

# 趣谈物理课本中的重大观察和实验\*

刘远辉 张宇

(哈尔滨师范大学附属中学 黑龙江 哈尔滨 150080)

(收稿日期:2022-07-10)

**摘要:**介绍2017版新课标配套的高中物理教材(人教社2020年5月第1版)中涉及的一些有趣的观察和实验并适当拓展.

**关键词:**物理观察 物理实验 物理教材

物理学是一门以观察和实验为基础的科学.纵观物理学发展,观察和实验始终都发挥着不可替代的作用.著名物理学家法拉第就曾说:“没有观察就没有科学,科学发现诞生于仔细观察之中”.量子力学开创者之一普朗克也感叹:“物理定律不能单靠‘思维’来获得,还应致力于观察和实验.”

在中学物理教学中穿插介绍物理学发展历程中的一些重大观察和实验,有利于强化学生对物理观察和实验的重要性认识,有利于激发学生学习物理的兴趣,有助于提升学生的物理学科核心素养<sup>[1]</sup>.人民教育出版社的高中物理教材(2020年5月第1版)中,就精心选择介绍了一些有趣的重大观察或实验史实.本文在教材基础上加以梳理并做简要补充.

仔细品味,教材上提供的这些有趣的观察或实验可分为如下几类情况.

## 1 从现象中发现异常引发新发现

在自然科学领域,科学研究会经常遇到异常情况.有的异常可能只是寻常干扰导致,而有的异常却可以启发研究者获得新发现.能否合理评判异常情况,考验着科学家的专业水平和专业敏感<sup>[2]</sup>.

### 1.1 事例——中微子的发现

《选择性必修三》第三章第3节,课本内容中简述了中微子的发现.

1896年法国的贝克勒尔发现了天然放射现象.1898年,英国的卢瑟福将3种放射性射线命名为 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 射线.然而卢瑟福深入研究时,却发现了在放射 $\beta$ 射线过程中存在“总能量不守恒”的“异常”情况!许多物理学家都无法对此“异常”给出圆满解释,就连当时的量子物理权威玻尔也怀疑能量守恒定律是否适用于微观量子世界.1931年,瑞士籍奥地利理论物理学家泡利预言:在该过程中有一种从未发现过的未知粒子“窃取”了一部分能量,才导致所谓的“能量不守恒”.后来人们将该未知粒子称为“中微子”.但由于中微子速度极快且几乎不和其他物质发生作用,因而极难被观测到.1941年,我国物理学家王淦昌写了一篇题为《关于探测中微子的一个建议》的文章,发表在1942年美国的《物理评论》杂志上.人们很快根据这个方案用实验证实了中微子的存在.中微子的发现起始于 $\beta$ 衰变中的“能量不守恒”这个所谓的“异常”现象.

### 1.2 类似事例

(1) 海王星的发现(《必修二》第七章第3节).

(2) 由 $\alpha$ 粒子散射实验现象推翻原子的“枣糕”模型,建立核式结构模型(《选择性必修三》第四章第3节).

(3) 重整化理论的建立(《选择性必修三》第五章第5节).

\* 黑龙江省教育科学“十四五”规划2021年度课题计划“物理实验教学与落实学科核心素养的实践研究”阶段成果,课题编号:JYB1421280

## 2 先提出新理论后由他人通过观察或实验给以验证

实验是检验理论正确与否的标准,爱因斯坦说:“一个矛盾的实验结果就足以推翻一种理论”。通过实验可以验证假说、检验理论的正确性.在物理学理论中,有一类是由某位物理学家首先提出并作出一定预言,后由他人通过观察或实验给以验证的.

### 2.1 事例——德布罗意的物质波理论

光电效应和康普顿效应充分体现了光的粒子性,这引发了法国人德布罗意的思考:人们一度确信光是波动,但现在又确定光还具有粒子性,那么,原本那些一直被当做粒子的物质,是不是也应该具有波动性呢?经过研究,德布罗意在1924年的博士论文里详细阐述了他的物质波(也称德布罗意波)理论:任何一个运动着的物体,小到电子、质子,大到行星、太阳,都有一种波与它对应,人们把这种波称为物质波,也叫德布罗意波.并且随后提出:可以用晶体对电子的衍射实验来证明电子的波动性.1926年,美国的戴维孙和英国的G. P. 汤姆孙几乎同时在实验中发现电子衍射现象.这个实验为物质波理论提供了坚实的基础.由此,德布罗意获得1929年的诺贝尔物理学奖,戴维孙和G. P. 汤姆孙也分别获得了1933年和1937年的诺贝尔物理学奖.

### 2.2 类似事例

(1) 麦克斯韦提出电磁场理论,预言了电磁波的存在,赫兹给以实验验证(《选择性必修二》第四章第2节).

(2) 1956年,李政道和杨振宁提出,在弱相互作用过程中宇称不守恒,并提出了实验验证的建议.1957年,吴健雄领导的小组在钴60的衰变中证实了宇称不守恒的论断(《选择性必修三》第五章第5节).

## 3 本来试图否定别人的理论但又恰是通过实验对该理论给以证实

伽利略有句名言:真理具备这样的力量,就是

你越想要攻击它,你的攻击就愈加充实和证明了它.物理学史上,不乏这样的经典故事.

### 3.1 事例——密立根的光电效应实验

《选择性必修三》第四章第2节课本内容介绍了光电效应的重大发现.

为解释光电效应的实验规律,伟大的物理学家爱因斯坦于1905年提出了光子说,并给出光电效应方程 $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$ .但是,当时许多主流的科学家都不认可这个假说,美国实验物理学家密立根就是其中的一员.为了推翻爱因斯坦的假说,密立根设计了精确的实验,最终利用实验数据画出了光电子最大初动能 $E_{\text{km}}$ 与入射光频率 $\nu$ 的函数图线.结果出现了戏剧性的反转:密立根发现图线的斜率正好等于普朗克在解释黑体辐射规律时给出的普朗克常数 $h$ .这意味着爱因斯坦的方程是可信的.这样,密立根实验不但没有推翻爱因斯坦的假说,反而对该理论提供了有力的支持.更为可贵的是,密立根以实事求是的科学态度,转而成为爱因斯坦的支持者.这种科学精神值得学习.

### 3.2 类似事例

泊松亮斑的理论和实验验证过程也属于类似事例,见《选择性必修一》第四章第5节.

## 4 通过对前人实验装置的改进完成别人没有完成的发现

对于物理学发展到某个阶段的某个具体问题,往往有不同的人同时展开实验研究.由于学术间的交流,他们在实验研究思路上也往往是相似的.这种情况下,那些能够对实验方案或实验装置做到巧妙的、合理的改进,从而克服别人解决不了的困难的科学家往往拔得头筹,取得实验研究上的突破.

### 4.1 事例——汤姆孙发现电子

《选择性必修三》第四章第3节内容中记载了汤姆孙发现电子的过程.

19世纪70年代阴极射线被发现.现在我们已经知道这种射线本质是电子流.但在当时关于阴极射线的本性存在两种观点:一种观点认为该射线是电

磁波;另一种观点认为是带电粒子流.两派观点分别得到当时的一些顶级物理学家的支持.其实,当时的物理学家都知道:只要证明阴极射线可以被磁场和电场所偏转,就意味着其本性为带电粒子.例如,赫兹就曾在1893年做过这个尝试.但是赫兹和他的学生勒纳德由于在实验中没有发现阴极射线被电场偏转以及阴极射线可以透过铝箔,而坚持阴极射线的电磁说.因为他们认为这证明了阴极射线是不带电的,而且只有波才能穿越实物.其实赫兹之所以没有观察到电场对阴极射线的明显偏转,是由于他所使用的射线管的真空度不够高,射线管中的残余气体对电子运动产生了很大影响造成了电子的偏转不明显.后来,英国的汤姆孙使用了与赫兹实验几乎相同的装置,只是改进了真空度,使真空度大幅度提高,从而观察到了电场对射线有明显的偏转作用,射线的表现与带负电粒子的行为完全相同.这就使人们确信阴极射线是带负电的粒子流(电子流).在对阴极射线的研究上,汤姆孙还对前人做过的其他实验进行改进,从而获得了该射线粒子比较全面而准确的信息,所以汤姆孙被公认为是最先发现电子的人.

#### 4.2 类似事例

(1) 卡文迪许通过改进扭秤,完成对万有引力

常数的准确测量(《必修二》第七章第2节).

(2) 光电效应实验中,许多科学家受电极氧化造成的困扰.密立根在装置里巧妙地安置了一个可以随时转动的剃刀,当需要开始实验的时候,就转动这个剃刀刮掉电极上薄薄一层表皮,让新刮出来的表面在真空中保持清洁,从而保证了研究的顺利完成(《选择性必修三》第四章第2节).

除以上几类有趣的观察或实验外,还有非常经典的“一箭双雕”实验,如劳厄的X射线晶体衍射实验,同时证实了X射线的波动性和晶体内部的原子点阵结构,被爱因斯坦誉为物理学中最美的实验(《选择性必修一》第四章第5节).

总之,我们之所以说这些观察或实验“有趣”,是因为它们闪耀着一代代物理学家们智慧的光辉,处处散发着无穷的魅力.在教学中适当拓展介绍这些经典事迹,无疑会让学生更加爱上物理学.

#### 参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.物理必修第二册(2020年5月第1版)选择性必修第一、二、三册[M].北京:人民教育出版社,2020
- 2 程九标,张宪魁,陈为友.物理发现的艺术[M].青岛:青岛海洋大学出版社,2002.9

(上接第104页)

## Simple Experimental Design Based on Phyphox and Origin

——Quantitative Exploration of the Centripetal Acceleration Formula

Li Yuqian Huang Zexuan Deng Haoyi Zhang Junpeng

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

**Abstract:** In order to explore the relationship between centripetal acceleration, angular velocity and radius of rotation, combined with Phyphox software, a simple experiment is carried out based on bicycles, dehydrated vegetable baskets and swivel chairs in daily life, and the exponentiation function model of Origin software is used for data fitting, and the conclusion that the centripetal acceleration is proportional to the square of angular velocity is directly obtained according to the fitting formula, guiding students to experience the complete thinking process from raw data to experimental conclusions, and cultivating students' scientific thinking and evidence awareness.

**Key words:** Phyphox; Origin; simple experiment; centripetal acceleration; angular velocity