

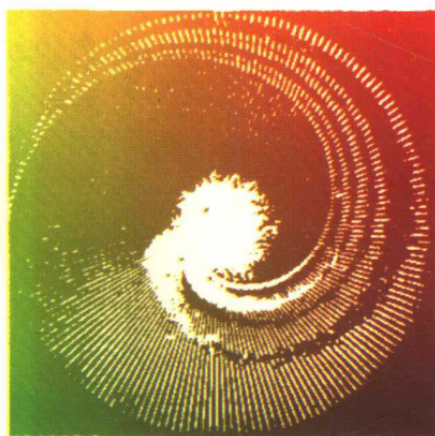
XIANDAI WULIXUE ZHIXUE WENTI

XIANDAI WULIXUE

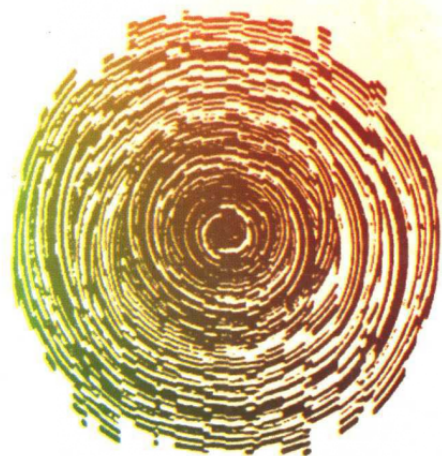
现代物理学哲学问题

ZHIXUE WENTI

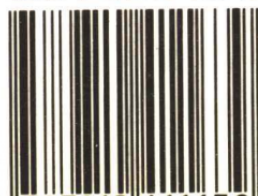
薛晓舟 张会



河南大学出版社



ISBN 7-81041-163-2



9 787810 411639 >

ISBN7-81041-163-2/O · 92 定价:11.00 元

薛晓舟 张金

现代物理学哲学问题

河南大学出版社

现代物理学哲学问题

薛晓舟 张会

责任编辑:刘书振 装帧设计:王四朋

河南大学出版社出版

(开封市明伦街85号)

河南大学出版社电脑照排

河南第一新华印刷厂印刷 河南省新华书店发行

开本:850×1168毫米 1/32 印张:8.625 字数:220千字

1996年10月第1版第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 7-81041-163-2

0·92 定价:11.00元

□ 责任编辑 / 刘书振

□ 装帧设计 / 王四朋



作者简介

薛晓舟, 1929年生, 河南修武人。1948年入河南大学数学物理系, 1950年作研究生, 后任助教。1955—1957年在北京跟苏联专家攻读理论物理学。现任河南师范大学物理系教授。1978年开始招收粒子物理学研究生, 1984年后兼招现代物理学哲学问题研究生。1988年赴德国慕尼黑参加第24届国际高能物理会议, 1991年赴美国Iowa大学作粒子物理学专题研究, 其间曾到加拿大McGill大学等校参观访问。先后在Phys. Lett、Chin. Phys(美)、物理学报、高能物理与核物理、自然辩证法研究、自然辩证法通讯等刊物上发表论文40余篇, 著有《相对论初步》、《粒子物理初步》等书。

□ 责任编辑 / 刘书振

□ 装帧设计 / 王四朋



作者简介

张会, 1962年生, 河北唐山人。1984年获学士学位, 1987年获硕士学位, 1996年于中国工程物理研究院获博士学位。现工作于北京应用物理和计算数学研究所。曾先后在《自然辩证法研究》、《自然辩证法通讯》、《大自然探索》等重要刊物上发表有关物理学史和物理学哲学方面学术论文30余篇。

前 言

现代物理学就狭义的理解而言,是以狭义相对论、广义相对论和量子力学为基础,以及应用相对论和量子论获得的物理知识的总体.狭义相对论主要是研究时间、空间度规性质和运动相互联系的物理理论;广义相对论实质上是经典的相对论性引力理论,抽象点说,它是关于时间、空间和物质、运动相互联系的一种物理理论;量子力学则是研究微观客体运动规律的理论.它们是物理学第三次革命的主要成果,从而构成了现代物理学的三块基石.20世纪30年代以后,现代物理学基础研究主要是向三个方面蓬勃发展:第一,大力向微观领域深处探索,其典型代表是粒子物理学;第二,不断向宇观领域广处扩展,其典型代表是现代宇宙学;第三,积极向宏观领域复杂性进行研究,其典型代表为远离平衡的非线性区的热力学和统计物理学.

现代物理学不仅在探索物理世界的根本奥秘方面取得了重大突破,而且在推动和发展高技术如能源、材料、信息、空间、生物、海洋等方面也起到重要的作用。尽管如此,现代物理学在基本理论方面,仍然存在不少有待解决的问题,而在理论的哲学基础方面,更是半个多世纪以来激烈争论的场所。

现代物理学中的哲学问题论争是多方面的。在物质观方面,有物质组分结构层次的有限和无限问题、真空的物质形态问题、统一场的意义问题等。在运动观方面,有物质运动规律的确定性和随机性问题、混沌运动问题、基本作用的对称性和统一性问题等。在时空观方面,有时间、空间特性与物质、运动的相互联系问题、时间空间是物质存在的形式问题、时间空间的微观特性问题等。在因果观方面,有因果律和时间空间特性的关系、力学因果性和统计因果性的关系、时间的方向性和封闭类时曲线问题等。在宇宙观方面,例如空间和时间的有限和无限性问题、宇宙创生、宇宙热寂等。在认识论方面,例如微观客体特性和主体认识的关系、微观粒子和测量仪器的关系、测量对微观世界认识的作用等。

本书定名为《现代物理学哲学问题》,目的不在于全面论述现代物理学哲学的内容,只限于讨论现代物理学基础理论中有关本体论和认识论方面的问题。为了学生易于接受和叙述方便,从现代物理学理论组成部分这个角度,分为六章和一个结束语。第一章,现代物理学和哲学,具有绪论的性质。第二章,相对论的哲学问题,包括狭义相对论和广义相对论。第三章,量子力学的哲学问题。第四章,统计物理学的哲学问题,其中涉及到混沌物理、耗散结构、协同学等方面。第五章,粒子物理学的哲学问题,实际上包括了量子场论的哲学问题,此中特别讨论了真空是物质的一种特殊形态,而非一种特殊状态的观点,这具有重大的哲学意义。第六章,现代宇宙学的哲学问题,讨论了标准宇宙学模型、暴胀宇宙学、量子宇宙学与宇宙起源、人择原理等。在结束语中,论述了量子场论的物理

世界图景问题。

本课程是作为现代物理学哲学问题方向的研究生必修课和物理系本科四年级学生的选修课而开设的。这个讲义从1986年起曾先后在给研究生和本科生讲授中用过，时间约为40个学时，并经逐步修改而成。由于现代物理学哲学问题，自新中国建立到现在近半个世纪，国内还未看到有同样名称和相近内容的书籍可供参考，加上所讲述问题许多还在争论，所以叙述中不可避免地杂有作者个人的看法和兴趣，肯定会存在这样或那样的问题，恳请读者批评指正。另外，在形成本书内容的过程中，曾经参考许多有关著作及文章，使作者获益匪浅，在最后给出的参考文献里，已经列举一些，由于篇幅关系，还有不少未能写入，作者在此一并致以衷心的感谢和歉意。

作者承蒙中国人民大学哲学系教授、博士生导师黄顺基先生的热情鼓励，河南省教育委员会对本书的出版给予的大力支持，刘世璋先生、程明月教授及罗绍凯教授的多次帮助，崔玉健副教授作了校对和索引，在此一并表示深切的谢意。

作 者

1994年7月于河南师范大学
理论物理研究所

目 录

前言	(1)
第一章 现代物理学和哲学	(1)
1-1 现代物理学的主要领域	(1)
1. 现代物理学的概念	2. 现代物理学主要领域
3. 当代物理学研究的三个前沿方面	
1-2 现代物理学和哲学的密切关系	(14)
1. 现代物理学与辩证唯物主义	2. 现代物理学中若干值得探讨的哲学观点
3. 现代物理学与古代东方哲学	
1-3 现代物理学中的重要哲学问题	(25)
1. 什么是物理哲学	2. 现代物理学中若干重要哲学问题
1-4 我国现代物理学哲学问题研究情况	(29)
第二章 相对论的哲学问题	(33)
2-1 狭义相对论的基本假设问题	(34)
1. 狭义相对性原理	2. 光速不变原理
2-2 狭义相对论的时空观	(38)
1. 经典力学的时间空间观念	2. 时间、空间度量性质的相对性
3. 时间空间度量性质的联系	4. 关于时空相对性的一些哲学思考
2-3 时间、空间与能量、动量问题	(46)

1. 质量对于物体运动速度的依赖性	2. 质量和能量的相互联系	3. 时间空间的均匀性和能量守恒定律	
2-4	广义相对论的基本假设问题		(49)
1.	广义相对性原理		2. 等效原理
2-5	时间、空间和物质、运动的相互联系		(55)
1.	引力场方程的哲学意义		2. 引力场的本质
3.	广义相对论中的时间空间相对性		
2-6	相对论和因果律问题		(61)
1.	狭义相对论和因果律		2. 广义相对论和因果律
第三章	量子力学的哲学问题		(66)
3-1	波粒二象性统一的本质		(67)
1.	德布罗意早期关于波粒二象性统一的经典图景		
2.	玻恩关于波粒二象性统一的统计解释		3. 玻尔关于波粒二象性统一的互补理解
4.	关于波粒二象性的哲学反思		
3-2	波函数统计解释的理解问题		(76)
1.	布洛欣采夫的量子系综观点		2. 福克的量子态实在性观点
3.	两种观点的评论		
3-3	量子力学中的因果性和决定论		(80)
1.	因果性问题		2. 决定论问题
3-4	量子测量问题		(86)
1.	量子力学测量过程的特点		2. 玻尔的“不可控制的相互作用”
3.	诺依曼测量理论		4. DLP 测量理论
5.	量子测量理论中的哲学问题		
3-5	EPR 悖论和隐参量因果解释问题		(96)
1.	EPR 悖论		2. 玻姆非定域隐参量理论
3.	贝尔定域隐参量理论		4. EPR 实验结果的哲学问题
第四章	统计物理学的哲学问题		(108)

4-1	力学规律性和统计规律性	(109)
1.	确定论描述 2. 随机论描述 3. 两套描述间的关系 4. 确定论描述中的内在随机性	
4-2	混沌运动及其哲学意义	(116)
1.	混沌理论概述 2. 混沌理论的哲学启示	
4-3	远离平衡问题 耗散结构理论	(127)
1.	耗散结构及自组织现象 2. 耗散结构的哲学问题	
3.	协同学及其哲学问题	
4-4	不可逆问题 时间的方向性	(134)
1.	不可逆性与时间对称破缺 2. 时间箭头的争论	
3.	时间方向性的起源问题	
4-5	宇宙热寂问题	(139)
1.	关于热力学第二定律不适用于宇宙系统的批评	
2.	普洛特金等的批评 3. 膨胀宇宙热力学的批评	
4.	哲学上的思考	
第五章	粒子物理学的哲学问题	(146)
5-1	粒子结构的层次性问题	(147)
1.	强子层次 2. 夸克、轻子层次 3. 前子层次	
4.	粒子层次性问题	
5-2	真空是物质的一种特殊形态	(158)
1.	真空概念的两种不同理解 2. 量子电动力学和真空问题 3. 量子色动力学和真空问题	
4.	量子味动力学和真空问题 5. 暴胀宇宙学和真空问题 6. 真空是物质的一种特殊形态	
5-3	解析性和因果性	(169)
1.	色散关系和因果律 2. 色散关系的哲学问题	
5-4	对称性和对称破缺	(174)
1.	$SU(3)$ 对称性和强子结构 2. 规范对称性和相互作用 3. 对称破缺和复杂性	
5-5	相互作用统一性和统一场理论	(182)
1.	几何统一场理论 2. 旋量统一场理论 3. 弱	

	电统一规范理论	4. 强、弱、电大统一理论	
	5. 超引力理论	6. 超弦理论	7. 超弦前子模型
第六章	现代宇宙学的哲学问题·····		(193)
6-1	标准宇宙学模型及其哲学问题·····		(194)
	1. 爱因斯坦静态有限无边宇宙模型	2. 弗里德曼 膨胀宇宙模型	3. 标准宇宙学模型
			4. 稳 恒态宇宙模型问题
6-2	宇宙空间的有限无限问题·····		(204)
	1. 宇宙空间有限和无限的概念	2. 宇宙学标准模 型对宇宙空间有限无限的研究	3. 宇宙空间有 限无限争论的认识论问题
6-3	暴胀宇宙学及其哲学问题·····		(207)
	1. 暴胀宇宙学的三种模型	2. 暴胀宇宙学的哲学 问题	
6-4	量子宇宙学和宇宙起源·····		(214)
	1. 宇宙创生问题和量子宇宙学	2. 量子宇宙学的 基本内容	3. 霍金的宇宙创生量子理论
	4. 量子宇宙学的哲学问题		
6-5	人的宇宙原理问题·····		(224)
	1. 人的宇宙原理的所指	2. 人择原理的科学成就	
	3. 人择原理的哲学问题		
结束语	量子场论的物理世界图景·····		(233)
参考文献	·····		(249)
名词索引	·····		(259)

第一章

现代物理学和哲学

物理学是研究物质的结构、相互作用、运动基本规律和时间空间性质的一门学科。由于它所研究的对象是如此普遍和基本，这就必然涉及到哲学上一系列范畴：如物质、运动、时间、空间、规律性、因果性等，从而使物理学和哲学间的关系较其它任何一门具体科学都更为密切。

本课程的宗旨在于讨论现代物理学中的哲学问题。那么，什么是现代物理学，它所研究的主要领域是什么？现状如何？这是我们首先应当明确的问题。

1—1 现代物理学的主要领域

1. 现代物理学的概念

什么是现代物理学呢？通常有狭义和广义两种理解。所谓狭义的理解，系指现代物理学是以狭义相对论、广义相对论和量子力学三种理论为基石，以及应用相对论和量子论得到的物理学知识；所

谓广义的理解,系指 20 世纪期间所确立和发展的物理学知识,都属于现代物理学的范畴. 由于量子论的提出是 1900 年,狭义相对论的建立是 1905 年,广义相对论的提出是 1915 年,量子力学的建立是在 1924—1926 年,因此对于现代物理学概念的狭义理解,自然就包含在广义的理解之中,也就是说,狭义的和广义的两种理解是不矛盾的.

本书对于现代物理学概念的意义,主要采取狭义的理解. 值得指出的是:不要把现代物理学和量子物理学两者混淆起来,因为现代物理学包含着量子物理学,而量子物理学是现代物理学的核心内容,但它只是现代物理学的重要组成部分.

2. 现代物理学的主要领域

狭义相对论、广义相对论和量子力学构成现代物理学的理论基础,它们在本世纪 20 年代中期就已经确立起来. 现代物理学理论的进一步发展,从某种意义上说,可以认为是狭义相对论、广义相对论和量子力学对微观现象、宏观现象及宇观现象的继续应用,尽管至今有些还没有达到很协调的地步. 例如,广义相对论和量子力学的结合,就是一个显著不成功的例子.

本世纪 30 年代后,现代物理学呈现着欣欣向荣、蓬勃发展的局面. 当前它所研究的主要有粒子物理学、原子核物理学、原子分子物理学、凝聚态物理学、等离子体物理学、非平衡态统计物理学、现代宇宙学等七个领域.

(1) 粒子物理学

粒子物理学,通常是基本粒子物理学的简称,它是在本世纪 50 年代初期逐渐发展成为一门独立的学科. 粒子物理学是研究粒子的基本结构及其相互作用和运动规律的科学. 由于大多数粒子只有在高能量碰撞条件下才能产生和观测到,所以粒子物理学又称为高能物理学.

近 20 年来,粒子物理学取得了一系列重要成就,主要是标准模型的建立.例如,将弱作用和电磁作用统一起来的 GWS 弱电规范模型;夸克间强作用的量子色动力学理论;利用量子色动力学对重子和介子结构的理解,出现了由夸克和轻子组成,由光子、 W^\pm 粒子、 Z^0 粒子和胶子束缚在一起的相互作用标准模型;已知的诸种基本作用统一起来的大统一理论、超引力理论、超弦理论的探索等等.

然而目前粒子物理学还没有达到完满的地步,不少问题仍有待于人们去探索和解决.例如:粒子质量起源的机制是如何的?不同粒子何以有不同的质量?试图解释自发对称破缺的希格斯假设是否正确?希格斯粒子的质量是如何的?如果希格斯假设是错的,用什么来代替它?为什么这些粒子形成代的结构?夸克和轻子是否为真正的基本粒子?是否还有更进一步的结构层次?像夸克的颜色及超对称性这样一些观念是否正确?规范对称的起源是如何的?强作用和弱电作用是否能够统一?四种相互作用是否能够统一?是否还有未被发现的基本相互作用等等.

在粒子物理学领域中将要取得的突破性进展,不仅会给物理学的基本概念和基本思想带来深刻的变化,而且由于粒子物理学对于物质基本结构、真空本质、夸克禁闭、基本作用的统一性及粒子运动规律的对称性、解析性等的研究,必将为辩证唯物主义提供丰富的新颖内容,有力地促进哲学的蓬勃发展.

(2) 原子核物理学

原子核物理学简称为核物理学,它研究原子核的性质、结构、内部运动、内部激发状态、衰变过程、反应过程以及同核能、核技术应用有关的物理问题.它是一门既有深刻理论意义,又有重大实践意义的学科.1932 年发现中子,人们才正确地认识到原子核是由质子和中子构成的.此后 60 多年来,物理学家对原子核做了大量的研究工作,近十几年更是取得了不少成就.原子核是物理学家迄

今研究过的、在实验上和理论上最难处理的系统。大量技术和工具被应用于研究原子核，揭露出未曾预料到的丰富现象，指明了新的研究方向。

到 70 年代，由于粒子物理学的成就，核物理已不再是研究物质微观结构的前沿学科。核能利用方面，也不像过去那样迫切需要核物理提供未知的数据或研制关键设备，这样原子核物理学的研究，进入了一个纵深发展和广泛应用的新的更成熟的阶段。在此期间，荷电粒子对靶核的非弹性散射，揭示出几个新的原子核振动模式，特别重要的是所谓巨单极共振，这种模式使物理学家第一次了解无法测量到的核物质的压缩性。高能电子散射可以分辨出单个核子，并得到交换介子把核子束缚在一起的介子效应，以及在某种程度上组成这些粒子的夸克效应，用夸克间的色作用来理解原子核是当前物理学研究的重要课题之一。

迄今为止，核物理学的研究，几乎都是在正常核密度和低温条件下进行的。但是，宇宙中所发生的许多令人感兴趣的过程，特别是在热大爆炸后的开始几个微秒的早期宇宙内的过程以及塌缩恒星内所发生的过程，大部分都不是在这种条件下进行的。相对论性重离子入射粒子，可以用来研究极端条件下的问题，这是今后一些年内原子核物理学要研究的重要课题之一。

原子核物理面临的最激动人心的可能性是创造出夸克-胶子等离子体。目前量子色动力学的格点规范理论计算表明，在极高但实验上仍有可能达到的碰撞能量条件下，组成强子的夸克和胶子将变得不受约束。理论指出，在重离子极端相对论性碰撞下，原子核分解成夸克-胶子等离子体，如同宇宙大爆炸后 1 微秒左右时所存在的状态。夸克-胶子等离子体的形成，将提供罕见的深入洞察普通物质起源和本质的时刻，产生夸克-胶子等离子体，要求高能加速器和巨大的探测器阵列。从而人们可以追溯到宇宙的极早期和产生新的物质状态。夸克-胶子等离子体存在的证实，将会对