镜分辨开的细节也能被人眼分辨，显微镜要有足够大的视觉放大率。满足式

(5) 显微镜的景深 人眼通过显微镜调焦在对准平面上时，能够获得清晰像的物空间深度称为显微镜的景深。显微镜的数值孔径越大，要求的放大倍率越高，其景深越小。景深的大小决定了使用显微镜纵向调焦时的调焦误差。

(6) 显微镜的照明 显微镜有 4 种照明方式。对于透明生物标本所采用的透射光亮视场照明还有两种照明方法，即临界照明和柯勒照明。两光路在组成、工作原理、光瞳衔接、照明效果等方面都存在各自的特点。【其中临界照明和柯勒照明的光瞳衔接关系是难点】

(7) 显微镜物镜 显微物镜的主要参数、结构特点和像差校正。

4. 望远镜系统

(1) 望远镜系统的组成和工作原理 望远镜系统是用来观测远距离物体的光学系统。它由物镜和目镜组成，其特点是：物镜的焦距大于目镜的焦距，且光学间隔。从无限远物体发出的平行光线经望远物镜后，在物镜的像方焦平面上成一个实像，它正好位于目镜的物方焦面上（或 1 倍焦距内），经目镜成像在无限远处（或明视距离处），供人眼观察。该系统中，物镜框是孔径光阑，设在一次实像面处的分划板是视场光阑，目镜往往是渐晕光阑，其大小影响轴外点成像的渐晕系数。【其中画出系统光路图，分析光束限制情况、计算渐晕条件下的通光口径是难点】

(2) 望远系统的视觉放大率 定义、公式及其影响因素。

(3) 望远系统的分辨率和工作放大率 定义、公式和相互关系。

(4) 望远系统的视场 用视场角即物体的边缘对入瞳中心的张角来表示望远系统的视场。视场计算公式及常规数值范围。

(5) 其他型式的望远镜系统 伽利略望远镜由正光焦度的物镜和负光焦度的目镜构成无焦系统，其视觉放大率大于 1，形成正立的像，但无法安装分划板，应用较少。伽利略望远镜一般以人眼的瞳孔作为孔径光阑（出瞳），物镜框作为视场光阑（入窗）。由于它的视场光阑不与物像面重合，对大视场一般存在渐晕现象。

5. 目镜

目镜的作用类似于放大镜，它把物镜所成的像放大在人眼远点或明视距离供人眼观察。其光学参数（4个）及相关公式。视度调节的原理和公式。

6. 摄影（照相）系统

（1）系统组成与成像原理 摄影系统主要由照相镜头、可变光阑和感光底片三部分组成。摄影物镜将位于无限远或准无限远的景物成像在感光底片上，可变光阑起到调节光能量以适应外界不同照明条件的作用。

（2）摄影物镜的参数和光学特性 摄影物镜的光学成像特性主要由三个参数决定，即焦距、相对孔径和视场角，其对系统的影响、相关公式和性质。

（3）摄影物镜的景深 定义、公式和影响因素。

（4）摄影物镜的种类 可分为普通摄影物镜、大孔径摄影物镜、广角摄影物镜、远摄物镜和变焦距物镜五种。

7. 投影系统

投影系统是将物体进行放大成像并投影在屏幕上的光学仪器，如：幻灯机、电影放映机、测量投影仪等。投影系统要求有足够的照明亮度，用于测量的仪器还需无畸变。

投影系统的光学参数有4个：放大率、视场、焦距和相对孔径。其相关公式。

为了在投影屏上获得均匀而足够的照度，必须应用大孔径角的照明系统和适当的光源。照明系统和投影系统的衔接要求是：①照明系统的拉赫不变量要大于投影系统的拉赫不变量；②保证两个系统的光瞳衔接和成像关系。

第七章 光学系统的像质评价

一. 教学要求

通过本章2课时的授课，应使学生掌握5种光学系统像质评价方法，了解其特点和适用性；在此基础上了解其他像质评价方法和光学系统的像差公差要求。

二. 重点难点

1. 光学系统的像质评价

评价光学系统像质的方法主要有瑞利（Reyleigh）判断法、中心点亮度法、分辨率法、点列图法和光学传递函数（OTF）法5种。瑞利判断便于实际应用，但它有不够严密之处，只适用于小像差光学系统；中心点亮度法概念明确，但计算复杂，它也只适用于小像差光学系统；分辨率法十分便于使用，但由于受到照明条件、观察者等各种因素的影响，结果不够客观，而且它只适用于大像差系统；点列图法需要进行大量的光线光路计算；光学传递函数法是最客观、最全面的像质

评价方法，既反映了衍射对系统的影响也反映了像差对系统的影响，既适用于大像差光学系统的评价也适用于小像差光学系统的评价。

2. 其他性质评价方法 基于几何光学方法、基于衍射理论方法等
3. 光学系统的像差公差

第八章 光的电磁理论基础

一. 教学要求

通过本章 4 课时的授课，应使学生明确麦克斯韦方程组、物质方程和波动方程的表达式及物理意义，掌握波动方程各种电磁波解（其中包括平面波解、简谐波解、球面波和柱面波解）的表达式、物理意义及公式中各参数的意义和关系，掌握平面电磁波的性质，了解电磁场的连续条件和菲涅尔公式，了解吸收、色散和散射的定义及相关公式，掌握 4 种不同条件下光波叠加后形成的物理现象、合成波表达式及其性质。

二. 重点难点

1. 麦克斯韦方程组、物质方程和波动方程

麦克斯韦方程组是麦克斯韦在静电场和稳恒磁场基本规律基础上，考虑电场与磁场的变化，利用法拉第定律和位移电流的概念对其进行补充和修正后得出的。它揭示了电场和磁场间相互激励的性质。描写物质在外的作用下特性的关系式称为物质方程。

根据麦克斯韦方程组，结合物质方程，利用场论公式可推出无限大各向同性均匀介质中远离辐射源电磁场的波动方程，表明随时间和空间的变化规律符合波动规律。

电磁场在介质中的传播速度为： v ；在真空中的传播速度为一常数： c ，介质的折射率： n 。

2. 平面电磁波及其性质

平面电磁波的通解与行波的表示形式相同，表示点源的振动经过一定时间延迟才传播到场点，电磁场是逐点传播的。

平面简谐波是最简单也是最重要的波动形式，可用三角形式和复数形式表示。光波参数之间的关系、介质中光波参数与其在真空中对应的光波参数之间关系等。

平面电磁波的性质及其物理意义。

3. 球面波和柱面波

球面波和柱面波解的形式也可以由波动方程求解得到的，这两种波的定义、数学表达式和主要性质。

4. 电磁场的边界条件及菲涅尔公式

根据麦克斯韦方程组和电磁场连续条件，可以推导出表示入射波、反射波与折射波振幅和位相关系的菲涅尔公式。公式推导及其物理意义。

5. 光的吸收、色散和散射

光的吸收、色散和散射是光波在物质中传播时所发生的普遍现象，是光与物质相互作用的表现。

物质对光的一般吸收规律（朗伯（Lambert）定律、比尔（Beer）定律）表达式、物理意义和适用条件。

色散是光在物质中传播时其折射率（传播速度）随光波频率（波长）而变的现象。可分为正常色散和反常色散。柯西（Cauchy）公式。

按照介质的不均匀性分类的各种散射及其基本特征。

6. 光波的叠加

光波的叠加原理：当光波在空间某区域相遇时，在相遇点产生的合振动是各个波单独在该点产生振动的矢量和。四种不同条件下光波叠加后形成的物理现象、合成波表达式及其性质。

第九章 光的干涉和干涉系统

一. 教学要求

通过本章 10 课时的授课和 4 课时的实验，应使学生明确光的干涉定义和条件，掌握杨氏双缝干涉和平板（包括平行平板和楔板）双光束干涉的装置、公式、性质和干涉条纹特点，掌握典型的双光束干涉系统（斐索、迈克尔逊、泰曼和马赫-泽德）及其应用，掌握平行平板的多光束干涉条件、装置、干涉条纹光强分布及基于平行平板多光束干涉的典型应用。明确条纹的可见度、时间相干性、空间相干性、相干长度、相干时间、定域干涉、非定域干涉、定域深度等相关概念。

二. 重点难点

1. 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光的干涉。

光波叠加形成干涉的条件是：1) 频率相同；2) 振动方向相同；3) 相位差恒定。而且叠加光波的光程差不超过光波的波列长度。

通过分波前法和分振幅法，可以由一个光波获得两个或多个相干光波。典型的例子有杨氏干涉和平板干涉。

2. 杨氏干涉

杨氏干涉是通过分波前法产生的。杨氏干涉的实验装置、光强分布公式、干涉条纹性质

特点及其与实验装置参数之间的关系。

3. 条纹的可见度

干涉条纹可见度的定义、公式（定义式和计算式）、影响因素。

空间相干性和时间相干性均表示光波能够产生干涉的性质，分别与光源的大小和光源的非单色性有关，其定义、影响因素和衡量指标。【其中空间相干性、时间相干性的概念、区别联系是理解上的难点】

4. 平板的双光束干涉

(1) 平行平板的双光束干涉 实验装置、干涉原理、光强分布公式、条纹分布特点等。

(2) 楔板的双光束干涉 楔形平板的定域情况复杂，这里主要考虑平行光垂直照射的情况。分析等厚干涉原理、条纹分布性质及其应用。

5. 典型的双光束干涉系统及应用

在充分了解斐索、迈克尔逊、泰曼和马赫-泽德 4 种典型双光束干涉系统结构特点的基础上，还需掌握 4 种干涉系统的用途、工作原理、干涉条纹的形状和性质等。【其中根据条件（如：照明、被检元件要求等）灵活分析干涉原理和定域位置，判断干涉条纹分布特点是难点】

6. 平行平板的多光束干涉及应用

多光束干涉形成条件是：平行平板上镀高反膜。干涉强度公式和条纹分布特点。条纹锐度和条纹精细度的定义。

基于多光束干涉原理的典型应用是：法布里-珀罗干涉仪（Fabry-Perot interferometer，简称 F-P 干涉仪）和干涉滤光片。F-P 干涉仪可用于光谱线精细结构的分析，它的 2 个重要参数为：自由光谱范围（最大测量范围）和分辨本领。干涉滤光片是一种能够从白光中过滤出近单色光的多层膜系。它光学性能由

以下 3 个参数表征：中心波长（对应透射比最大的波长）、透射带的波长半宽度和峰值透过比。

第十章 光的衍射

一. 教学要求

通过本章 10 课时的授课和 2 课时的实验，应使学生掌握衍射的定义、衍射系统的构成和衍射的分类；了解衍射公式的推导过程、基本依据和近似条件，明确有透镜系统夫琅和费衍

射公式的物理意义。掌握矩孔、单缝、圆孔和多缝的夫琅和费衍射光强分布公式，并会依此分析其夫琅和费衍射图样的特点。了解夫朗和费衍射和傅立叶变换的关系，掌握光学系统衍射对分辨本领的影响。掌握光栅的相关概念、光栅方程和分光特性，掌握闪耀光栅和阶梯光栅的工作原理、光栅方程和条纹分布性质。

二. 重点难点

1. 衍射的概念

光波在空间传播遇到障碍物（其尺寸与光波波长相当）时，其传播方向偏离直线传播，进入几何阴影中，且呈现不均匀的光强分布的现象叫衍射。

衍射系统由光源、衍射屏和接收屏三部分组成。根据其三者的位置关系，衍射可分为菲涅尔衍射和夫琅和费衍射。夫琅和费衍射和菲涅尔衍射的主要区别和判断依据。

2. 夫琅和费衍射公式及其物理意义

3. 典型孔径的夫琅和费衍射

(1) 矩孔的夫琅和费衍射 衍射装置、光强分布公式、条纹特点及性质。

(2) 单缝的夫琅和费衍射 光强分布公式、条纹特点及性质。

(3) 圆孔的夫琅和费衍射 光强分布公式、条纹特点及性质（爱里斑性质）。

4. 夫朗和费衍射和傅立叶变换

傅立叶变换及其物理意义、光学衍射和傅里叶变换的关系、傅立叶变换性质及应用。

5. 光学系统的分辨本领

无像差光学系统中物点所成的像不是一个点而是一个衍射光斑，这个衍射光斑的光强分布与系统孔径的夫琅和费衍射图样完全相同。

光学系统的分辨本领是指光学系统分辨物的细微结构的能力，即系统能够分辨开两个靠近点物的能力。分辨率判定标准是瑞利判据。望远物镜、照相物镜和显微镜物镜的分辨本领表示及相应公式。

6. 多缝的夫琅和费衍射 多缝参数、光强分布公式和光强分布特点。

7. 光栅

光栅是能够对入射光波的振幅或位相进行空间周期调制，或对振幅和位相同时进行空间周期调制的光学元件。光栅按调制方式不同可分为振幅型或位相型；按工作方式不同可分为透射型或反射型；按工作表面不同可分为平面型或凹面型；按制作方法不同又可分为机制光栅、复制光栅和全息光栅等。光栅的夫朗和费衍射图样被称作光栅光谱，光栅的主要作用是分光。光栅方程、光栅的色散、光栅的色分辨本领和光栅的自由光谱范围定义、公式。

其他典型光栅：闪耀光栅、阶梯光栅。

第十一章 光的偏振和晶体光学基础

一. 教学要求

通过本章 16 课时的授课和 2 课时的实验，应使学生掌握自然光、偏振光和部分偏振光的概念、特征和偏振光产生的一般方法；会利用菲涅尔公式、布儒斯特定律、马吕斯定律求解计算问题；明确与晶体光学有关的相关概念，如晶体的光轴、主平面、主截面、单轴晶体和多轴晶体、正晶体和负晶体等；会用惠更斯原理作图法分析光在晶体中的双折射性质；掌握典型偏振器件工作原理和一般分析方法；会用矩阵方法表示偏振光和偏振器件，并利用矩阵求解偏振系统的出射光；掌握偏振光的干涉原理、装置和公式推导，掌握正交偏振器系统和平行偏振器系统干涉的光强分布及其特点，了解偏振光干涉的典型应用。掌握旋光现象和相关公式。

二. 重点难点

1. 自然光、偏振光和部分偏振光

自然光、偏振光和部分偏振光的定义。部分偏振光的表示（偏振度）。产生偏振光的一般方法有：反射折射法、二向色性法、散射法和双折射法。

2. 布儒斯特定律及其应用

布儒斯特定律：自然光投射到两种介质的分界面上时，若入射角和折射角满足关系，则反射光中没有振动方向平行于入射面的分量。基于该定律可设计出玻璃片堆和偏振分光镜等起偏器件。

3. 马吕斯定律

从起偏器出射的光强为 I_0 的光经过一检偏器，其出射光强 I 随两器件透光轴的夹角 q 而变化。即： $I = I_0 \cos^2 q$ 。

4. 晶体与晶体光学的相关概念

晶体的双折射、o 光和 e 光、晶体的光轴、主平面、主截面、单轴晶体和多轴晶体、正晶体和负晶体等概念。【其中分析晶体的主平面、主截面和晶体快慢轴的关系是难点】

5. 惠更斯作图法分析晶体双折射性质

6. 偏振器件的作用、工作原理及特点

偏振器件按用途可分为起偏器件、分束棱镜和波片三大类。它们的名称、制作方法和工作原理。【其中 3 种波片对不同偏振态入射光的作用容易混淆，是学习难点】。

7. 偏振光的矩阵表示和运算

矩阵方法是表示偏振光和研究偏振光变换的有效方法，通常涉及到的问题有三类：1) 求偏振光的归一化矩阵；2) 求偏振器件的琼斯矩阵；3) 求经偏振器件变换后出射光的偏振性质。

8. 偏振光的变换和判断

利用偏振器件可以产生偏振光、变换偏振光，并能分析和判断偏振光的性质。【该问题涉及到偏振器件的性质和应用，问题灵活且容易混淆，是学习难点】。

9. 偏振光的干涉 偏振干涉装置、公式、干涉图样特点分析、应用。

