

初中园地

要让学生经历完整的科学探究过程

——对“牛顿第一定律”教学的思考

董 耀 (镇江科技新城实验学校 江苏 212000)

孙伟军 (镇江市伯先中学 江苏 212132)

朱行建 (天津开发区教育促进中心 天津 300399)

摘 要 为帮助学生建立正确的运动与相互作用观念,本文以“牛顿第一定律”为例,通过合理的教学设计,让学生经历完整的科学探究过程,探寻科学探究能力的培养路径。

关键词 科学探究 牛顿第一定律 教学现状 教学设计

文章编号 1002-0748(2021)10-0047

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 “牛顿第一定律”认识的曲折历程

生活经验告诉我们:当你沿着道路拉一辆小车,或在地板上推一个箱子时,是你用力拉或推维持着运动。因此人们觉得,推、拉、提等动作是维持物体运动所必须的。要让一个物体运动更快,必须用更大的力推它、拉它、提它,当我们不再用力作用它时,原来运动的物体便静止下来。

基于这类经验事实,古希腊时代的亚里士多德认为:静止是水平地面上物体的自然状态,必须有外力作用在物体上,物体才运动,没有力,物体就静止。亚里士多德的理论解释了大多数情况,似乎言之有理,与经验没有明显的矛盾,所以长期以来没有人怀疑。随着认识的深入,人们发现有些现象很难用亚里士多德的理论进行解释,比如射出一支箭,它能水平运动很长一段距离而不会轻易减慢下来。一个来自弓弦的短暂强劲的推力使箭启动,然而一旦箭离开弓弦,是什么外界作用维持其运动呢?

伽利略发现,将人们的认识引入歧途的是摩擦阻力。他注意到,当一个球沿斜面向下滚时,它的速度增大,而向上滚时,它的速度减小。由此伽利略推论,当球沿水平面滚动时,它的速度应该不增不减。实际实验中伽利略发现,球越来越慢是由于摩擦阻力的原因,表面越光滑,球便会滚得越远。因此他推论,若没有摩擦阻力,球将永远滚动下去。基于此,伽利略设计了著名的斜面实验。伽利略把实验观察和科学推理相结合,深入分析了力与运动的关系,最

先将力与运动状态的改变联系起来。但是他认为等速圆周运动也是一种惯性运动,存在一定的错误。

伽利略的局限性在笛卡尔那里得到了弥补。笛卡尔在《哲学原理》一书中明确指出,除非物体受到外因的作用,物体将永远保持静止或运动状态,惯性运动的物体不会使自己趋向曲线运动,而是保持在直线上运动。至此,惯性定律才算比较完善地建立,但这还不是牛顿第一运动定律。而且笛卡尔把这一切都归因于“上帝”的安排,完全是从哲学的角度考虑问题。

最终,牛顿在前人的基础上,经过自己的研究,总结出了牛顿第一定律:每个物体都保持其静止或匀速直线运动的状态,除非有外力作用于它迫使它改变那个状态。自此历时近两千年,终于从亚里士多德的自然哲学转变为牛顿的经典力学,实现了从“力带来速度”到“力带来加速度”的伟大进步。

2 “牛顿第一定律”的教学现状

在苏科版《物理(八年级下册)》教材中,先是以小明和小华两位同学的对话引入亚里士多德的观点:力是物体运动的原因。接着教师询问学生是否赞成这一观点,若赞成则给出反例,激发学生思考,提出问题。然后采用实验探究活动,通过实验观察和科学推理总结得出牛顿第一定律。

该探究活动的设计本身并无问题,但笔者在多年教学和听评课中却感觉有诸多不妥之处。

其一,斜面的“横空出世”,教师会一而再再而三

地强调“高度是为了获得速度”“相同的高度是为了获得相同的初速度”；

其二,光滑水平面的“横空出世”,教师会很自然地说,棉布、木板、玻璃板,阻力越来越小,接触面粗糙程度越来越小,自然过渡到理想状态,阻力为 0,光滑的情况;

其三,推理的科学性存疑:光滑水平面上运动路程无限远可以推理出小车做匀速直线运动吗?

在后期的教学反馈中我们也发现,大多数同学的认识依旧还是停留在亚里士多德“力是维持物体运动状态的原因”上,并没有形成“力是改变物体运动状态的原因”的正确物理观念,这也不得不令我们反思授的是“鱼”还是“渔”。

3 如何让学生经历完整的科学探究过程

关于是否应该让学生经历完整的科学探究过程,《义务教育物理课程标准(2011 年版)》作出如下说明:“由于课时所限,不可能在每次探究活动中各个要素都面面俱到。一次科学探究活动可以侧重某些探究要素,通过一系列的探究活动,使所有要素对应的探究能力都得到培养”“要让学生真正经历探究过程,不要为了赶进度而在学生还没有进行足够思考时草率得出结论”。

笔者认为,是否需要经历完整的科学探究过程要看学生的认知是否有困难,对于认知极具挑战性的科学内容必须要经历一系列完整的科学探究过程。这里的“完整”不仅仅是实验操作过程的完整,更体现在实验思考设计过程的完整,让学生经历从发现问题、猜想假设,到设计实验、收集证据,再到分析论证、交流评估的一系列科学探究过程。

牛顿第一定律是初中物理教学的重点和难点,是学生学习力学时接触到的第一个重要定律,对于学生的认知和教师的教学都极具挑战性,教学时需要破除错误的前概念,形成正确的运动与相互作用观念。基于此笔者认为,在牛顿第一定律的教学中需要让学生经历完整的科学探究过程。在教学过程中,我们通过教学设计主要解决三个问题:斜面何处来,光滑水平面何处来,科学推理怎样呈现。

3.1 创设问题情境,引发认知冲突

师:用力推小木块,小木块运动,停止用力,小木块停止;风吹树摇,风停树静;锤子砸钉子,钉子下陷,锤子不砸钉子不下陷。根据上述现象,讨论力与运动有什么关系。

生:用力推小木块,小木块就运动,说明有力作用

在物体上物体就运动,没有力作用在物体上物体就静止(亚里士多德的观点),所以物体运动需要力来维持。

师:给小木块装上轮子再进行类似实验,你又有什么发现呢?

生:用力推小车,小车就运动,撤去推力后小车并没有立刻停止,在小木块的实验中其实也有类似的现象,但小车最终还是停了下来。

师:那么在整个过程中推力到底起到什么作用呢?力到底是不是维持物体运动的原因?带着这个问题,我们如何设计实验呢?

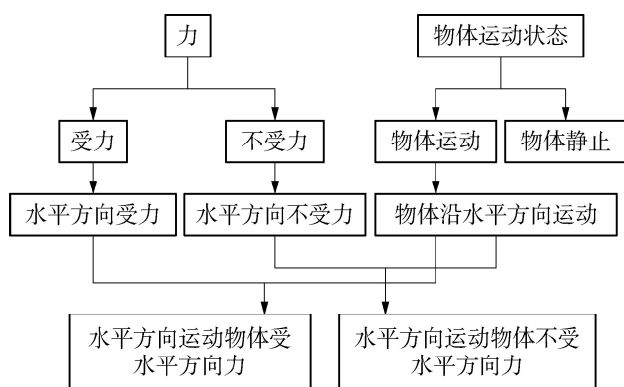


图 1

3.2 自主设计实验,不断反思改进

在进行实验设计时,我们通过图 1 的教学引导学生意识到,想要研究力是不是维持物体运动的原因最少需要进行两组实验,即运动的物体受到阻力作用和不受到阻力作用两种情况。

师:在进行这两组实验时,选取的“运动物体”要“一样”有两层含义:物体一样,运动情况也一样。我们用来描述物体的运动情况?

生:速度,两组实验中物体的速度也要相同。

师:水平方向运动物体不受阻力的情况在实验操作中能否做到?

生:需要光滑的水平面,无法实现!

师:这种情况要不要保留?怎样近似实现?

引导学生由阻力大,阻力中等、阻力小,到阻力无,也就是从实验到推理的过渡。基于此,我们可以大致设计出如图 2 所示的实验方案。

方案 1:速度相同,不同阻力。

接下来,引导学生进一步思考如何实现速度的相同。

师:首先请大家思考一下如何让一个物体获得速度。

生:①用手推;②压缩弹簧释放;③从高处滑下。

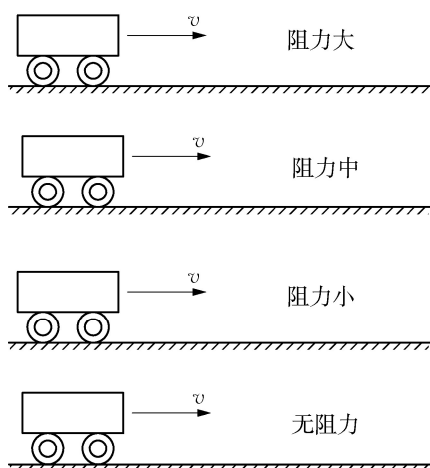


图 2

师：那么如何让一个物体获得相同的水平初速度？

生：①用手推时力的大小相同；②压缩弹簧到相同的形变量后释放；③从相同高处滑下。

学生对于如何让物体获得相同的初速度，有各种各样的方案，要让学生比较哪一种方案更合理。以手推为例，力度不好控制，作用时间不易控制，不同人操作差异性更大，可重复性低；以弹簧为例，在实际操作中，弹簧与物体的接触处通常是一个点，作用的方向不可控，物体弹射方向不固定，可操作性低。基于此大多数学生可设计出如图 3 所示的方案。

方案 2：从斜面同一高度处静止释放。

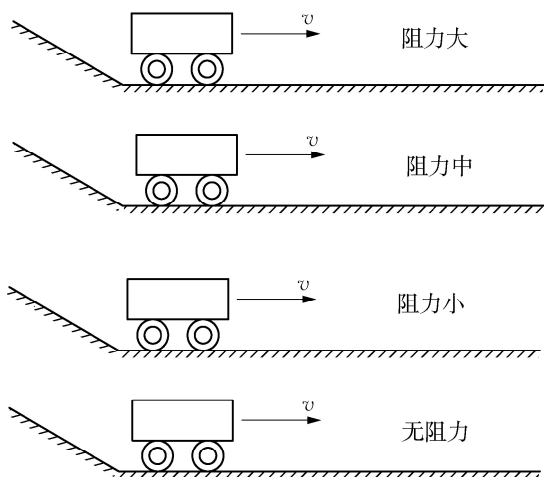


图 3

接下来，引导学生进一步思考如何实现阻力的变化。

师：怎么实现四次实验中物体所受摩擦阻力不一样？

生：改变接触面的粗糙程度或改变压力。

师：改变哪一个更科学？如何改变？

生：选用不同粗糙程度的水平面，进而实现摩擦阻力的不同。

方案 3：速度相同的物体在粗糙程度不同的水平面上运动(见图 4)。

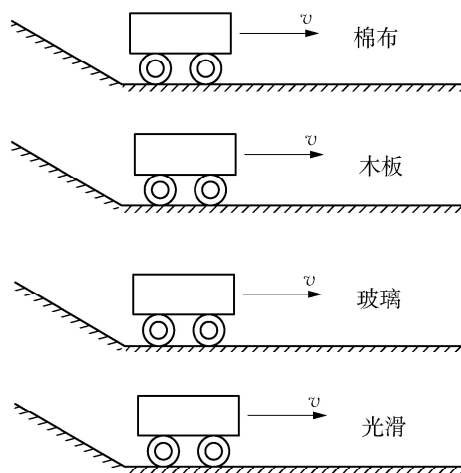


图 4

上述实验方案的设计中，学生经历了思维的碰撞，能够认识到“斜面何处来”，光滑水平面的情况尽管无法实现但仍要保留。

3.3 改进表格设计，进行科学推理

利用方案 3 进行实验，收集数据，与教材中的表格设计相比，我们引导学生增加一栏“小车速度变化快慢”：力对物体运动的影响，表现在力对物体运动速度的影响，而运动的路程则是速度对于时间的累积。虽然运动距离更为直观，但从逻辑分析的角度来看，添加“小车速度变化快慢”一栏更有助于学生形成正确的认识。我们设计的实验记录表格见表 1。

表 1

实验序号	水平部分材料	小车所受阻力情况	小车速度变化快慢	小车运动的距离
1	棉布	大	快	短
2	木板	中	中	中
3	玻璃	小	慢	长
4	光滑	无		

另外，在听评课的过程中我们发现，有不少教师会进行如下的科学推理：由于小车运动距离无限远，所以小车做的是匀速直线运动。其实这样的说法是不科学的，颠倒了逻辑上的因果关系，正是由于小车做匀速直线运动才导致运动距离无限远，运动

(下转第 16 页)

学生解答：① 火星表面， $G \frac{M_{\text{火}} m}{R_{\text{火}}^2} = mg_{\text{火}}$ ；地球表面， $G \frac{M_{\text{地}} m}{R_{\text{地}}^2} = mg_{\text{地}}$ 联立得 $\frac{g_{\text{火}}}{g_{\text{地}}} = \frac{M_{\text{火}} R_{\text{地}}^2}{M_{\text{地}} R_{\text{火}}^2}$ 。

代入数据得 $g_{\text{火}} = 4 \text{ m/s}^2$ 。

② “天问一号”在动力减速阶段 $v = v_0 - at$ ，根据牛顿第二定律有： $F - m'g_{\text{火}} = m'a$ ，联立解得动力减速阶段发动机提供的力的大小： $F = 2.57 \times 10^4 \text{ N}$ 。

4 展望未来

师：齐奥尔科夫斯基说过：“地球是人类的摇篮，但没有人能永远留在摇篮里。”人类的未来是星辰大海，人类有可能实现移民火星。

学生练习：不久的将来，人类有可能实现移民火星。已知火星的半径约为地球的一半，质量约为地球的 10%，自转轴倾角和自转周期均与地球近似相等。①若生活在火星的人类要发射一颗火星同步卫星，该卫星的轨道半径约为地球同步卫星轨道半径的多少倍？（保留两位小数，已知 $0.46^3 \approx 0.1$ ）②若一颗质量为 m 的卫星绕质量为 M 的火星做半径为 r 的匀速圆周运动，则该卫星的机械能为多少？（已知质量为 m 的物体在离质量为 M 的火星球心 r 处具有的引力势能公式为 $E_p = -G \frac{Mm}{r}$ ，取物体离该星球无穷远处势能为零。）

学生解答：① 设火星同步卫星的轨道半径为

（上接第 49 页）

距离是速度对时间的累积，即便小车做变速直线运动，运动距离也可以无限远。

正确的做法是从小车速度变化的快慢上进行推理，得出小车的速度不发生变化，所以做的是匀速直线运动。经过上述完整的科学探究过程，通过实验加科学推理可知：一切物体，在没有受到力的作用时，总是保持静止或者匀速直线运动状态。牛顿第一定律揭示了力与运动的关系，纠正了力是维持物体运动状态的原因的错误观点，明确指出了力是改变物体运动状态的原因。

4 教学启示

如果说教师的“教”是“用一桶水教一杯水”，那么学生的“学”也是“用一系列完整的科学探究过程方可形成一个正确的物理观念”。早在 2003 年的课程改革之初，河北大学钱时惕教授就曾撰文提出：在“过程”中深化知识的理解，在“过程”中学会学习

$r_{\text{火}}$ ，地球同步卫星的轨道半径为 $r_{\text{地}}$ ，则有： $G \frac{M_{\text{火}} m}{r_{\text{火}}^2} =$

$mr_{\text{火}} \frac{4\pi^2}{T^2}$ ， $G \frac{M_{\text{地}} m}{r_{\text{地}}^2} = mr_{\text{地}} \frac{4\pi^2}{T^2}$ 。联立解得： $\frac{r_{\text{火}}}{r_{\text{地}}} =$

$\sqrt[3]{\frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}}} = 0.46$ 。

② 由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ，可得动能为： $E_k = \frac{GMm}{2r}$ ；

引力势能： $E_p = -G \frac{Mm}{r}$ 。

故物体的机械能为： $E = E_k + E_p = -G \frac{Mm}{2r}$ 。

师：火星的卫星如果完成离心运动进入新的半径更大的轨道，与原轨道相比，其动能减小，势能增加，机械能也增加。

总之，“天问一号”的发射无疑是激动人心的，教师在课堂上讲解其背后的物理规律，不仅可以让学生在潜移默化中为中国科技的发展感到骄傲和自豪，提高学生的学习兴趣，还可以提高学生的分析能力、推理能力，从而提高学生的核心素养。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 2.
- [2] 豌豆皮. 出发!“天问一号”火星征程启动[J]. 课堂内外(科学Fans), 2020(9): 20—22.

方法，在“过程”中掌握技能、提高能力，在“过程”中培养科学态度、科学价值观。因此，笔者认为关键物理观念的建立更需要通过具体完整的科学探究过程，逐步提升学生的核心素养水平。以“牛顿第一定律”为例，学生“运动与相互作用”观念的形成不是一蹴而就的，在进行科学探究时欲速则不达，日常的教学要让学生经历完整的科学探究过程的机会，切不可建空中楼阁，成无本之木。

参考文献

- [1] 王高. 科学探究：思维不能缺席——对“牛顿第一定律”教学的深度思考[J]. 物理教师, 2021(4): 18—22.
- [2] 刘炳升, 李容. 义务教育教科书·物理(八年级下册)[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2017: 65—66.
- [3] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2011年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012: 26—27.
- [4] 钱时惕. 从科学本质看三维目标提出的意义[J]. 物理通报, 2004(3): 4—6.