

教学论坛

创设真情境，探究真问题

——以 phyphox 软件为支架的“牛顿运动定律的应用”教学设计

周 祎 马如宝 (上海市晋元高级中学 上海 200333)

摘要 在以往教学中，“牛顿运动定律的应用”的教学设计，要么是纸上谈兵，要么是以卫星、飞船等离学生比较遥远、且以高中生的知识能力尚不能完全理解的问题为例。本文创设真实情境：解决“手机是如何实现横屏变竖屏，摇一摇发红包和计步功能的”。通过任务驱动，帮助学生搭建知识支架系统和能力支架系统，从简单的 DIS 力传感器出发，逐渐理解加速度传感器的原理，通过实验解释真实情境下的问题。不但让学生在研究的过程中巩固牛顿运动定律的知识，也体会了牛顿运动定律的实际价值。

关键词 真实情境 phyphox 软件 加速度传感器

文章编号 1002-0748(2019)8-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

在全面培养核心素养的背景下，科学探究因其可以培养学生的关键能力和必备品格备受关注。核心素养的培养必然是在学生面对较为复杂的问题时，调动高阶思维解决问题的过程中，像学术研究一样进行有意义、有目的的探究，并能把获得的知识和经验有效迁移应用到解决实际生活问题中去^[1]。以沪科版高一年级第一学期“牛顿运动定律的应用”一节为例，目前的教学设计，要么局限于理论，纸上谈兵，要么就是举例如卫星、飞船等离学生比较遥远且以高中生的知识能力尚不能完全理解的问题。因此我们迫切需要创设真情境，探究真问题。真情境指的是真实世界的物理问题，而非已经抽象好的小球、木块模型。真问题是指导学生能够真正动手、真正探究、真正能搞懂、真正能有收获、真正能提高的问题。下面就以这一节的教学为例，探讨如何在真情境中进行真问题的探究学习。

1 “牛顿运动定律的应用”教学设计

1.1 联系生活实际，创设真实情境

选取学生熟悉的手机作为研究对象，创设真实情境：手机是如何实现横屏变竖屏，摇一摇发红包和计步功能的？

1.2 设计驱动任务，搭建支架系统

真实问题是复杂的，对于学生来说难以逾越。因此在探究过程中搭建了相应的知识支架系统和能力支架系统，帮助学生完成攀登。

1.2.1 知识支架系统

1.2.1.1 阐明情境问题，找到合理突破

任何复杂问题的突破都是从已知的简单问题开始的。主问题是和手机中有一个可以测量加速度的传感器——加速度计有关。设置第一个驱动任务：探究加速度计测量加速度的原理。通过三个问题，帮助学生找到突破口。

(1) 曾经学过哪些测量加速度的方法？用位移和光电门传感器来进行测量。

(2) 以上这些方法可能是手机测量加速度的方式吗？讨论发现：用运动学原理测量的是平均加速度，而手机需要测量瞬时加速度。运动学测量加速度的方法不是手机中加速度计的原理。

(3) 手机中加速度计可能的测量原理是什么呢？引导学生专注于本章内容，发现可以用牛顿第二定律来测量加速度。

1.2.1.2 创设简单情境，引起知识共鸣

加速度计是如何利用牛顿运动定律来测量加速度的呢？在这里创设了学生熟悉的、较为简单的物理情境，帮助学生从已有的知识出发，搭建支架研究复杂问题。

驱动任务二：如何利用牛顿运动定律来测量学校电梯从一楼上升到八楼的加速度。

小组讨论，推选出最佳方案：将钩码挂在弹簧秤上，读出弹簧秤测量的拉力大小，已知钩码质量，可以通过牛顿第二定律计算出实时加速度大小（见

图1)。但当学生用弹簧秤和钩码进行简单实验后发现:在运动过程中要读取、记录弹簧秤的读数非常困难。改进设计方案,用DIS力传感器代替弹簧秤(见图2),利用计算机辅助实时记录拉力的大小。

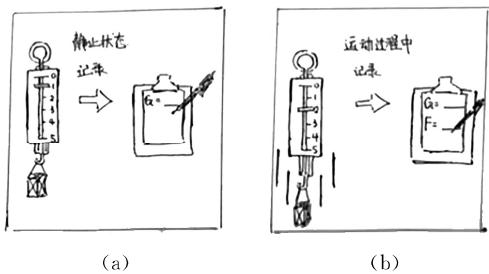


图1 学生设计的实验方案

1.2.1.3 分析实验数据,梳理知识架构

根据实验方案,请一组学生去电梯中做实验。通过视频通话,实时直播实验过程;通过录像功能,记录下的实验数据。(见图3、图4)设置第三个驱动任务:分析电梯从一楼到八楼过程中的实验数据。

通过两个问题帮助学生梳理牛顿运动定律单元的知识,画出单元思维导图。同时帮助学生了解如何在一个真实的问题中去应用牛顿运动定律的知识,为后续探究搭建好知识支架系统。



图3 视频直播学生电梯实验



图4 电梯实验DIS界面

(1) 根据实验数据,解释:当 $F-t$ 图象出现向上尖峰时,电梯做什么样的运动?当 $F-t$ 图象出现向下尖峰时,电梯做什么样的运动?

(2) 已知砝码的质量为 m ,如何根据实验数据

测量电梯某时刻的加速度?

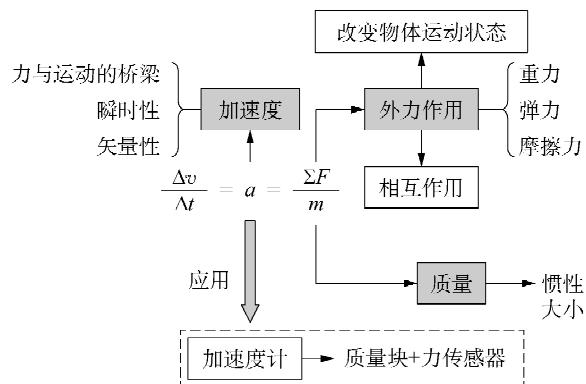


图5 “牛顿运动定律”单元思维导图

1.2.2 能力支架系统

1.2.2.1 迁移真实世界,完成能力拓展

通过知识支架的搭建,学生在知识能力的舒适区进行调整,完成了基础模型的搭建。通过让学生比对加速度计原理图,发现加速度计的原理和自己设计的简陋加速度计是一样:都是通过质量块对力传感器的挤压,将力信号转化成电信号,并通过计算机识别、计算,得出瞬时加速度值。设置第四个驱动任务:如何测量任意方向的加速度?通过三个问题,带领学生探究真实世界。

(1) 如何测量水平方向的加速度?由于力传感器只能测量轴线方向的力,所以当需要测量水平方向的加速度时,需要将加速度传感器水平方向放置。

(2) 加速度计测量出的加速度在竖直方向和水平方向时表达方式不同,有没有什么方法可以将它们统一起来?需要设置一个 $a_{\text{测}}$ 中间值,因此加速度计的显示值是以重力加速度为基准的(见图6)。

(3) 真实世界中的加速度方向是任意的,如何来测量任意方向的加速度?加速度是矢量,可以沿 X、Y、Z 三个轴方向进行分解。只要沿直角坐标系三个不同方向设置三个加速度传感器就可以测出任意方向的加速度,这就是三轴加速度计的原理(见图7)。

将这样的三轴加速度计进行微小化、集成化,就是平时手机中所安装的微小的电子机械振动系统(简称 MEMS)加速度计。

1.2.2.2 提供支架工具,提高实验能力

原理毕竟还是纸上谈兵,探究真实情境下的问题,还需提供给学生能够探究的实验工具。利用 phyphox 手机 APP,可将加速度计的输出值以图象的形式显现。学生观察手机处于静止和运动状态时,三个加速度方向的显示值,帮助他们理解加速度

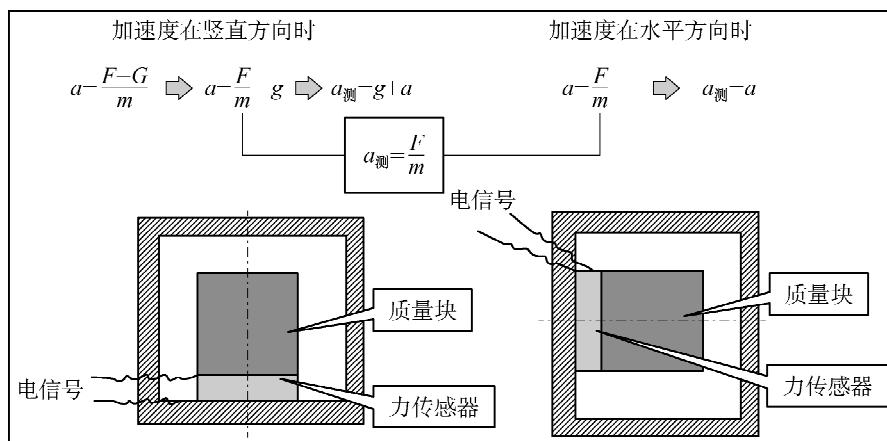


图 6 加速度计原理推导过程

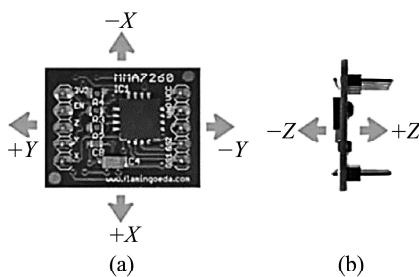


图 7 三轴加速度传感器芯

计的原理。

1.3 完成真实探究,培养真实能力

通过任务驱动搭建了知识和能力支架系统后,学生已经具备了探究真实情境问题的知识和能力基础,拥有了探究真实情境问题的工具。接下来将要调动课程所学,解决课时及拓展任务。

1.3.1 达成课时任务,落实核心素养

学生活动: 打开 phyphox 软件,观察手机在不同姿态、不同运动状态时的三个轴向加速度的输出值,研究手机究竟是如何来实现横屏变竖屏、摇一摇和计步功能的。

学生讨论发现: 竖屏变横屏是因为加速度计的输出值是以重力加速度为基础,当手机处于不同的姿态时,重力加速度会体现在不同的轴上。(见图 8) 摆一摇功能是由于手机摇动后加速度的值会呈现一定的规律,当其频率符合某一个范围时,就可以判定手机进行了摇一摇的动作(见图 9)。

在计步功能的研究中,学生预计走路时,手机加速度计的输出值应该呈现一定的规律,然而显示值并非所想。经过进一步的探究发现,这是因为手机在口袋中的姿态不固定所致,只要将三个方向的加速度进行合成,还原其实际加速度,当这个频率符合人走路的频率时,即可判定人在走路,加速度值的尖

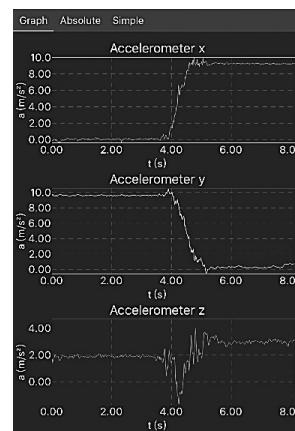


图 8 手机竖屏变横屏时的实验图象

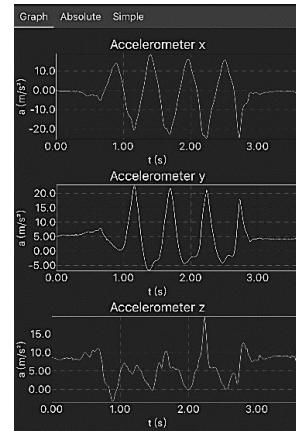
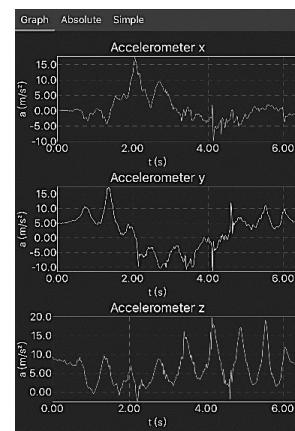


图 9 手机摇一摇时的实验图象

峰数,就是人走路的步数(如图 10 所示)。



(a)

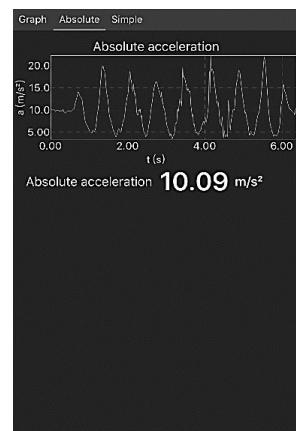


图 10 手机放在口袋中走路时的实验图象

归纳总结完成思维导图: 加速度计除了简单的输出加速度值外,可以应用于姿态的判断和频率的判断。

1.3.2 拓展知识广度,挖掘能力深度

掌握知识能力后,应让其迁移,发现其在现实生

活中的价值。设置新情境：如果你是设计师，将如何设计安全气囊的引爆点？学生将装有手机的小车进行碰撞试验，得到加速度随时间变化的数据，进行讨论（见图 11）。

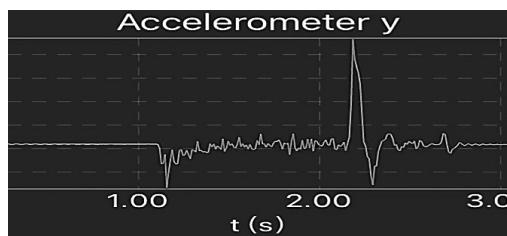


图 11 小车碰撞实验图象

对于这个开放的问题，学生积极参与讨论，如：需选取一定的阈值；中间阈值应满足人头没有撞到方向盘上，又要满足加速度不至于大到已经对人体造成伤害；在汽车急刹车时也会有较大的加速度，要和碰撞时情况进行区别……根据讨论，进一步做急刹车实验，观察加速度随时间变化的图象，发现加速度也很大，但是刹车时的加速度随时间的变化率要远小于撞车时的变化率。由此学生发现，除考虑阈值以外，加速度随时间的变化率也是需要考虑的因素。从这个开放的拓展问题中，学生发现真实情境中需要考虑的问题有很多，哪些是主要因素，哪些是次要因素，这些都是在研究真实情境问题时需要妥善处理的。

布置课后作业：上网搜索加速度计的应用，交流并讨论如何应用加速度计。

2 探究真实情境问题的要点分析

2.1 设置真实情境的原则

真实情境的创建应遵循四个原则：体验性、开放性、意义性、趣味性。

体验性：挑选物理情境要从学生熟悉的，可以唤起经验的物理情境中挑选。**开放性：**探究的含金量体现在问题解决过程中高阶思维的参与，也就是“真探究”之“真”所在。因此所设置的问题应具有丰富的信息，可以让学生从多角度进行思考。**意义性：**教学中的情境需要搭载知识内容，因此所设置的情境应有助于学生理解某些重要的教学内容。**趣味性：**所设置的情境应该是有趣的，具有吸引力的，可以激发学生持续思考的情境。

根据这四个原则，本设计中，将学生熟悉的智能手机作为研究的对象，将智能手机中常见的一些功能作为真实的情境，学生对此充满兴趣。同时问题

的研究又具备一定的复杂性，学生需要调动其高阶思维，将学习过的知识进行处理加工，才能探究出结果。在问题的研究过程中搭载了牛顿运动定律的理解和应用，让学生体会到牛顿运动定律的实际价值。

2.2 搭建支架系统的原则

佐藤学对于“真正的学习”是这样描述的：“业已懂得、理解的东西即便滚瓜烂熟，也不能称为‘学习’。学习是从已知世界出发，探究未知世界之旅；是超越既有的经验与能力，形成新的经验与能力的一种挑战。”^[2]而支架就是探究的阶梯，在学生发展目标和现有认知水平之间的最近发展区内，通过合理设置驱动任务作为阶梯，增加思维的阶数，降低思维的梯度，提高学生在探究过程中的兴趣和成就感，能有效提升学生的高阶思维水平，完成核心素养的培育。在搭建支架系统时应注意五个维度的搭建：

发现思维突破与深入的支架：基于真实情境的问题总是复杂的，漫无目的的探究会打消学生的兴趣和专注度。所以在进行探究之前，需要界定一些范围，找到一些突破口。教学设计中设置了探究加速度计原理的驱动任务，通过任务的解决，学生将问题聚焦于牛顿运动定律，为之后的深入研究搭建了良好的支架。

促进思维完整与清晰的支架：工欲善其事，必先利其器。解决问题之前应先理清解决问题的知识和方法。本设计设置了“如何测量电梯从一楼到八楼的加速度”这一驱动任务，通过两个梯度的问题解决，让学生寻找到测加速度的方法。并通过对现象的分析，梳理了牛顿运动定律章节思维导图，帮助学生在脑海中清晰呈现知识架构。

引导思维探究与实验的支架：随着认识的发展，实验手段也在不断进步，探究真实世界需要不断地更新实验工具。在本设计中，从最初的弹簧测力计到力传感器，再到通过对真实加速度计的原理探究到手机中可视的加速度计 APP 的应用，帮助学生搭建探究的实验支架。

拓展思维广度与深度的支架：当逐步完成探究任务后，需要进一步进行知识和能力的迁移，需要搭建拓展思维的广度和深度的支架。在本设计中，设置驱动任务：如何设计安全气囊的点爆点。让学生应用课程所学，独立完成新问题的解决，为进一步的深入思考搭建了支架。

发展思维空间和时间的支架：所有真实情境的探究必然需要容纳它的空间和时间。本设计的内容需要在两个课时中才能完成，基于此，学校设计了相

应的长课时,两课时连上,保证进行探究教学中的时间。同时,探究需要相应的空间,学校也提供了相应的实验室、实验仪器。这些都是真实情境探究教学得以实现的基础。

通过五个维度的支架设置,真实情境的探究出现立体的空间,引导学生深入钻研和求索。通过设置连续的、有挑战性的、完整的驱动任务,帮助学生在从自身能力基础开始,逐步向外探究,结合学科育人的特点培养学生的核心素养。

3 教学反思

在本节课的教学实践中,由于是学生感兴趣的情境,学生参与度很高,对于教学设计中的各项任务完成度很好。例如在分析手机的各种功能时,学生讨论热烈,提出了很多想法。甚至在课后,还有很多同学利用手机加速度传感器探究各种生活中的物理现象,还有一些同学通过查找资料,去了解手机其他一些传感器的原理和应用。

同时真问题的探究,给学生带来了不一样的感受。其中做电梯实验的同学表示:“这是他第一次感受到,原来真实世界和课本上的题目还有那么多不同。当将看似简单的实验放到电梯中去时,遇到了很多书本知识之外的问题:如重物摇晃和电梯运行

(上接第 13 页)

从学生已有的经验出发,激活学生的已有知识,找准知识的生长点,根据学生的学习需要,遵循学生的认知规律,引导学生加强简单知识与复杂知识、新旧知识之间的联系,完成知识的迁移和知识结构的重建,让知识自然长出来。必须强调的是,寻找知识之间的联系不能仅停留于简单累积事实性知识的范围,而是要建立在理解其原理、领会其实质的基础上的联系。

(1) 利用二维平抛运动演示仪代替传统实验,这样呈现平抛运动的图象能够帮助学生直观地建立标准的平抛运动轨迹,而且能为下一步的定量分析做准备。

(2) 抛粉笔头及图 5 所示的传统定性实验与二维平抛运动精确的定量实验相辅相成,能够从学生的直观经验出发引起思考,进而使他们主动设计实验来验证自己的猜想,形成“现象—猜想—假设—验证—结论”的科学探究思维。

(3) 在定量实验的过程中,学生能够根据数据充分利用已有的运动学知识来分析运动轨迹,得到两个方向上的运动情况,最后与计算机结果的对比

不稳定等,但是在多次实验和调整之后成功解决了问题,得到了来之不易的数据。看似简简单单的几个数字,背后是几位同学在电梯中不断解决问题的结果。”在手机计步功能的研究中,一位组长表示:“通过之前的学习,本来以为这是个很容易解释的功能,可实际做实验时却发现和想象的完全不一样,解决真实问题要考虑的因素比做题要多多了。物理在生活中是无处不在的,光光只是理论是远远不够的,要走进生活,贴近生活并且善于思考,这才是最为珍贵的。”

总的来说,这节课的设计与传统的教学设计相比,在真情境真问题的探究方面进行了有益的尝试,取得了较好的教学效果,学生也在这节课的探究活动中获得了核心素养的培养。

参考文献

- [1] 蔡亚萍. 基于真实情境问题解决的教学设计[J]. 电化教育研究, 2011(6): 73—75.
- [2] 曾国华, 于莉莉. 专访佐藤学: 学习是相遇与对话[J]. 中小学管理, 2013(1): 23—25.
- [3] 杨蕾, 胡银泉. 智能手机中加速度计的原理及教学应用[J]. 物理通报, 2017(1): 80—81.
- [4] 陈运保, 杨换换. 中学物理知识深度学习教学策略的研究[J]. 湖南中学物理, 2018(10): 1—3.

使学生意识到计算机处理数据方便准确,而且能对实验误差做进一步的思考。精确的数据测量、严格的计算推理和对误差的分析,不仅能够训练学生的科学探究能力和数理推理能力,还能让学生把数据与现实联系起来,形成严谨、认真、求实的科学态度,树立其探究自然界的信心。

参考文献

- [1] 宋霞. 力与运动关系的学习进阶研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2018.
- [2] 教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [3] 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 2)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010.
- [4] 李彦清, 高嵩. 基于 DIS 实验技术的平抛运动教学设计[J]. 物理教学, 2016(11): 28—30+4.
- [5] 殷帅. 基于 DIS 实验优化高中物理实验教学的分析与研究 [D]. 济南: 山东师范大学, 2014.
- [6] 田序海. 关注学生有效学习促进核心素养提升——基于“平抛运动”教学过程的赏析[J]. 中学物理教学参考, 2018(13): 30—33.