

中学物理实验素养测评试题开发*

——以“测量弹簧的劲度系数”为例

张书良

(梅州市教研室 广东 梅州 5140215)

(收稿日期:2020-01-09)

摘要:中学物理实验素养测评试题命制以《中学物理课程标准》的内容标准以及中高考《物理考试大纲》的能力目标为依据,命题应符合科学性、可操作性、时代性等基本原则,以“测量弹簧的劲度系数”为例阐述实验素养测评试题的开发策略,主要包括:选定命题范围,确定研究问题;设计实验方案;确定考查技能;设置考试内容与提示卡等4个方面.

关键词:中学物理 实验素养 试题开发 物理实验

物理学科核心素养作为后天习得的关键品格和必备能力,其每个方面的形成必然遵循独特的学习心理机制^[1].为了激发学生的物理学习兴趣,提高学生的科学思维能力和实验探究能力,使学生的物理学科核心素养真正落到实处,为了准确考察中学生的物理实验操作能力,需要借助于物理实验^[2].笔者作为地市教研员举办了7届“中学生物理实验能力操作比赛”和1届“中学物理教师常规实验操作比赛”,活动成效显著,对所在地区的物理实验教学与研究具有较大的影响.基于多年的物理实验素养测评试题命制的经验,本文以“测量弹簧的劲度系数”为例,阐述实验素养测评试题的开发策略,以供同仁参考.

1 选定命题范围 确定研究问题

物理实验教学是物理教学的重要组成部分,是培养学生操作技能的主要途径,更是培养学生科学探究能力的重要手段^[3].根据《中学物理课程标准》的内容标准要求,“测量弹簧的劲度系数”属于高一必修1内容,根据《物理高考考纲》要求,“测量弹簧的劲度系数”属于高考13个必考实验之一,其在中学物理课程中的地位非常重要.因此,从不同角度以不同的能力要求对该实验进行考查,既符合课程标

准和考纲要求,又具有较好的命题价值与学术价值.

2 根据研究问题 设计实验方案

2.1 分析物理量的具体属性和试题场景

围绕研究问题所涉及的物理量,分析该物理量的物理性质与物理意义,寻找与该物理量相关的物理概念和规律,再根据物理概念和规律的具体属性,构建物理量的相关试题场景.然后考虑是否存在直接测量该物理量的工具?如果没有,通过其他什么物理量或规律可以间接测量该物理量?下面以如何测量弹簧的劲度系数作为案例,按照上述流程设计如下:

(1) 确定实验目的:测量弹簧的劲度系数.

(2) 确定实验研究对象:本实验测量弹簧的劲度系数,实验的研究对象即为弹簧.

(3) 确定实验研究对象的属性和试题场景.

要测量弹簧的劲度系数,不妨先回忆相关的弹簧场景(比如:弹簧测力计、用弹簧弹射小球、弹簧振子等……);确定待测物理量——弹簧的劲度系数;是否存在直接测量读取弹簧劲度系数的仪器——没有;确定弹簧的劲度系数可能与其他物理量之间的关系……

结合中学物理实验教学场景可知:弹簧测力计、

* 华东师范大学“国培计划”中小学名师领航首期基地班立项课题“中学物理教师实验能力提升的研究”,课题编号:2018GP01-M08;广东省教育科研“十三五”规划2019年度课题“中学物理教师实验能力提升研究”的阶段性成果,课题编号:2019YQJK267

作者简介:张书良(1968-),男,本科,中学正高级教师,广东省名师工作室主持人.

弹簧弹射小球等场景中,弹簧都受到了外力作用,并且弹簧都发生了形变.弹簧的劲度系数与弹簧的受力与形变程度有关.

基于上述场景,可以用胡克定律描述弹簧的劲度系数与受力、形变程度的定量关系,也可以根据简谐运动的回复力公式描述弹簧的劲度系数与受力、形变程度的定量关系.

2.2 根据属性和场景 形成不同的实验原理和对应方案

根据物理量的物理属性以及物理场景,分析不同物理场景涉及的实验原理,形成对应的实验方案.

表 1 实验方案、原理及待测物理量

项目 \ 方案	方案一:利用胡克定律	方案二:利用弹簧振子的简谐振动
实验原理	根据胡克定律 $F = \kappa x$, 可得: 劲度系数 $\kappa = \frac{F}{x}$	根据弹簧振子运动周期的计算公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\kappa}}$, 可得:劲度系数 $\kappa = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$
待测物理量	物体受到的力 F 、弹簧的伸长量 x	弹簧振子的运动周期 T 、弹簧振子的质量 m

2.4 形成各待测物理量的测量方案 确定测量原理 器材和数据处理方法

确定待测物理量后,如何具体测量这些物理量则构成了新的子任务,这些待测物理量的测量同样可以运用上述各方案进行再分析.待测物理量是否

方案一:通过让弹簧受力伸长(原理:胡克定律);

方案二:构成弹簧振子,让弹簧振子做简谐振动(原理:弹力使物体做简谐振动).

……

2.3 根据不同实验原理 确定各方案的待测物理量
实验原理是依据各物理场景改造后的物理概念或规律.那么,如何根据实验原理使物理量的测量更可行与方便呢?根据上述实验方案,确定其待测物理量如表 1 所示.

直接测量,可否利用物理量的相关属性进行间接测量;确定测量方法后,如何确定最终的测量仪器;如何根据测量方案确定数据处理的方法.根据上述分析思路,对物理量的测量方案细化后如表 2 和表 3 所示.

表 2 测量方案一

方案一	利用胡克定律		
待测物理量	物体受到的力 F 、弹簧的伸长量 x		
测量物理量及 测量仪器	1. 力 F 的测量 对力 F 的测量,又可以构成多种测量的子方案,如:通过弹簧测力计测量;通过重物的拉力测量等		
	测量方案	通过弹簧测力计拉弹簧,弹簧测力计示数即为弹簧测力计给弹簧的拉力	通过悬挂重物,测出重物的质量,计算出重物的重力即为对弹簧的拉力(或用弹簧测力计测重力)
	测量仪器	弹簧、弹簧测力计	弹簧、重物、电子秤(弹簧测力计)
	2. 伸长量 x 的测量 测量方案:通过刻度尺直接测量伸长量 仪器:刻度尺		
数据处理方法	(1) 列表法,对多组数据列表求得并最后取平均值进行直接处理 (2) 图像法,对 $x-F$ 图像进行处理(可减小偶然误差,更适合)		

表3 测量方案二

方案二	利用弹簧振子的简谐振动		
待测物理量	弹簧振子的质量 m 、弹簧振子的运动周期 T		
测量物理量及测量仪器	1. 质量 m 的测量 测量方案:通过电子秤(天平)直接测量 仪器:电子秤(天平)		
	2. 运动周期 T 的测量		
	测量方案	通过秒表记录弹簧振子 n 次通过最低点所用的时间 T_n , 则周期 $T = \frac{2T_n}{n}$ (n 从 0 开始计数, 可取 $n = 60$)	将光电门置于弹簧振子的平衡位置, 记录弹簧振子多次经过光电门的间隔时间, 得到多个半周期 $\frac{T}{2}$, 求出多个半周期的平均值
	仪器	秒表、弹簧振子	光电门、弹簧振子(简谐运动若沿水平方向的简谐振动, 可以加气垫导轨减小误差)
数据处理方法	数据处理方式:列表法, 求出多次实验对应的劲度系数 κ , 取平均值		

3 根据实验方案 确定考查的必要技能

根据上述实验方案, 确定各实验方案所需的必要技能, 该技能包括理解层次与运用层次两个方面.

理解层次包括: 物理概念和规律的理解; 仪器使用原理和操作方法的理

解等.

运用层次包括: 能够运用场景涉及的物理概念和规律; 能利用相应的物理公式进行运算; 能根据实验仪器的操作原理进行科学操作; 对实验数据进行分析、处理等. 下面分别对两个方案进行说明, 如表 4 和表 5 所示.

表4 测量方案一说明

必要技能	物理概念及规律	仪器使用原理及方法	数据处理方法
理解层次	理解胡克定律, 能够知道弹簧受力与弹簧形变之间的因果关系	理解弹簧测力计的测量原理——胡克定律以及使用方法	理解偶然误差的存在(懂得图像法在数据处理中的运用)
运用层次	运用胡克定律对劲度系数进行计算	能够正确使用弹簧测力计进行读数; 能够使用刻度尺对伸长量进行测量	能运用测量数据取平均值的方法减小实验误差(能根据实验数据做出图像, 并对图像进行分析处理)

表5 测量方案二说明

必要技能	物理概念及规律	仪器使用原理及方法	数据处理方法
理解层次	理解回复力的概念, 并能够判断出弹簧弹力属于回复力; 理解简谐振动的特征以及物体做简谐运动的条件, 能识别出弹簧振子的运动为简谐运动	理解光电门测量时间的工作原理; 知道光电门的使用方法; 知道电子秤的使用方法(如果使用了气垫导轨, 则还需要理解气垫导轨的工作原理以及使用方法)	理解偶然误差的存在
运用层次	知道简谐振动的周期计算公式中各物理量的含义, 并能运用周期公式进行运算	能使用光电门进行计时; 能够利用电子秤求出物体的质量	能运用测量结果取平均值的方法减小实验误差

4 根据实验类型及考查技能 设置考试内容与提示卡

知道各方案所需要具备的必要技能之后,教师

可选择期望考查的必要技能,确定实验类型及内容,并设置相应的提示卡,如表6所示.实验类型可分为仪器操作、实验方案设计和物理实验设计(综合)3种.

表6 提示卡设置关系表

实验类型	实验特点	考查内容	提示卡设置
仪器操作	给出相应的实验方案和步骤,让学生依据方案组装实验装置,并进行实验	考查学生能否根据实验方案连接实验装置,对实验仪器(光电门、弹簧振子)的使用以及数据处理是否过关	提示卡的设置更侧重实验仪器的使用原理以及如何操作实验仪器
实验方案设计	考查学生围绕某一待测物理量提出实验方案以及对各方案进行比较的能力,并未有过多仪器的限制	考查学生对于劲度系数的测量能设计出多少种实验方案,不涉及实验操作	由于该类型考试更多考查方案的设计与遴选,需要考查学生对物理量的理解情况,提示卡的设置更多用于引导学生思考物理量具有的属性(或不设置提示卡)
物理实验设计(综合)	提供实验仪器但不给出实验方案,学生根据仪器进行实验方案的设计(可以提供有迷惑性的仪器),并组装实验装置,进行实验	考查学生根据提供的实验器材设计出实验方案的能力以及实施实验的能力	提示卡的设置更多在实验原理和装置连接上

下面以方案二(利用简谐振动)作为考查方案,根据3种不同实验类型设置不同的考试题与提示卡.

4.1 仪器操作

4.1.1 考查技能

考查学生对实验仪器的使用步骤以及学生对装置的连接等.例如:在不提供使用说明的情况下学生是否能使用光电门?在不提供装置连接图时能否根据给出的方案设计装置图?

4.1.2 实验内容(第七届比赛第1题)

(1)实验器材:劲度系数待测的弹簧1个,挡光片1块,12007型数字计时器(带光电门)1台,200g重锤1个,固定夹和铁夹各1只,铁架台1个.

(2)实验原理:物体在平衡位置附近做往返周期性的运动叫简谐振动,如图1所示.

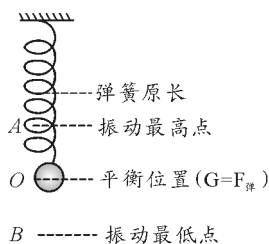


图1 简谐振动示意图

下端挂物体的弹簧沿竖直方向悬挂,称为弹簧振子.如果物体只受重力及弹力的作用,它会以平衡位置O点为中心,在AB间做往返运动(简谐振动),振动周期为

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\kappa}}$$

式中 π 为圆周率,当弹簧质量忽略不计时, m 为振子(物体)的质量, κ 为弹簧的劲度系数.可以通过使物体做简谐振动来对弹簧的劲度系数进行测量.

(3)实验要求:

1)列出弹簧劲度系数 κ 的表达式及大小.根据以上实验原理,画出实验装置图;

2)根据实验装置图,将各实验仪器组装成实验装置,运用连接好的实验装置收集数据;

3)对收集的数据进行分析和处理,并分析实验可能存在的误差及其对测量结果的影响.

4.1.3 提示卡设置

(1)提示卡1:装置图的连接如图2所示.

(2)提示卡2:光电计时器的使用说明(光电计时器的使用是实验实施过程中的核心,也是题目主要考查的技能.因此将光电计时器的使用说明设置

为提示卡2)。

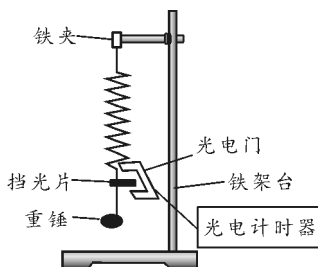


图2 装置连接图

4.2 实验方案设计

4.2.1 考查技能

侧重理解层次的考核,考查对胡克定律、弹簧回复力等概念的理解以及依据相关原理进行实验设计的能力;同时,也对器材的使用原理进行考查。

4.2.2 实验内容

(1) 实验器材:刻度尺、弹簧一根、质量为 m 的重物、秒表、光电门。

(2) 实验要求:请你根据提供的实验器材,设计出至少两种你认为可行的、测量原理不同的测量弹簧劲度系数的实验方案。

4.2.3 提示卡

提示卡可以对提供的实验器材的用途进行说明。

4.3 物理实验设计(综合)

4.3.1 考查技能

关注理解、运用层次内容的综合考查,对学生的要求更高,例如:如何就给出的实验仪器进行设计实验方案,并对设计好的实验方案进行实施。需要学生熟悉弹簧振子的简谐振动,了解简谐振动周期与劲度系数的关系,并能够设计出相应的实验方案。需要学生能根据实验方案,会操作各实验仪器,并能够收集数据、处理数据。

4.3.2 实验内容

(1) 实验器材:劲度系数待测的弹簧1个,挡光片1块,12007型数字计时器(带光电门)1台,200g重锤1个,固定夹和铁夹各1只,铁架台1个。

(2) 实验要求:

1) 根据提供的实验器材(提供各仪器的使用说明),设计一个能测出劲度系数 κ 的实验方案,阐

明实验原理;

2) 写出弹簧劲度系数 κ 的表达式,画出实验装置图,并根据实验装置图将各实验仪器组装;

3) 运用连接好的实验装置收集数据,对收集到的数据进行分析和处理,并分析实验可能存在的误差及其对测量结果的影响。

4.3.3 提示卡设置

当学生对该题没有思路时,可以申请使用提示卡,但使用提示卡会扣一定的分数。

(1) 提示卡1:实验原理。

物体在平衡位置附近做往返周期性的运动叫简谐振动。如图1所示,下端挂物体的弹簧沿竖直方向悬挂,称为弹簧振子,物体受重力及弹力的作用,以平衡位置 O 点为中心,在 AB 间的往返运动就是简谐振动。其振动周期为

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\kappa}}$$

式中 π 为圆周率,当弹簧质量忽略不计时, m 为振子(物体)的质量, κ 为弹簧的劲度系数。

(2) 提示卡2:实验装置图的连接如图2所示。

5 结束语

中学物理实验素养测评试题的命制是一项有难度的工作,命题应符合科学性、可操作性、时代性等基本原则。本文以“测量弹簧的劲度系数”为例阐述了实验素养测评试题的开发策略,主要包括:选定命题范围,确定研究问题;设计实验方案;确定考查技能;设置考试内容与提示卡等4个方面。其他实验素养测评试题的命制也可以类似的方案进行。当然,试题的可靠性必须经过实际操作测试,本文不再作详细阐述。

参考文献

- 高洁,潘苏东,陈刚.指向核心素养的物理教学目标设计理念[J].课程·教材·教法,2018(12):100~104
- 邢红军,靳萱.中学物理实验操作评价研究[J].物理教师,2018(8):50~52
- 李春密.中学物理教师开展教学研究的思考[J].物理通报,2016(12):2~5