



关于高中物理课程标准中核心素养 的若干问题

刘兵

清华大学科学技术与社会研究所、中国科协-清华大学科技传播与普及研究中心

目录

CONTENT

物理学是什么？

物理教育的功能是什么

关于物理核心素养的思考

关于科学技术社会的思考



物理学是什么？

《普通高中物理课程标准（2017年版）》的定义

物理学是自然科学领域的一门**基础学科**，研究自然界**物质的基本结构、相互作用和运动规律**。物理学基于**观察与实验**，建构**物理模型**，应用**数学**等工具，通过**科学推理**和**论证**，形成**系统的研究方法和理论体系**。



从一些权威的定义来看

物理学：一门基础自然科学，它研究物质的结构以及自然界各基本组分间的相互作用等**根本问题**。通过实验考察和理论探索，以**最概括的方式**把各种无联系的物理现象，用**经济而又精确的数学语言**表达为各种物理学**原理或定律**。

《简明不列颠百科全书，物理学条目》



从一些权威的定义来看

物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式，它们的性质、运动和转化以及内部结构；从而认识到这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。

朱洪元， 《中国大百科全书·物理学》



物理学的基础

作为近代科学的代表性典型，物理学最重要的基础是作为经验事实的科学事实。科学事实是通过观察和实验所获得的。

理论，是物理学呈现的典型形式，但物理学理论需要以经验事实作为基础，来判定其是否可接受。

这个观念需要在教学中体现出来，让学生有明确的认识。

理论与经验事实的关系，具有相当的复杂性。

从物理学的研究方法来看

无论所采用的方法在细节上有什么不同，物理学家总是试图用**逐次逼近法**把没有解决的问题变得易于处理：先研究**简化的**即**理想化**的情况以确定其主要效应，然后再深入具体事物的细节。例如，理想气体的分子运动论就是把分子看得很小，其体积可以略去，而且把它们看成是许多互相碰撞的弹性球样的粒子。

《简明不列颠百科全书，物理学条目》



从物理学的研究方法来看

- 1, 理想化的方法, 即理想模型。
 - 2, 理想模型作为联结物理学理论与经验事实的中介。
 - 3, 在中学物理教学中, 涉及到的主要内容, 基本上
是理想模型性质的。
 - 4, 理想模型与现实原型的差异, 是学生学习 and 理解
物理学的困难之一。
-



从物理学史的角度来看

理解物理学，包括理解今天的物理学，以及为了教学目标，物理学史提供了重要的视角。

古希腊——中世纪——牛顿革命——19至20世纪之交的物理学革命——
其他的传统——

科学革命的理论：范式

批判性思维的限度与张力：科学革命与常规科学

物理学的“追求”与作为其他科学学科的“样板”

物理学家力图寻找一切物理现象的基本规律，从而去统一地理解一切的物理现象。

朱洪元，《中国大百科全书·物理学》

对于统一性的追求，对于理论的系统性、完整性的追求，对数学方法的应用与精确性、逻辑性的追求。

物理学在自然科学各学科中率先发展和相对成熟，及“示范”性。

对示范性的反思：科学的多元性。



物理学对于人类社会发展的意义

物理学已经走在技术发展的前面，对技术的发展起着指导的作用，重大新技术的出现基本上来源于科学实验和理论的基本研究。科学的迅速发展促进了生产技术的发展，生产技术的发展又支持了科学的发展，促进科学与技术的融合，产生了许多新的学科门类，取得了许多重大的成果。透过技术的纽带，物理学对人类的物质生产起了巨大的作用，促进了劳动生产率和经济增长的重要因素，同时对人类的生活方式，包括衣、食、住、行的所有方面都产生了巨大的影响。

《高中物理课程解读》



物理学对于人类社会发展的意义

1, 物质层面

2, 精神层面

正面与负面的影响（见“科学技术与社会”部分）



物理教育的功能是什么？

教育的概念

对教育之定义的多样性

以百度百科“教育”条目为例：

教育者有目的有计划有组织的对受教育者的心智发展进行教化培育，以现有的经验、学识推敲于人，为其解释各种现象、问题或行为，以增长能力经验，其根本是以人的一种相对成熟或理性的思维来认知对待，让事物得以接近其最根本的存在，人在其中，慢慢的对一种事物由感官触摸而到以认知理解的状态，并形成一种相对完善或理性的自我意识思维.....但同时，人有着自我意识上的思维，又有着其自我的感官维度，所以，任何教育性的意识思维都未必能够绝对正确，而应该感性式的理解其思维的方向，只要他不偏差事物的内在；教育又是一种思维的传授，而人因为其自身的意识形态，又有着另样的思维走势，所以，教育当以最客观、最公正的意识思维教化于人，如此，人的思维才不至于过于偏差，并因思维的丰富而逐渐成熟、理性，并由此，走向最理性的自我和拥有最正确的思维认知，这就是教育的根本所在。

教育也是一种教书育人的过程，可将一种最客观的理解教予他人，而后在自己的生活经验中得以自己所认为的价值观。教育，是一种提高人的综合素质的实践活动。

当然，此条目也有诸多可争议之处。





物理学教育的特殊性

物理教育是教育中特殊的一支，除了达到一般的教育的功能之外，又有其特殊性。

理解物理教育的特殊性，与理解物理学作为人类知识的特殊性相关。

一般性理解中的教育的功能，是由各种特殊的教育的功能来综合实现的。

《普通高中物理课程标准（2017年版）》关于课程性质的描述

高中物理课程是普通高中自然科学领域的一门基础课程，旨在落实立德树人根本任务，进一步提升学生的物理学科核心素养，为学生的终身发展奠定基础，促进人类科学事业的传承与社会的发展。高中物理课程在义务教育的基础上，帮助学生从物理学的视角认识自然，理解自然，建构关于自然界的物理图景，引导学生经历科学探究过程，体会科学研究方法，养成科学思维习惯，增强创新意识和实践能力，引领学生认识科学的本质以及科学·技术·社会·环境(STSE)的关系，形成科学态度、科学世界观和正确的价值观，为做有社会责任感的公民奠定基础。

这些描述可以理解为物理学教育的目标，与物理教育的功能密切相关。当然这只是总体性的描述。

● 对科学的本质的理解

对作为近代科学之代表性典型的物理学的学习，有助于更为核心地理解科学的本质。这是面向公众进行科学教育，培养科学素养的有利方式。

这种对科学的本质的理解，涉及到哲学的立场、科学的方法、思维方式、世界观、价值观等多维度的内容。

对与认识科学的本质相关的哲学立场的教育

物理学典型地代表了近现代科学中对外部世界认识方式和人们对待科学理论和经验基础之关系的理解方式。这是一种对于人们理解科学的基础，理解科学的可靠性、可信性的哲学立场。

这种哲学立场，决定了经验事实在科学中的重要地位，因而，观察和实验的方法的学习和掌握（包括传统中所说的对动手能力的训练），也成为物理学教育的重要内容。

● 对科学方法之学习的功能

物理学中，包含了各门科学学科中所采用的典型科学方法。如发现问题、提出问题的方法，获取经验事实的观察和实验方法，总结经验事实和验证理论的归纳推理方法，提出、表达理论的数学方法和演绎方法等。

因而，物理教育，对于让学生掌握最基本、最典型的科学方法，具有重要的意义。

● 对科学思维方式的培养

物理学在其理论结构特点上，体现出合理的抽象性、严密的逻辑性、系统性、统一性，以及科学的美学性质。

因而，通过物理教育，可以让学生在在学习物理学的过程中，感受和体会这些物理学最典型的特点，感受科学的魅力，在思维方式上受到影响，培养理性思维的习惯。这种理性思维，直接影响到人们用来理解、思考、分析、判断和评价各种事物的能力。

这种能力的培养，体现了物理学作为基础教育在超出物理学范围之外的影响。

● 对科学世界观、自然观的培养

物理学以其有别于其他科学学科的具有特色的方法、理论和观察实验方法，形成了一种对于外在世界的认识方式。这种认识方式，会使其学习者，潜移默化地形成一种对外部世界的看法，也即世界观和自然观。

通过对物理学学习而形成的自然观，既有与对其他科学学科的学习而形成的自然观有相通之处，亦有其独特之处，这体现在物理学学科核心素养中的“物理观念”之中。即，以物理学家的方式去看待世界、思考自然和科学规律。

● 对科学与技术的关系以及对科学之应用问题的认识的培养

物理学作为自然科学的基础学科，有别于技术，但又与技术有联系。这种联系在物理学发展的不同时期亦在变化中。

高中物理课程中，包括了许多将物理学知识应用于实际问题的内容。这既涉及解释，也涉及对技术应用问题的准备（基础、可能性），和指导。

通过对物理学的学习，可以帮助学生理解科学与技术的复杂关系，认识作为基础研究的科学对实际问题解决的重要意义，也了解这些应用的意义、价值、对人类和社会发展的正、反面影响。

● 物理教育中物理学史学习的功能

在高中物理课标中，包含了大量与物理学的发展，即物理学史的内容，也包含了许多可以归为科学文化范畴的内容。

这些学习内容是基于物理学来呈现的科学与人文的交叉，是实现沟通“两种文化”的重要手段。它们承载了诸多的教育价值。如在人类探索对自然界的认识过程中的追求、努力、曲折、奋斗，对科学探索精神的弘扬，对科学发展的积累性的认知，对科学作为人类文化之一类的理解，对科学之价值观的学习，对科学的应用范围和局限的把握，等等，等等。



关于物理核心素养的思考



核心素养

核心素养是当下中国教育改革的新理念

基于核心素养的课程改革，是深化基础教育课程改革的重要举措。

核心素养

在我国基础教育课程改革中，将核心素养界定为：

学生在接受相应学段的教育过程中，逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格与关键能力。

这一概念有如下特性：**第一**，在目标上，指向教育要培养什么样的人，有利于在实际教育教学中培养德智体美全面发展的社会主义建设者和接班人，使得“立德树人”目标得以实现；**第二**，在性质上，核心素养是指所有学生应具备的最关键和必备的共同素养；**第三**，在内容上，核心素养是知识、能力和态度的综合表现，是一个复杂的结构，具有综合性，在解决问题过程中，其作用的发挥也具有整合性；**第四**，在功能上，核心素养同时具有个人价值和社会价值，不仅可以用于升学和就业，更重要的是为学生终身发展、适应社会打下良好基础；**第五**，在发展上，核心素养具有阶段性，教师需要关注不同学段和不同年级学生应该达到的水平，明确适合学生年龄特征的核心素养培养目标；**第六**，在培养上，核心素养是在先天遗传的基础上，综合后天环境的影响，可以通过接受教育来形成和发展，是可教、可学的。培养过程中，要结合具体的学科教学和活动，创设真实的教学情境，注重学生的积极思维、自主探究、自我体验、自我反思，以及在真实情境中的应用等；**第七**，在评估上，核心素养可以利用定性和定量相结合的方法进行评价。



学科核心素养

科学教育追求的对科学核心素养，是教育中整个核心素养的组成部分之一。

在国际背景下，通常是以打通的“科学”教育标准来呈现对核心素养的培养要求。

在我国目前科学教育仍是“分科”教育的情况下，核心素养在不同科学学科的课程标准中，表现为“学科核心素养”，而非统一的科学核心素养。

在不同的科学学科课程标准中，对学科核心素养的具体表述是有差异的。



物理学科核心素养

我国普通高中物理课程标准（2017年版）中，界定的物理学科核心素养是：

一、物理观念

二、科学思维

三、科学探究

四、科学态度与责任



物理学科核心素养

1. 物理观念

“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、能量观念及其应用等要素。

此条，是有别于其他科学学科核心素养的、最有“物理特色”的核心素养。

要点：基于物理学的学习，以物理学的眼光、视角来认识世界。



物理学学科核心素养

2. 科学思维

“科学思维”是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式；是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程；是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用；是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑、批判、检验和修正，进而提出创造性见解的能力与品格。

“科学思维”主要包括**模型建构**、**科学推理**、**科学论证**、**质疑创新**等要素。

此条，与一般讲科学核心素养有较多重合之处。但在作为物理学学科核心素养，最有物理学特色的地方，在于模型建构（尤其是对应于物理学中理想模型建构）和科学推理（尤其是对应于物理学对逻辑性的特殊要求）两点。



物理学科核心素养

3. 科学探究

“科学探究”是指提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释，以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力。

“科学探究”主要包括问题、证据、解释、交流等要素。

此条，与一般性的科学核素养，或其他科学学科的核心素养基本重合。



物理学科核心素养

4. 科学态度与责任

“科学态度与责任”是指在认识科学本质，理解科学·技术·社会·环境关系的基础上，逐渐形成应有的科学态度和社会责任感。

“科学态度与责任”主要包括科学本质、科学态度、社会责任等要素。

此条，虽然“应该”在各科学学科核心素养中均应体现，但在物理课程标准中，也潜在地、部分地有“物理特色”，并应在可能的情况下，在教学中对内容有所拓展。

实际上，此条与过去课程标准“三维目标”中的“情感、态度与价值观”非常接近。也是过去物理教育教育背景中的弱项。而且，更与STS关系密切。（参见“关于科学技术社会的思考”部分）

● 关于科学核心素养或物理学科核心素养的几个问题

正因为核心素养是一个新概念，对之的研究还不够充分和深入，因而，也还存在着一些可争议的问题值得思考。

比如，在教学中，如何与对具体知识的学习相结合？如何测评？可否分级？



关于科学技术社会的思考

● STS，科学技术与社会，与物理学科核心素养的关系

原则上，科学技术与社会（STS, science, technology and society）与物理学科核心素养的四部分皆有关系，但关系最直接和密切的，还是“物理观念”和“科学态度与责任”这两部分。

按过去的“三维目标”，与“情感态度和价值观”也密切相关。

但这一直是传统物理教师教育背景中的薄弱之处。



作为学术研究领域的STS

作为一个国际上的学术研究领域，它涉及许多以科学为对象进行人文研究的学科（如科学哲学、技术哲学、科学史、技术史、科学社会学、技术社会学、科技政策、科学伦理、科学美学.....，等等学科）

STS有两种对应的表述：

1, science, technology and society

2, science and technology studies

两种所指的差异：出现的先后，立场的不同，译法的困难。



作为学术研究领域的STS

作为一个国际上的学术研究领域，它涉及许多以科学为对象进行人文研究的学科（如科学哲学、技术哲学、科学史、技术史、科学社会学、技术社会学、科技政策、科学伦理、科学美学.....，等等学科）

STS有两种对应的表述：

- 1, science, technology and society （科学技术与社会）
- 2, science and technology studies （科学技术学？科学元勘？.....）

两种所指的差异：出现的先后，立场的不同（赞颂，还是批判性反思？），译法的困难。

在物理课标中，采用的表达方式是STSE，突出加上了环境（E，即environment），这可以理解为一种强调，但实际上在STS中，对环境的关注已经包括其中了。

● 作为学术研究领域的STS

“这个社会很久以前就把自己维系在科学与技术进步全速前进的快车上，但是却从未以同样的速度发展出一种与时俱进的批判性和自我反思。”——温纳



Handbook of Science and Technology Studies **(《科学技术论手册》 (1995))主要内容**

一 总论

1 STS：回顾与展望

二 理论与方法

2 科学动力学的四种模型

3 成长中的STS

4 “性别与科学”的起源、历史与政治

5 科学论的理论景观

三 科学与技术文化

6 科学与其他本土知识体系

7 实验室研究

8 工程研究

9 女权主义技术理论

10 女性与科学职业

Handbook of Science and Technology Studies **(《科学技术论手册》 (1995))主要内容**

四 建构技术

- 11 技术的社会历史研究**
- 12 从“影响”到社会过程**
- 13 科学论与机器智能**
- 14 人类基因组计划**

五 科学技术的传播

- 15 话语、修辞学与反思性**
- 16 科学与传媒**
- 17 公众理解科学**

Handbook of Science and Technology Studies **(《科学技术论手册》 (1995))主要内容**

六 科学、技术和争论

- 18 科学的边界**
- 19 科学争论**
- 20 环境对科学论的挑战**
- 21 作为知识财产的科学**
- 22 科学知识、争论与公共决策**

七 科学、技术与国家

- 23 科学、政府与知识政治学**
- 24 同一种意义上的政治学**
- 25 科技政策议程的演变**
- 26 科学、技术与军事**
- 27 欠发达国家的科学技术**
- 28 全球化、国际关系中的科学技术**



例1：关于科学的本质

- 国外学者对于在八种国际科学标准文献中总结出来的对于科学的本质的一致性看法, (McComas and Almazroa ,1998), 它们分别是:
 - (1), 科学知识是多元的, 具有暂时特征;
 - (2), 科学知识在很大程度上依赖于观察、实验证据、理性的论据和怀疑, 但又不完全依赖于这些东西;
 - (3), 通向科学没有唯一的道路, 因而没有一种普适的一步一步科学方法;
 - (4), 科学是一种解释自然现象的尝试;
 - (5), 在科学中, 规律和理论起着不同的作用, 因此学生应明白, 即使有额外的证据, 理论也并不变成规律;
 - (6), 来自一切文化背景的人都对科学做出贡献;
 - (7), 新的知识必须要清楚地、公开地得以报导;
 - (8), 科学家需要保存准确的记录, 需要同行评议, 需要可复现性;
 - (9), 观察渗透理论;
 - (10), 科学家要有创造性;
 - (11), 科学史既揭示了科学的进化的特征, 也揭示了科学的革命的特征;
 - (12), 科学是社会和文化传统的一部分;
 - (13), 科学和技术彼此影响;
 - (14), 科学思想受到其社会和历史环境的影响。
- **比较：与人们传统观点和理解的差异。**



例2：关于能量的教学问题

- 在物理课标中：
- 2.3能源与可持续发展之下：
- 【内容标准】
- 2.3.1了解自然界中存在多种形式的能量。知道不同形式的能量可互相转化，在转化过程中能量总量保持不变，能量转化是有方向性的。
- 2.3.2知道利用能量是人类生存和社会发展的必要条件之一，人类利用的能量来自可再生能源和不可再生能源。
- 2.3.3知道合理使用能源的重要性，具有可持续发展观念，养成节能的习惯。
- 2.3.4收集资料，讨论能源的开发与利用所带来的环境污染问题，认识环境污染的危害，思考科学·技术·社会·环境协调发展的关系，具有环境保护的意识和行动。
- 结合物理学（如热力学），对于传统中有关“可再生能源”和“不可再生能源”问题的教学观点的思考。



STS与教师的学术储备

- 1979年，曾有人列出科学教师应予以哲学的关注并从中获益的6个领域（**R. H. Ennis, 1979**）：
 - 1，科学方法；
 - 2，对经验陈述的批判性思考的判据；
 - 3，解释；
 - 4，科学家的道德判断；
 - 5，科学学科的结构；
 - 6，检验的展开。



STS与教师的学术储备

- 20世纪90年代初，又提出了6个新的问题（M. R. Matthews, 1992.）：
 - 1，女性主义；
 - 2，建构论；
 - 3，伦理问题；
 - 4，形而上学问题；
 - 5，理想化问题；
 - 6，合理性问题。
-

● 几个问题

- 现实与理想
 - 在中国中学阶段的科学教学与对STS学术研究的借鉴：有限选择问题
 - 科学教学的人文立场问题
-

○ 谢谢
Thanks