



# “牛顿运动定律”的学习进阶研究\*

蒋培旺 徐平川 杨欢 代利红

(西华师范大学物理与空间科学学院 四川 南充 637009)

(收稿日期:2019-09-22)

**摘要:**以“牛顿运动定律”的学习为主题,根据课程标准,对学生在不同学习阶段呈现的学习表现描述、进阶目标、迷思概念制定了学习进阶框架,并提出了相应的教学建议,以期为教师科学地规划教学内容,开展有效教学提供参考.

**关键词:**牛顿运动定律 学习进阶 迷思概念 科学概念

## 1 引言

学习进阶是对学生连贯且逐渐深入的思维方式的假定描述,一般表现为围绕着核心概念展开的一系列由简单到复杂、相互关联的概念序列,是对“应为学生设定怎样的学习路径”这一核心问题的探索<sup>[1]</sup>.

北师大郭玉英带领的团队构建了中学物理学科中相关核心概念及关键能力的学习进阶,将理论构建与实际研究相结合<sup>[2]</sup>.国内外学者对“力与运动”“运动与相互作用的关系”进行了学习进阶研究<sup>[3]</sup>,构建了相关核心概念的进阶框架.

目前学习进阶的研究内容从核心概念转向基本概念和基本规律.牛顿运动定律是整个经典力学的基础,在各个国家的中学物理教学中占有很大篇幅,是教学中的重难点.

本文通过分析从小学到高中的课程标准,总结各个阶段常见的迷思概念和科学概念,制定了各水平的进阶目标.进阶终点的设定从物理发展的内在规律和动力出发,注重过程性评价,为学生的终身发展奠定基础.

## 2 “牛顿运动定律”的进阶框架设计

### 2.1 基于课程标准的分析

《义务教育小学科学课程标准》《义务教育物理课程标准(2011年版)》和《普通高中物理课程标准(2017年版)》对学生不同阶段学习“牛顿运动定律”提出了最基本的要求.小学阶段,要求学生能描述常见运动的形式和特征.初中阶段,要求学生了解伽利略物理实验,初步形成物理极限思想,构建惯性的初步概念,初步理解牛顿运动定律.高中阶段,强调基于学生已有的经验,要求学生进一步认识伽利略等人的探索历程,从对力与运动的关系的定性认识,到理解加速度和力、质量的定量关系,形成对牛顿定律相关知识的物理观念、科学思维方法和科学探究意识<sup>[4]</sup>.

### 2.2 牛顿运动定律的进阶框架构建

牛顿运动定律相关概念在中学阶段具有跨度大、灵活性强的特点,根据皮亚杰“认知发展阶段理论”“布鲁姆教育目标分类”相关理论,考虑到学生认识结构发展水平,针对学生在不同学习阶段呈现的概念理解水平的描述,可以将牛顿运动定律的学习进阶分为5个水平,如表1所示.

\* 四川省教育科研课题资助,课题编号:川教函(2018)495号;西华师范大学英才基金项目,课题编号:17YC516

作者简介:蒋培旺(1995-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为物理学科教学研究.

通讯作者:徐平川(1973-),男,硕士,副教授,主要从事课程与教学论和物理学科教学研究.

表1 “牛顿运动定律”学习进阶

层级水平	学生表现描述	进阶目标
水平1:知道力可以改变物体的运动状态,根据生活现象,将这些生活经验与物理概念简单对应	<p>常见迷思概念:</p> <p>(1)重的物体向下运动,轻的物体有些向上运动,有些向下运动.</p> <p>(2)所有的力都与质量有关.</p> <p>(3)静止的物体不受力的作用.</p> <p>科学概念:</p> <p>(1)有的力直接施加在物体上,有的力可以通过看不见的物质施加在物体上.</p> <p>(2)物体运动的改变和施加在物体上的力有关</p>	建构运动、静止、力的物理概念
水平2:知道惯性是物体保持运动或者静止的性质,认识到力的作用是相互的,了解力和运动的简单知识	<p>常见迷思概念:</p> <p>(1)运动必须要靠外力来维持,一旦外力消失,运动就停止了.</p> <p>(2)外力撤去,物体会运动一段时间,是由于力作用的延续.</p> <p>(3)惯性与速度有关,速度越大,惯性越大.</p> <p>科学概念:</p> <p>(1)惯性是物体的固有属性,只与质量有关.</p> <p>(2)运动的物体之所以静止是由于阻力</p>	明白力和运动的关系,初步建立极限思想、理想模型,建构惯性的概念
水平3:明确力与质量、加速度的关系,能将力与运动联系起来,建立概念之间的关系	<p>常见迷思概念:</p> <p>速度越大,所受力越大.</p> <p>科学概念:</p> <p>(1)力是改变物体运动状态的原因.</p> <p>(2)知道力是物体获得加速度的原因.</p> <p>(3)相互作用的两物体,彼此之间的作用力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上</p>	形成科学的运动观,培养学生物理建模,科学探究能力,能熟练地运用牛顿运动定律解决问题
水平4:能掌握概念之间的内在联系,建立起内在的系统框架,综合分析知识结构,解释生活中的相关问题	<p>常见迷思概念:</p> <p>物体间的作用力大小与两物体的运动状态无关.</p> <p>科学概念:</p> <p>(1)运动的物体撤去外力后,将沿着运动方向做匀速直线运动.</p> <p>(2)瞬间的力只产生瞬间的加速度.</p> <p>(3)能用力与运动的关系解释生活中的问题</p>	模型深化拓展
水平5:掌握力学的相对性原理,能在非惯性系中研究问题	<p>科学概念:</p> <p>对于描述力学规律来说,一切惯性系都是等价的.</p> <p>知道惯性力是虚拟力,没有施力者,也没有反作用力,不满足牛顿第三定律</p>	理解牛顿运动定律的适用条件

### 3 学习进阶与物理课堂教学

小学生的思维大多停留在水平1层次,初中学习可以达到水平2层次甚至是水平3层次,高中学习过牛顿第三定律的学生应该能到达水平4层次,但仍有部分学生只能到达第2、第3水平层次.大学

学生经过学习可以达到水平5层次.学生对“牛顿运动定律”的学习不是一蹴而就的,在学习过程中难免会产生迷思概念,学习进阶实际上就是,实现迷思概念与科学概念之间的转变,将概念转变的研究时间拉长并对概念模型进行整合<sup>[5]</sup>.因此教师应以学习进阶为参考,从学生现有的认知结构出发,设置一

系列的进阶节点,按照层级结构,一步步地达到进阶终点.

以高中教科版牛顿第一定律为例,根据对课程标准和表1的分析,进阶节点设置为:对力与运动的初步认识,由亚里士多德、伽利略等人的观点建立极限思想,构建牛顿第一定律的模型,形成物理观念以及掌握惯性在生活中的应用.具体的进阶过程可做如下设计:

(1) 创设物理情境,形成力和运动初步的认识

学生从“冰壶”“车辆行驶”“足球在草地运动”等生活现象中获得事实经验,回顾旧知.

(2) 设置具体的问题情境或者实验,搭建“脚手架”

运动的物体之所以会停下来,是由于物体受到了摩擦力的缘故.通过伽利略设计的理想斜面实验,初步形成极限思想,建立运动和力相互关系的基础线索.

(3) 构建物理模型

学生基于生活经验,容易产生力是维持物体运动的原因、速度越大所受力越大等迷思概念.教学中要基于物理发展的内在规律和动力,结合众多学者对力与运动的探索的物理学史,使学生经历知识的获得过程<sup>[6]</sup>.由笛卡尔对于运动的表述以及牛顿对于力与运动的总结,建立牛顿运动定律的物理模型.

(4) 形成物理观念

通过对牛顿第一定律的理解,培养学生的物理观念,建立科学的时空观、运动观、相互作用观.让学生透过事物的表象看本质,实现惯性、相互作用、运动等物理知识的迁移,提升学生解决问题的能力.

#### 4 学习进阶与评价

通过牛顿运动定律在实际问题中的应用,整合相关物理知识,巩固进阶成果.目前国内所开发的测试题更多的是注重评价是否达到教学目标,忽略了学生在学习进阶中存在的困难.笔者根据 FCI, FMCE, 历年中考、高考物理试题等,使用多项选择测试题对学生在概念的理解程度方面进行考察.例

如以下题目:

**【题目】**某女士对一只大箱子在水平方向上施加一个恒定不变的作用力,大箱子在水平面上以恒定的速度  $v_0$  运动.关于这位女士施加的水平作用力,下列说法正确的是( )

- A. 大小大于箱子的重力
- B. 大小小于箱子的重力
- C. 大小等于箱子在运动中受到的总阻力
- D. 大小大于箱子在运动中受到的总阻力
- E. 既大于箱子的重力也大于箱子在运动中受到的总阻力

当学生选择选项 A 或 E 时,反映学生对“牛顿运动定律”的理解还处于水平 1 层次,错误的认为“重力会阻止物体运动”;选项 B 或 D 反映学生处于水平 2 层次,认为“推力大于重力物体才能运动”“此时的阻力只有摩擦力”;选项 C 反映学生处于水平 3, 4 阶段,学生理解“匀速运动的物体合外力为零”.

#### 5 结束语

学习进阶的构建是一个理论与实践交替的过程,通过构建学习进阶,指导教学实践,在教学实践中构建更符合学生学习的学习进阶.本文通过对课程标准、教材、学生认知水平的分析,设计了牛顿运动定律这一核心概念的学习进阶框架,提出了相对应的教学建议,希望能为物理教学提供建议和参考.

#### 参考文献

- 1 学习进阶:关注学生认知发展和生活经验[J].教育学报, 2012,8(02):81~87
- 2 郭玉英,姚建欣.基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J].课程·教材·教法,2016,36(11):64~70
- 3 陈小红.基于学习进阶的物理概念教学研究[D].重庆:西南大学,2015
- 4 彭前程.《普通高中物理课程标准(2017年版)》的变化[J].课程·教材·教法,2018,38(09):99~106
- 5 王磊,黄鸣春.科学教育的新兴研究领域:学习进阶研究[J].课程·教材·教法,2014,34(01):114
- 6 蔡铁权,郑瑶.物理观念的物理教育价值——物理观念教育思考[J].物理教学,2018,40(12):4~7