

物理实验



# 基于“冲淡”重力斜面实验的 “自由落体运动”教学设计

陈晓媚 王笑君

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2017-04-27)

**摘要:**将伽利略设计的“冲淡”重力斜面实验引入“自由落体运动”一节的新课教学中,重新设计了斜面实验以模拟伽利略对自由落体运动的研究,让学生经历与前人相似的实验过程,从而探究自由落体运动的规律,更贴近物理学史的事实。

**关键词:**斜面实验 自由落体运动 教学设计

人民教育出版社普通高中课程标准实验教科书《物理·必修1》<sup>[1]</sup>第二章第5节为“自由落体运动”,教学内容如图1所示。



图1 “自由落体运动”教学内容

第6节为“伽利略对自由落体运动的研究”,教学内容如图2所示。

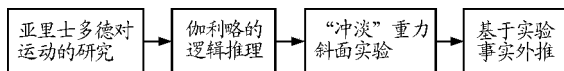
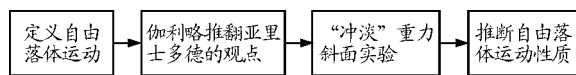


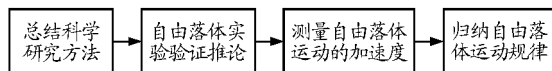
图2 “伽利略对自由落体运动的研究”教学内容

传统教学通常是按照教材的编排,将自由落体运动的规律探究与物理学史分开来讲.在学完自由落体运动一节后,由于实验条件的限制,许多教师没有将下一节中教材中提到的“冲淡重力”斜面实验重现出来,实际教学缺乏真实情境,造成学生对伽利略的科学思想方法只处于浅层的认识和了解,不利于学生核心素养的培养。

《普通高中物理课程标准(2017年版)》<sup>[2]</sup>中要求:通过实验,认识自由落体运动规律;结合物理学史的相关内容,认识物理实验在物理学研究中的作用.斜面实验是伽利略研究落体运动规律的关键,因此本教学设计将第6节中伽利略的“冲淡”重力斜面实验引入第5节自由落体运动的新课教学,重新设计了斜面实验,再现伽利略斜面实验研究,探究自由落体运动的性质.对教材这两节内容的重新整合如图3所示,本文对整合后的“自由落体运动”一节内容制定了教学设计。



(a) 第5节“自由落体运动”



(b) 第6节“伽利略对自由落体运动的研究”

图3 教学内容重新整合

## 1 教学目标设计

- (1) 认识自由落体运动并知道其定义;
- (2) 重现伽利略研究自由落体运动的过程,通过逻辑推理和实验理解自由落体运动是一种匀加速直线运动;
- (3) 体会实验对物理学发展的推动作用和科技进步带来的便利。

## 2 学生情况分析

笔者实施本教学设计的对象是高一学生,在此前他们刚刚结束对匀变速直线运动规律的学习,具备描述运动基本概念的基础知识.但是,伽利略对自由落体运动的研究过程逻辑性强,斜面实验的设计、操作都是教学的难点。

## 3 教材实际处理

(1) 第5节. 引进伽利略“冲淡”重力的斜面实验,将亚里士多德对运动的描述、伽利略对自由落体运动的研究整合到自由落体运动规律探究的教学过程中,并在实验前说明伽利略开展自由落体运动规

律研究的前提是忽略空气阻力。

(2) 第6节. 增加验证自由落体规律和测量自由落体加速度的实验内容; 归纳自由落体运动的速度-时间公式、位移-时间公式和速度-位移公式; 补充史料如伽利略的数据手稿、比萨斜塔落体实验<sup>[3,4]</sup>等。

#### 4 “冲淡”重力斜面实验设计

伽利略当时计时工具不够精确, 于是用小球沿平滑斜面滚下过程代替竖直下落过程, 即“冲淡”重力, 使得小球缓慢运动。为了更加接近历史事实, 体验逻辑推理在研究物理问题中的重要性, 笔者重新设计了斜面实验, 呈现物理学家伽利略精妙的实验设计和技巧, 使学生学习自由落体运动的同时, 经历与前人相似的探究过程。

**实验说明:** 采用小角度的斜面, 当滑块速度较小时, 气垫导轨的空气粘滞阻力可以近似看成恒力, 因此不会影响实验结论。

**实验器材:** 气垫导轨、滑块、光电门和数字计时器, 如图4所示。



图4 实验器材

#### 实验过程:

(1) 调节气垫导轨一端高度使其形成倾斜斜面, 打开开关, 将滑块放上气垫导轨并无初速释放。

(2) 将3个光电门分别放置在实验前设定好的位置。接通数字计时器的电源后打开开关, 再次释放滑块, 调试确认仪器完好后将计时器调零。

(3) 预先在 Excel 软件中设计好表格, 交代学生的任务是读数和记录滑块经过每个光电门时的时间(表1), 测量挡光片的宽度, 计算滑块的瞬时速度。

表1 实验数据

$n$	1	2	3	$\bar{t}$	$v$
$t_1$					
$t_2$					
$t_3$					

(4) 开始实验, 在某一高度处无初速释放滑块, 记录数据导入 Excel 表格中画图。同一高度重复实验, 作  $v^2 - x$  图。

(5) 改变实验条件, 分别用不同质量的滑块、在

不同高度处静止释放, 重复实验, 验证速度与时间成正比的猜想。

**实验特点:** 教材中伽利略用“冲淡”重力斜面实验验证  $x \propto t^2$ 。笔者用光电门和数字计时器解决了瞬时速度难以测量的困难, 验证滑块速度的二次方与通过的位移成正比 ( $v^2 \propto x$ )。并用 Excel 软件绘图, 大大提高了实验精度并节省了课堂时间。还可以直接改变斜面倾角, 更好地体会“实验 + 合理外推”的科学方法。

#### 5 教学过程设计

##### 5.1 刻度尺游戏导入新课

**问题1:** 反应时间是怎么计算出来的?

**设计说明:** 学生将注意力转移到物体下落这种运动形式, 产生探究其规律的欲望。

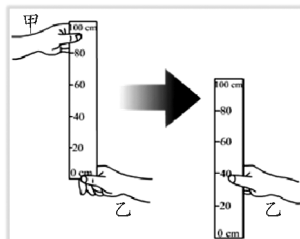


图5 刻度尺游标

##### 5.2 通过亚里士多德的观点回顾历史

**问题2:** 重的物体下落得更快吗? 决定物体下落快慢的因素是什么?

**设计说明:** 引出亚里士多德和伽利略对落体运动的研究, 学生可以体会逻辑推理的力量。

##### 5.3 相同质量的纸张和纸团下落快慢不同形成思维冲突

**问题3:** 为什么日常生活中常见到较重的物体下落得比较快呢?

**设计说明:** 让学生经历与伽利略相同的思考, 体验物理学家研究问题的过程。

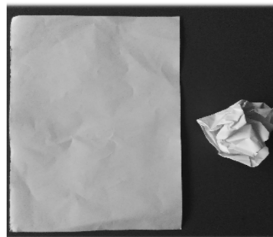


图6 相同质量纸张和纸团同时下落

##### 5.4 演示牛顿管实验 定义自由落体运动

伽利略大胆地确立了新观点: 如果排除空气的

阻力,所有物体将下落得一样快.

**设计说明:**让学生经历与伽利略相同的思考,体验物理学家研究问题的过程,如图7所示.



图7 自由落体实验

### 5.5 参照伽利略的研究思想 设计实验

**问题4:**自由落体运动的规律是什么?

介绍伽利略的猜想:速度应该是均匀变化的,确定用“冲淡”重力斜面实验方法来检验猜想.

**问题5:**收集数据后可以通过什么数学手段验证  $v^2 \propto x$ ?

**设计说明:**突出“猜想与假设”和制定实验方案的过程,学生认识到猜想与假设必须有事实依据,体会科学信念和直觉思维在猜想假设中的指导作用和变量转换法以及数形结合在科学研究中的应用.

### 5.6 斜面实验验证猜想 得出 $v^2 \propto x$

根据重新设计的“冲淡”重力斜面实验进行探究,得出“只要倾角一定,不同质量的滑块沿斜面下落的加速度都相同”的结论.实验数据如表2所示,  $v^2 - x$  关系曲线如图8所示.

表2 实验数据

$n$	1	2	3	$t_{\text{平均}}$	$v^2$	$x$
$t_1$	0.035 0	0.035 8	0.035 2	0.035 3	0.080 100	0.3
$t_2$	0.025 5	0.025 0	0.024 9	0.025 1	0.158 307	0.6
$t_3$	0.021 2	0.020 4	0.020 4	0.020 7	0.234 131	0.9
					0	0

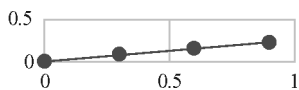


图8  $v^2 - x$  关系曲线

### 5.8 分组实验 外推到所有物体自由下落时加速度都相同的结论

**问题7:**怎样利用小球在斜面上向下的运动结论得到自由落体运动的性质?

**设计说明:**突破难点,将伽利略完整的推理和实验过程融入到自由落体运动规律的探究中,增加大

角度的斜面实验,使得外推结论合理易接受,进而得出自由落体运动是匀加速直线运动的结论(图9).

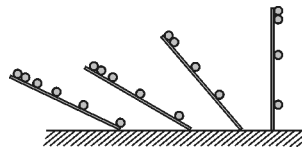


图9 伽利略外推自由落体运动

## 6 教学设计的特点

(1) 调整了教材内容,遵循物理学史的发展进程,将历史上物理学家们对自由落体运动的研究过程渗透在“自由落体运动”一节的新课教学中.

(2) 仿照伽利略的“冲淡”重力斜面实验,更加贴近物理学史的事实,让学生在亲身经历前人的探究过程学习自由落体运动的性质.

(3) 气垫导轨的空气粘滞阻力可被近似看成恒力,在最大程度地还原原始实验的基础上提高实验精度.学生还可以自由设置大角度进行验证,使得伽利略设想斜面角度增大至  $90^\circ$  的“合理外推”更有说服力.

### 参考文献

- 1 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准教科书物理必修1(第3版).北京:人民教育出版社,2010.43~49
- 2 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版).北京:人民教育出版社,2018
- 3 (意)伽利略.关于两门新科学的对话.武际可,译.北京:北京大学出版社,2006.154
- 4 郭奕玲,沈慧君.物理学史(第2版).北京:清华大学出版社,2005.19
- 5 李建彬,胡象岭.“伽利略对自由落体运动的研究”教学设计.物理教师,2016,37(12):5~9
- 6 施坚,李刚.基于物理学史与活动探究的课堂之旅——以人教版教材“伽利略对自由落体运动的研究”为例.物理教学,2015,37(08):4~7
- 7 邓靖武.问题引领对话教学提升学生核心素养——以“伽利略对自由落体运动的研究”为例.中学物理教学参考,2016,45(17):28~30
- 8 金银书.基于学生物理核心素养提升的教学实践——以“自由落体运动”教学为例.湖南中学物理,2017,32(11):18~19
- 9 黄卫良.“伽利略研究自由落体”实验方案创新设计.物理实验,2016,36(03):42~45
- 10 刘伟.伽利略对自由落体运动研究的再现.物理实验,2006,26(03):28~29