

物理实验室

自制高精度探究弹簧弹力特性实验仪及 在高中物理教学中的应用^{*}

汪建军 (浙江省开化中学 浙江 324300)

摘 要 本文介绍了一种“探究弹簧弹力和形变量”实验的改进方案,克服了传统实验的 5 个显性缺点,自制了高精度探究弹簧弹力特性实验仪,既能精确得出“胡克定律”,又能作为弹簧串、并联特性探究实验器材。

关键词 自制教具 胡克定律 弹簧串、并联特性

文章编号 1002-0748(2022)12-0019

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

人教版新教材高中物理(必修第一册)^[1]中“探究弹簧弹力与形变量关系”实验是中学阶段重要的探究性实验。教材中介绍了如图 1 所示的实验装置,在常态化教学中,教师也经常在实验室搭建图 1 中的简易装置进行演示实验。然而,此装置结构虽然简单,但存在只能通过拉伸弹簧改变弹簧形变、无法摒弃弹簧自身重力的影响、下挂钩码改变的弹力变量过于线性特殊以及测量时数据读取不便且误差大等缺点。本文介绍了一种自制高精度探究弹簧弹力特性实验仪,可克服传统实验的缺点,精确完成胡克定律实验,同时兼顾弹簧串、并联特性研究的功能。

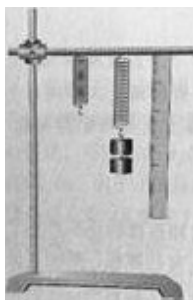


图 1 教材实验装置

1 设计和制作

1.1 实验器材

一块方木板、丝杆滑台、手摇转轮、分辨率为 0.01 mm 的数显滑尺、分辨率为 0.1 g 的电子秤、自制测试用弹簧(材料直径均为 1.5 mm,弹簧中径均为 25 mm,长度规格为:120 mm 和 60 mm,各 3 根)。

1.2 实验仪器说明

本实验通过精密丝杆机构拉伸和压缩弹簧,弹簧运动过程中与弹簧和丝杆相连的数显标尺测出弹簧形变量,电子秤改装的力传感器读出弹簧弹力大小,从而得出胡克定律、弹簧串联特性和并联特性。

如图 2 所示为实验仪结构示意图。仪器底座 1 由方木板制成,木板底部安装有胶垫,精密丝杆 6 和数显滑尺 8 装置通过螺丝固定在底板 1 上,测试支架 3 一端和电子秤上拆下的力传感器 2 相连,一端和测试弹簧 4 左端相连,测试弹簧 4 右端和丝杆滑块 5 和滑尺显示游标 9 通过长杆固定连接,摇动转轮 7 可带动弹簧右端和滑尺显示游标 9 同步运动。弹簧运动过程中,滑尺显示游标 9 和电子秤体 10 可实时显示弹簧形变量和弹簧对测试支架压力或拉力的大小(此力等于弹簧上的弹力)。实物装置见图 3。

2 实验过程

2.1 验证胡克定律实验

验证胡克定律实验是高中物理十分重要的力学实验,在人教版新教材中已作为学生实验存在。实验过程如下:安装好测试用弹簧(规格为 120 mm),使弹簧处于原长状态(力传感器示数为零),将数显滑尺调零。转动手摇转轮,带动丝杆滑块向左运动,将弹簧进行压缩,在任意位置停住,记录 5 组数据,此时电子秤和数显滑尺显示力和形变量均为负值。之后再反向转动手摇转轮,带动丝杆滑块向右运动至弹簧处于拉伸状态,同样记录 5 组数据,此时电子秤和数显滑尺显示力和形变量均为正值。根据实验数据画出 $F - \Delta x$ 图象(见图 4),从图象可以精确得出弹簧弹力大小和形变量成正比的结论,同时算出弹簧劲度系数 $k = 2.80 \text{ N/cm}$ 。换上规格不同的另一根测试弹簧重复进行实验。

^{*} 基金项目:本文系 2021 年浙江省教研课题“基于学习进阶的物理新教材力学实验教学研究”(课题编号:G2021235)的阶段性研究成果。

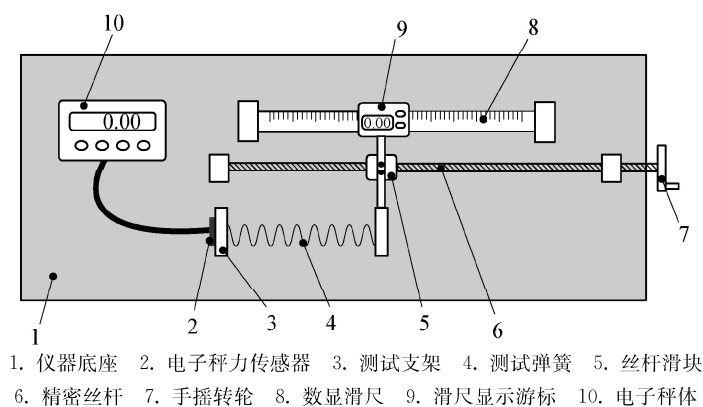


图 2 自制高精度弹簧弹力特性实验仪示意图

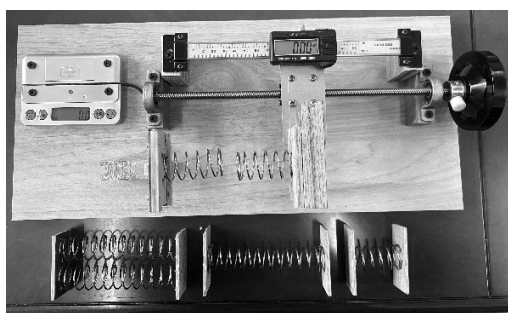
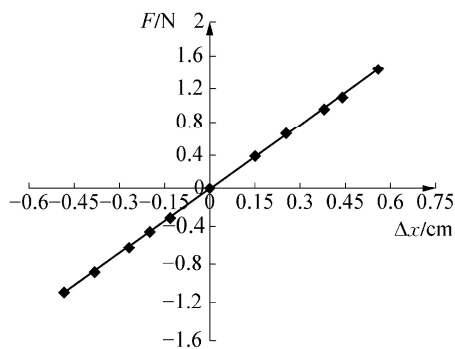


图 3 自制高精度弹簧弹力特性实验仪实物图

图 4 $F-\Delta x$ 图象

为满足尖子生或竞赛学生对弹簧串、并联特性的实验研究,笔者又制作了如图 5 所示的弹簧组件,可方便进行弹簧串、并联特性验证或探究实验。

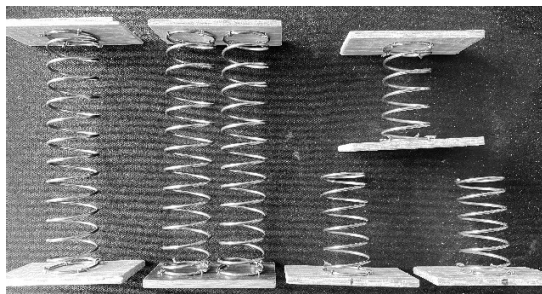
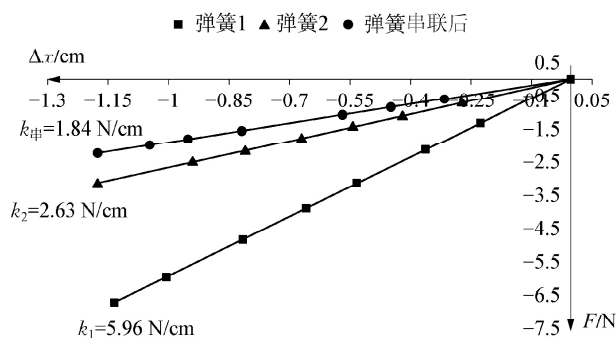


图 5 弹簧串、并联特性实验组件

2.2 弹簧串联特性探究

安装好测试用弹簧(规格为 60 mm),将数显标尺和力传感器分别调零,摇动丝杆,将弹簧缓慢压缩,每 1~2 mm 记录一组数据,过程中记录 10 组左右数据。更换为另一根测试用弹簧(规格为 120 mm)重复上述过程。最后换上串联专用测试弹簧组件(规格为:60 mm 和 120 mm 各一根),将弹簧缓慢压缩,每 2~3 mm 记录一组数据,过程中记录 10 组左右数据。依据数据得到的图 6 显示了串联后的 $F-\Delta x$ 图象,由图象求得劲度系数的值 $k_1 = 5.96 \text{ N/cm}$ 、 $k_2 = 2.63 \text{ N/cm}$ 和 $k_{\text{串}} = 1.84 \text{ N/cm}$,符合弹簧串联 $\frac{1}{k_{\text{串}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ 的特性。更换不同规格弹簧进行多次实验。

图 6 弹簧串联特性 $F-\Delta x$ 图象

2.3 弹簧并联特性探究

安装好测试用弹簧(规格为 120 mm),摇动丝杆将弹簧压缩至一定形变,将数显标尺和力传感器分别调零,摇动丝杆,将弹簧从压缩状态拉至伸长状态,过程中记录 10 组左右数据。更换为并联专用测试弹簧组件(规格同样为 120 mm, 2 根)重复一次实验,据实验数据画出图象(见图 7),由图象求得劲度

(下转第 10 页)

规划纲要(2021—2035 年)》,在“青少年科学素质提升行动”中提出了“实施科技创新后备人才培养计划”的具体行动,要培养出具备科学家潜质的青少年群体。为此,我们要激发青少年的好奇心和想象力,增强科学兴趣、创新意识和创新能力,本文的撰写也是基于这样的理念。

大部分学生在学习带电粒子在电场中的偏转等微观粒子的运动时,会自然而然地使用牛顿运动定律来解决问题,但并非所有学生都是如此,尤其是那些善于思考勇于质疑的学生。提出这类问题的学生是对物理世界充满着好奇心的,是对物理世界有着探索精神的,我们在不落下每个孩子的同时,同样也要针对不同的学生进行因材施教,对学生的好奇我们要尽心尽力地维护,为学生解答问题。当学生提出“为什么明明之前说过微观粒子的运动不适用牛顿运动定律,却还是能够使用”的疑惑,教师不是去打断学生,或者说“课本就是这样说的呀”,而是帮其分析其中的道理,就能为培养有科学家潜质的青少年作出一名物理教师应有的贡献。

(上接第 20 页)

系数的值 $k_1 = k_2 = 2.81 \text{ N/cm}$ 和 $k_{\text{并}} = 5.61 \text{ N/cm}$,符合弹簧并联 $k_{\text{并}} = k_1 + k_2$ 的特性。更换不同规格弹簧进行多次实验。

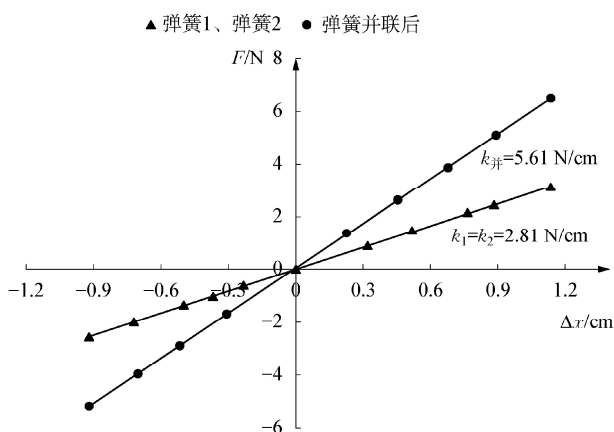


图 7 弹簧并联特性 $F - \Delta x$ 图象

3 实验创新

新教材将胡克定律实验升级为学生实验,而传统

本文恰好能够从不确定性关系的角度解决这个问题,从而完善教学,促进学生的学习与理解。

7 总 结

当 Δx 或 Δv , 在相关实验的精度下可以忽略时,就可以近似地认为微观粒子的坐标与动量有确定值,就可以把其当作经典粒子来处理。在牛顿力学的局限性一节中提及了当普朗克常数 h 可以忽略不计时,量子力学和牛顿力学的结论没有区别,这样的描述过于模糊,不利于学生的理解。本文从定量的角度解释了为什么仍然可以运用牛顿运动定律去分析微观粒子的运动,能够有利于学生加深对量子世界的理解和学习量子力学的兴趣。

参考文献

- [1] 杨笑,郭艳辉. 量子力学中不确定性关系的讨论[J]. 高等函授学报(自然科学版),2011(4):45—46.
- [2] 茹自青. 难道牛顿定律对微观粒子都不适用吗? [J]. 物理教师,1991(Z1):61—63.
- [3] 白晶. 基于核心素养的量子物理教学探讨[J]. 教学月刊·中学版(教学参考),2017(Z2):19—22.

实验室没有较好的实验仪器提供,本实验仪就是在这样的背景下设计制作的。从创新点来说主要有以下几方面:①克服了传统实验中只能通过拉伸来进行实验的局限性,能从压缩到拉伸全过程进行实验;②克服了传统实验中在竖直方向上通过钩码拉伸时弹簧本身重力对实验的影响,选择了合适的弹簧和良好的机构实现了水平方向上的测量,避免了弹簧自身重力的影响;③克服了传统实验用钩码提供拉力时拉力值过于特殊的弊端,通过手摇丝杆实现了弹力值的任意性;④数据测量的精准性和便捷性,通过数显标尺和电子秤改装的力传感器可以实现形变量 0.1 mm 和力 0.001 N 级别的精确测量;⑤设计了串并联弹簧的测试组件,并与测试平台兼容,能方便地完成弹簧串、并联特性的演示和探究实验。

参考文献

- [1] 彭前程. 普通高中教科书·物理(必修第一册)[M]. 北京:人民教育出版社,2019.
- [2] 郭玉英. 从三维目标到核心素养[J]. 物理教学,2017(11):2—4.