

中日物理教材中“机械能守恒定律”内容比较研究

陈颖奕

苏州大学 江苏苏州 215400

摘要:从教材内容的编排顺序、引入方式、知识结构等方面,对我国人教版高中物理教材和日本东京书籍出版社出版的《物理基础》教材中机械能守恒定律的内容进行比较,分析两种教材的优点和不足,为教学提供参考。

关键词:中日;高中物理教材;机械能守恒定律;比较研究

引言

教材作为展现教学内容和教学方法的关键载体,其比较与分析具有重要意义。对中外教材的研究不仅有助于推动教材的改进和优化,同时也能提升教师的教学水平。机械能守恒定律是功能关系的深化,具有高度的抽象性。它能够解释和概括大量复杂的自然现象,涉及的守恒思想贯穿于整个高中物理的学习过程中,并且应用广泛。因此,机械能守恒定律始终是高中物理教学中的重点和难点之一。笔者对中日物理教材中“机械能守恒定律”内容进行比较研究与分析,总结出两国教材各自的优点和不足,旨在为提高物理教学质量提供参考。

1. 教材分析

1.1 日本教材

日本的中小学教材由民间出版社编写和发行。关于教材的选择,通常由都道府县和市町村的教育委员会按照一定程序为当地公立学校选定教材,国立和私立学校的教材则由校长决定。日本广泛使用的五个版本高中物理教材分别由第一学习社、东京书籍、实教、数研和启林馆这五家出版社出版。这些教材的编写、审核和选用均有相应的法律法规保障。

本文对日本研究内容选自2023年东京书籍出版社出版的《物理基础》中的第一编第三章第三节,在学习本节内容之前学生已经学习了功与功率、势能、动能和动能定理。机械能守恒定律的学习有助于学生加深对能量转换和守恒概念的理解,特别是动能与势能之间的相互转化。通过这一知识点,学生能够更好地理解物理过程中能量的变化规律和守恒性。该内容为后续学习动量守恒定律、电磁学中的能量守恒等更复杂的能量守恒及转换相关知

识奠定了基础。

1.2 人教版教材

我国的高中物理教材选择由人民教育出版社于2019年出版的普通高中物理教科书。这套教材是目前中国最新、使用最广泛的教材(以下简称“人教版教材”),也是最具代表性、反映当前中国高中物理教材编写特点的版本。

本文对中国研究内容自新人教版高中物理必修二第八章第四节,同样,学生也已经具有功与功率、势能、动能和动能定理等相关知识的基础,本节后续将学习机械能守恒定律的验证实验。

1.3 教材对比分析

日本高中物理教材分为《物理基础》与《物理》两册,《物理基础》为必修内容,《物理》则为选修内容。日本将“机械能守恒定律”的学习置于《物理基础》第一编的最后一章,第一编共有三章内容,分别为运动的表示方法、各种力及其作用和力的能量。与我国人教版教材第一章运动的描述、第二章匀变速直线运动的研究、第三章相互作用力、第四章运动和力的关系和第八章机械能守恒定律的内容相对应。

日本教材较为注重认知逻辑,由浅入深,帮助学生建构知识体系。人教版教材在编排中相对更加关注学科逻辑,以力与运动为学习基础,建立清晰地知识框架。

2. 引入方式

两国教材对新知识的引入方式各有特点,下面将对此进行分析。

2.1 日本教材以生活情境引入

日本教材通过一个荡秋千的例子,引出势能和动能的转化。当秋千达到最高点时,重力势能最大,随着秋千向下摆动,势能逐渐减少。问题提出:“减少的势能去哪了?”

2.2 人教版教材以伽利略的实验引入

人教版教材通过引用历史上伽利略的研究作为背景引入了问题。以伽利略研究的小球在斜面上运动的发现为起点，叙述了无论斜面 B 的坡度如何变化，小球的运动最终总会回到与起点高度相同的位置，从而引出了问题：在小球的运动过程中，哪些物理量是变化的，哪些是保持不变的？这种引入方式借助物理学家的实验来引出讨论，让学生通过问题的设问思考物理量的变化与守恒。

2.3 两种引入方式的比较

日本教材通过生活情境引入物理概念，将抽象的物理知识与学生日常生活中的实际现象联系起来。这种方式更贴近学生的日常体验，有助于他们从熟悉的情境中自然引发对物理问题的思考，提升学习的趣味性和现实感。相比之下，我国人教版通过伽利略斜面实验的引入方式则通过历史科学实验和理论发现为切入点，强调经典物理学家的研究成果。这种引入方式更注重学科严谨性和逻辑性，通过引用权威科学家的实验成果让学生理解物理规律。

3. 探究机械能守恒定律的过程

3.1 中日教材的知识结构对比

表 1 日本教材的知识结构

章节	主题	次主题
第三章 第三节	机械能守恒定律	1. 动能和势能同时变化的运动
		2. 只有重力做功的运动
		3. 只有弹力做功的运动
		4. 保守力

表 2 人教版教材的知识结构

章节	主题	次主题
第八章 第四节	机械能守恒定律	1. 寻求守恒量 2. 动能和势能的相互转化 3. 机械能守恒定律

第八章 第四节	机械能守恒定律	1. 寻求守恒量 2. 动能和势能的相互转化 3. 机械能守恒定律
---------	---------	---

从表 1 与表 2 可以看出，日本教材和人教版教材在机械能守恒定律的知识结构上存在一定的差异。

日本教材的次主题更加细致，划分为四个部分：动能和势能的变化、仅重力做功的运动、仅弹力做功的运动、以及保守力的概念。仅从主题划分来看，细化主题能够帮助学生逐步理解不同类型的运动以及力的作用，更具层次性，更加符合认知规律。人教版教材的次主题则围绕三个方面展开：守恒量的寻求、动能和势能的相互转化、机械能守恒定律。可见，人教版的安排更注重从守恒的角度出发，逻辑性强，但分层可能不如日本教材那样具体。此外，在日本教材在最后还引入了保守力的概念，扩展了学生对力的理解。

总体而言，日本教材知识编排更细致与连贯，而人教版教材更注重概念的理解和逻辑思维的培养。两者各有侧重。

3.2 日本教材机械能守恒定律的学习过程

3.2.1 动能和势能同时变化的运动

首先讨论了机械能守恒的基本原理。

如图 1，通过不同的情境，展示了动能和势能如何在物体运动中相互转化，并且总能量保持不变。第一个例子，物体在光滑的水平面上运动时，速度不变，因此其动能和势能保持不变。但对于第二至第四个例子中介绍的运动的物体而言，势能减小，速度变大，动能增加。此外，教材也介绍了弹簧和物体的运动，被拉伸的弹簧具有势能，当弹簧回到自然状态时，势能减少，而物体的动能增大，最终物体返回到自然状态。

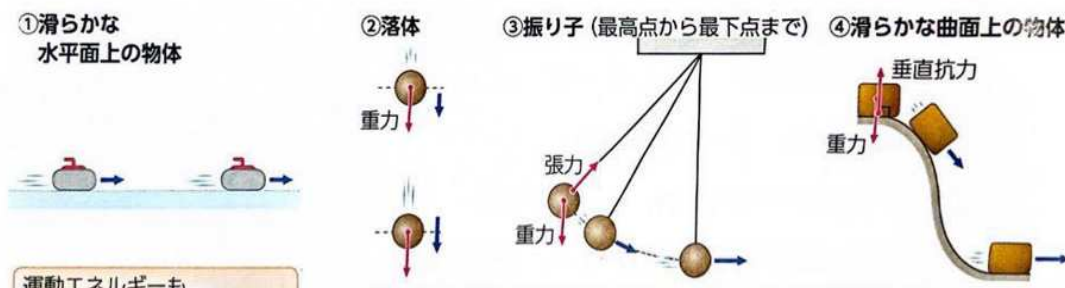


图 1 动能与势能的相互转化

其次，设置实验，探索动能与势能的关系。如图 2 所示，通过设置自由落体与摆锤运动的实验，观察物体从不同高度自由落下或摆动时，势能和动能的相互转换，探讨机械能守恒的现象。实验设计了两种方案：一个是小球自由下落，另一个是摆锤运动。通过测量物体在不同高度下落的速度，计算其动能与势能，从而发现动能与势能的关系。

以小球自由落体实验为例，教材给出的具体步骤为：第一，将 2 个简易测速仪固定在支架上，用夹具固定住系有线的球，让小球自由下落。第二，通过松开夹具使小球自由落下，测量两个测速仪间的小球速度。第三，从相同高度多次测量，计算平均速度。第四，改变小球的质量或高度，重复步骤 2 和 3。第五，过测量初始高度和测速仪测得的速度，计算物体的势能与动能。

实验结果表明，在运动过程中，物体的动能与势能相互转化，符合守恒定律。教材呈现了表格和具体实验数据，清晰地说明了势能的减少与动能的增加在数值上几乎相等，验证了机械能守恒定律。

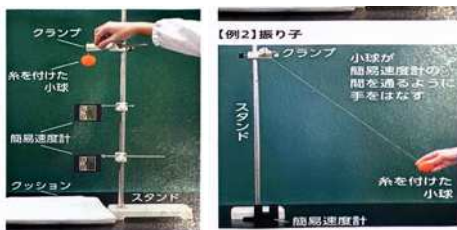


图 2 探究机械能守恒定律的实验

3.2.2 只有重力做功的运动

探讨了重力对物体运动所做功时的机械能守恒定律。通过公式推导与图示，说明了当只有重力做功时，物体的总机械能能保持不变。如图 3 所示：

即，在 AB 两点间，重力所做的功为 $mg(h_0 - h)$ ，因此根据动能变化关系：

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 = mg(h_0 - h)$$

将这个式子整理为 A 点和 B 点的力学能量方程：

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh_0 = \text{常数}$$

得出重力作用下的物体运动的机械能守恒公式：

$$K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{常数}$$

之后进一步拓展到了斜面运动和摆锤的运动。通过思考问题，学生可以进一步理解非重力作用下的力对物体运

动的影响，例如垂直抗力与张力在力学能中的作用。

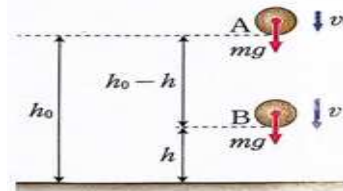


图 3 仅重力做功的运动

3.3 只有弹力做功的运动

内容讲述了仅弹力做功时的运动，并解释了弹力在物体运动中的能量变化。

当弹簧被拉伸或压缩时，会储存弹性势能。弹性势能的计算公式为：

$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

其中，k 为弹簧常数，x 为弹簧的拉伸或压缩量。

当弹簧恢复到自然长度时，弹性势能会转化为物体的动能。物体在运动过程中，弹性势能和动能会相互转换。

当仅弹力做功时，系统的机械能是守恒的。物体的动能、弹性势能、以及位移之间的关系可以通过如下公式描述：

$$K + U = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \text{常数}$$

其中，K 是动能，U 是弹性势能。

如图 4，展示了弹簧从最初的被拉伸状态到完全压缩状态的过程中，弹性势能和动能的变化情况。物体在弹簧的作用下，动能和弹性势能在不同位置不断转换。

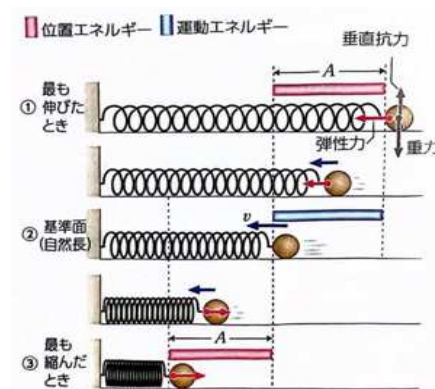


图 4 仅弹力做功的运动

可得结论，在仅有弹力做功时，系统的机械能是守恒的，弹簧的弹性势能可以完全转化为物体的动能，反之亦然。

3.4 保守力

内容主要介绍了保守力的概念及其与力学能守恒的关

系。重力是典型的保守力，它做功时只与高度差有关，而与物体移动的具体路径无关。在只有保守力做功的情况下，力学能保持不变。

通过图 5，展示了物体沿不同路径运动时，重力做功的情况。无论物体经过路径 A → B、A → C、A → D，重力做的功只与沿着重力方向的距离有关，其大小为 mgh ，即与物体的高度变化有关。像重力这样的力，在其做功的过程中，功只取决于初末位置，与路径无关，这类力称为保守力。弹力也是保守力的一种。通常，保守力做功时，物体机械能守恒。而其他类型的力在做功时，如果系统中的机械能不守恒，这类力被称为非保守力。即可得出机械能守恒定律，即当只有保守力做功时，系统的力学能量保持不变。

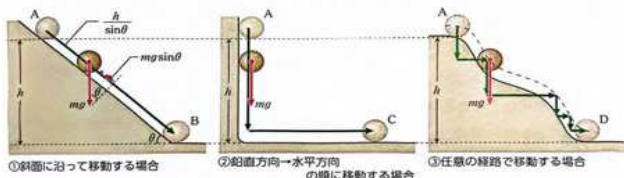


图 5 保守力做功

3.5 人教版教材机械能守恒定律的学习过程

3.5.1 寻求守恒量

此部分介绍了物理学中守恒量的概念和重要性。提到能量守恒是物理学中极其重要的原则，并举例说明了在生活中观察到的能量守恒现象（如物体自由下落的过程），且物理学家通过研究这些守恒量，来探究宇宙的运行规律。

3.5.2 动能和势能的相互转化

此部分解释了动能和势能如何在物体运动过程中相互转化，并通过图示展示了高处物体的势能通过下落转化为动能。列举了体操运动员在空中的运动过程，说明了势能和动能的交替转化。

3.5.3 机械能守恒定律

这一部分正式引出了机械能守恒定律，即当只有重力或弹力做功时，系统的总机械能保持不变。通过公式推导，明确了机械能守恒的数学表达式。

即从动能定理可知，重力对物体做的功等于物体动能的增加：

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

重力对物体做的功等于物体重力势能的减少：

$$W = mgh_1 - mgh_2$$

从以上两式得：

$$mgh_1 - mgh_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

整理可得：

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$$

最后通过一个典型的例题（物体沿斜面下滑）来详细解释机械能守恒定律的应用。例题的推导过程详尽，给出了解题思路和步骤，能帮助学生巩固理论知识。

4. 两国教材的比较

在插图设置方面，日本教材在各级主题下都设置了结构解释图，且在“机械能守恒”这一节内容中共设置了 13 张，而我国人教版教材仅设置了 4 张，可见日本教材更注重插图教学，更有助于学生直观理解物理知识。日本教材在各级主题结尾，会设置一问题，引导学生对接下来的学习内容思考与讨论，且问题的答案没有直接呈现在本节内容中，而是置于书后附录，因此更有助于学生主动思考。同时，日本教材对于本节的讨论能促进学生对多个角度理解机械能守恒的概念，学生能够完整理解势能与动能之间相互的转化思想。最后，对于日本教材设置的验证机械能守恒定律实验方面，教材给出了具体步骤且已经完成的实验数据，且在书页上设置了“二维码”，学生用手机扫描即可观看实验，更体现了教材的工具性，有助于学生自学，但同时也不利于激发学生主动进行实验研究。

人教版教材对于本节内容的讨论较为集中，以守恒概念引入，重点放在机械能守恒定律推导和结论。首先，这更有利于教师开展教学。能量概念是在科学家探索守恒量的过程中逐渐建立起来的。伽利略通过理想斜面实验得出的结论，可以视为机械能守恒定律的早期雏形。其次，更加注重科学本质。物理学的任务是发现自然界的普遍规律。在推导机械能守恒定律之前，教材通过“思考与讨论”环节，利用两个相同的小球在不同介质中从相同高度静止下落的运动过程，帮助学生主动寻找不同现象之间的本质和内在联系。从对伽利略理想斜面实验的理解，进一步提升到对一类广泛现象的概括，深刻领会科学的本质。但教材推导过程选择的情境不能让学生全面理解转化的过程，仅从物体沿光滑曲面滑下和上滑推出机械能守恒定律，略显片面。

5. 结束语

教材作为重要的课程资源,我国和日本的物理教材在机械能守恒定律的编写上各有特色。日本教材在帮助学生理解不同情境下机械能守恒的应用的特点值得借鉴。在实际教学中,教师可以适当整合中日教材关于“机械能守恒定律”的教学内容,并进行教学设计与实践,帮助学生更好的理解机械能守恒定律。

参考文献:

[1] 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材

开发研究中心. 普通高中教科书 物理必修第二册 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2019.

[2] 何彦雨,高振华,李富恩. 基于多版本教材整合的“机械能守恒定律”教学设计 [J]. 物理教师, 2023,44(03):10-14.

[3] 中日高中物理教材“向心力”公式推导的比较研究 [J]. 赵玉萍; 李杰; 邢红军. 物理教学, 2021(09).

作者简介:

陈颖奕(2000—),女,汉族,江苏太仓,硕士,苏州大学,研究方向:中学物理教育。