

例析如何在物理探究实验中培养学生的科学探究能力

张珂 华国强 郑旭

(北京市第三十五中学 北京 100035)

(收稿日期:2019-03-18)

摘要:以两个探究实验“对‘不透明物体只反射与它颜色相同的光’的质疑”和“在‘验证最大静摩擦力大于滑动摩擦力实验’中,如何选取连接材料”为案例,学生利用已掌握的知识 and 技能探究得出科学合理的实验结论.让学生在探究实验中体验科学探究能力培养的具体步骤,即提出明确的科学问题、获取实验数据、得出合理的科学结论、评估其科学意义和与他人进行学术交流.从而更好地为初高中物理实验教学培养学生科学素养提供可行性方案.

关键词:探究实验 科学探究 物理教学

1 引言

物理学作为自然科学的基础科学,它在发展过程中已形成了一套完整的科学方法,对其他学科的研究,乃至哲学发展,都有重要意义.自2007年北京市高中课程改革以来,随着新课改的不断普及和深入,物理学科进行了积极探索和大胆实践,其中,培养学生的实验探究能力,是培养学生物理核心素养的一项主要目标.在2017年《普通高中物理课程标准》中,科学探究作为物理核心素养内容被明确提出.“科学探究”是指基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力.主要包括问题、证据、解释、交流与合作等要素.科学探究是学生不断探究物理现象的本质与内在联系的过程,体现了物理学的本质特征,是物理教学的重要组成部分.科学探究能力是科学素养水平的综合体现.

物理学是观察、实验和科学思维相结合的产物.在进行实验探究过程中,首先应选择意义丰满的科学问题.可以从物理概念和公式、物理方法和结论、实验手段和现象等环节中,采取灵活多样的科学思维方法发现问题,并明确、精准地提出关键的科学问题或疑问.其次,收集和评估相关的科学数据和信息,使用抽象的思想来有效地解释它们.学生在这个过程中应动手做实验,通过制定实验计划,设计实验

方案进行探究.第三,为观察结果提供解释并构建模型.鼓励学生进行发散性思维,从多个角度展开碰撞与争议进而促进科学探究能力的生成与发展.第四,在科学思想一致性系统里用开放的大脑思考、识别和评估科学假设、科学意义和实际后果.第五,能与其他人就复杂科学问题的解决方案进行交流.

2 以两个探究实验为例 分步解析科学探究能力培养的过程

在进行实验探究过程中,教师应发挥学生的主体作用,引导学生提出有效的科学问题.学生要解决的科学问题一般都来源于课本知识但不局限于课本内容.以下两个案例即源于学生在实验中的思考,并通过提出猜想、设计实验、处理数据、得出结论和交流讨论等步骤体会到探究实验在物理教学中的重要性.由此学会如何用科学思维指导实验探究的开展,培养学生的科学探究能力.

2.1 对“不透明物体只反射与它颜色相同的光”的质疑

光学因为其绚烂多彩、变化莫测的光学现象一直被学生们所喜爱,光谱学不仅在初高中,甚至在大学的物理、化学、生物和艺术等多门学科中也是重要的教学内容.

2.1.1 提出明确的科学问题

初中学生观察过色光的反射现象,对于物体的颜色,有很多种说法,比较认可的是:不透明物体的

颜色是由物体反射的色光决定的,不透明物体只能反射与它颜色相同的色光.学生能理解,进入人眼的就是不透明物体反射的色光,我们看见了它,就是它的颜色.但是对于第二句话,学生提出质疑,不透明物体不能反射其他颜色的光吗?因此,学生提出要解决的目标问题:色光照射在不透明物体上,比如纸,用专业仪器光波计定量地测量反射光的波长和光强.

2.1.2 获取科实验数据

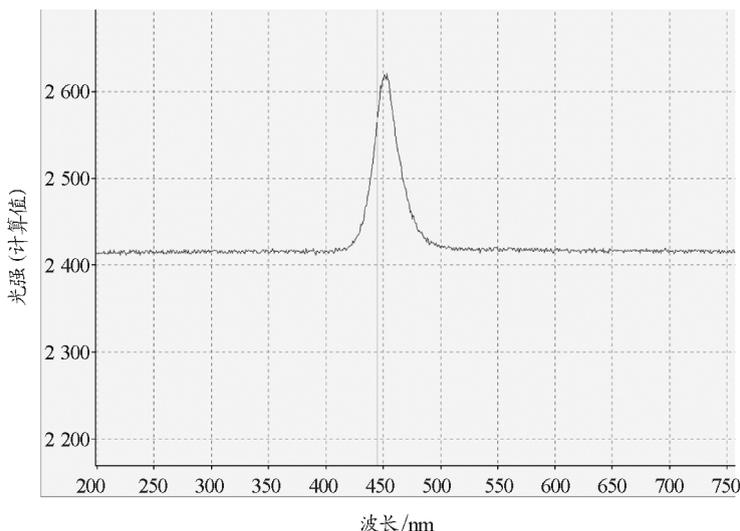


图1 天蓝色彩纸反射蓝光波长分布图

测完后得到的所有反射光波长均在 450 nm 位置,这与“不透明物体的颜色是由物体反射的色光决定的”说法一致,但反射光的强度不同,其强度如表 1 所示.

表 1 各种颜色的彩纸在蓝色发光 LED 照射下的反射光计数值

彩纸颜色	白色	青色	天蓝色	蓝色	紫色	棕色
计数值	2 300	2 050	2 610	1 100	1 050	600
彩纸颜色	黄色	橘红色	果绿色	绿色	红色	黑色
计数值	450	350	350	350	250	150

2.1.3 合理的科学结论

由实验数据可知,彩纸对于蓝光均有反射,但反射强度不同.白纸的反射光计数值 2 300,在其他各种颜色的纸中,青色、天蓝色、蓝色和紫色纸反射光的计数值都在 1 000 以上,而其他颜色,计数值降到几百甚至几十.由此可以得到初步的结论:各种颜色的彩纸均会反射光,但反射能力不同.以蓝光为光

学生的实验方案为:采用的不透明物体是各种颜色的彩纸,以波长为 450 nm 的蓝色发光 LED 为光源,利用光波计测量各种彩纸在此光源照射下反射光的波长分布图.为避免环境光的干扰,在黑暗的实验室里进行实验.

以天蓝色彩纸为例得到波长分布图 1,图中横坐标为波长数据,单位为 nm;纵坐标为计数值,可表示光强.可以看到图 1 中,此彩纸反射的蓝光波长在 450 nm,计数值即光强为 2 610.

源,照射在不同颜色的彩纸上,白纸和其他与蓝光颜色相近的彩纸反射能力比较好,反之则较差.但这与结论中“不透明物体只能反射与它颜色相同的光”实验结果是不一致的.更严谨的提法应是:不透明物体的颜色是由物体反射的色光决定的,不透明物体对与它颜色越相近的色光,反射能力越大,反之越弱.

2.1.4 评估其科学意义

学生能在实验过程中体会到科学研究的客观性和严谨性,并且该结论在人类生活生产中也有实际应用意义.比如利用已知波长和强度的光源投射到物体上,定量显示其反射值,可甄别出肉眼无法识别或区别的颜色.用于画作、照片,特别是古画等有色物体的存档和鉴别,操作难度低,但准确性高.也可为需要灯光辅助的场合或设计提供参考数据.

2.1.5 与他人的学术交流

当学生完成实验后,与其他学生交流,提出实验

需改进和补充的地方有:

(1) 由于实验时间的限制,没有实验别的颜色光源,可以测试红光、黄光等单色光,进行对比实验,考察同等条件下不同颜色纸对各种色光的反射能力.

(2) 彩纸的颜色不够丰富,应增加更多的颜色,使实验数据更加详实有效.

2.2 在“验证最大静摩擦力大于滑动摩擦力实验”中如何选取连接材料

高中阶段学生在考察摩擦力与哪些因素有关的实验时,学生观察到有趣的实验现象,当外力的大小达到一定数值时,物体处于将要滑动但又未开始滑动的临界状态,这时静摩擦力达到最大值,即为最大静摩擦力.此时,只要外力再大一点,物体就开始滑动,这时物体受滑动摩擦力作用,最大静摩擦力略大于滑动摩擦力.情境图如图2所示.

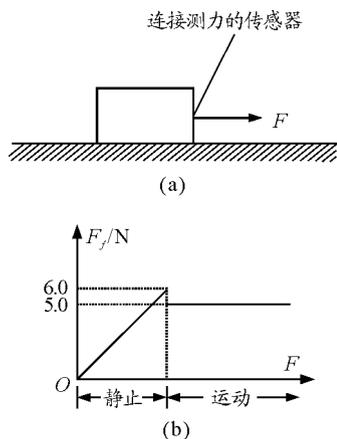


图2 最大静摩擦力略大于滑动摩擦力实验示意图

2.2.1 提出有效的科学问题

学生们发现,在滑块质量略轻的情况下,滑块由

静止到滑动的变化过程中,力传感器显示力达到最大静摩擦力后,不会立刻变为滑动摩擦力,而是会振荡一段时间才平稳下来.如何能减小振荡的幅度和时间呢?学生发现,在不改变其他条件的情况下,改变力传感器和滑块之间的连接材料对振幅和振荡时间有明显的影晌.因此,学生提出要解决的问题:找到合适的连接材料,使实验数据尽量接近理想图像.如何接近呢?(1) 振荡时间要短,即由最大静摩擦力变到滑动摩擦力的时间要短;(2) 振荡幅值要小,即图像中最大静摩擦力与第二个峰差值要大,第二个峰值与滑动摩擦力的峰值间的差值要小.

2.2.2 获取实验数据

学生的实验方案为:利用物理实验室的传送带教具、力传感器和带DISlab软件的显示器.力传感器固定在铁架台上,放在靠近传送带一端的桌子上,并且与滑块等高相连,装着4个砝码的木头滑块放在传送带上.改变连接材料,当传送带启动后,滑块由静止变为运动,记录这个过程中力传感器的力-时间图像.

应该如何选择连接材料呢?在此实验中学生还想考察是弹性越大越好,还是刚性越大越好?因此选取了橡皮筋、细线和直径为0.2 mm的细铜丝这3种材料,并将细线和铜丝进行不同比例的组合.在此说明,物体受到滑动摩擦力后图像中仍然有小的起伏是由于传送带运动时轻微震动所致,不影响实验结果.

下面列举3种不同组合的连接材料获得的力-时间图像的例子,如图3~5所示.

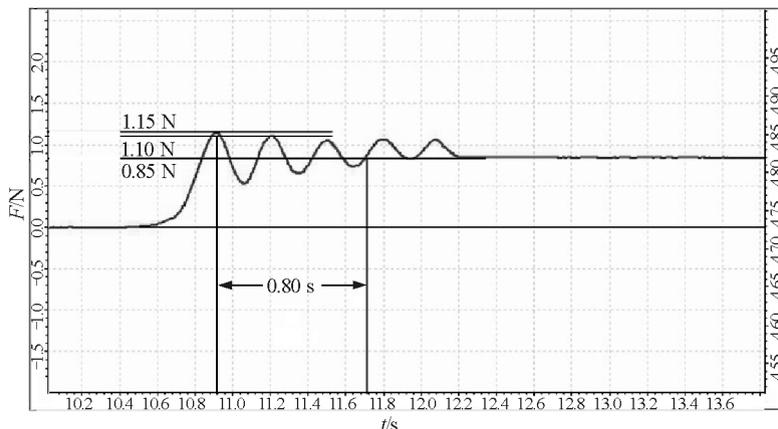


图3 20 cm 橡皮筋作为连接材料的力-时间图像

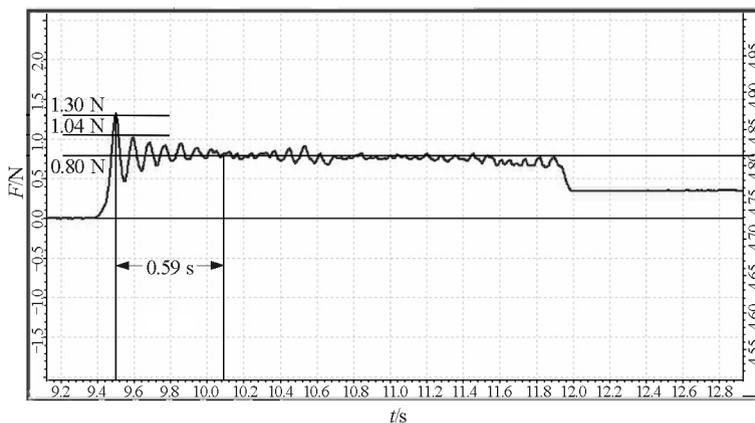


图4 20 cm细线作为连接材料的力-时间图像

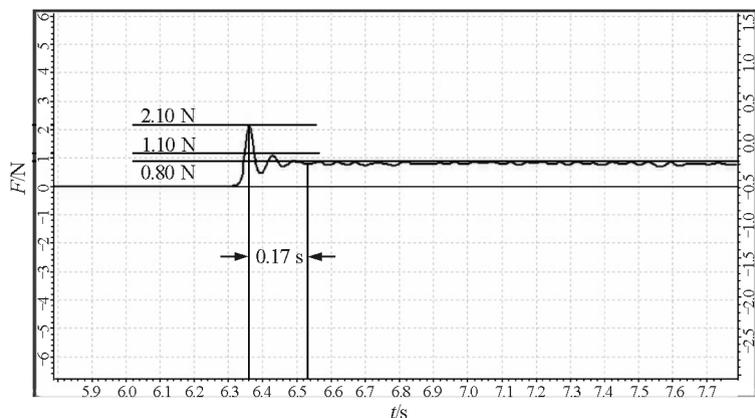


图5 10 cm细铜丝和10 cm细线连接材料的力-时间图像

每种连接材料经过两次测量后得到的平均值 如表2所示。

表2 连接材料的实验参数表

连接材料及长度 测量物理量	20 cm 橡皮筋	20 cm 细线	20 cm 细铜丝	20 cm 细铜丝与 10 cm 细线	10 cm 细铜丝和 10 cm 细线
振荡时间 /s	0.80	0.59	0.62	0.36	0.17
最大静摩擦力 F_1 /N	1.15	1.30	1.32	2.31	2.10
第二个峰的值 F_2 /N	1.10	1.04	1.10	1.40	1.10
滑动摩擦力的值 F_3 /N	0.85	0.80	0.89	0.90	0.80
$(F_1 - F_2)$ /N	0.05	0.26	0.22	0.91	1.00
$(F_2 - F_3)$ /N	0.35	0.30	0.21	0.50	0.30

2.2.3 合理的科学结论

连接材料的质量对数据有较大的影响,所以使用不同连接材料时,最大静摩擦力和滑动摩擦力不相同.由前文可知, $(F_1 - F_2)$ 越大越好, $(F_2 - F_3)$ 越小越好.根据图像和表格不难发现:

(1) 当以橡皮筋为连接材料时,橡皮筋的弹性大,振荡时间最长,最大静摩擦力和第二个峰值间的差值很不明显,因此可判断出弹性大的物体不适合作为连接材料.

(2) 由表2可知,组合型的连接材料振荡时间最

短.可理解为,刚性的铜丝能很好地减少振荡时间.

(3) 在 $(F_1 - F_2)$ 和 $(F_2 - F_3)$ 这两组数据中,组合型的连接材料数值较好.其中 1 : 1 的组合数值最好,能使物体受到最大静摩擦力后,振幅快速下降变为滑动摩擦力.

由此,可以得出结论,连接材料选取细线与细铜丝以 1 : 1 的比例组合最合适.

2.2.4 评估其科学意义

此探究实验打破了传统的实验方法,从小处入手采用了组合型连接材料改善实验,是思维方式上

的创新.也为更好地“验证最大静摩擦力大于滑动摩擦力”提供了科学数据,使验证实验更加合理,数据更加接近理想情况.

2.2.5 与他人的学术交流

学生们在实验后反思,实验结果虽然明显,但是实验过程还不太完善.比如存在如下问题.

(1) 采用传送带的运动作为拉力可以使外力恒定,但机器的震动干扰数据.可以在滑块与传送带间增加一个摩擦面,减少传送带的影响.

(2) 实验的次数偏少,最好重复5次以上.

(3) 对选取细线和细铜丝以1:1比例组合的连接材料,应细化实验,采用不同的数值比如5 cm,15 cm进行实验.

3 反思与总结

由上可知,在课堂中或在生活中,都有能引起学生思考和探究的内容.学校开设的基础实验培养了学生的动手操作技能和必备的实验素养.但是基础实验由于实验结果已经写入教材,学生们在做实验时会不自觉地往正确结论上靠,探索未知的好奇心和主动性不是那么强烈.而探究实验则是未知到已知的探索,是基础实验教学的有利补充.从各个方面培养了物理学科的核心素养,强化了学生的科学思

维,锻炼了学生的科学探究能力.在科学态度的严肃性、提出问题的准确性、自主设计实验方案的充分必要性、实验过程的严格规范性到归纳科学结论的严谨性都有所体现.

总之,在物理教学过程中提出问题,让学生自己去思考,去实验,去探索,从中体会到科学家们的思维方式和探索过程,会对培养学生的科学探究能力起到事半功倍的效果.这也是教师在教学过程中应重视、常实践的领域.

参考文献

- 1 陈亮,余伟阳,李宝华.如何将物理实验教学中的科学思维显性化[J].科教文汇,2012(3):88~89
- 2 李正福,谷雅慧.论物理核心素养视野下的科学思维教育内容[J].课程·教材·教法,2018(38):97~102
- 3 张敏.物理教学中科学思维能力培养和训练内容研究[J].长春师范学院学报,1999(18):41~43
- 4 管建祥.物理探究式教学的特征、模式及要求[J].南阳师范学院学报,2006,5(12):120~121
- 5 王运森,郑鹓.基于提升学生核心素养的高中物理实验探究教学的一些思考[J].物理教学,2018,40(5):27~31
- 6 王泉泉,魏铭,刘霞.核心素养框架下科学素养的内涵与结构[J].北京师范大学学报(社会科学版),2019(2):52~58
- 7 张超.物理探究实验教学的实践与思考[J].中小学实验与装备,2019,29(1):8~9

Examples Analysis on How to Train the Students' Ability of Scientific Inquiry in Physical Exploratory Experiments

Zhang Ke Hua Guoqiang Zheng Xu

(Beijing No. 35 High School, Beijing 100035)

Abstract: In this paper, two exploratory experiments were designed for use in this study. One experiment is the query whether "the opaque object only reflects the light with the same color with itself". The other one is how to select the connecting material in the experiment of "verification of the case that the maximum static friction force is greater than sliding friction force". Through the two experiments, scientific and reasonable experimental conclusions can be made based on the knowledge and skills that the students have mastered. More importantly, the abilities to put forward clear scientific problems, obtain experimental data, make reasonable scientific conclusions, evaluate their scientific significance and communicate with others academically will be the emphasis of scientific inquiry activities. In this way, one possible method can be provided for the training of students' scientific literacy in junior and senior high school physics experiment teaching.

Key words: exploratory experiment; scientific inquiry; physics teaching