

《普通物理实验—光学实验》教学案例

本节导读

该部分的案例主要介绍了《普通物理实验》课程的性质，给出了物理实验教学设计的指导思想及评价方式，并选取了《普通物理实验—光学实验》中的《双棱镜干涉》和《迈克尔逊干涉仪》实验课程的教学案例。

一、课程的性质和地位

基础物理实验分为两大类：第一类《普通物理实验》课程是物理学专业教育基础课，该课程由三个部分构成：《普通物理实验 1—力学、热学部分》，第 3 学期开设；《普通物理实验 2—电学部分》和《普通物理实验 3—光学部分》在第 4 学期开设；第二类《大学物理实验》课程是非物理学专业（电气、电子等专业）的专业基础课，在第 3 学期开设，同时又是一些非物理学院（数学、计算机、城环）学生的专业必修课，第 3 学期开设。

本课程是对学生进行实验教育入门的课程，侧重学生的实验基础训练。使学生在物理实验的基础知识、基本方法和基本技能等方面受到较系统的训练，培养学生初步的实验能力、良好的实验习惯以及严谨的科学作风，使学生具有良好的实验素质，同时又为后继的实验课程及以后的工作打好基础，进而培养学生提出问题、分析问题和解决问题的能力。

二、教学设计的指导思想

教学中应该教给学生什么是很重要的。老师不仅要培养学生学会学习、学会质疑进而学会创新的能力，同时教会学生在学习知识的同时还要学会做人。这就要求教师要在教学中能够充分体会“学生是学习主体”的真正内涵。物理实验课基本上每 10 名学生分为一个实验组，每个老师一节课同时指导两个实验组每组实验的内容不同，实验课的授课时间基本为 3 个学时。本实验课教学设计本着如下原则：

（1）了解学生，因人施教

首先了解学生对所要学习知识的掌握情况：任课教师在第一节课上，将有

20 分钟的时间让同学们介绍他们所学知识及实验了解的情况。教师将迅速做出判断，然后针对不同的学生建立不同的上课方案，尽可能做到因人而异，因材施教。

其次，了解学生的性格特点：在学生介绍情况的同时，教师通过学生的言谈举止，速给学生分类：外向好动型、内向腼腆型等。对于不同性格特点的学生，任课教师将在教学中有意识的引导他们，尽可能调动每个同学的学习积极性，培养同学主动学习的意识。

(2) 营造氛围，心理减压

在大多数学生的潜意识里认为物理难学，物理实验难做，尤其是光学实验更难做。因此在实验教学中，指导教师会告诉同学们将利用这段上课的时间“玩好”，在心理上让同学们放松。事实上，本科的光学实验主要是研究可见光部分，实验现象虽然很难实现，但是一旦实验做成功，那种神奇的、可见的震撼效果是其它物理实验很难体会到的，所以要让同学们减轻心理的压力，让大家喜欢光学实验进而喜欢物理。所以希望光学实验课堂气氛是活跃的，让同学们在轻松愉快的过程中体会实验课的魅力、光学的神奇及主动学习带来的自信。

(3) 学生主导，教师引导

光学实验课是学生主导课堂的学习，指导教师作为学习的引导者。课堂主要任务交给学生来完成，学生通过分小组讨论、合作探究、讲解等方式主动成为课堂的主人，进而培养学生独立学习、合作研究等多方面的能力。

(4) 鼓励为主，严格要求

多数学生对自己不自信，学生不相信在老师的引导下，自己也可以把很多知识学好。因此指导教师在教学过程中尽可能去鼓励学生，帮助他们树立信心，培养学生的自信。物理实验课一个很重要的目的是培养学生严谨的科学态度，因此光学实验课的教学对学生是高标准、严格要求的，并且这一要求贯穿整个教学过程。

(5) 多维考核，客观评价

在光学实验课的教学中，为了能培养和训练学生的综合能力，实验课考核是比较复杂的，光学实验课对学生进行多维度、综合、立体的考核方式，对学生的学习进行客观评价。

三、教学设计的主要内容

(一)“光学实验”教学方法:

光学实验课教学多种教学方法并用,主要教学方法如下:

1. 自主型教学方法:学生分组讨论、学生自主探究、学生讲解探究结果、学生归纳总结等;
2. 共同解决问题型教学方法:教师设计问题障碍、师生共同讨论、教师引导学生解决问题、教师引导学生归纳总结等;
3. 提示型教学方法:教师在重点及难点处讲解、学生归纳总结后,教师进行最终总结示范等。

(二)“光学实验”评价考核:

光学实验课的考核由平时成绩、期末考试和设计实验三部分组成:

1. 平时成绩 (50 分), 包括:

- | | |
|------------------------------|----------|
| 课前预习: 做好预习, 课堂提问, 课堂讲解; | } (35 分) |
| 实验操作: 仪器调节、数据测量、数据记录; | |
| 实验报告: 数据处理、问题分析、实验感悟。 (15 分) | |

2. 期末考试 (30 分)

- 笔答 (9 分)
- 操作 (21 分)

3. 设计实验 (20 分)

- 实验方案 (自行完成);
- 实验操作 (自行完成);
- 结果汇报 (8 分钟 PPT 报告)。

(三)“光学实验”教学案例:

案例一: 双棱镜干涉

知识与技能:

1. 观察双棱镜产生的双光束干涉现象, 进一步理解产生干涉的条件;
2. 学会用双棱镜测定光波的波长。

教学过程与方法:

本节课的教学时间为 3 学时, 教学过程基本分为六个步骤: 预习提问、观察讨论、归纳总结、难点解决、实验操作、知识及能力拓展。

第一步: 预习提问 (5 分钟)

提问学生回答预习情况: 教师分析目前学生所了解掌握的和未了解的部分。

第二步: 观察讨论 (10 分钟)

1. 让本组 10 名学生自由组合, 分成 2 人以上的小组, 对本次实验的仪器进行观察, 并进行讨论;
2. 通过学生观察、讨论, 比较本次双棱镜干涉实验和杨氏双缝实验 (高中已学过), 找出两个实验的相同点和不同点。

第三步: 归纳总结 (10 分钟)

1. 学生归纳总结两个实验的相同点:
 - a) 干涉原理相同: 都是双光束干涉;
 - b) 实验的应用相同: 测量光源波长;
 - c) 测量波长原理相同: $\lambda = \frac{d}{D} \Delta x$;

其中 λ : 光波波长; d : 双缝间距; D : 双缝到接收屏距离; Δx : 干涉条纹间距

2. 学生归纳总结两个实验的不同点:

分光元件不同:

杨氏双缝中的分光元件: 双缝;

双棱镜干涉的分光元件: 双棱镜。

第四步: 难点解决 (15 分钟)

1. 引导学生进一步讨论分析如何确定双棱镜干涉实验中的 d 和 D ;

- a) 引导学生了解双棱镜的分光原理, 引导学生给出结论:

双棱镜干涉实验中的 d 是双棱镜分开两束光反向延长线形成的两个虚光源间距;

- b) 进一步引导学生讨论, 共轴条件下, 两个虚光源与单缝在相同的位置并分布在单缝的两侧, 因此得出结论:

双棱镜干涉实验中的 D 为单缝到接收屏的距离。

2. 通过上述讨论, 进一步提出问题, 即本实验的重点和难点: **双棱镜干涉实验**

中的两个虚光源间距 d 的测量。

3. 引导学生进一步思考，并讨论如何测量两个虚光源间距 d ：如何将无法直接测量的虚光源转换为可以直接测量的量；

4. 学生讨论后给出结论：可以利用凸透镜成像，将虚光源转换为实像（引导学生可以课下思考：除此是否还有其他测量方法）；

5. 在上述结论的基础上，进一步引导学生讨论如何用凸透镜成像测量出两个虚光源的间距：

一般情况，学生通过思考和讨论可以提出两种方法：

a) 物距像距法，利用成像公式得到；

b) 两次成像法，利用物屏位置不变的情况下，透镜的两次成像进行测量。

6. 引导学生课下拓展思考：是否有其它测量虚光源间距的方法。

第五步：实验操作（90 分钟）

1. 实验的原理及实验的重点和难点讨论清晰后，学生开始实验的操作：

1) 光学元件等高同轴的调节

学生讨论如何调节光具座上实验仪器的等高同轴，从学生的办法中指导老师帮助归纳总结出有效的经验供其他同学参考；

2) 读数显微镜的使用

学生讨论读数显微镜的使用及读数，指导教师帮助同学总结如何正确使用和读数；

3) 实验数据测量（思考如何精确读数），多次测量求平均值

a) 虚光源到接受屏距离 D 的测量

虚光源到接收屏距离 D 为单缝到接收屏的距离；

b) 虚光源间距 d 的测量

学生可以自行选择前面讨论的两种方法之一进行 d 的测量；

c) 干涉条纹的调节

学生自己进行仪器的调节得到干涉条纹，教师引导学生思考产生干涉的条件；对于动手能力较差的学生，指导教师帮助找到原因后鼓励学生自己调节得到干涉条纹，让学生总结得到干涉条纹的三个条件：元件的等高同轴（不同轴会有怎样的影响）；单缝足够窄（为什么）；单缝和双棱镜的棱脊平行。

- d) 干涉条纹间距 Δx 的测量
- e) 利用前面讨论的原理求出光源的波长

2. 讨论分析误差产生的原因

第六步：知识及能力拓展（5 分钟）

1. 引导学生查阅文献：研究其它测量波长的方法；
2. 引导学生对本实验进行深入研究：
 - 1) 单缝及双棱镜的分光原理与迈克尔逊干涉仪中的分光有何不同？
 - 2) 单缝的宽度对实验有怎样的影响；
 - 3) 设计方案，测量双棱镜的折射率及棱镜角；
 - 4) 设计方案，观察白光的干涉现象；
 - 5) 设计方案，测量氦氖激光的波长。

情感、态度与价值观：

1. 通过分组讨论的方式引导学生主动学习和思考，培养团结协作的团队意识；
2. 通过引导学生自己归纳总结出各种结论，培养学生的自信和抗挫折能力及表达能力；
3. 通过比较的方法使学生对双棱镜测波长的原理有清晰的把握，同时将学过的知识融汇贯通；
4. 通过实验中的严格要求培养学生严谨的科学态度；
5. 师生间的互动交流，促进教学相长，从学生的讨论中，老师也会受到很大启发。

案例二：迈克尔逊干涉仪

知识与技能：

- 1) 掌握迈克尔逊干涉仪的调节方法并观察各种干涉图样；
- 2) 区别等倾干涉、等厚干涉；
- 3) 利用等倾干涉测量钠光的波长，调节出白光的等厚干涉。

教学过程与方法：

本节课的教学时间为 3 学时，教学过程基本分为六个步骤：预习提问、观察讨论、归纳总结、难点解决、实验操作、知识及能力拓展。

第一步：预习提问（5分钟）

1. 学生在白板画出迈克尔逊干涉仪的光路图并分析光线的传播（光学课学过），其他同学改错；
2. 教师强调干涉仪中分光元件及补偿板的作用。

第二步：观察讨论（10分钟）

学生自由分组观察讨论，随意进行实验仪器的调节。要求学生在不参考实验教材的前提下，只结合光路图，研究仪器的构成、读数及使用等，并观察看到的实验现象。

第三步：归纳总结（10分钟）

1. 学生归纳总结仪器的构成、读数及使用等；
2. 学生交流仪器的调节经验及观察到的现象；
3. 教师在学生讲解的基础上归纳总结仪器的构成、读数，使学生对迈克尔逊干涉仪有整体的了解和把握；
4. 教师在学生交流的基础上，引导学生分析观察到的实验现象，基本可以分为三类：观察到干涉圆环，观察到干涉直条纹，什么也没看到。

第四步：原理分析（15分钟）

1. 引导学生分析干涉圆环出现的原理：

1) 平面镜 M1 平行于平面镜 M2：等倾干涉，干涉图样为圆环

空气膜 d 变大，干涉环“涌出”

空气膜 d 减小，干涉环“陷入”（让学生课下计算为何 d 变化时，干涉环会有上述变化？）

“涌出”“陷入”一环，空气膜厚改变 $\lambda/2$ ，根据此原理有，当连续“涌出”、“陷入” N 环，空气膜厚改变 Δd ，则有：

$$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}, \text{ 测量波长的原理。}$$

2) 引导学生思考，如何调节空气膜 d 趋近零

2. 引导学生分析干涉直条纹出现的原理：

平面镜 M1 不平行于平面镜 M2：等厚干涉，干涉图样为直条纹；

1) 直条纹平行于平面镜 M1 与平面镜 M2 的虚像 M2' 的交棱，交棱处空气膜 d 为零，当空气膜 d 增大时，条纹弯曲；

2)直条纹的宽窄与平面镜 M1 和平面镜 M2 的虚像 M2' 形成空气膜的夹角有关：夹角变大，条纹变窄；夹角变小，条纹变宽；

3. 引导学生思考分析什么也没有看到的原因(有相当难度，因此留在课下完成)；

4. 师生互动，分析不同光源（激光、钠光、白光）的相干性，得出白光的相干长度最短，钠光其次，激光相干性最好的结论。

第五步：实验操作（90 分钟）

1. 学生交流仪器的调节经验；

2. 指导教师帮助归纳总结仪器的调节使用，重点引导学生关注下列调节：

1) 引导学生调节时注意相干两束光的光程差尽可能小（光源的相干性决定）；

2) 引导学生通过环的“涌出”“陷入”判断 d 的变化；

3) 引导学生判断调节得到完全等倾干涉；

4) 在白光等厚干涉调节中，引导学生如何判断 d 接近零。

3. 实验数据测量，多次测量取平均值；

4. 实验误差分析；

5. 与其它测量波长的方法进行比较。

第六步：知识及能力拓展（5 分钟）

实验过程中引导学生提出问题，如：

1) 迈克尔逊干涉仪中的“环”和牛顿环中的“环”的区别；

2) 钠光双线对实验的影响；

3) 实验中白屏有怎样的作用；

4) 什么是定域干涉与非定域干涉；

5) 怎样用白光的等厚干涉现象测量薄玻璃板的折射率；

6) 迈克尔逊干涉仪中补偿板的作用等。

授课教师：李金环（东北师范大学）