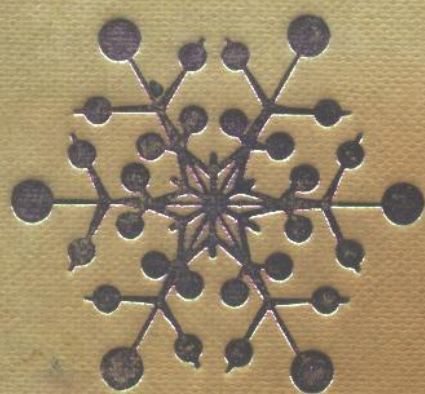


科技美学原理



陈望衡 主编

PRINCIPLES
OF SCIENTIFIC
AND TECHNOLOGICAL
AESTHETICS

上海科学技术出版社

科技美学原理

Principles of Scientific and
Technological Aesthetics

陈望衡 主编

著者:

陈望衡	许喜华
於贤德	戟 锋
陈大柔	黄宏辉
潘立勇	章 斌
黄春胜	徐越如

上海科学技术出版社

科技美学原理

陈望衡 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海群众印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张16/625 插页6 字数 449,000

1992年10月第1版 1992年10月第1次印刷

ISBN7-5323-2931-3/T·5

印数1—8,000 定价:14.00元

(沪)新登字108号

内 容 提 要

这是一本论述科学技术领域中审美活动的理论专著。全书共分四篇，第一篇为导论，论述科技美学的哲学基础和学科性质。第二篇论述科学美，探讨科学美的性质、形态、特性、范畴、科学美感、科学创造风格及审美对科学创造作用诸问题。第三篇论述技术美，探讨技术美的性质、技术产品美的构成、技术品的审美设计、技术品的色彩美和形态美、劳动管理形式的审美设计、劳动环境的审美设计等问题。第四篇论述科学技术与艺术的关系、探讨科学技术与艺术的异质同构性、思维方式的交叉性和它们相互关系的嬗变史等。

全书的基本观点是：美的本质是主体与客体的和谐，是真与善的统一，科学美的本质是“真”的内容取“善”的形式；技术美的本质是“善”的内容取“真”的形式。科学美的主要特性在于它基本上是理性美；技术美的主要特性在于它与物质功利的直接关系。科学美、技术美、艺术美是人类创造的三种主要的美，它们都是人的本质力量对象化的产物。科学、技术与艺术既各自独立，又互相联系，互相渗透，互相促进。在新的历史条件下，它们更趋向于融合。在当代，科学技术的长足发展对艺术的影响尤为显著，古往今来，对人类做出巨大贡献的人物不少是科学技术与艺术皆为精通的人才。培养这种人才是时代赋予今日教育的重大使命。

2050/36
13

SYNOPSIS

This book is a special theoretical work on aesthetic appreciation in the world of science and technology. It is divided into four parts. The first part is an introduction, which deals with the philosophical basis and academic nature of scientific and technological aesthetics. The second part expounds scientific beauty, exploring its nature, form, characteristics, category together with topics such as scientific sense of beauty, style of scientific creation and the effect of aesthetic appreciation on scientific creation. The third part deals with technological beauty, exploring topics such as the nature of technological beauty, the formation of beauty in technological products, the aesthetic design and the beauty in shape and colour in these products and the aesthetic design for labour management form and for labour environment. The fourth part deals with the relationship between art and science and technology. It explores their difference in nature but similarity in structure, their intercrossing in patterns of thinking and the transformation of their interrelationships.

The basic viewpoints of this book are as follows: The nature of beauty is the unison between subject and object, the unity of truth and goodness. The nature of scientific beauty is "truth" in content in the form of "goodness"; while the nature of technological beauty is "goodness" in content in the form of "truth"; the main character of scientific beauty is that it is basically rational beauty while that of technological beauty is in its direct relationship with material utility. Scientific beauty, technological beauty and artistic beauty are the three major kinds of beauty of human creation, and they are all products of objectification of the power of human nature. Science, technology and art are individually independent and yet inte-

rlinked, interpermeating and interpromoting
Under new historic conditions they tend to be
more mixed together. Contemporarily, the fast
development of science and technology exerts
remarkable influence on art. From ancient times,
among those great contributors to human beings
there have been quite a few outstanding perso-
nages who are both good at science and technology
and art. And it is important epoch task of our
education to cultivate such personages.

美和理论物理学*

[美] 杨振宁

科学中存在美，所有的科学家都有这种感受。美的定义是什么？韦伯斯特(Webster)大学辞典中对美是这样定义的：“一个人或一种事物具有的品质或品质的综合，它愉悦感官或使思想或精神得到愉快的满足。”这是一个不到 25 个词的简洁的定义。(在英语中这段话仅 24 个词——译者注)当然，美的概念实际上比这个定义复杂得多。你会问在文学、绘画、音乐和科学中，美的含义是什么？当你这样提问时，你会意识到，这个问题相当复杂，也许很难给出一个周全的定义。

毫无疑问，很早科学家们就懂得科学中蕴含奇妙的美。1542 年出版的哥白尼的伟大著作《天体运行论》中的第一句话是“在哺育人的天赋才智的多种多样的科学和艺术中，我认为首先应该用全副精力来研究那些与最美的事物有关的东西”。哥白尼选择这样一句话来开始他的著作，清楚地表明了他是多么欣赏科学中蕴含的美。实际上，通观全书，人们会发现还有一些类似的段落也表现了他那难以置信的精神上的愉快。

今天，不同科学学科的美既密切相关，又不完全相同。我的题

* 此文原载《自然辩证法通讯》第 10 卷，第 53 期(1988 年)，张曼译。在载入本书前，曾去信杨振宁先生。杨振宁先生在 1991 年 2 月 12 日的复信中表示同意载入本书(杨信原句是：I have, of Course, no objection if you print parts or all of it in the book.)

目是理论物理中的美，如李浚斯肯(Lipscomb)教授已经强调的那样，物理学——当然包括理论物理学——中的许多美是与数学中的美的观念紧密相关的。1870年，19世纪最伟大的物理学家之一麦克斯韦(Maxwell)在就任不列颠学会中数学物理学部A组主席的演说中，谈到他对一位卓越的数学家、前任主席西尔威斯特(Sylvester)教授的印象。他说，西尔威斯特具有“和谐性鉴赏的观念，他感到这是一切知识之本，一切快乐之源，它构成了各种行动的前题。这位数学家首先具有对称的眼力。”

一脉相承，我们发现19世纪另一位伟大的物理学家波尔兹曼(Boltzmann)说：

音乐家在听了最初几小节后便能辨别出这是莫扎特、贝多芬还是舒伯特；同样，数学家在读了开始的几页后便能辨别出这是柯西(Cauchy)、高斯(Gauss)、雅可比(Jacobi)、亥姆霍兹(Helmholtz)还是基尔霍夫(Kirchhoff)。法国作者极为注意形式上的优美，而英国人，尤其是麦克斯韦则表现出具有戏剧感。例如，谁不熟悉麦克斯韦有关空气动力学理论的回忆录？先是庄严地展开速度的变化，接着从一个方面引入状态方程，从另一个方面引入中心场的运动方程。公式的变化令人眼花缭乱。突然，我们好像听到了四次定音鼓的冲打声，“取 $n=5$ ”这不吉利的精灵 V （两个分子间的相对速度）消失了：就像迄今在乐曲中的低音部里占主导地位的形象突然沉默了一样，这个起初看来不可克服的困难就像变魔术一样被克服了……这还不是问为什么要用这个或那个来替代它的时候。如果你跟不上这些发展，那就放下这篇文章。麦克斯韦写的并不是附有说明注解的标题音乐……一个结果迅速地接着另一个结果，直到最后，作为一个意外的高潮，我们得到了热平衡条件和转移系数的表达式。帷幕降下来了。

波尔兹曼就是这样将阅读麦克斯韦空气动力学理论的杰出论文时所获得的喜悦和聆听美妙的乐曲时所得到的喜悦相比拟的。

在为这个会议作准备时，我考虑了试图用一些词来定义科学中的美的可能性。显然，这样一些词，如：和谐、优雅、一致、简单、整齐等等都与科学中的美，特别是与理论物理中的美有关。但是，思索着怎样把这些词组合在一起去形成“美”的定义时，我开始意识到，事实上物理学中美的概念不是固定的。这个概念是发展的，因为理论物理学的题材是发展的，并且我强烈地觉得在所有自然科学的分支中都存在这种情况。

我们对理论物理学中美的理解是变化的。对于这种变化，影响最显著最重要的是理论物理学日益增长的数学化。让我从历史的角度向你解释我的意思是什么。人们公认伽利略时代是现代物理的诞生的时期。他留给我们一些重要的发现，但是如果你想一下，虽然这些发现很重要，但它们并不是最重要的遗产，更重要的是他教给我们应当怎样去研究物理学。

也许麦克斯韦 1870 年讲演中的另一段话是最好的解说：

缺乏训练的探索者所看到的那种最有力地表现出来的特征，也许在经验丰富的科学家看来并不是最基本的现象，任何成功的物理学研究，都依赖于明智地选择什么是被观察到的最重要的现象，并用心灵对那些看上去很吸引人、然而我们还没有充分地、在科学研究中获得好处的特征进行随意的抽象。正是伽利略教导科学界说，如果你明智地选择了你观察到的事物，你将会发现，从一些纯化的理想化的关于自然界的实验中得出的物理定律，可以用精确的数学语言来描述。这就是伽利略的伟大教导，这当然也就是定量的物理学的开始。伽利略的观念是一种深刻的美的观念。

后来是牛顿，我们都知道牛顿给了我们一个完整的经典力学体系，这个体系统治物理学约 200 年，以至于后来人们要脱离它时变得十分困难。通过他的工作，物理学的数学化取得了进展，并被认为是非常严格的数学化。

接着是 18 世纪后期，那时物理学家的注意力转到了电学和磁

学。在大约 50 年的时间里,通过大量的实验研究,物理学家发现了四个电学和磁学定律。第一个是库仑定律(Coulomb's law)。库仑的装置由一个大球组成,它能使一根悬挂在它旁边的细长的棒带电。随着这个球带电和不带电,悬挂在它旁边的细长的棒将会交替地以不同的频率摆动。观察这个频率及荷电球与细长棒之间的距离,库仑导出了平方反比定律,它是四个电磁学定律,即库仑定律、高斯定律(Gauss's law)、安培定律(Ampere's law)和法拉第定律(Faraday's law)中第一个重要的定律。这些发现导致了电学的诞生,甚至导致了现代世界。

然而,为了继续前进,我们需要的不仅是这些经验定律。我们还需要麦克斯韦的重要的场的概念,需要用这一概念来代替超距作用的概念——在麦克斯韦之前,这是一个流行的概念。例如甚至像高斯这样伟大的数学家兼物理学家也非常喜欢超距作用的概念。而法拉第却感到力的超距传递是前后矛盾的。他宁可认为每一个物体都作用于它的近邻,而近邻又作用于它的近邻,等等,直到最后力被传递到另一端。

力线和场是极为重要的概念。它们的重要性不仅仅在于它们导致了电学和磁学的深入了解。

然而,虽然法拉第的这些观念很重要,但它们却是一些没有用数学形式来表达的直观观念。法拉第有着很了不起的直觉意识,但他不是一个数学家。实际上如果你读他的文章,你几乎找不到一个数学公式。令人惊异的是,他怎么竟能不用数学工具而具有这么透彻的直觉。

麦克斯韦比法拉第年轻四十岁,他恰好在这个时候出现了。麦克斯韦非常敬慕法拉第,他尝试用数学形式把法拉第的思想表达出来。法拉第的思想是直观的、非数学化的,所以这确实极为困难。麦克斯韦为此奋斗了几乎 20 年,最后导出了伟大的麦克斯韦方程。在题为“电磁场的动力学理论”的文章中,麦克斯韦第一次写出了他的方程式,毫无疑问,这是 19 世纪理论物理学方面最伟

大的文章。麦克斯韦方程表达了实验发现的库仑定律、高斯定律、安培定律和法拉第定律。用数学表达出这些定律是一个伟大的进步。把它们用数学形式表达出来，麦克斯韦便可以运用数学家们在过去所有世纪中所发展出来的智慧和技巧。这样，麦克斯韦和他的追随者就可以以这些方程导出许多结果，而如果没有这些方程，这些结果是得不到的。例如，从这些方程出发，麦克斯韦能够断定光的科学不过是电学和磁学的一个分支。于是他便可以预言电和磁能以波的形式传播。而这种波在麦克斯韦逝世 10 年后确实被发现了。

然而，如果以为麦克斯韦的努力和结果在当时被普遍地接受了，那就错了。法拉第本人就很为麦克斯韦的这种工作担忧。在 1857 年，当时麦克斯韦还没有完全完成他的工作，他把自己的部分结果寄给法拉第，法拉第写了一封有趣的信回答他：

我亲爱的先生：

收到了您的文章我很感谢。我不是说我敢于感谢您是为了您所说的那些有关力线的话，因为我知道您做这项工作是由于对哲学真理感兴趣。但您必定猜想它对我是一件愉快的工作，并鼓励我去继续考虑它。当我看到把这种数学力强加到这个学科上时，我最初几乎吓坏了，然后惊讶地看到这门学科竟然能够很好地容忍这种数学力。

实验物理学家，还有某些理论物理学家，对复杂的数学形式化的怀疑是很常见的，我认为这是正常的。原因是多数关于物理现象的复杂的数学形式化最后都一无所获。然而，尽管情况的确如此，但当伟大事件出现时，我们必须承认它，在上面这个例子中，当麦克斯韦完成了他的工作时，电学和磁学无疑便有了最重要的转折。麦克斯韦方程导致了对电磁和光学现象的极其详细的、极其准确的、极其全面的理解。麦克斯韦方程导致了其后的电气工程和整个通讯事业的发展。在纯学术方面，对麦克斯韦方程的研究导致了本世纪初的两个深刻的物理学革命，即狭义相对论和广义相对

论的建立。我后面还要回到这两个题目上来。

在更近的时候，对麦克斯韦方程的研究和它们的推广导致了我们的假设，即基本物理定律中的对称性表现了自然界是怎样构成的最重要的方面之一。一切相互作用的力，所有自然界的力都是从四种基本的力导出的。现在一般认为这些基本力的存在和性质都可以从一些特殊的对称原理导出。所有的这些发展都是对麦克斯韦方程直接的或间接的更深入理解的结果。

在最近的物理学中，数学化正在加速进行，狭义相对论的基础是四维连续时空概念，如李浚斯肯教授已经指出的那样，广义相对论是建立在黎曼几何的基础上的。量子力学的概念的数学基础是称之为希尔伯特空间的漂亮而抽象的数学理论，非阿贝尔规范物理理论是令人惊奇地建立在纤维丛几何上的，而纤维丛几何与20年代和30年代产生的物理学没有任何关系，是由数学家们独立讨论的。所有这些数学发展对20世纪的物理学是非常重要的，它们相当抽象又非常美丽。

也许现在我们可以开始去了解，为什么物理学数学化的加速，导致了理论物理学中美的概念的变化。考虑到这一点，我建议存在三种美：现象之美、理论描述之美、理论结构之美。当然，像所有这一类讨论一样，它们之间没有截然明确的分界线，它们之间有重叠，还有一些美的发展，人们发现很难把它们归入哪一类。但我倾向于认为一般来说，在理论物理学中有不同类型的美，而我们对这些美的鉴赏稍有不同，这取决于我们已在讨论的是哪一类美。而且，随着时间的推移，我们对于不同类型的美的欣赏也随着变化。

我说的“现象之美”是什么意思呢？这很容易解释，就我们的直感来说，有许多物理现象是美的。早在童年时，看到虹我们会脱口而出“美极了”。当然，有许多美丽的实验现象只有训练有素的人才能观测到。例如，行星的轨道都是椭圆的，这是非常美的现象。当第一次发现这些轨道是完美的椭圆时，人们感到极大的喜悦。再

举一个例子——谱线。原子的谱线是非常独特的，有严格的光学性质。麦克斯韦发现它们是美的，因为它们似乎与发光原子所处的外界条件无关。正如 19 世纪科学家所发现的那样，如果你把发光原子置于高压下，光谱毫无变化，这似乎揭示了原子的一些内在性质，当然这是一个非常美的想法。

再比如：超导性现象。当发现电流在一个通有电流而不带电池的线圈中成年累月地流动而不停下来，可以想象，发现这一现象的人将会多么惊讶。所以，物理现象中显然存在着美。

我所说的“理论描述之美”是什么意思呢？关于库仑力的定律是一个漂亮的描述；它描述了先前不服从任何特殊定律的现象，而现在它们却服从了。热力学的第一、第二定律是对自然界某些基本性质的很美的理论描述。第一、第二定律的结论和对这些定律精确的观察是每一位学热力学的学生都很欣赏的课题。

再举一个例子，本世纪初发现了放射性，并很快地测定到放射性将导致放射性元素的蜕变。但正是卢瑟福(Lord Rutherford)给了我们一个精确的定律。这是一个有很高精确度的指数衰变定律，直到今天，我们也没有发现对它的偏差。

最后，什么是“理论结构之美”？当一个理论公式化时，特别是在 20 世纪，它趋向于有一个漂亮的结构，这通常是指它本身的数学结构。自然界为它的物理定律选择这样的数学结构是一件神奇的事，没有人能真正解释这一点。显然，这些数学思想的美是另一种美，它与我们前面讨论的美很不相同，物理的日趋数学化意味着在我们的领域内这最后一种美越来越重要。

在这个问题上，也许另一个例子将有助于说明问题：对周期表之美的深入认识。众所周知，周期表最初是在上个世纪构造出来的，那时发现，如果把性质相似的元素按纵列放在一起，可以得到一个美妙的表——但表中有一些空缺。这促使人们去寻找那些空缺的元素。这些元素一个接一个地被找到了。这是一个很美妙的并具有重大实用意义的结果。然而，我认为这属于现象之美。但

是后来出现了玻尔原子和量子力学，这些发展给周期表的结构提供了一个更基本的理论理解，即一个元素在周期表中应占的位置与该元素的原子结构中所拥有的电子数目有关。这的确是一个深刻的发现。

这样，在量子力学之后，我们的理解又进一步深化了。正如李泼斯肯教授所阐述的，周期表包含了长度为2、2、6的周期，这些数字与数学中称之为“群论”的概念紧密有关，群论描述了物理定律的基本对称性。奇妙的是，当用群论的深刻数学语言去描述基本对称概念时，就能以毫不含糊的、确切的方式得到这些数。通过这些发展，科学家们懂得了自然界有人们先前没有想象到的，但可以立志去了解的模式。

在最近的物理学中，我们常常发现我们是先导出一个方程，然后讨论它的物理含义。这与早期的发展方式有很大差别。前面我们说过电学和磁学的那些重要定律是先从实验中发现，然后用数学形式表达出来。写出这些方程之后，人们再用它去寻找它们所表示的电学和磁学的基本对称性。而在最近的物理学中，人们先从对称性出发，然后再得到方程。

从历史的观点看，对早期发展模式的偏离是以下列方式产生的。当初麦克斯韦刚写下他的那些方程时，人们认为这些方程非常晦涩难懂，根本不理解它们。在一本纪念洛伦兹的文集中，福克教授(A. D. Fokker)说：

麦克斯韦的著作是晦涩难懂而神秘的，对不得不消化这些著作的那代人来说，他那些电学和磁学方面的一系列论文正如埃伦费斯特(Ehrenfest)所说的那样，成了一种理智的混乱，它的毫无约束的想象力几乎无法理解。洛伦兹自己说：“麦克斯韦的思想并不总是容易理解的，他的书中确凿地表明了他从旧思想到新思想的逐渐变化，因而人们认为在他的书中缺乏一致性。”洛伦兹、海因里希·赫兹(Heinrich Hertz)和奥立佛·亥维赛德(Oliver Heaviside)是麦克斯韦的科学

遗产的主要注解者。这里洛伦兹开始了一系列的回忆。福克指的是什么呢？麦克斯韦的确是伟大的，但他没能摆脱他那个时代的偏见。问题是，是否存在一种传播电磁场的媒介物质。如果你阅读麦克斯韦的著作，你会发现他有两种思想，有时他似乎说这种介质是不必要的，但有时他似乎说这种介质是真实存在的。他自己思想中的这种含糊不清也反映在他的著作中，由此产生了很大的混乱。

实际上这种混乱如已经知道的那样，直到 1905 年才由爱因斯坦彻底地澄清。这位 26 岁的物理学家告诉人们，不存在这种介质，人们所设想的，其实是一种数学游戏。最重要的是，爱因斯坦有勇气对“同时性”这个概念提出疑义，也许这是在他之前所有物理学家的最大绊脚石，因为每一个人都深信他懂得同时性概念。

两年后，爱因斯坦决定倒转他的做法。如洛伦兹和爱因斯坦两位所指出的那样，这是因为与爱因斯坦的相对同时性概念密切相关的对称性是麦克斯韦方程的一个结果。这是一个如此令人难忘的发展，爱因斯坦决定将正常的模式颠倒过来。首先从一个大的对称性出发，然后再问为了保持这个对称性可以导出什么样的方程来。20 世纪物理学的第二次革命就是这样发生的。

狄拉克在 1963 年的《科学的美国人》(Scientific American) 中写道：“使一个方程具有美感比使它去符合实验更重要。”狄拉克是健在的最伟大的物理学家。^{*}他有感知美的奇异本领，没有人能及得上他。今天，对许多物理学家来说，狄拉克的话包含有伟大的真理。令人惊讶的是，有时候，如果你遵循你的本能提供的通向美的向导而前进，你会获得深刻的真理，即使这种真理与实验是相矛盾的。狄拉克本人就是沿着这条路得到了关于反物质的理论。

我将向你提供另一个例子，数学方程预测了物理现象。这是一个比爱因斯坦的狭义相对论更复杂的故事，经历了更长时间的奋斗，但它也是一个伟大的发展。到 19 世纪末，在物理学界有一

^{*} 狄拉克已于 1984 年逝世。作者写这篇文章是在他逝世之前。——编者

场关于热力学的大辩论。热力学在 19 世纪中叶已经建立, 辩论的焦点是热力学是否建立在物质的原子和分子理论的基础上。在今天这种疑问是完全不可思议的, 但是甚至直到 19 世纪末仍然有人不相信必须要有原子和分子。有许多年, 一些伟大的物理学家持有这种观点, 即原子和分子理论都是错误的。例如玻尔兹曼在他 1898 年的伟大著作《气体理论讲义》中写道:

按照我的意见, 如果由于对气体理论一时不喜欢而把它埋没, 对科学将是一场大悲剧; 例如, 由于牛顿的权威而使波动理论受到的待遇就是一个教训。我意识到我只是一个以微弱的斗争反对潮流的孤独的个人。但我将以我的能力继续在这一方面努力, 以便当气体理论再次复活时, 不需要去重新发现什么东西了。

什么是他所说的潮流呢? 这是指这样一种看法, 即认为气体的分子理论和热力学的统计基础是完全错误的。当时, 许多卓越的物理学家和化学家, 包括 1909 年诺贝尔奖获得者 奥斯特瓦尔德 (Ostwald) 也死硬地反对分子理论, 这引起了玻尔兹曼的深深失望, 加上他的另一些困难, 使玻尔兹曼非常消沉, 最后于 1906 年在意大利自杀。

不只是玻尔兹曼一个人在这方面遭受了这样的痛苦, 19 世纪伟大的美国物理学家吉布斯 (Gibbs) 也不得不为这同样的问题而斗争。当时有各种各样的实验结果与分子理论矛盾, 这也是为什么反对这个理论的力量占上风的部分原因。然而吉布斯继续对他所谓的“热力学的合理基础”进行研究, 1902 年吉布斯写了一本书, 题为《由热力学的合理基础发展出来的统计力学基本原理》, 这本书与玻尔兹曼的思想一起奠定了统计力学这门科学。他在这本书中写道:

此外, 当我们放弃了构成关于物体构造的假说的尝试时, 我们便避免了最严重的困难。我们把统计研究作为理论力学的一个分支进行研究。在目前的科学状况下, 似乎很难去构

造一个分子运动的动力学理论,这个理论将包括热力学现象,辐射和与原子体系有关的电的现象。至今,没有一个理论是明显合适的,它们都没有考虑所有这些现象。即使我们把注意力限制在特殊的热力学现象上,我们也不能克服在处理自由度的数目与双原子气体那样简单的物质时所遇到的困难。众所周知,虽然理论可以赋予气体以每个分子有六个自由度,但在关于比热的实验中,我们能处理的自由度数不超过5。显然,使工作依赖于关于物质结构的假说,就会建立在一个靠不住的基础上。

我们当然知道后来发生了什么。到了1925年量子力学创立时,这一点变得很清楚了,与实验不符并不是波尔兹曼和吉布斯的错,而是理论的缺陷。只要用量子力学来代替原来的理论,按照吉布斯的“合理基础”,量子统计力学就诞生了。他的发现就与全部实验结果完全符合了。

由于在理论物理学中这样强调美,你会毫不奇怪地发现,现代许多大物理学家反复地强调美对物理学中将来的工作的重要性。1933年爱因斯坦说:“创造性的原则寓于数学之中,因此在一定意义上,我以为正如古人所梦想的那样,纯粹的思想能够把握实在。这是真的。”还有他1934年所说的:“理论科学家越来越不得不服从纯数学的形式考虑的支配。”我前面已经引证过,狄拉克说如果他必须在美和与实验符合二者之中选择的话,他将选择美。对爱因斯坦和狄拉克来说,这种强调并不奇怪,如果你注意一下他们研究物理学的风格,美始终是一个指导原则。

海森伯也采取了同样的观点,这多少有点奇怪,在1973年,即他逝世前几年,海森伯说:“我们将不得不放弃德漠克利特的哲学和基本粒子的概念,而应当接受基本对称性的概念。”

从海森伯那里说出这种话也许是令人惊讶的,他的工作很难区分是追求美多还是坚持与事实和实验的关联多。我们大家都知道,海森伯对20世纪物理学作了一个最大的贡献,当时他是最早