

初中园地

以“问题解决模式”培养 学生的物理核心素养

——谈“天平的构造法”教学设计

蒋炜波 (清华大学附属中学 北京 100084)

摘 要 天平的教学一直是初中物理的一大难点,其结构较为复杂,使用细节较多,导致学生很难真正理解天平的结构及使用。笔者经过教学实践,以问题解决的模式着力于物理学科核心素养的培养,利用实验仪器构造方法带领学生分析组装一架天平来解决天平教学中的难题,为教学提供了一种可借鉴的思路。

关键词 核心素养 问题解决 实验仪器构造法 天平

文章编号 1002-0748(2020)8-0034

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 天平教学实践中的不足

天平是质量的称量工具,是初中阶段要求较高的一种重要实验仪器。但在天平的实际教学中,不管是教师的教学还是学生的学习,都存在严重的不足。

首先是教学方式上的不足。一般在教学中教师都会将教学的重点落在讲解传授天平的结构和使用上,这已经是大家的共识。但是对天平为什么要有这样的结构,又为什么要如此地使用天平,却始终避而不谈。这就导致了天平的教学一直只是停留在了机械式的教的层面,仅仅是教给了学生一个结果。

然后是学习策略上的不足。学生学习天平的时候,最直观的感受是要迅速记忆下一系列复杂的结构和名词,要仔细记录下一系列的使用规范,还要熟练地读取天平数据和操作,一节课下来学生一直都很忙碌,但是学生的忙碌仅仅是停留在了动笔动手上,学生的头脑并没有被调动起来,学生的科学思维也没有得到提升,更别提物理观念等其他核心素养地培养了。

最后是课时上带来的教学内容限制。一节课既要处理质量的概念,又要解决质量的测量工具,不管是对教师还是对学生都很有难度,因此往往是顾此失彼,哪一方面都没有顾得上,不得已只能在下一节课进行补救练习。但是既然已经错失了学生学习天平的最佳时机,补救往往也难以济事。

正是这些教学和学习中的不足,导致天平的教

学和学习一直都很不透彻,教师和学生到最后都仅仅是机械式地完成任务,学生也只是会简单的天平读数和使用,完全谈不上物理核心素养的发展培养。

2 改进创新教学设计

天平的教学必须将学生的头脑调动起来,将天平的结构和使用操作有机结合,让学生真正理解清楚结构和使用背后的原理。基于此目的,笔者在教学设计上采用了以下两个策略,以期在解决传统教学困境的同时,培养学生的物理学科核心素养。

采用构造式教学方法。仪器构造式教学,是在物理仪器教学中,依据仪器的核心原理和核心技术,把仪器的结构部件逐步“构造”出来,进行融合教学的一套程序方法。构造法的基本要求是,在全程中贯穿解决问题,即始终以问题挑战学生思维,引导学生思考,不断探求解决方案,引导学生解决实际需求问题,从而掌握仪器的本质原理^[1]。

采用问题解决模式开展教学。问题解决过程由心理学家奥苏贝尔等人提出,他们将问题解决分为四个阶段过程。第一阶段为呈现问题情境,要为问题解决者创设真实的问题情境。第二阶段为明确问题的目标和已知条件。问题最终指向什么目标,有哪些已有的背景知识可提供给问题解决者使用,这些都要非常明确,方能为后续的科学推理提供支撑。第三阶段为填补空隙,这是解决问题过程的核心。此时问题解决者必须调动认知结构中当前问题有关的背景认知,考虑到各种外显的或内隐的推理规

则,并运用一定的解题策略以使已知条件和目标之间的空隙得以填补。第四阶段为检验,即检查推理有无错误,填补空隙的途径是否最为简捷等等^[2]。

仪器构造式教学遵循知识形成的过程,循序渐进,逐步构造完善,将仪器的发明创造过程重演,启迪学生进行发明创新的同时,帮助他们领悟仪器部件的功能和用法,培养学生的操作技能和实践能力,完全符合核心素养的培养要求。

问题解决模式,需要学生原有认知结构中的各种成分在问题解决过程中发挥各自的不同作用,其中的构建真实情景、为学生搭建台阶进行科学推理、充分调动学生进行质疑创新、培养学生解决问题的能力等等,都非常符合核心素养培养的理念要求。

基于问题解决模式和仪器构造式教学方法,笔者将天平教学的各个环节进行创新设计,注重牵动学生的思维链条,帮助学生将自己的原有认知和已有所学融会贯通,培养学生科学思维的同时带动物理核心素养的培养^[3]。

教学设计以“如何称量物体的质量”这一大概念统领教学,以“如何判断横梁是否水平平衡”“如何将横梁调节平衡”“如何设计砝码的质量规格”“如何解决小质量砝码难题”四个小问题贯穿整个教学过程,一步一步引导学生构造出天平的各个细小结构,在构造中找到天平的使用规则,最终完成天平的教学。

3 教学具体环节

(1) 课前微视频

质量概念和质量测量工具的教学若放置在一节课中容量显然太大,因此利用微视频的方式,将质量概念和单位的学习都在课前让学生通过自主学习来完成。然后在课上以小练习检测的方法进一步巩固这部分内容,从而将这节课的主要时间用来处理天平的教学。

(2) 教学引入

问题的提出需要真实的情景,因此在这一环节利用课前微视频留下的“如何测量质量大于或小于1千克的物体的质量”的问题,设计了张秉贵“一抓准”的情景作为引入,引出这节课的大概念问题:张秉贵可以用手称量物体质量,我们如何称量物体的质量呢?



图1 张秉贵 塑像

此外,这一设计还有另外两个用意:一是让学生感受到称量质量的重要性,给学生初步建立起估测的意识,进一步培养学生的质量观念;二是以张秉贵的事迹鼓励学生要踏实钻研,体会业精于勤的含义,培养学生的科学态度与责任。

(3) 寻找质量测量的原理

在“如何称量物体的质量”这一大问题提出后,需要给学生搭建解决问题的台阶。学生在这节课学习之前,头脑中已经有了一些对事物的认识,有称重的观念,因此问题解决模式的教学设计需要充分考虑到学生的已有认知,对学生的已有认知要加以选择利用^[4]。

考虑到学生在小学阶段处理过利用天平寻找残次品的数学题,于是笔者在这里再一次用一个简单的寻找残次品的练习题唤醒学生的已有认知,让学生很自然地想到用天平测量物体的质量。

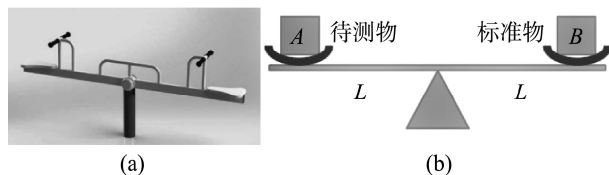


图2 天平称量原理

在细节处理上要注意在学生阐述寻找次品的过程中,帮助学生重点掌握“天平水平平衡”“天平翘起的一端物体轻”“轻的是次品,因为所含物质少,质量小”等关键语言,既强化了质量是物体所含物质多少的概念,又找到了测量质量的工具,还点出了水平平衡则质量相等的测量的原理,这一原理和跷跷板是一致的。

(4) 现场构造一架天平

有了测量原理,自然就到了构造天平的阶段了。笔者给学生展示了一个自制跷跷板,现场将跷跷板上的座椅拆下,安装上2个盛放物体的托盘。这一步的用意是让学生意识到我们要开始组装一架天平了,而且是一步一步按照实际需求进行组装。

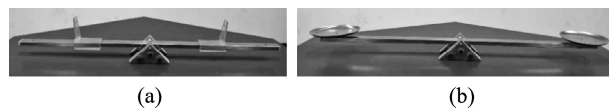


图3 给跷跷板安装托盘

安装好托盘以后,横梁是倾斜的,提问学生:此时可以开始测量吗?学生基本上都会回答不可以,横梁必须是水平的才行,于是引出第1个小问题。

问题 1 如何判断横梁是否水平平衡?

这里学生的思维进一步被调动起来。生活中有什么东西可以反映横梁是否水平平衡呢? 有过相关经历的学生立即会想到相机三脚架上的水平仪(如图 4 所示)。可不可以在横梁上安装一个水平仪呢? 老师现场安装一个以后学生会发现, 水平仪虽然能够反应横梁是否水平, 但是水平仪中的气泡太小了, 稍远一点的同学根本看不到。如何才能将这一微小的不平衡放大一些呢?



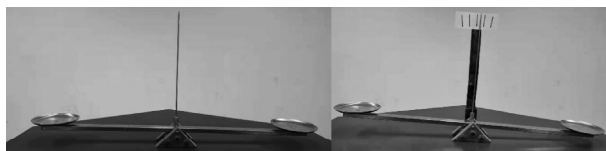
(a)



(b)

图 4 水平仪

有同学想到了在横梁上垂直安装指针的办法, 横梁有微小的不平衡, 指针就会转过很大的幅度, 于是老师现场安装上指针, 此时学生会发现还需要一个背景参照才能明确指针指在什么位置方能代表横梁是水平平衡的, 于是分度盘的结构自然就出现了。



(a)

(b)

图 5 安装指针和分度盘

通过问题 1 的解决, 学生学习了天平上的指针和分度盘的结构, 明白了为什么需要这两个结构, 还通过从气泡水平仪到指针分度盘的演化, 进一步理解了放大法的物理思想。通过指针学生发现, 此时的横梁还是没有水平平衡, 该怎么办呢? 于是引出第 2 个小问题。

问题 2 如何将横梁调节平衡?

学生解决这个问题依旧需要台阶, 需要调动学生的原有认知。再一次从跷跷板入手, 提问学生: 质量小的人能否翘起一个质量大的人呢? 实践中笔者发现此时学生的思维一下子都打开了, 有的说用脚蹬地, 有的说质量小的坐得远一些, 有的说质量大的坐得近一些等等。

于是当老师把学生的目光再一次引导集中在这架待组装的天平上时, 学生迅速地思考着, 发现

蹬地面、移动托盘位置甚至移动支撑点位置都没法实现, 因为他们都是固定的。由此学生马上想到安装一个不固定的能移动的物体在横梁上就可以了。

接下来老师现场在横梁左右两端各安装上一个可以调节位置的重物, 然后现场让学生分析应该向哪个方向调节重物才能够让横梁水平平衡, 并且通过指针来判断是否调节到位了。既然这个重物的作用是调节平衡, 于是平衡螺母的结构和名称也就自然出现了。

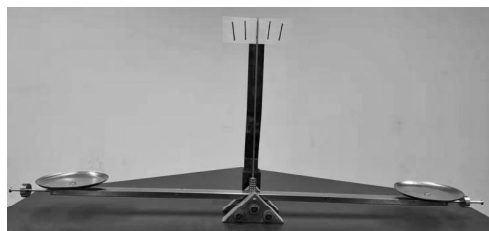


图 6 安装平衡螺母

通过问题 2 的解决, 学生学习了平衡螺母这一结构, 也明白了为什么需要这一结构, 而且在组装过程中还学习到了该向哪个方向调节平衡螺母, 这为后续的天平的使用做好了铺垫。有了指针、分度盘和平衡螺母, 天平横梁已经调节水平平衡, 接下来就应该放上待测物体和标准重物砝码了。可是待测物的质量未知且具有任意性, 作为标准重物的砝码该怎么设计呢? 于是引出第 3 个小问题。

问题 3 如何设计砝码的质量规格?

学生可能很少接触到砝码, 但是对人民币肯定不陌生。人民币都有哪些面额呢? 学生能很快地将自己接触到的面额都写出来, 通过对人民币的面额分析, 学生会发现一些数字总是在不断地重复, 即 5、2 和 1。

为什么会是这些数字重复呢? 这个问题可以留给学生课后去思考, 不必课上解决。但是因为学生明白这些面额的人民币可以组合出各种需要的数值, 于是很自然地就引导学生找到了砝码的质量规格, 即 100 g, 50 g, 20 g, 20 g, 10 g, 5 g。

这里还需要注意两个细节问题。一是为什么有两个 20 g 砝码, 二是如果比 100 g 更大的砝码该怎么设计, 比 5 g 更小的砝码该怎么设计。通过这两个细节问题的讨论, 能够进一步强化砝码规格的设计思路, 同时让学生发现砝码数量太多以及质量太小的砝码都很容易出现问题, 于是很自然引出第 4 个小问题。

问题 4 如何解决小质量砝码难题?

如果加减了最小的 5 g 砝码后,横梁还是不能水平平衡,该怎么办呢?即怎么添加比 5 g 更小的砝码?此时可不可以调节平衡螺母呢?

在这一系列的思考之下,学生很快发现调节平衡螺母的确可以让横梁再次水平平衡,但是调节平衡螺母并不知道向右盘添加了多少质量的砝码,所以不能调节平衡螺母!

此时老师抓住时机进行引导,我们可不可以安装一个有刻度的能显示向右盘添加了多少质量的平衡螺母呢?学生的思维一下子被发散开了,在一片感叹声中一致同意再给天平安装一个新的结构,到此,标尺和游码就自然地出现了。

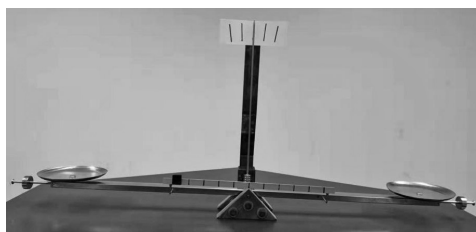


图 7 安装标尺和游码

通过问题 4 的分析,首先学生明白了平衡螺母和游码都可以将天平调节平衡,但是前者不能读数,后者能读数,有了这一种认识,在以后的天平使用中,学生就不会再出现不知道什么时候该调节平衡螺母,什么时候该调节游码的问题了。此外,这也为接下来演示和总结天平的使用规范做好了铺垫,尤其是解决了为什么要先将游码归零再调节平衡螺母的问题。

至此,通过问题的不断生成和不断解决,学生在这—过程中不断地调动原有认知,不断地质疑创新,不断地推理论证,最后构建出了天平的结构,解决了为什么有这些结构以及这些结构的各自功能的学习难点。

(5) 天平的使用规范

接下来的环节教师通过投影将一架真实的天平展示出来,然后老师按照学生的指导进行操作演示,在不断地试错中用天平称量出一个待测物体的质量,学生在不断地试错中总结记录下天平的使用规则。在此过程中学生的许多不一致的操作步骤逐渐被统一起来,许多错误操作在老师实践展示之后被学生摒弃,最终形成了完整的天平使用规范。

具体的过程中需要着重强化操作以下几点。首先是游码归零先于平衡螺母的调节,然后是左盘放待测物体右盘放砝码,接下来是在估测待测物质量后从大到小添加砝码,最后是测量过程中需要调节

游码而不是平衡螺母。

过程中老师要敢于向学生展示不规范的操作,用真实的反例引起学生的认知冲突,帮助他们质疑^[5]。比如添加砝码时,先从小到大添加,让学生看到这么操作带来的问题,即最后总会出现不知道该从右盘取下哪个砝码的情况。接着老师再演示从大到小添加砝码,顺畅地完成了称量,学生对比之下自然就明白这么做的好处和用意了。

最后让学生用天平和砝码自己进行实验,完成待测物体质量的测量。

(6) “一抓准”趣味估测赛

在学生完成实验之后,老师简单小结这节课,与此同时再一次将学生带回到张秉贵的事迹上,让学生试着用手估测一大盒巧克力的质量,并将答案记录下来,最后老师现场用电子秤称量出准确结果,而估测最准确的学生小组将获得这盒巧克力。



图 8 电子秤

这一环节的目的在于以下几个。一是让学生意识到能够称量质量的不只是天平,生活中还有其他的称量工具,比如电子秤。二是让学生进一步感受张秉贵“一抓准”的难能可贵,培养学生的科学态度与责任;三是继续强化学生的估测意识,让学生对质量有一个直观感受,帮助培养物理观念;四是首尾呼应,这节课的大概念问题是从情境中得来的,需要再回归到情景中去,借此引导学生物理源于生活而又需要回到生活的实践意识。

4 结束语

物理学科核心素养的培养,需要创设真实情景,需要给学生质疑创新和科学推理的机会,与此同时要在潜移默化中培养学生的科学探究和科学态度与责任。这些素养培养的达成,需要考虑到学生的原有认知,更需要从教学上进行整体的设计,需要在大概概念大问题的教学视角之下进行统领教学。

因此,对于类似天平这样的实验仪器教学,笔者通过实践表明,以大概概念或者大问题统领设计,采用问题解决模式和实验仪器构造的方法,用各个小问题贯穿整个教学过程,让学生在问题的不断生成和不断解决过程中去提升自己的物理学科核心素养,是切实可行的。

(下转第 75 页)

4 结论与展望

从上海高考物理卷和美国 SAT 物理专项考试中涉及半定量试题编制对比中,可以发现如下异同。

从宏观方面看,两者的相同点在于图象分析法、趋势的变化和极限情形和特例的讨论的试题,所占分值均较高。主要差异在于上海高考物理卷主要集中在图象分析法和趋势的变化两个方面,其余方面所占分值偏低,并且上海高考物理题在数量级与物理量的估算这一分析方法上缺少考核;而美国 SAT 物理专项考试则更为全面,各种半定量分析方法的考查均有涉及,且分配合理。

从微观角度上看:上海高考物理卷在半定量分析方法的考查上,不论是总体难度还是单个的试题难度都要远高于 SAT 物理专项考试。SAT 物理专项考试的试题难度不大;对于知识点以及分析方法的考核强调整体性,试题更加贴近生活实际,考查学生自主学习、建立物理模型和知识类比与迁移的能力。而上海高考物理卷更强调细节性,对于学生的定量计算以及数学知识的储备要求较高。这就要求学生花费大量的时间和精力,总结解题技巧和规律;导致在套用公式和定量计算上花费了大量的时间和精力,忽视了半定量的分析,对物理概念与过程缺乏实质性的理解。恰恰由于上海高考物理卷不同题型分值分布不均,导致学生为了获得高分,在备考期间会依据知识点的重要性进行复习,这会造成知识点偏颇,特别是出题者常考或必考的应试技巧。

由此可见,在高考中改善半定量试题编制,有助于考查学生的推理能力、逻辑判断能力、知识整合能力。有鉴于此,作者建议适当调整上海高考物理卷中半定量试题编制。包括:增加数量级和物理量的估算这一方法的考核;适度降低对定量计算以及数学知识的要求;加强知识点与实际生活的联系或物理概念和规律之间的联系;试题题材的物理情景可更加贴近实际生活与应用;通过更加科学合理的半定量试题编制,考查学生对物理知识的系统掌握程度,逻辑分析能力;通过提高半定量试题编制考核范

围,提高考试的效度和信度。

参考文献

- [1] 赵凯华. 定性半定量物理学(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 1—4.
- [2] 张倡洲. 重视中学物理教学中定性和半定量分析法[J]. 物理通报, 2010(1): 27—29.
- [3] 许冬保. 定性半定量问题的分析策略[J]. 物理教学, 2013(7): 62—64.
- [4] 叶海娟, 褚云杰. 定性和半定量思想在高中物理习题教学中的运用[J]. 物理通报, 2014(2): 40—43.
- [5] 许冬保. 在解答物理问题中培养高中生定性推理能力的教学探讨[J]. 物理教师, 2012, 33(4): 59—60.
- [6] 吴万进. 一道全国中学生物理竞赛试题赏析——第 27 届初赛第 11 题的定性半定量推断和定量计算[J]. 物理通报, 2013(7): 93—94.
- [7] 游晓明. 用定性和半定量分析法求解一类新型高考选择题[J]. 物理之友, 2014(4): 42—45.
- [8] 沈元华. 定性半定量物理实验教学初探[J]. 物理实验, 2004(11): 25—27.
- [9] 郑文忠, 钱呈祥. 定性半定量思想在“2009”高考中的运用[J]. 物理教学, 2010(3): 52—53.
- [10] 杨春芳, 姜胜. 定性半定量分析法在高一物理学习中的应用[J]. 湖南中学物理, 2013(12): 6—14.
- [11] 叶海娟, 褚云杰. 定性和半定量思想在高中物理习题教学中的运用[J]. 物理通报, 2014(2): 40—43.
- [12] 赵振宇, 陈士琛, 龚璐. SAT II 物理试卷与高考上海卷中光学题目的比较研究[J]. 现代基础教育研究, 2017(1): 24—32.
- [13] 赵振宇, 胡海涛. SAT II 物理试卷与高考上海卷中力学部分的比较研究[J]. 现代基础教育研究, 2016(1): 134—142.
- [14] 赵振宇, 万浩. SAT II 物理试卷与上海高考物理卷中电磁学题目的比较研究[J]. 教育参考, 2016(2): 44—51.
- [15] 赵振宇, 龚璐, 陈士琛. SAT II 物理试卷与上海高考物理卷中热学题目的比较研究[J]. 教育参考, 2017(3): 103—112.
- [16] 赵振宇, 陈荃. SAT II 物理试卷与高考上海卷中原子物理学题目的比较研究[J]. 教育参考, 2018(4): 42—49.
- [17] 赵振宇, 顾媛媛. SAT 物理专项试卷与高考上海卷中核物理题目的比较研究[J]. 教育参考, 2019(1): 56—62.
- [18] Steven A. Leduc. Cracking The SAT Physics Subject Test, The 15th Edition [M]. Princeton Review, 2013.
- [19] 灿烂在六月编写组. 灿烂在六月——上海高考真卷(物理)[M]. 上海: 中西书局, 2015: 1—36.
- [20] 王慧. 《义务教育物理课程标准》修订的比较研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2014.

(上接第 37 页)

参考文献

- [1] 田成良. 对中学物理仪器教学的思考——谈物理仪器构造式教学研究[J]. 物理教学, 2018(10).
- [2] 林崇德. 心理学大辞典[M]. 上海: 上海教育出版社, 2003. 12.
- [3] 蒋炜波, 王宏. 物理实验的设计如何指向学生科学思维的培养[J]. 物理教学, 2019(12): 10—12+9.
- [4] 蒋炜波. 教学设计如何指向学生物理观念的培养[J]. 基础教育课程, 2019(4).
- [5] 蒋炜波. 科学思维中提出质疑的方法策略研究[J]. 物理教学, 2019(6).