

物理文化不止是知识体系，
更是时代文化的组成部分；
物理教育不止是概念与规律的演绎，
更是高尚文化的传承与创新。

物理文化与教育

■ 解世雄◎著



科学出版社
www.sciencep.com

物理文化与教育

■ 解世雄◎著

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

物理文化与教育/解世雄著. —北京: 科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-025724-6

I. 物… II. 解… III. 物理课-教学研究-中学 IV. G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 176135 号

责任编辑: 侯俊琳 郭勇斌 卜 新 / 责任校对: 张 琪

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 无极书装

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep. com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经售

*

2009 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009 年 12 月第一次印刷 印张: 12 3/4

印数: 1—3 000 字数: 234 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

Preface

2009年5月4日收到排好版的书稿，心情有点激动。这些天一边忙工作，一边审读书稿，今天终于有了写前言的冲动。

优秀学术成果形成的过程，是一个文化积淀的过程，是一种瓜熟蒂落、水到渠成的过程。本书的源头可以从1994年发表的《从文化视角看物理教育观》一文算起。现在看来，那篇文章比较简单和粗糙，但已涉及物理文化的定义、特征和文化视角下的物理教育观等核心问题。我1996年出版的《物理文化论》一书对物理文化这个命题进行了系统的开拓性研究，写作简明扼要，结构比较完整。但现在看来，该书有点初生牛犊不怕虎的味道，不少地方的研究还不够深入和细致。正如一句哲学名言所说：感觉到的东西，我们不一定认识它；只有认识到的东西，才能更好地感觉它。《物理文化论》出版以后，我对文化方面的论著更加敏感，先后研读了一批文化方面的名著。另外，我对科学思想史和科学名著的兴趣多年来有增无减。我曾经想过再版《物理文化论》，以充实和提升，但始终未能实施。1998年，我从贵州调到广东嘉应学院，在做行政工作之余兼上物理系的物理教学论课程。虽然我曾出版过《物理教育的多维探讨》（云南教育出版社）一书，但那是进行大学物理教育研究的成果，当时我对中学教育并不十分关注。进入21世纪，我国中学物理以《课程标准》为起点的教学改革轰轰烈烈地展开，因而我们物理教学论课程也要进行相应改革，以适应中学改革的需要。2003年，物理课程与教学论成为学校的重点扶持学科，我在协议书中承诺3年内完成专著《物理文化与教育》，但是面对2004年学校的学士学位授予单位评估、2006年教育部本科教学水平评估，我都处在最前沿，所以根本没有整块时间完成专著的写作任务。不过，我在学术上始终没有懈怠，几年内发表10篇重要的学术论文。

通过长期的学习和思考，我意识到：物理文化概念可以作为物理教学的三维目标的理论基础；21世纪物理教育改革的几个革命性的概念——教育理念、教育目标、科学探究、自主学习、课程资源、教学设计、教师发展都与文化概念有着千丝万缕的联系。

我在整合个人的文化积累与社会文化积累的基础上，2007年底完成了本书的理论框架设计，并有幸得到科学出版社的认可。经过一年多紧张的写作和修改，现在终于完成了书稿。

和所有的教育理论著作一样，本书不可避免地带有理想主义的色彩，如对教育目标、自主学习、科学探究、教学设计、教学资源利用、教师发展都有很完美的表述。在实践中，大家都达不到那样的境界。古

人说：“止于至善。”优秀教师总是追求完美，理论的引领是不可缺少的力量。

本书写作的这一年多时间是我有生以来身体状况最差的时期，也是工作压力最大、最忙的时期。我扪心自问：用生命去著书值得吗？答案是：值得。“书是人类进步的阶梯”，书是人生命时空的延伸，书是人性光辉的闪耀，书是“超我”状态的展现。

本书的出版是我的最大心愿之一。在广东奋斗十余年，终于完成了自己的心愿，自认为是为物理课程与教学论专业做了一项开创性的工作，相信本书会给年轻学者和教师一些启发。

最后，谨向给予我关心、支持、帮助的老师、同事和参考文献中的著者表示衷心的感谢！向科学出版社和本书责任编辑郭勇斌先生表示衷心的感谢！

解世雄

2009年5月9日于嘉应学院

前言

第一章 什么是物理文化 /1

- 一、文化概念的理解 /1
- 二、科学文化概念的起源 /4
- 三、物理文化的理解 /7
- 四、物理文化的定义 /12
- 参考文献 /14

第二章 物理文化的知识构建 /15

- 一、物理语言的特点与类型 /15
- 二、物理概念的形成与特征 /19
- 三、物理规律的特征与功能 /23
- 四、物理知识构建的基本原理 /26
- 参考文献 /35

第三章 物理文化的特征 /37

- 一、物理文化的探索性特征 /37
- 二、物理文化的实验特征 /39
- 三、物理文化的模型化特征 /41
- 四、物理文化的数学化特征 /42
- 五、物理文化的系统特征 /44
- 六、物理文化的应用特征 /46
- 七、物理文化的竞争性特征 /47
- 八、物理文化的国际性特征 /48
- 参考文献 /49

第四章 物理文化的功能 /51

- 一、物理文化的认识功能 /51
- 二、物理文化变革社会的功能 /53
- 三、物理文化的渗透功能 /56

四、物理文化的美学功能 /59

五、物理文化的育人功能 /64

参考文献 /69

第五章 文化视野下的物理教育 /70

一、学校教育与文化的关系 /70

二、物理教育与文化背景 /74

三、文化视野下的物理教育目标 /77

四、文化视野下的物理教育理念 /79

五、文化传播与创新能力的培养 /83

参考文献 /88

第六章 物理文化与物理课程标准 /89

一、物理课程标准的演变 /89

二、物理教育目标的文化解读 /93

三、科学探究的文化解读 /96

四、自主学习的文化解读 /102

参考文献 /106

第七章 物理文化与物理课程资源 /107

一、物理课程资源的理解 /107

二、物理课程资源的种类 /110

三、物理课程资源开发中存在的问题 /115

四、物理课程资源的开发与利用 /117

参考文献 /122

第八章 物理文化与教学设计 /123

一、物理教学设计的阐释 /123

二、物理教学设计的基本理念 /125

三、物理教学设计的基本路径 /126

四、物理教学设计的基本环节 /128

五、基于文化理念的物理教学设计案例

——万有引力课堂教学设计 /131

参考文献 /138

第九章 物理文化与物理教师 /139

- 一、物理教师面临新的文化背景 /139
- 二、作为物理文化载体的物理教师 /144
- 三、文化融合与物理教师的知识 /145
- 四、物理教师的专业发展 /149
- 参考文献 /156

第十章 物理文化大师的教育理念 /158

- 一、爱因斯坦的教育理念 /158
- 二、费恩曼的物理教育理念 /163
- 三、杨振宁的物理教育理念 /173
- 参考文献 /178

附录 读书、教书 30 年 /181

- 一、“文化大革命”——我成长时期的文化背景 /181
- 二、照壁山下宁静的读书岁月 /182
- 三、激活创造的本能 /184
- 四、多角度研究物理教育 /185
- 五、发现物理学与社会科学的联系点 /186
- 六、探索物理学的文化价值 /186
- 七、研究物理文化的载体——名家名著 /187
- 八、大学教学路在何方 /188
- 九、大学里的不同文化 /189
- 十、人性的窥视 /190
- 十一、人生的精神支柱 /191
- 十二、珍惜曾经拥有的感动 /192

第一章

什么是物理文化

每个人都是一种综合的文化载体。他从小习得的地域文化、自己的民族文化和自己的职业共同体文化。作为物理教师，我们在和其他群体比较的时候，发现自己身上有许多与别人不一样的地方，因为我们身上有物理文化的元素。物理文化客观存在，而且可以理解与表达，对物理文化的研究正在成为一个激动人心的研究方向。物理文化概念的提出具有深远的学术影响和广泛的教育应用。

一、文化概念的理解^①

什么是物理文化？要回答这个问题，我们首先要理解什么是文化，什么是科学文化。文化概念的形成，是以人类活动本身为基础的，由于各个国家、各个民族、各个时期的文化特征表现各异，人们对文化的内涵和外延存在着不同的理解，因而对文化的定义就不尽相同。

1. 文化的定义

1952年，美国人类学家克罗伯和克拉克洪在合著的《文化，关于概念和定义的检讨》一书中说，1871～1951年的80年间，关于文化的定义就有160余种。他们将这些定义归纳为五种类型：

描述性定义：认为文化是包括知识、信仰、艺术、道德、法律及习俗等的复杂整体；

历史性定义：认为文化是人类一代又一代相传、积累而成的社会性遗产的总和；

规范性定义：认为文化是一种生活和行为方式，提供模型、风格和准则；

心理性定义：认为文化是一种学习过程，学习对象包括传统的谋生方式和反应方式，以其有效性而为社会成员所普遍接受；

结构性定义：文化是概括各种外显或内隐行为模式的概念。文化基本

^① 解世雄，物理文化论，重庆：西南师范大学出版社，1996.1～4（有修改）

内核来自传统,其中价值观念最为重要,文化是人类的创造物,它又是制约、限制人类活动的重要因素^[1]。

在中国现代史上一些有影响的学者,梁漱溟、蔡元培、梁启超、胡适等对文化概念也有过各自的解释。

对于文化研究可以从不同学科、不同层次、不同视角去考察、归纳,因而在近几十年的文化研究中,对文化概念的解释仍在不断地增加。我国权威辞书《现代汉语词典》对文化的定义是:“人类在社会历史发展过程中所创造的物质财富和精神财富的总和,特指精神财富,如文学、艺术、教育、科学等。”

由上可见,对文化的准确定义是不容易的,但是通过以上简要阐述,我们对文化的定义有了一个初步的了解,这对理解文化概念的内涵和外延很有帮助。

2. 文化概念的基本含义

如何理解文化概念的基本含义呢?我们可以从文化特征、文化系统、文化要素三个方面来理解。

(1) 文化具有人化的特征。人是文化的创造者,文化的世界始终是人类自己创造的世界,文化是一种人化的现象。如日月星辰、原始的山川河流、森林草原、野生的动植物等,一切未经人类实践活动作用过的自然物,没有体现人的智慧和实践创造作用,因而不是文化或文化现象。虽然人的活动,人的创造离不开一定的自然环境或自然条件,但是文化凝聚人的智慧,人的活动,人的创造。自然物经过人的实践活动的作用,经过人的加工制作,就打上了人的智慧和劳动创造的烙印,成为人工制品和人们生活的一部分,它就体现了文化,属于文化现象。原始森林中生长的树木、花草都不是文化,经过人的移植、培育、重新布置规划,并与人造的建筑物结合,所构成的园林则体现了一种文化。又如,铁矿石是自然物,经过人工冶炼,加工制作成条形磁铁,就不再是自然物,用它演示自然界同种磁极相互排斥、异种磁极相互吸引现象,这一过程就是文化现象。

文化是人们在社会活动中创造的,为一定的人群或社会共有,共享,它是一种具有普遍性的存在物。人是社会的人,个体是社会的个体,个体的活动是通过社会的联系来实现的,人的创造活动是由社会的共同创造来实现的。例如,一种建筑式样的确定,是经过若干工匠世代改造,逐步确定下来的;人造卫星的发射更是凝聚了无数代人集体创造的智慧。文化既是社会创造的,也是社会普遍具有和享用的,从另一个角度看,有范围大

小的不同,最普遍的文化当然是为人类所共有,还有民族文化、地域文化、某些社会群体具有的群体文化(如大学校园文化、企业文化)等。

作为人类创造物的文化,有的体现在所创造的物质产品中,有的体现在精神产品中,如欧式建筑、中式建筑、金字塔、万里长城,都体现了各自的文化。有形和无形的精神产品,如书籍、音乐、生活方式、行为准则、风俗习惯等也体现了不同民族的文化。

(2)文化是一个庞大的系统。系统科学认为:系统是由两个以上可以区分的要素构成的集合体,各个要素之间存在着一定的联系和作用,形成特定的整体结构和适应环境的特定功能,它从属于更大的系统。由此我们可以把文化这个极其复杂的研究对象看做一个系统。人类文化或地球文化系统可以分为人文文化系统和科学文化系统。人文文化系统可分为西方文化和东方文化。东方文化可分为中国文化、印度文化、日本文化等。中国文化可细分为汉、满、蒙、回、藏文化等。由于地域不同、民系不同,汉文化有不同的文化,如广府文化、潮汕文化和客家文化等。科学文化可分为数学文化、物理文化、生态文化等。

(3)文化由若干要素构成。文化作为一个系统,有其组成要素,但是由于对文化概念的理解不同,因而对文化要素的理解也有差异。

3. 文化的要素

有人把文化的要素分为三个方面,也有人把文化的要素分为四个方面。

新进化学派的主要代表人物莱斯利·怀特认为,文化是一个组织起来的一体化的系统,可分为三个文化亚系统:

(1)思想意识系统,也就是文化的精神观念层面,一般称为精神文化,它包括思维方式、思想观念、价值观念、科学意识等。

(2)社会系统,也是文化行为方式层面,一般称为行为文化,它包括规范、风俗、习惯、生活制度等。

(3)技术系统,也是物质的实体层面,一般称为物质文化。它包括各种生产工具、生活用具及其他物质产品^[2]。

按人类学大师功能学派缔造者马林诺夫斯基的论述,一种文化应包含如下四个方面:

(1)物质设备,人类要生存,就要不断地作用于自然,创造器具和人工环境,以满足生理和精神的需要,同时必须借助一定的工具和物质设备。人的物质设备,如器物、房屋、船只、工具及武器,都是文化中最易

明白、最易捉摸的方面，它决定了文化的水准和工作的效率。

(2) 精神产品，即一套知识系统、一种道德观念和社会价值体系。单单是物质设备没有精神相匹配的部分，是死的，是没有用的。人们需要知识来制造器物、工具，应用它们。

(3) 语言符号，运用语言符号传达信息是人类进行交流的基本手段，而文化系统中的人必须掌握语言习惯、概念模式和符号体系。某种文化背景的人必然有属于自己的语言和某些象征符号。

(4) 社会组织，组织是人类文化的普遍现象，社会组织是集团行动的标准规矩。它由经过挑选的优秀分子组成，它有成员共同遵守的规范和章程，它有赋予一定权力的分层领导和管理体系^[3]。

4. 文化的传播

一种文化一旦形成，它就会从文化中心地带，向其他区域和人群扩散。包括自然扩散和有组织扩散。

(1) 自然扩散。这种扩散不受有关人群的引导，是朴素的、无意识的或自然的，自然扩散的最佳状态是在文化的原始状态。我国汉族倾向于守疆，因而以自然扩散为主。

(2) 有组织扩散。这是有意的、有周密计划的向外传播。欧美文化的一个特征就是扩张其疆界的倾向。欧洲人和美国人敢于冒险，敢于冲破地理界限，有组织地向世界每一个角落传播他们的文化^[4]。

二、科学文化概念的起源

1. 科学从知识体系到文化背景

很久以来，科学是一种知识体系的观点，没有人反对，也很少有人怀疑，人们不断地以各种方式强化这一观点。我们不妨引证如下：

苏联《简明哲学词典》对科学的定义是：“在社会历史生活过程中所积累起来的关于自然、社会和思维的各种知识体系。”^[5]

我国权威工具书《现代汉语词典》对科学的定义是：“反映自然、社会、思维等客观规律的分科知识体系。”^[6]现代科学哲学“历史学派”的代表人物之一，伊姆雷·卡拉托斯认为：“科学一词便成为最受尊敬的那一部分知识的名称。”^[7]

我国科学学研究方面早期最重要的著作《科学学纲要》对科学概念有更为清楚一些的解释：“科学是一种知识，这种知识是人们对客观事物的反映或认识：虽然任何科学都是一种知识，但并不是任何一种知识都是科学，科学知识必须是正确反映事物关系、能说明事物本质、能表现事物规律的知识；同时科学还必须是按照事物的客观逻辑经过整理的、有头有尾的系统知识。”^[8]他们还认为科学具有客观性、实践性、理论性、逻辑系统性、真理性和发展性的特点。学者们的定义是清楚的，也没有错。但是随着科学对社会的影响越来越大，在大众心目中以上传统的科学概念正在淡化，科学的文化特点凸现出来了。

科学的含义原本是清楚的，边界也是分明的，当科学直接影响了公众的生活以后（早期的科学研究限于学者的兴趣，对公众的生活不发生太大的影响），科学观念和科技产品成为人们生活的文化背景。人们谈起科学，有时指的是导致科学发现的科学方法，有时指的是源于科学发现的知识，有时是指有了某些科学新发现和新技术。

近代科学诞生之后，在解释世界的理论层面，科学逐渐取代了传统文化的地位。不仅科学知识成为人类解释世界的“标准答案”，科学对自然的理解，如自然观、宇宙观、真理观也渗入到人类一般思想之中。科学已经渗入到人类一般思想之中，改变了人类基本思维方式。无疑，公众对科学文化的理解与公众的科学素养是密切相关的。但是，作为文化的科学也能够超越具体的科学知识，直接进入公众的思想深处。

与此同时，工业革命之后，以科学为基础的技术逐渐取代了传统技术。在人类文化中，直接融进了科学技术的成分。科学的进步，使人类在技术创新上的能力显著增强，科学对社会的影响也越来越大。人类的几次工业革命与科学特别是物理学的应用有直接的联系。现在没有人能够抗拒科学发现和技术发明。科学的巨大力量为人类社会造福，这是显而易见的。科学技术使人类在黑夜拥有光明，使地球上几十亿人的温饱问题得以解决，使现代人极大地享受了交通和通信便利，使家务劳动被现代化的机器代替，使城市人口具有更多的休闲和学习时间，这些都成为人类当前的文化背景。现代社会没有人能离得开科学思维方式，也没有人能离得开科技产品，最简单的例子是没有人能容忍停电，假如停电，人们将不知怎样工作和生活。由早期学术圈的纯理论研究到近代工业革命解放人们的生产力，再到现在对科学思维和科技产品的依赖，科学不再是单纯的知识体系，它超越了国界，超越了行业，已经成为全世界人民共有、共享的时代文化背景。

2. 科学文化概念起源

大家知道科学文化概念是英国人查尔斯·斯诺 (Charles Percy Snow, 1905~1980) 最先提出的, 1956 年, 他在《新政治家》杂志上发表了一篇文章名为《两种文化》的文章。3 年后, 他将文中的思想加以扩充, 在剑桥大学做了一个著名演讲, 题目是“两种文化与科学革命”。斯诺把这两种对立的势力称为两种文化, 不仅是智力意义上的文化而且是人类学意义上的文化。斯诺认为, 存在两种文化: 一种是人文学者 (斯诺称为文学知识分子) 的文化, 另一种是科学家的文化。斯诺发现, 他们的才智相近, 种族相同, 社会出身差别不大, 收入相差不多, 但却几乎没有什么沟通。甚至他们在学术、道德和心理状态等方面的共同点也非常之少。简而言之, 这两个群体的文化理念和价值观念产生了严重的差异, 彼此不能认同。斯诺举了一个例子。作为一名人文学者, 如果不知道莎士比亚, 是应该感到惭愧的, 哪怕他本人的研究方向与莎士比亚毫无关系, 因为认知莎士比亚已经成了基本的文化素养, 但是他不会为自己不知道热力学第二定律而感到惭愧; 相反, 作为一名科学工作者, 如果不知道热力学第二定律, 那是不及格的, 而对于莎士比亚, 他不认为有知道的必要。

斯诺大概是第一个把莎士比亚和热力学第二定律相提并论的人, 那时热力学第二定律, 也就是熵增加原理, 还不像今天这么重要。今天, 这个定律已经成为可持续发展的一个重要的立论基础。

斯诺这个演讲引起了轩然大波, 按照斯蒂芬·科里尼的说法, 斯诺在 1 小时的演讲之后, 至少做成了三件事:

第一, 他像发射导弹一样发射出一个词, 不, 应该说是一个“概念”, 从此不可阻挡地在国际社会传播开来; 第二, 他阐述了一个问题 (后来化成若干问题), 现代社会里任何有头脑的观察家都不能回避; 第三, 他引发了一场争论, 其范围之广、持续时间之长、程度之激烈, 可以说都异乎寻常^[9]。

完全出乎斯诺的预料, 两种文化的说法引起极大的反响, 赞成斯诺二分法的人有之, 认为学界文化何止千百种的也不乏其人, 有人附和斯诺谋求化解隔阂的愿望, 但也有人曲解他的意愿为保持双方对峙。斯诺指出了—一个普遍存在但是又被普遍忽视的现象, 并使这个现象凸显出来。由于两种文化的分裂, 人文学者和科技专家都认为对方没有文化。辩论从英国传向美国, 甚至蔓延到了匈牙利、波兰和日本。斯诺的“两种文化”提法, 成为他对 20 世纪文化史最经得起时间检验的贡献, 它激发出一个国际性的

科学文化研究(cultural studies of science)的热潮。

在两种文化的分裂中,斯诺的立场更倾向于他所说科学文化。而很多中国学者今天所强调的科学文化,在某种程度上有弥合两种文化的用意,或者用萨顿对科学史的说法,就是建立起科学与人文之间的桥梁。所以今天科学文化一词,已经与斯诺本人的用法有了很大的差异。

三、物理文化的理解

为了给物理文化下定义,首先需要对与物理文化相关的几个重要问题进行论述,以便比较全面准确地理解物理文化。

1. 物理文化源远流长

物理文化的起源,可以追溯到遥远的古代。中国历史上的思想家非常重视对自然规律的观察、研究,中国古代的科学相当发达,技术水平相当高。古代的哲人、先贤们是凭借简单的观察和直觉,对自然进行猜想和思辨。《老子》关于宇宙生成的思想就是这样。老子提出一种宇宙生成的模式(假设),确认宇宙万物有共同的本原。“有物混成,先天地生。寂兮寥兮,独立而不改,周行而不殆,可以为天下母。吾不知其名,字之曰道,强为之名曰大。”“道生一,一生二,二生三,三生万物。”“道之为物,惟恍惟惚。惚兮恍兮,其中有象;恍兮惚兮,其中有物。窈兮冥兮,其中有精,其精甚真,其中有信。”赋予道无名无为,无形无体,无声无色,无物无象,然而又无处不在,无时不有,万物恃之而生的特征。我们不难看出,老子设想在天地万物产生以前有一个无形、无声,无以名之的东西——“道”,它是产生万物的本原,是天地万物产生、变化的根源。

我们古代的哲学其实是和物理学混为一体。孔子、庄子等都把物理跟自然哲学连在一起,认为支配自然的一些规律也可以用来支配社会。孔子称物理是“格物”。“物格而后知至,知至而后意诚,意诚而后心正,心正而后身修,身修而后家齐,家齐而后国治,国治而后天下平。”^[10]

孔子是从教育谈起的物理。他说首先要探索世间万物的道理,并加以深刻理解,这样才能产生坚定的信念;树立高尚的品格,从而处理好个人与家庭、社会的关系,有一个和谐发展的社会。

不仅是孔子,中国古代的很多学者也在诗里表达了他们对物理的理解。比如屈原,写了《天问》,对自然界提出了172个问题。大诗人杜甫写

道：“细推物理须行乐，何用浮名绊此身。”这就表明古人探求自然规律的献身精神，他们认为研究物理需要有仔细的观察，推演物理的规律，其乐无穷，可以摆脱争名夺利的想法，好好享受生活的乐趣。实际上直到 500 年前中国的科学在世界上还处于领先地位。

古希腊的著名科学家亚里士多德的《物理学》^[1]是他自然哲学中最重要的著作。为了理解和解释自然事物，亚里士多德提出“四因”解释方案。就是用“质料、形式、动力、目的”所有原因来回答“为什么”。“因此解释为什么这个问题时必须根究到质料，根究到形式，根究到最初的动力。”亚里士多德相信：“自然发生着和存在着的事物里是有目的的。”“自然产生也是为了某个目的。”“凡是运动着的事物必然有推动者在推动着它的运动。”因而亚里士多德提出了宇宙运动的观点：运动是永恒的，必然有一个永恒的第一推动者，整个宇宙在第一推动者推动下合目的地运动着。

运动是亚里士多德《物理学》中的核心观念，他认为：“自然是运动和变化的根源，而我们这门学科所研究的又是关于自然的问题，因此必须了解什么是运动。因为不了解运动就不了解自然。”

亚里士多德认为，运动不是孤立的：“如果没有空间、时间，运动也就不能存在。”“离开事物就没有运动，因为变化中的事物总是或为实体方面的或为数量方面的或为性质方面的或为空间方面的变化。”“离开了上述事物不会有任何运动和变化，因为上述事物之外再无任何存在。”

他进一步对运动概念进行定义：“能变化的实现就是性质的变化，能够增多的事物及其反面——能够减少的事物的实现就是增和减，能够产生的事物和能够灭亡的事物的实现就是生和灭，能够移动的事物之实现就是位移。这就是运动。”

在解释运动的原因时，亚里士多德把物体运动的原因归结为与外界的接触，即受外力的推动。“凡是运动潜能的，它的不动叫静止的事物，它在推动时，自身也被推动，因为推动就是对能动的事物施加行动，但施加行动靠了接触，因此推动者在推动时自身也在受推动。所以运动是能运动的事物作为能运动者的实现；但运动发生是靠了同能推动者的接触，因此推动者同时也被推动。”

亚里士多德对空间问题进行了比较深入的研究。在《物理学》第四章开头，他明确提出：“空间是否存在？如何存在？空间是什么？”他通过一系列分析提出：“运动的最一般的形式是空间方面的运动（我们称之为位移）。”“空间有三维：长、宽、高——它们是限定一切物体的。但空间不

是物体，因为在同一空间里不能有两个物体。”

他进一步论证，空间是什么？“不能是元素，也不能是由元素——不论是物质性的还是非物质性的——合成的事物。”“空间被认为像容器之类的东西，因为容器是可以移动的空间，而不是内容物的部分或状况。”他还有一个更严格的定义：“①空间乃是一事物的直接包围者，而不是该事物的部分；②直接空间既不大于也不小于内容物；③空间可以在内容物离开以后留下来，因而可以分离；④此外整个空间有上和下之分，每一个元素本都趋向它们的各自特有的空间，并在那里留下来，空间是根据这个分上下。”他还进一步地解释：“一切事物都在宇宙里，因为宇宙就是‘万有’，空间不是宇宙，而是宇宙的一个运动物体接触的静止的内限。”

亚里士多德论述了时间概念，时间是什么？“它的一部分已经存在过，现在已不再存在，它的另一部分有待产生，现在尚未存在。无论是无限的时间长流还是随便挑取的其中任何一段，都是这两部分合成的。”

他认为时间是与运动联系着的，但“时间既不是运动，也不能脱离运动”。他还进一步谈到时间与运动的关系：“在任何地方，同时的时间是同一的，随后的时间就是不同一的。”“我们不仅用时间计量运动，也用运动计量时间，因为它们是相互确定的。”“既然时间是运动和运动存在的尺度，而时间计量运动是通过确定一个用以计量整个运动的运动来实现的。”

关于时间和运动联系，亚里士多德还有一个比较容易理解的表述：“一切变化和运动事物皆在时间里。因此，快和慢是包括一切变化的，在所有的变化里都可以看到有快慢。我们说的一个运动比另一个运动快，意思是说，一匀速运动通过同一距离时，一个变化比另一个变化先达到预定的状态。”

虽然古代哲人、先贤对自然的一些基本问题进行了卓有成效的研究和理论概括，但是真正意义上的物理学，是源于精确、细致的观察和实验。重视观察和实验是物理文化最基本的特征。通过肉眼和仪器观察自然是物理学家发现规律的基本方法之一，开普勒行星运动定律就是在第谷大量精确的天文观察数据基础上归纳出来的。意大利著名物理学家伽利略最先把实验方法引入物理学的研究中，开创了利用仪器和设备在有利条件下研究自然规律的先河。1687年牛顿的《自然哲学的数学原理》开辟了物理学的新纪元。在伽利略、牛顿创造的科学方法论的引领之下，物理学的发展进入了正确的轨道。20世纪初量子理论和爱因斯坦相对论的建立，相对论和量子论的提出彻底改变了人们对空间、时间的观念和认识，物理学进入当代发展的快车道，从根本上改变了人类的思维方式，而现代物理学的广泛