

素养导向下基于大概念理念的 ISM 法教材分析初探

——以“磁场”为例

吴同华 陈美丽 宋洁

(牡丹江师范学院物理与电子工程学院 黑龙江 牡丹江 157012)

(收稿日期:2020-05-14)

摘要:2017 物理课标中明确指出“重视以学科大概念为核心,使课程内容结构化促进学科核心素养的落实”。教材分析是将课程标准的理念和要求转化成教学设计并以此开展教学实施的关键环节.与以往只关注“科学知识”忽略“关于科学本身的知识”的 ISM 法分析教材不同,研究尝试将“关于科学本身的知识”和“科学知识”大概念共同作为目标统摄,将其中所蕴含的物理观念、科学思维方法、模型建构等核心素养要素和知识要素共同进行提取分析,以人教版高中《物理·选修3-1》第三章“磁场”部分为研究对象,探索素养导向下基于大概念理念的 ISM 教材分析的可能性,为实现核心素养的显性化教学提供路径参考.

关键词:大概念 核心素养 ISM 法 教材分析 磁场

当下,核心素养作为一种教学指导理念已经深入人心,但是教学实施中如何在学习知识的过程中培养能力又能有效促进发展学生的核心素养呢?《普通高中物理课程标准(2017版)》中明确指出“重视以学科大概念为核心,使课程内容结构化,促进学科核心素养的落实”^[1].

科学领域中大概念(big ideas)是一种“包括了科学概念以及关于科学本身和科学在社会中所起作用的概念”^[2],是作为“联结各种小概念的‘概念’,它如同一个认知文件夹,为我们提供了一个框架或结构,其中我们可以归档无限数量的信息”^[3],“能够解释较大范围内的一系列相关科学现象、事实以及相互关系;能将较大范围内分散的科学知识和事实联结为有结构、有系统的整体;能作为一种解释模型,赋予个别的、具体的事实以深层的科学意义”^[3].

教材分析是将课程标准的理念和要求转化成教学设计并以此开展教学实施的关键环节.教材分析的方法比较多,ISM法(Interpretive Structural Modeling Method,解释结构模型)是一种较为科学系统的分析方法.该方法应用于教材分析可以有效地实现教材要素的结构化和序列化,定性分析与定量分析相结合,可以有效地减少主观随意性对教材

分析结果的影响,将教材结构以可视化、网络化的图形呈现出来.借助 ISM 法分析教材可以帮助教师科学地解构和重新建构教材内容,更好地梳理教学内容体系,使知识内容层次化、简洁化,得到具有关联性和递进性的教学目标,有助于教师更科学地进行教学设计,也有利于帮助学生清晰认知路径建构合理的知识结构体系.

通过知网查阅已有文献发现,利用 ISM 法进行教材分析时,往往是基于一种经验性的朴素的大概念思想,重点是对“科学知识”(即所选内容的知识要素)进行提取、分析,忽略了“关于科学本身的知识”而没有涉及其中所蕴含的物理观念、科学思维、研究方法等内容,在教材分析的过程中分析者主观上将知识要素与核心素养要素进行了人为的分割,最后导致教学活动走向只重知识教学而忽视核心素养培养.

基于以上分析,如果利用 ISM 法进行教材分析,以“科学知识”和“关于科学本身的知识”的大概念作为目标统摄,将核心素养要素和知识要素共同提取进行分析,二者是否可以建立直接清晰具体的联系、形成清晰的教学序列?是否能实现教材分析过程中素养要素的显性化?本文尝试以人教版高中

《物理·选修3-1》第三章“磁场”为例展开探讨。

1 素养导向的 ISM 法教材分析实例探索

磁场是高中物理重要的组成部分. 磁场并非是一个孤立概念而是一个大概念, 一个概念体系, 包括磁场的概念、磁场的描述、磁场的基本性质和磁场的基本应用等 4 个部分, 其中蕴含着丰富的“关于科学本身的知识”的素养要素, 对促进学生物质观、运动观和相互作用观等的发展具有重要作用, 在解决具体问题时往往具有原型作用. 对磁场深入学习的过程是从感性认识到理性认识的过程, 是运用“模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新”等科学思维解决问题的过程. 因此, 对此部分教材分析时要充分认识到作为内核的磁场具有极强的吸附力和包容性, 围绕“磁场”这一“大概念”将比较零散的知识进行整合, 挖掘蕴含“关于科学本身的知识”的素养因素进行. 不仅仅是将素养要素和知识要素并重, 更重要的是考虑如何将素养要素和知识要素融为一体, 一起生成, 彼此促进. 素养导向下基于大概念理念 ISM 法进行教材分析的逻辑和步骤如图 1 所示.



图 1 素养导向下的 ISM 操作流程

1.1 提取要素 确定目标

何为教材分析中的要素? 从学生的认知过程和素养发展来看, 要素应该是学生知识体系的建构和素养发展必不可少的知识、方法、模型等, 是知识体系形成的内在逻辑约束; 从教师的教学过程来看, 要素应该是那些串联课堂教学的和影响教学进程推进的不可或缺的条件. 要素有的是在课程标准里有确切的规定, 明确写在教材里的, 是一种显性要素, 如教材中明确给出的概念、规律、方法等, 有的是根据知识的演化过程和知识体系构建的需要挖掘出来的, 在知识结构中有承上启下的地位, 往往是概念、规律、方法等建立的先决条件.

通过对人教版高中《物理·选修3-1》第三章“磁场”部分教材内容的分析并结合《普通高中物理课程标准(2017)》中对于本部分的内容要求, 以大概念的理念为指导, 从学生知识建构的逻辑需求出发, 兼顾物理知识与素养, 从中抽取出 15 个要素作

为教学子目标, 分别为: ① 磁现象、② 磁场、③ 磁感线、④ 磁通量、⑤ 电流元 IL 、⑥ 磁感应强度 B 、⑦ 左手定则、⑧ 安培力 $F_{安}$ 、⑨ 洛伦兹力 $F_{洛}$ 、⑩ 带电粒子在磁场中的运动、⑪ 比值定义法、⑫ 圆周运动模型、⑬ 物质观、⑭ 运动观、⑮ 相互作用观. 其中 ① ~ ⑩ 为知识要素, ⑪ 为科学方法, ⑫ 为科学思维(模型法), ⑬ ~ ⑮ 为物理观念.

1.2 厘清关系 形成矩阵

要素间的关系应该是由知识形成过程中要素之间的内在逻辑关系客观确定的, 对教材内容的分析无论施教者的解构还是学习者的建构必须以此为前提开展, 否则就是违背规律, 将会事倍而功半. 这是由于物理知识演化推进的过程必须是逻辑自洽的过程, 而且科学思维、方法、模型在科学研究的过程中对知识的形成起着不可或缺的工具主导作用, 是与知识共生共存的, 是知识的内在必须. 因此, 在要素分析时, 我们认为只有在学习或者掌握 A 的基础上才能进一步学习 B 时(A 和 B 均可以是知识也可以是思维、方法、模型、观念等), 或者说 A 对于 B 的学习不可或缺时, A 与 B 之间才具有逻辑上的“内在的直接关系”, 并把 A 叫做 B 的直接子目标.

对于磁场部分的内容, 从逻辑上很容易厘清: 需要先了解 ① 磁现象才能知道 ② 磁场(概念); 只有通过对磁场物质性的认识才能让学生认识到磁场也是一种物质, 进一步丰富学生的 ⑬ 物质观; 掌握了 ⑪ 比值定义法和 ⑤ 电流元 IL 的要义才能真正理解掌握 ⑥ 磁感应强度 B ; 通过学习 ⑥ 磁感应强度 B 和 ③ 磁感线, 对磁场(描述)具有更清晰的认识和描述; 只有学习了 ③ 磁感线才能定义 ④ 磁通量, 通过 ⑥ 磁感应强度 B 的学习才能计算 ④ 磁通量; 必须要借助于 ③ 磁感线和 ⑤ 电流元 IL 才能学习使用 ⑦ 左手定则; 同样, ⑥ 磁感应强度 B 、③ 磁感线、⑤ 电流元 IL 和 ⑦ 左手定则的掌握是学习 ⑧ 安培力的必要前提; 只有学习了宏观的 ⑧ 安培力才能从逻辑上引出 ⑨ 洛伦兹力 $F_{洛}$ 并从微观上进行解释, 才能建构起 ⑧ 安培力 $F_{安}$ 和 ⑨ 洛伦兹力 $F_{洛}$ 的联系与区别, 辩证与统一; 只有学习了 ⑨ 洛伦兹力 $F_{洛}$ 才能将 ⑫ 圆周运动模型运用于解决 ⑩ 带电粒子在磁场中的运动的有关问题, 进而深化学生的 ⑭ 运动观; 真正理解了 ⑥ 磁感应强度 B 的定义、认识到 ⑧ 安培力

$F_{安}$ 和 ⑨ 洛伦兹力 $F_{洛}$ 的本质联系和研究了 ⑩ 带电粒子在磁场中的运动,才能有效深入理解磁场的基本性质,进一步完善丰富学生认知体系中 ⑮ 相互作用观.

利用目标矩阵来表示各子目标之间的直接关系,用横轴表示某级的教学目标,为高级目标,以纵轴表示横轴某目标的直接子目标,在横纵轴间存在对应关系处划“√”,形成目标矩阵如表 1 所示.

表 1 目标矩阵

教学目标 各级子目标	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
①		√													
②			√			√							√		
③				√			√								
④															
⑤						√	√	√							
⑥				√				√	√						√
⑦								√	√						√
⑧									√						√
⑨										√					√
⑩														√	√
⑪						√									
⑫										√					
⑬															
⑭															
⑮															

1.3 分析层级关系 形成目标关系图

观察表 1 目标矩阵的教学目标可知,在 ①、⑤、⑪、⑫ 所在列没有“√”出现,表明其无对应直接低级

子目标,则其为第 1 层目标,置于最底层. 同时将纵轴上 ①、⑤、⑪、⑫ 所在行中“√”全部清除,形成剩余目标矩阵,如表 2 所示.

表 2 剩余目标矩阵

教学目标 各级子目标	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
①															
②			√			√							√		
③				√			√								
④															
⑤															
⑥				√				√	√						√
⑦								√	√						√
⑧									√						√
⑨										√					√
⑩														√	√
⑪															

续表 2

教学目标 \ 各级子目标	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
⑫															
⑬															
⑭															
⑮															

同样,观察表 2 横轴可知,除 ①、⑤、⑪、⑫外,高级目标 ② 所在列也无“√”出现,将之称第 2 层目标.同理将纵轴上 ② 所在行中“√”全部清除,形成新剩余目标矩阵.依次操作,直至整个表格内的值均为空.最后,将运算后的目标建立层级关系图,如表 3 所示.

由表可知,磁场这一章涉及到 8 个目标层级.目标 ①、⑤、⑪、⑫ 位于整个层级的最底层,它是所有知识要素的学习基础,为第 1 层级;目标 ③、⑥、⑬ 为第 3 层级;目标 ④、⑦ 为第 4 层级;目标 ⑭、⑮ 为最高层级.

表 3 要素关系表

目标层级	1	2	3	4	5	6	7	8
对应要素	①、⑤、⑪、⑫	②	③、⑥、⑬	④、⑦	⑧	⑨	⑩	⑭、⑮

依据表 3,将同一层级目标排在同一水平上,由下至上将第 1 层低级目标 ①、⑤、⑪、⑫ 排在最底层,第 2 层目标 ② 置于第 2 层,第 8 层高级目标 ⑭、⑮ 位于最高层,并用箭头连接各层级要素间的形成关系.得出图 2 所示的形成关系图.

选择水平较低的要素.

(4) 若应用范围和低级目标基础性均相同,可根据经验和实际教学情况来选择序列^[3].

根据这些原则,可得到如图 3 所示的教学序列图,其中对科学素养的渗透蕴含在知识教学当中,按教学序列开展教学的过程也是素养提升发展的过程.

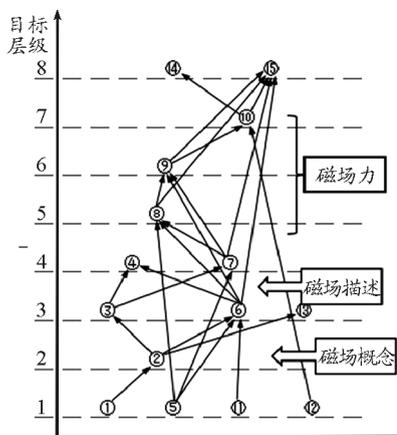


图 2 要素关系图

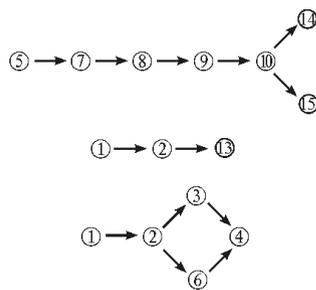


图 3 教学序列

1.4 修订关系图 建构教学序列

教材分析的最终目的是在建立形成关系图的基础上,确定教学序列.决定教学序列应遵循:

- (1) 选择的教路要由易到难,易于教学.
- (2) 按层级关系由低向高进行排列.
- (3) 如果同一层级对应多个低级目标,则优先

对“磁场”部分进行分析形成的教学序列是 3 个有向的层级关系图,因此磁场部分的教学设计可按 3 个路径开展以促进核心素养与知识的融合,实现核心素养的落地:

(1) 建立电流元的概念,掌握“左手定则”的使用方法,学会“安培力”的判断和计算,学会“洛伦兹力”的判断和计算,会分析带电粒子在匀强磁场中

的运动,进一步深化对运动观和相互作用观的认识理解.

(2) 认识“磁现象”,建立“磁场”的概念,认识到磁场也是一种物质,进一步丰富学生的物质观.

(3) 认识“磁现象”,建立“磁场”的概念,通过掌握“磁感线”和“磁感应强度”,理解“磁通量”,为以后电磁感应的学习建立基础.

2 总结与启示

将“磁场”作为一个统摄的大概念,把核心素养要素作为分析要素与知识要素并重,建立联系,运用ISM法进行教材分析,通过矩阵运算获得层级关系,使教材内容结构清晰化、层次化.此种方法简便易行,好处也是显而易见的:素养与知识并重,以此为基础开展的教学有利于核心素养的显性化教学,更好地推动学生核心素养的形成与发展;素养之间的逻辑层次清晰,有利于学生的认知建构和学习进阶;始终聚焦大概念有利于学生知识的整合和科学观念的形成.因此素养导向下基于大概念的ISM教材分

(上接第42页)

4.5 玻尔理论的局限性

至此,氢原子光谱有了合理的解释.科学的发展离不开一代又一代人的努力.然而,玻尔理论真的正确吗?

玻尔理论成功地解释并预言了氢原子辐射的电磁波的问题,但是也有它的局限性.玻尔理论在解决核外电子的运动时成功引入了量子化的观念,同时又应用了“粒子、轨道”等经典概念和有关牛顿力学规律.除了氢原子光谱外,在解决其他问题上遇到了很大的困难,例如氦原子光谱.为什么电子要在定态的轨道上运动呢?为什么定态轨道上不会辐射电磁波呢?为什么要求角动量一定是普朗克常数的整数倍呢?为什么电子会像行星一样限制在一个平面内运动呢?物理模型在解决一些问题的同时总会带来新的问题.

5 结束语

本堂课通过对氢原子光谱的研究,从实验现象

析有助于实现核心素养的落地教学,实现物理教育的核心价值.

物理学科知识体系的建立过程是以核心概念为代表的大概念不断形成和建立联系的过程,对核心大概念深化理解的过程也是不断围绕问题科学探究的过程,是运用科学思维、方法、模型、数学知识等解决问题的过程,是学习知识、锻炼能力和形成素养的一体化过程.作为上位的一个大概念往往是由若干个层次的下位概念构成,是一个概念体系,是由各个下位概念“层层递进、逐步进阶”而生成,各层级下位概念遵循严格的逻辑顺序,不可逾越和打乱.

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)[S].北京:人民教育出版社,2017.37~40
- 2 温·哈伦.科学教育的原则和大概念[M].韦钰,译.北京:科学普及出版社,2011.21
- 3 阎元红,郭文华.科学教育中的大概念:内涵、价值及实现[J].教育理论与实践,2019(29):22~25

和理论解释入手,试图还原历史发展的脉络,力图展现科学探究过程中的偶然性与必然性.对于高中学生而言,从高考层面,只要能够利用能级差计算光子频率即可.对于氢原子光谱的产生、测量、玻尔理论涉及的具体内容和数学推导并不要求.但从核心素养层面,经历实验探究,培育科学思维,是物理课堂的重要使命.在此之后,大师辈出,薛定谔、海森伯、泡利、费米、德布罗意、狄拉克、波恩等等科学家前赴后继,逐步发展和完善量子力学的框架,才有现在的信息社会.

参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中课程标准实验教科书 物理·选修3-5(第3版)[M].北京:人民教育出版社,2010.54~59
- 2 俞祥露.关于“玻尔原子理论对氢原子光谱的解释”的教学体会[J].物理教学,1989(7)
- 3 曹则贤.量子力学少年版[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2017.20