

指向观念进阶的初高中物理教学衔接的课堂教学实践

——以初中“内能”教学为例

上海师范大学第三附属实验学校 张西杰

一、问题的提出

新版初、高中物理课程标准中均指出，学科核心素养是学科育人价值的集中体现，是学生通过课程学习逐步形成的适应个人终身发展和社会发展所需要的正确价值观、必备品格和关键能力。物理核心素养主要由物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个方面构成。这四个素养之间相互联系，在内容上相互交融，是一个有机的整体。其中“物理观念”是从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识；是物理概念和规律等在头脑中的提炼和升华；是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础。“物理观念”主要包括物质观念、运动与相互作用观念、能量观念等要素。可见，新版初高中物理课程标准中均将物理观念放在物理学科核心素养的首要位置，物理观念是其他几个物理学科核心素养形成和发展的基础。

初高中物理教学衔接问题一直是物理教学的研究热点。通过文献梳理发现，理论研究者主要是依据教育理论、运用适当的方法，探讨“初高中物理衔接”的策略；一线教师则更多地围绕某一知识点进行案例设计并在自身的学段进行课堂教学探索，高中教师关注重点是知识体系的进阶，初中教师提倡的是知识的拓宽和加深。所以过去的研究，教师关注的侧重点是知识体系的进阶，针对物理观念如何进阶的研究甚少。在物理知识进阶时，初中的教学如何设计为高中学习打下良好的素养基础？而物理学科素养中的物理观念及要素初高中几乎相同，尤其在初高中类同的知识内容，又如何从物理观念进阶的角度处理教材、设计活动？本文以初中教学为视角，以“内能”教学设计为例，探讨初高中物理课堂教学衔接的有效策略。

二、初高中物理教材中内能的衔接

（一）课标中对能量观念的要求

在初中物理《义务教育物理课程标准(2022年版)》中，“内能”在“能量”的一级主题下，在内容上要求学生了解内能(如表1)，即要求了解内能的概念，知道物体的内能与温度等因素有关，知道改变物体内能的两种方式。通过对比机械能认识内能的学习过程，知道

知道内能与机械能的区别，领会类比迁移的方法。在高中物理《高中物理课程标准(2017年版)》中与内能相关的内容要求如表2所示。其中“分子动能”和“分子势能”就是从能量的角度引导学生运用统计思想来认识分子热运动的。自然界各种运动形式都对应特定的能量，与分子热运动对应的能量称为内能，内能宏观上是与状态有关的能量，微观上是分子热运动能量的总和。内能与机械能不同，机械能是与机械运动情况有关，是物体外部整体的宏观表现。而内能是由物体内部分子的无规则运动和相互作用决定的，与物体微观结构有关，是微观的。

表1 义务教育物理课程标准中的“内能”

一级主题	二级主题	内容要求
3 能量	3.1 能量、能量的转化和转移 3.3 内能	3.3.1 了解内能和热量 3.3.3 了解热机的工作原理，知道内能的利用在人类发展史中重要意义

表2 高中物理课程标准中的“内能”

课程	模块	内容要求
选择性必修3	3.1 固体、液体和气体 3.2 热力学定律	3.1.2 通过实验，了解扩散现象。观察并能解释布朗运动。了解分子运动速率分布的统计规律，知道分子运动速率分布图像的物理意义。 3.2.1 知道热力学第一定律。通过有关史实，了解热力学第一定律和能量守恒定律的发现过程，体会科学探索中的挫折和失败对科学发现的意义。

初高中衔接不应只是对知识内容的衔接，还应该注重素养的进阶。如表3所示，结合物理学科核心素养中的物理观念，对比初高中课程标准，梳理初高中物理观念的变化及关联。可见，初中阶段学生只需要认识相关物理概念，及简单的物理规律，初步形成物理观念。高中阶段学生需要在初中的基础上，进一步促进物理观念的养成和发展。

表3 初中与高中物理课程目标对比

核心素养	初中课程目标	高中课程目标
物理观念	认识物质的形态、属性及结构，认识运动和力、声和光、电和磁、认识机械能、内能、电磁能及能量的转化与守恒；能将所学物理知识与实际情景联系起来，能从物理学视角观察周围事物，解释有关现象，解决简单的实际问题，初步形成物质观念、运动与相互作用观念、能量观念。	形成物质观念、运动与相互作用观念、能量观念等，能用其解释自然现象和解决实际问题。

(二) 教学内容的要求

以沪教版九年义务教育课本物理八年级第二学期第五章第三节《内能》为例，在初中教材中关于分子动能和分子势能、内能是这样定义的；分子因热运动而具有的动能叫做分子动能，由于分子之间存在着相互作用力而具有的势能叫做分子势能。物体内所有分子动能和分

子势能的总和叫做物体的内能。可见，教材是通过与动能、势能的类比，建立内能的概念，再结合分子动理论说明物体内能与温度的关系。这样的安排符合学生的认知过程，通过大量情景和实验，让学生感知内能的存在。

以沪科版普通高中教科书物理选择性必修第三册第十二章第一节《内能》为例，在高中教材中对分子动能的定义是：物体是由大量分子组成的，分子在做永不停息的无规则运动。像一切运动着的物体一样，做热运动的分子也具有动能，这就是分子动能，同时给出分子动能的表达式。从分子动理论的观点来看，温度是大量分子无规则热运动的宏观表现，具有统计的意义。在研究热现象时，强调的是组成物体的所有分子动能的平均值。关于分子势能，教材通过分子相互作用力和分子势能与分子间距离的关系图引导学生认识分子势能。在分子动能和分子势能的基础上，直接从分子动理论的角度给出了内能的微观定义。对比发现，在“能量”这一大概念下初高中有着明显的进阶关系，初中的设计旨在引导学生从物理学视角认识能量，了解不同形式的能量，认识能量转化与守恒的普遍规律，了解节约能源与可持续发展的重要性，初步形成能量观念。而高中阶段从微观、宏观视角认识“内能”，深化对内能概念的认识，进一步发展学生的能量观念，最终达到发展学生物理观念的目的。

三、指向观念进阶的内能教学设计与实践

以“沪教版九年义务教育课本物理八年级第二学期第五章第三节《内能》”为例，展示符合初中生思维、逻辑水平和探究能力，基于物理核心素养并有利于初高中物理衔接的教学设计

（一）真实情景引入，培育物理观念

教师演示《空气压缩引火仪》如图 1 所示。将活塞放入玻璃筒的上口，迅速地压下活塞，让学生观察会发生什么现象？学生发现硝化棉被点燃且燃烧瞬间活塞被弹起来了。进而提出问题：硝化棉被点燃



图 1 空气压缩引火仪

说明了什么？学生经过讨论可以得到筒内温度升高了，继而让学生思考为什么快速压下活塞杆，温度就升高了呢？从而引入新课 5.3 内能。

设计意图：采用情景导入的方法启发教学，通过即震撼又让人不可思议的现象，引起学生好奇心，启发学生思维，引导学生思考，激发学生探究欲望。同时，也为高中教材内能一节中的自主活动（压缩气体做功，气体内能增加）的继续探究做好铺垫，埋下伏笔。

（二）建立内能概念，形成物理观念

1. 教师引导学生回忆动能与势能、分子动理论的概念。展示图片，并提出问题：分子有没有动能呢

通过类比迁移,运动的物体具有动能,学生很容易能够推理出像一切运动着的物体一样,运动的分子也具有动能,进而得出分子动能概念(如图2):分子因热运动而具有的动能叫做分子动能。进一步指出,单个分子的运动状态是随机的,但可以从统计的角度了解大量分子热运动的宏观表现。在同学们以后进入高中学习热现象时,需要关心的是组成物体的所有分子动能的平均值。

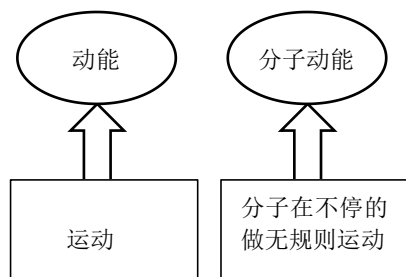


图2 动能与分子动能的类比

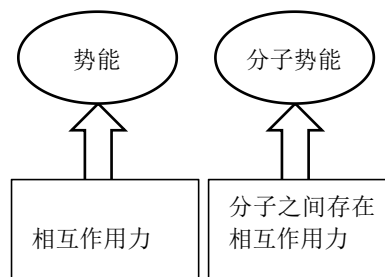


图3 与分子势能的类比

2. 提出问题: 我们知道,地球附近的物体与地球之间存在相互作用力,物体具有重力势能;而具有弹性势能的物体也是因为发生弹性形变的物体间存在相互作用力。可见具有势能的条件是物体之间存在相互作用力。那么,分子具有势能吗?

通过类比迁移,组成物体的分子之间存在着相互作用力,与物体之间因为相互作用而具有势能一样,分子之间也存在势能,进而得出分子势能的概念:由于分子之间的相互作用而具有的势能叫分子势能(如图3)。进一步指出,分子间存在相互作用力,它与分子间的距离有关。当把物体拉伸或压缩时,就会引起由分子间相对位置所决定的某种能量的变化,这种能量称为分子势能。

设计意图:从运动、相互作用视角研究热现象,通过类比迁移的方式建立分子势能、分子动能概念,从物理学的视角了解能量,拓展能量观,初步体会运用宏观量动能、势能来类比微观分子动能、分子势能的方法。通过进一步的指出,不仅为内能概念的建立做好衔接,同时也为高中继续探究分子动能、分子平均动能和分子势能打好基础。

综上所述,物体是由大量的分子组成的,组成物体的大量分子在永不停息地做无规则热运动,所以每个分子都有分子动能。由于物体内分子是大量的,各个分子的运动快慢不同,因此,每个分子的动能大小不同。进而得出内能的概念:物体内所有分子动能和分子势能的总和叫做物体的内能。内能和机械能一样,也是能量的一种形式,其单位是焦。

表4 机械能与内能的区别

	宏观/微观	是否可能为零
机械能	宏观	可能为零
内能	微观	不可能为零

3. 提出问题: 刚才从机械能,结合分子动理论,类比得出了内能的概念。那么机械能与内能的区别是什么?请从宏观与微观、是否可能为零等角度分析。

通过前期机械能的复习和铺垫，学生不难发现物体的机械能是与机械运动情况有关，是物体外部整体的宏观表现，机械能可能为零。而内能是由物体内部分子的无规则运动和相互作用决定的，与物体微观结构有关，是微观的，由于组成物体的分子永不停息的做无规则运动，一切物体都具有内能，所以物体的内能不可能为零。

4. 提出问题：请联系影响动能的影响因素，思考：分子动能与什么有关呢？

通过讨论交流，学生发现物体的动能与物体的质量和速度有关，进而类比迁移分子动能与物体的质量和分子运动快慢有关。进一步提问，分子运动快慢又是由什么决定的呢？学生不难得出温度这一影响因素。因此可得，分子动能与分子的质量、物体的温度有关，即同一个物体的内能与温度有关。

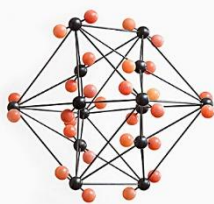


图4 被压缩的弹簧



图6 水沸腾实验

5. 提出问题：再结合弹性势能与哪些因素有关，思考分子势能与哪些因素有关？展示弹簧被压缩的动态图片（如图4）和分子模型（如图5）。

通过讨论交流根据所学及动态图片中弹簧的弹性形变程度越大，弹性势能就越大，类比迁移分子势能与分子间的距离有关。进一步提问分之间距离越大，宏观表现为物体的体积越大。因此可得，分子势能与物体的体积有关。

6. 提出问题：内能还与什么因素有关？演示水沸腾实验（如图6）。

学生通过观察发现水沸腾时，继续加热，水变成了水蒸气，一段时间后木塞被冲起。可见继续加热，水变成水蒸气的过程中，状态发生变化引起内能的变化。说明，内能还与物体的状态有关。因此，对一定质量的物体来说，内能与物体的温度、体积、状态有关。

（三）改变内能方式，发展物理观念

1. 探究改变物体内能的方法

【实验导入】我们知道物体的温度升高，内能增大，如果给你一根铁丝，你能想办法增大铁丝的内能？你能想到几种方法呢？

【实验器材】铁丝、砂纸、锤子、热水、酒精灯（含火柴）。

【设计探究】可以根据提供的实验器材，也可以根据生活经验，讨论交流实验方案，并写出增大内能的方法及证据（如表5）。

表 5 增大铁丝内能的方法及证据

序号	方法	证据	结果
1	将铁丝放在热水中		铁丝内能增加
2	用砂纸反复擦拭铁丝		
3	将铁丝放在酒精灯上加热		
4	将铁丝反复弯折		
5	用锤子反复敲打铁丝		
...	...		

【讨论交流】上述的例子是使铁丝内能增加的具体方法，其中有些方法是相似的，请将这些方法分成两类，并说明分类理由。

【实验总结】引导学生归纳出序号 2、4、5 中都有物体对铁丝做了功，说明做功可以改变物体的内能。序号 1、3 中高温物体放出热量，低温的铁丝吸收热量，说明热传递也可以改变物体的内能。所以改变内能的两种方式为做功和热传递。

2. 两种改变物体内能方式的区别和联系



图 7 (a) 用热水袋捂手 (b) 烧水 (c) 晒太阳 (d) 搓手取暖 (e) 滑滑梯 (f) 钻木取火

可见，热传递改变内能实质上是物体间内能转移的过程，内能改变的多少可以用热传递过程中热量转移的多少来衡量。图 7(d)、(e)、(f) 中克服摩擦力做功，物体温度升高，内能增加，增加的内能是如何获得的呢？实际上物体克服摩擦力做功的过程就是内能和其他形式能量转化的过程，内能改变的多少也可以做功的多少来衡量。

(四) 认识内能转化，进阶物理观念

思考与讨论 1. 《空气压缩引火仪》中，迅速地压下活塞，硝化棉被点燃，试分析硝化

棉燃烧的原因。

学生经过思考讨论可能得出：迅速向下压活塞，活塞对筒内内气体做功，气体温度升高，内能增大，机械能转化为内能，气体温度达到硝化棉的燃点时，硝化棉就会燃烧。

思考与讨论 2. 用小吸管把一个气球吹大，先捏住管口，将气球贴在自己的脸上，管口对着外侧，然后放开管口。在气球内气体迅速排出的过程中，感受贴在脸上的气球温度变化情况，并简要说明变化的原因。

学生经过思考讨论可能得出：感觉到温度降低且气球内空气的质量减少。进一步引导得出，气球中的气体对外界做功，温度降低，内能减少，内能降低，内能转化为机械能。

四、结束语

做好初高中物理教学衔接可以帮助学生更加深刻地理解物理概念的内涵和外延，能够让学生形成完整的知识体系，为学生构建知识、形成物理观念打下基础。初中物理教师更加注重激发学生的兴趣，重视物理观念的培育，为高中的物理教学作好铺垫，埋下伏笔；高中物理教师则需要深入研究初中物理教材及教学情况，寻找初高中教学的有效衔接点和切入点展开教学。只有这样做，学生在进入高中之后，才能更快地适应高中教学，提高学习效率，同时促进观念进阶。