

# 基于学习进阶理论的中学物理教学设计

——以“探究圆柱凸透镜成像规律”为例

印敏洁

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

倪亚贤

(苏州大学东吴学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2021-07-25)

**摘要:**以学习进阶理论为指导,对“探究圆柱凸透镜成像规律”的教学进行设计.在学生原有认知的基础上,根据学生的思维发展特点,确定“进阶起点和终点”,规划“进阶路径”,逐层递进,引导学生探究出圆柱凸透镜的成像规律,培养学生科学思维与解决实际问题的能力.

**关键词:**学习进阶 教学设计 圆柱凸透镜成像规律

《初中物理课程标准》中提出这样的建议:用盛水的玻璃杯和球形烧瓶代替凸透镜来研究成像规律.苏科版物理八年级(上)第四章中的第四讲有一道课后思考题:在水杯后面放置一个小泥娃,透过水杯进行观察,改变泥娃与水杯的距离,描述你所看到的像的特点,并分析产生这一现象的原因.学生通过课堂基础知识的学习,对凸透镜成像规律已有基本了解,但是对圆柱凸透镜的成像规律理解起来还有一定的困难.本文将运用“学习进阶”理论<sup>[1,2]</sup>,引导学生通过实验探究,了解圆柱凸透镜的成像规律.

## 1 学习进阶

学习进阶理论最早是由美国学者提出的一个教学概念,并逐步成为中西方国家教育研究的热点话题.学习进阶是对学生连贯且逐渐深入的思维方式的假定描述,在一个适当的时间跨度下,学生在学习和探究某一重要的知识或实践领域时,其思维方式逐渐进阶<sup>[3]</sup>.不同的研究者对“进阶”有不同的理解,但其本质都是强调学生思维的依次进阶、逐层深化,借助教师所搭建的“脚手架”来达到学习目标.

## 2 教学分析

### 2.1 教材和学情分析

苏科版物理八(上)教材介绍了光的折射,列举

了凸透镜和凹透镜的一些形状,并且重点讨论凸透镜的成像规律.然而现实生活中引起光的折射现象的材料不尽相同,例如“课后思考题”中提到的水杯成像规律,或者圆柱透镜、球形烧杯.在没有可以直接套用的知识点的情况下,要让学生确切描述水杯成像的原理、凸透镜成像与水杯成像之间的联系与区别,显然存在一定知识迁移的困难.

### 2.2 分析进阶起点

进阶起点是指学生在学习某一新概念之前就应该掌握的知识和能力.在探究“圆柱透镜成像规律”之前<sup>[4~6]</sup>,学生已探究过凸透镜成像规律,基本能够掌握实验原理、熟悉实验过程、具备一定实验探究能力.

### 2.3 确定进阶终点

进阶终点是整个教学活动最终所要达到的目标.本节课的目标是:在学生已有认知基础之上,引导学生进行科学探究、逐阶递进,探究出圆柱透镜成像规律,解决实际问题.

### 2.4 规划进阶流程

学习进阶中的“进”是指前进的方向,即学习活动要达成的目标;“阶”是指为实现目标,教师所搭建的“台阶”.在学习的起点与终点之间,存在着数个相互联系的“阶”.如何有效建立“阶”与“阶”之间

作者简介:印敏洁(1998-),女,在读硕士研究生,研究方向为物理学科教学.

通讯作者:倪亚贤(1978-),女,博士,副教授,研究方向为特异材料的电磁波散射、物理课程教学论.

的联系,构建合理的学习探究路径,是整个学习活动成败的关键.基于进阶理论的教学设计要做到:

(1) 确定起点与目标;(2) 设置阶层级;(3) 规划学习路径.进阶流程图如图1所示.

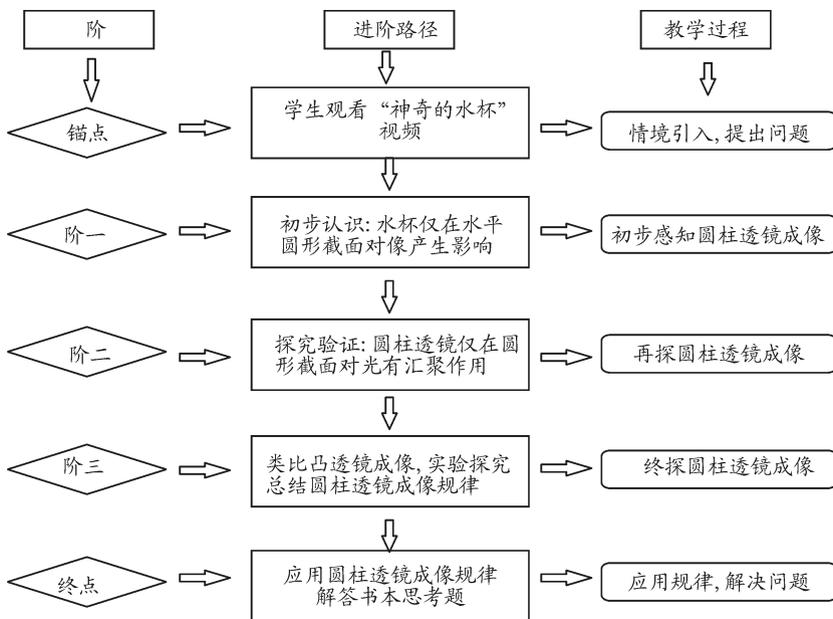


图1 进阶流程

### 3 教学设计

#### 3.1 从锚点到阶一的路径

**活动一:**教师播放“教学视频”,内容如图2所示.透过水杯的英文字母“won”变成了“now”,数字“081”变成了“180”,数字“800”变成了“008”,图形“箭头”变短了.

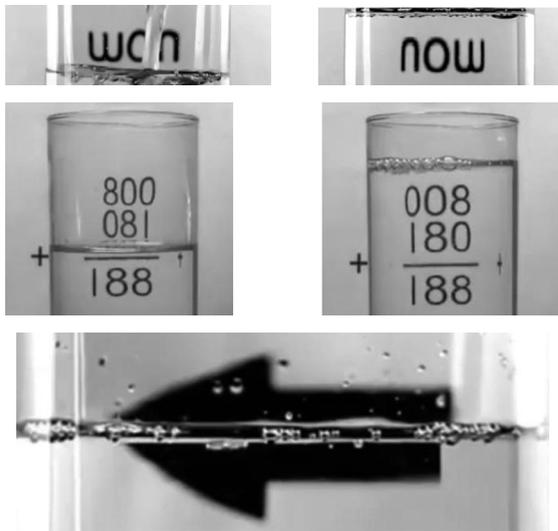


图2 视频实验现象

**设计意图:**以往学生透过水杯观察到的现象基本上都是“放大”“缩小”“变长”“变短”等.上述实验现象打破学生原有认知结构,引起学生的好奇心和思考.播放视频可以解决因个人视觉误差带来的弊

端,为学生提供更清晰的视觉感受.同时也为后续问题的引出作铺垫.

#### 活动二:教师提出问题

我们通常把装水杯看成凸透镜来研究,那么透过水杯所成的像究竟有什么特点?与常规凸透镜成像规律是否一致?

学生思考讨论,教师引导学生利用身边的实验器材进行探究.

**设计意图:**教师通过点拨提问,引导学生思考水杯成像特点,类比探究凸透镜成像规律实验,架起锚点与阶一探究实验之间的桥梁.

#### 3.2 从阶一到阶二的路径

##### 活动一:学生提出猜想

猜想一:平面镜成镜像,水杯成像也类似于平面镜成像;

猜想二:在某个特殊位置像会左右旋转 $180^\circ$ 且等大,在非特殊位置不会旋转但会变短;

猜想三:像的长度时而长时而短,但高度不变;

猜想四:类似于凸透镜成像,但像的变化方向不同;

……

##### 活动二:设计实验方案

**实验器材:**印有汉字“物理”的白纸和纸条各1张、玻璃水杯、带有照相功能的手机等.

**实验步骤:**

(1) 将一张白纸固定在背景板上,另一张则粘贴在水杯上,作为参照对象。

(2) 调整水杯的位置,使得背景汉字、水杯的几何中心和摄像机镜头处于同一直线。

(3) 使水杯从距离背景较近的位置逐渐远离,调整摄像机镜头到达水杯的距离,直到屏幕上呈现清晰的像,同时进行拍摄记录。

**活动三:学生分组实验**

学生两人为一组,进行实验探究.实验结果如图3所示。

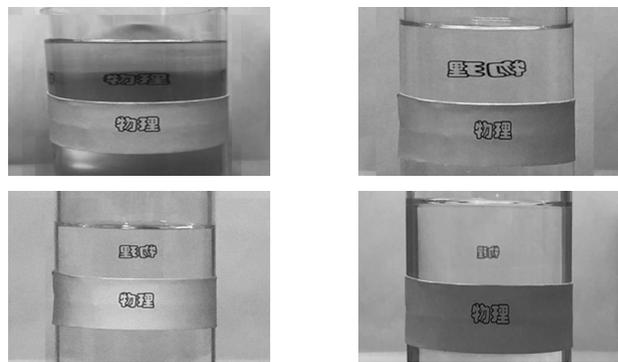


图3 分组实验现象

**活动四:教师提问**

像的具体变化情况是什么,哪些维度发生了变化?方向有什么变化?长度与宽度是不是同时变大或变小?有没有可能仅是高度或宽度发生变化?

教师引导学生跳出“像变大或变小”的单一思维圈,思考“像”在方向、长度、宽度等维度的具体变化情况,带领学生通过实验探究,初步感知“像的高度不发生变化,宽度发生变化,即圆柱透镜成像仅在水平圆形截面发生变化,而在竖直矩形截面不发生变化”。

**设计意图:**通过科学探究,学生能体会像的真实变化情况,增强活动感受.设置问题梯度,引导学生初步产生“水杯所成的像高度不变,宽度变化”的想

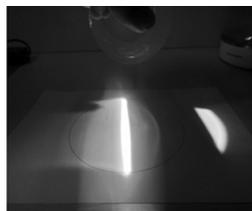
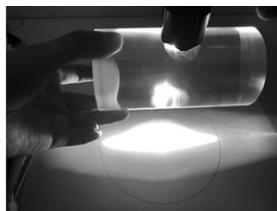


图4 手电筒光斑的变化

通过实验,学生发现沿着透镜圆形截面方向对光有会聚作用,沿着矩形截面方向对光无会聚作用,

法,为下一阶的验证实验做铺垫。

**3.3 从阶二到阶三的路径****活动一:初遇圆柱透镜**

教师向学生展示圆柱形有机玻璃(直径6 cm,高度12 cm)并对其进行简要介绍(简称PMMA,化学名聚甲基丙烯酸甲酯,其折射率为1.49,经抛光处理后,表面光滑平整,透光性能好)。学生动手观察并分析透镜几何特点,即成圆柱形,水平截面为圆形,竖直截面为矩形.教师引导学生对比“凸透镜几何特点”:中间厚边缘薄,对光有汇聚作用.分析得出:圆柱透镜水平截面中间圆,两边薄,对光有会聚作用;竖直矩形截面中间与上下厚度相同,对光没有会聚作用。

**活动二:学生提出猜想**

圆柱透镜在竖直方向上对像没有影响,只在水平方向上对像产生影响。

**活动三:设计实验方案**

**实验器材:**圆柱形有机玻璃、手电筒、一张A4白纸、圆规。

**实验步骤:**

(1) 用圆规在A4纸上画出一个半径为7.5 cm的圆。

(2) 白纸放置在水平桌面上,将手电筒悬挂于白纸正上方,调整手电筒与白纸之间的距离,直至手电筒发出的圆形光斑与白纸上面的圆重合,此时,将手电筒固定不动。

(3) 将玻璃沿南北方向放置,比较形成的光斑与背景圆形图案。

(4) 将玻璃沿东西方向放置,比较形成的光斑与背景圆形图案。

**活动四:学生分组实验**

学生以两人为小组,进行实验探究.实验结果如图4所示。

从而验证猜想。

**设计意图:**上述实验,把复杂的圆柱透镜成像问

题从两个维度简化为一个维度,降低探究难度,符合学生的认知发展水平,并引导学生将其与凸透镜成像联系起来,形成知识脉络。

### 3.4 从阶三到终点的路径

#### 活动一:教师提问

既然圆柱凸透镜在矩形截面方向对光有会聚作用,在圆形截面的方向上对光没有会聚作用,是不是可以只考虑水平截面的影响?与凸透镜成像有什么联系?

#### 活动二:学生提出猜想

圆柱凸透镜在沿着圆形截面的方向上类似于常规的凸透镜,成像规律类似于常规凸透镜成像规律。

#### 活动三:回顾凸透镜成像

**成像规律:**当  $u < f$ ,成正立放大的虚像;当  $u = f$ ,不成像;当  $f < u < 2f$ ,成倒立放大的实像;当  $u = 2f$ ,成倒立等大的实像;当  $u > 2f$ ,成倒立缩小的实像。

**设计意图:**带领学生回顾先前所学的“探究凸透镜成像规律”实验可以帮助学生建立新旧知识之间的联系,引导学生利用类似的实验方法探究“圆柱透镜成像规律”。

#### 活动四:设计实验方案

**实验器材:**有机玻璃、印有“F”字母的白纸和纸条各1张、皮尺等。

#### 实验步骤:

(1)将打印有“F”字母的白纸固定不动,将另一张纸条粘贴在玻璃上,作为对照组。

(2)调整玻璃、背景白纸和眼睛的高度,使三者位于同一直线上。

(3)使得玻璃从距离白纸较远处逐渐靠近白纸,调整眼睛到玻璃的距离,直到观察到像,注意观察,像的大小、左右方向是如何随物距的减小而变化的。

(4)调整物距,使字母在光屏上分别成“左右反向、缩小”“左右反向、等大”“左右反向、放大”“左右同向、放大”的像,多做几次,测量并记录物距和像距。

#### 活动五:学生分组实验

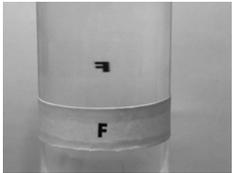
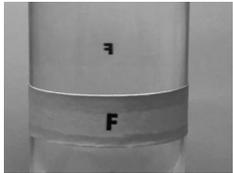
甲、乙两同学为一组进行实验,先由甲同学进行观察并在表1中记录成像特点,乙同学动手操作。一组结束后,甲、乙同学交替完成实验。实验结果如表2所示。

**设计意图:**本实验是以人肉眼观察到的现象为结果,不同的人对同一实验现象会有视觉误差。因此,甲、乙同学轮流观测并记录结果,会增加实验的可靠性。

表1 实验记录表格

序号	物距 $u/cm$	像距 $v/cm$	像的性质
1			
2			
3			
4			
...	...	...	...

表2 圆柱透镜成像结果

物距/cm	3.6	6.5	10.1	12.4
特点	高度不变,左右放大	高度不变,左右反向,左右放大	高度不变,左右反向,等大	高度不变,左右反向,左右缩小
成像				

#### 活动六:总结成像规律

教师引导学生类比凸透镜成像规律特点(一倍焦距分虚实、二倍焦距分大小、二倍焦点物像等),总结归纳圆柱透镜成像规律(与凸透镜不同的是,圆柱

透镜成像仅仅在水平方向上发生“大小”变化),完成成像规律表格,如表3所示。

**设计意图:**通过类比凸透镜成像规律,帮助学生快速总结规律,培养学生的迁移能力。

表3 圆柱透镜的成像规律

物距	像的性质			像距
	像与物左右关系	放大或缩小	实像或虚像	
$u > 2f$	左右反向	水平缩小	实像	$f < v < 2f$
$u = 2f$	左右反向	等大	实像	$v = 2f$
$f < u < 2f$	左右反向	水平放大	实像	$v > 2f$
$u = f$	/			
$u < f$	左右同向	水平放大	虚像	$v > u$

**活动七:**学生以组为单位交流讨论

运用圆柱透镜成像规律,描述课后思考题“泥娃娃”的成像特点。

**设计意图:**运用探究所得解决实际问题,做到学以致用,培养学生分析解决实际问题的科学素养。同时,能否解决实际问题也是衡量学习目标是否达成的依据。

**4 结束语**

本节课基于学习进阶理论就“探究圆柱凸透镜成像规律”进行教学设计,根据“起点”划分“阶层”,设置“学习路径”,达到“终点”。通过“锚点”引出探究问题,三阶相连,且每个阶层均包含科学探究和科学思维过程、层层递进,符合学生认知发展水平,有利于培养学生的科学思维和实验探究能力,符合核

心素养的培养要求。

**参考文献**

- 1 沈建东.“学习进阶”理论视域下的科学探究——以“探究凸透镜成像规律”为例[J]. 中学物理,2020,38(20): 38~40
- 2 刘安巍.基于“学习进阶”的高中物理课堂教学设计——以人教版“万有引力定律”为例[J]. 中学物理,2021, 39(1):26~30
- 3 郭玉英,姚建欣.基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J]. 课程·教材·教法,2016,36(11):64~70
- 4 叶韵.圆柱透镜成像规律探究[J]. 物理教学,2020, 42(2):46~49
- 5 廖永容,杨晓梅,肖瑜.圆柱状透镜的趣味实验原理分析[J]. 物理教师,2018,39(9):56~58
- 6 时益江.作图与实验结合揭开柱形凸透镜奥秘[J]. 中学物理,2020,38(14):29~30

## Middle School Physics Teaching Design Based on Advanced Learning Theory

—Taking *Exploring the Imaging Law of Cylindrical Convex Lens* as an Example

Yin Minjie

(School of Physical Science and Technology, Soochow University, Jiangsu, Suzhou 215006)

Ni Yaxian

(Soochow College, Soochow University, Jiangsu, Suzhou 215006)

**Abstract:** Guided by the theory of advanced learning, the teaching of "Exploring the Law of Cylindrical Convex Lens" was designed. On the basis of the students' original cognition and according to the characteristics of the development of students' way of thinking, the author determines the "starting point and end point" and plans for the "advanced path" that goes forward step by step. Meanwhile, the author intends to guide the students to explore the imaging law of the cylindrical convex lens and cultivate students' scientific thinking quality and ability to solve practical problems.

**Key words:** advanced learning; instructional design; cylindrical convex lens imaging law