

论量子力学的唯物主义解释

萨契柯夫著



53.361
794

論量子力学的唯物主义解釋

薩契柯夫著 李宝恒譯

35502/11

上海人民出版社

1961年

Ю. Сачков

О МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОМ ИСТОЛКОВАНИИ
КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Госполитиздат—1959 г.

本书根据苏联国家政治书籍出版社 1959 年版本译出

論量子力学的唯物主义解釋

薩契柯夫著 李宝恒譯

*

上海人民出版社出版

(上海绍兴路 54 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 001 号

上海新华印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

*

开本 850×1156 毫米 1/32 印张 5 1/8 字数 112,000

1961 年 9 月第 1 版 1961 年 9 月第 1 次印刷 印数 1—2,000

統一书号: 2074·238 定价: (十一) 0.68 元

目 录

緒論	1
第一章 解釋物理学理論的一般基础	7
第一节 哲学基本問題的解决是解釋物理学理論的出发点	7
第二节 物理学理論的相对性质和知識发展中的继承性	15
第三节 物理学理論的解釋和数学	26
第二章 对量子力学的特征的解釋	32
第一节 量子力学的准备和創立	32
第二节 量子力学的实验基础	41
第三节 微觀客体的波动属性和粒子属性的統一。“互补性”	45
第四节 量子力学規律的統計性质。“量子系綜”	63
第三章 論量子力学的某些基本概念的解釋	101
第一节 实验在量子力学中的作用	101
第二节 論量子体系及其状态	111
第三节 測不准关系	123
第四节 量子力学中的因果性問題	131
第四章 論单个量子过程的动力学理論	139
第一节 对建立单个过程理論的可能性的两种观点	139
第二节 量子理論“因果解釋”的产生	144
結束語	155

緒 論

現代物理学在猛烈地发展着。它的成就显示出人类智慧的力量，得到了普遍的贊賞。实际掌握核能，新的早先不知道的物質“基本”粒子——正子、中子、介子、超子、反粒子等等的发现，乃是物理学成功地深入認識物质的結果。

对微观过程的属性和規律性的研究，使物理学家的思維方式发生了显著的变化。已經确定，微观过程的規律性和我們日常生活中遇到的宏观过程的規律性有着本质的区别。在这个基础上产生了新的物理学观点，这些观点对全部現代自然科学发生了深刻的影响。在这些新观点的制定中，居主导地位的是量子力学。

量子力学——現代物理学的微观过程理論、微观客体运动理論——产生于我們这个世紀的二十年代。它的深入研究是以前物理学发展的合乎規律的結果。量子力学研究的微观客体，有电子、正子、介子、质子、中子等“基本”粒子，还有这些粒子的复杂构成——原子核、原子、分子。

量子力学的发展有个特点，就是环绕着它的方法論原理、哲学原理連續不断地进行着尖銳的爭論，这种爭論直到現在仍未結束。爭論首先在物理学家本身中进行。同时，这些爭論远远地超出了物理学的范围：它們在哲学、社会学、宗教和政治中都引起了巨大的共鳴。这里，出現了一种很有趣的情况。一方面，

量子力学极有成效地在为实践服务。量子力学是现代原子物理学的理论基础：它阐明了元素原子的结构和属性，它的主要功绩就在这里。这个理论的定律为研究分子的结构和属性打下了扎实的基础。量子力学也是进一步在物理学上深入认识物质和揭示原子核结构的理论基础；它综合了大量形形色色的实验材料，用爱因斯坦的话来说，“大概从来还没有过一种理论能象量子力学那样对理解和计算如此多样的实验事实提供了钥匙”①。

另一方面，在研究量子力学问题的物理学家中间，对于这种理论的本质的理解和解释，却有着重大的分歧。有时候人们甚至开玩笑说，在物理学家中间，在解释这种理论时，连两个相互一致的人也找不出。的确，对量子力学，现在相当广泛地传播着各种互相抵触、互相排斥的解释。因此，物理学家们常常说：“量子力学在数学上十分巧妙地被运用着，然而它的物理内容……迄今尚未完全弄清楚。”②这就不是偶然的了。但是，也应当指出，有许多物理学家对于试图更深刻地理解量子力学却表示冷淡。海森堡在1930年谈到量子力学时写道：“……对于新原则的正确性，许多物理学家直到现在与其说有清楚的理解，不如说有某种信念……”③。现在情况并没有多大改变：许多物理学家在量子力学的解释问题上，往往对事情的本质未经认真的批判研究就信从权威。

所有这一切说明，弄清争论的对象，明确正在进行争论的问

① 爱因斯坦：《物理学和实在》。《在马克思主义旗帜下》杂志1937年第11—12期，俄文版，第125页。

② 拉乌埃：《物理学史》，1956年莫斯科俄文版，第160页。

③ 海森堡：《量子理论的物理学原理》，1932年列宁格勒—莫斯科俄文版，第7页。

題的範圍，是很重要的。這只有在分析爭論本身時才能完全做到，但是關於這個問題的某些意見需要在一開始就講一講。

首先應當指出，對於正在進行的爭論的性質，廣泛地流行着這樣一種看法，即認為有的學者主張承認量子力學是一種新的獨立的物理學理論，而有的則拒絕這一點；有的對此加以肯定，有的則加以否定；有的承認量子力學的特殊性，有的則否定這一點，並力求把量子力學歸結為古典物理學理論。波恩寫道：“愛因斯坦、德布洛依和薛定格一直強調指出量子力學的不合人滿意的特點，要求回復到古典的牛頓物理學的見解，並提出了這樣做而不與實驗事實發生矛盾的方法。”^① 福克寫道：“十分令人驚奇的是，在量子理論發展初期對它作過這麼多貢獻的愛因斯坦，竟對現代量子力學採取了否定態度。”^② 但是，對正在進行的爭論採取這種看法，是不能令人同意的。我們前面援引的愛因斯坦的意見表明，愛因斯坦決沒有對量子力學採取“否定”態度。爭論的實質並不歸結為承認不承認這個理論的問題，而完全在於別的問題。這一點，常常可以由那些受到類似責難的人的坦率言論得到證明。例如，愛因斯坦曾對量子力學作過如下的評價：“首先，讀者應當相信，我完全承認統計的量子理論在理論物理學中所引起的非常重要的進步。在力學問題領域里，即在所有容許以假定質點間的潛能的方法充分準確地對結構和它們的部分的相互作用加以研究的地方，這個理論甚至在現在也是一種完全正確地描述這個理論範圍內的現象間的經驗聯系的體系

① 波恩：《我這一代的物理學》，1956年倫敦—紐約英文版，第177頁。

② 福克：《評愛因斯坦的創作自傳》。《物理科學成就》雜誌第59卷，1956年第1期，俄文版，第115頁。

……这个理論直到現在仍然是合乎邏輯地把物質的粒子和波動的二重性質統一起来的唯一的一个理論；而且，包含在这个理論中的那些受檢驗的關係，在由測不准關係所規定的正常界限內，也是完備的。這種理論所提供的公式關係，即其完善的數學公式，大概將會作為邏輯結論包含在將來的每一種富有成果的理論之中。”^① 愛因斯坦的這一段話清楚地說明，他不僅不否定量子力學，而且相反，對它估價很高。

另外還可以舉出一些在爭論各方之間不存在分歧的方面。首先，量子力學的數學工具及其在反映原子範圍內的物理過程時的真理性，是所有物理學家都承認的。大家都同意，規律的數學表現形式，在量子力學中，和在一般現代物理學中一樣，是基本的形式。也同意，數學在量子力學的創立中起過巨大的作用。

其次，量子力學的這種或那種解釋的擁護者都援引同樣的實驗作為量子力學的實驗基礎。微觀粒子的衍射實驗在量子力學中就是這樣的實驗。另外一類實驗同這一類實驗有聯繫並從屬於它，這就是確定原子體系內部能態的不連續性事實的實驗。同時，大家都承認，這些實驗在古典物理學觀念的範圍內是不能理解的。

最後，爭論的每一方在解釋量子力學時所依據的都是同樣的概念：座標、沖量、能量、量子體系、量子體系的狀態等等。其所以如此，多半是由於爭論的每一方在議論中所依據的是表達這些理論概念的數學工具。

上面列舉各點，在量子力學中的爭論各方之間，都沒有分

① 愛因斯坦：《對批評的答復》。《愛因斯坦：哲學家—科學家》論文集，1951年紐約英文版，第666—667頁。

歧。这一点必須始終注意。再說一遍，圍繞量子力学进行的爭論是在对这种理論作解釋、詮釋方面进行的。詮釋一种物理学理論，就是要闡明它的本质、規律和概念与客观实在的关系。由此可見，每一种物理学理論的解釋，在本质上取决于我們对于世界，它的規律性以及人的認識的本质的总的看法如何。而所有这些問題都属于哲学的对象，对于这些問題，基本的哲学派別——唯物主义和唯心主义——提出了对立的回答。这就是为什么会出现各种不同的量子力学解釋以及圍繞它进行尖銳的哲学斗争的原因。

解釋任何一种物理学理論，对于物理学家本身來說，首先就是要在這個理論的範圍內，尽可能从理論上对作为这个理論的基础的實驗事实作出最完善的解釋。对量子力学持有不同观点的人，按照不同的方式来解釋作为这种理論的基础的實驗事实，首先是微观客体衍射的實驗。他們根据对衍射實驗所作的分析，作出关于微观客体的属性和运动規律性的結論，而在这些結論中显示出重大的分歧。

在量子力学产生的时候，就已經确定了量子力学过程的两个基本特征：

(一) 微观客体的双重的、即粒子-波动的性质(所謂波-粒二重性)；

(二) 微观过程規律性的統計性质。

这些特征表現在量子力学的方程式中，并且和这种理論中特殊的物理量——“現代物理学的統治者”(赫伐尔松語)——普朗克常数 h 的存在密切地联系着。

現在，量子力学爭論的绝大多数参加者都承认量子过程具有上述特征，也承认根据古典物理学的观念来解釋它們是不可

能的。可是，不同派別或學派的學者却按照不同的方式來解釋微觀過程的粒子-波動二重性和量子力學的統計性質。

圍繞量子力學所進行的具有方法論性質的爭論的目的，是要對這種理論的特徵作出最深刻，最恰當的解釋。本書企圖研究量子力學解釋問題上的各種意見的鬥爭，並考察量子力學解釋中的唯物主義路線。

第一章 解釋物理学理論的一般基础

第一节 哲学基本問題的解决是解釋 物理学理論的出发点

解釋物理学理論，就是要闡明它的規律和概念对客观实在的关系。因此，在着手研究量子力学的解釋以前，必須先研究一下所謂客观实在应当怎样理解的問題，以及我們的知識的性质如何的問題。由于持有不同哲学观点的物理学家对于“实在”概念的涵义有不同的見解，做好这点就更有必要了。

对于这些問題的最完善和最深刻的回答是直接以哲学基本問題——思維对存在的关系問題的解决为依据的。依据哲学基本問題的唯物主义的或唯心主义的解决，作为物理学研究对象的实在就有不同的定义。

唯物主义哲学认为这种实在就是物质。列宁說：“……物质是作用于我們的感官而引起感觉的东西；物质是我們感觉到的客观实在……”^①。

唯物主义对哲学基本問題的解决以及关于实在的定义，依据的是不可爭辯的自然科学材料，而首先是现代科学的下述結論，即意識是物质的历史发展的产物，意識和感觉是有高度組織

① 《列宁全集》第14卷，人民出版社1957年版，第146頁。

的物质的属性。

在唯物主义哲学的发展过程中，我們的物质概念在丰富起来，并日益完善。唯物主义哲学作出了并且不断地发展着关于物质的許多本质属性：运动、空間、時間、規律性、质的多样性、不可穷尽性、連續-不連續的结构等等的学說。在唯物辯証法中論述了关于物质运动的最一般規律的学說。

哲学基本問題的唯物主义解决，同时也是对我們的知識的性质問題的最深刻的解决。唯物主义断言，認識过程是人的思維对物质的复杂的反映过程：科学概念、規律、理論，和感觉一样，是物质（它的个别方面、事物和过程）的映象，是客观世界的主观映象。这些映象，就内容來說，是不以人的意識活动为轉移的，就形式來說，本质上是由后者决定的。

在分析和解釋物理学理論的内容时，必須首先明确在这些理論中反映着物质，反映着它的个别属性。因此，关于物质客体、物质体系的概念在物理学理論的研究中起着重要作用。物质客体、物质体系在物理学中被簡称为物理体系。个别物理学理論的特点，它們相互間的区别，首先就在于它們各以性质不同的物质体系为基础。同时，这些属性是体系内部所固有的；理論所反映的并不是一定体系的全部属性，而仅仅是它們的一部分，仅仅是（在一定条件下）本质的属性。在物理学的概念和規律的語言中，体系的特征是通过它們内部所固有的属性來說明的。物理学在說明体系的特征时，关于这些体系的状态的概念起着巨大作用：每一个物理体系都处在运动、变化之中，这在理論中，就被表述为体系的状态的变化，体系从一种状态向另一种状态的轉化。所有这些問題，在以后分析量子力学解釋的具体問題时都将專門加以論述。

唯心主义对哲学基本问题的解决是与唯物主义的解决相对立的。唯心主义者总是彻底地或不彻底地、公开地或隐蔽地以意识对于存在是第一性的这个原理为出发点。

唯心主义哲学有两种基本形式：客观唯心主义和主观唯心主义。客观唯心主义的基本前提这里不准备研究，因为它对于量子力学的解释问题并不发生显著的影响。主观唯心主义——实证主义已经深深地渗入量子力学及其解释的某些派别之中，因而必须简要地研究一下它的基本论点。

实证主义哲学的基本内容在于断言我们的全部知识仅仅是关于感觉、知觉的知识。实证主义把“全部知识仅仅来自感觉，来自知觉”的公式与“全部知识仅仅是关于感觉，关于知觉的知识”的公式等同起来了。这里，我们可以打个比方。大家知道，人的感官对于电磁过程，除了在一个很狭窄的波段内的波以外，并不直接有所反应。大量无线电波在不断地穿过我们，可是，如果我们的感官不以某些仪器装备起来，对它们就不会有反应。对于这些过程，人首先是根据它们引起的机械作用，以及它们的热和光的效应来作判断的。同时，电磁过程的理论上的解释，是建立在计算随同发生的力学现象的基础上的，这一点从关于试验电荷及其力学作用的概念在建立电动力学中所起的作用里就可以看出。我们可以想象有这样一个断言：既然我们仅仅根据物体的机械作用和机械位移来判断被研究的物理过程，因此，在这些过程中，我们只是同机械过程打交道；根本谈不到特殊的、不能归结为力学的电磁过程和电磁本质的存在。这个人声称，关于这些本质的概念，是对机械作用的某些现象的错误想法的产物。实证主义者的哲学观点很象这个人的物理学观点。这里应当补充说明的是，在物理学史上确实有人曾企图从力学上来解

釋電磁現象，而且企圖這樣做的人數還相當多，態度也相當堅決。例如，有不少人就曾企圖建立力學型的以太。但是所有這些企圖都失敗了：實踐證明了它們是毫無根據的。

實證主義的基本前提使它的擁護者否定物質客體的客觀存在，否定物體的獨立存在。根據實證主義哲學，物理客體（宏觀物體、原子、“基本”粒子、場等等）無非只是感覺和知覺的某種構成，或者只是我們用來使一定的感覺和知覺的總和系統化的邏輯符號。在這方面，上世紀末期的大化學家奧斯特瓦爾德的观点是很典型的。他在哲學方面站在實證主義的立場上，否認原子的實際存在，甚至還寫了一本專門的化學教程，在這本書中一次也沒有提到“原子”這個詞。可是，建立在唯物主義哲學基礎上的現代原子論的光輝發展卻拋棄了奧斯特瓦爾德的這些反科學的观点。

實證主義哲學的代表們，把科學概念、規律和理論的全部意義和內容歸結為建立感覺間的一定的聯繫。實證主義不承認在概念、規律和理論中有客觀內容存在。在實證主義看來，所有科學範疇，和感覺本身一樣，並不是物質過程、事物及其屬性的映象，而只是人用來使理智便於分類，使記憶便於保存許多個別的感覺知覺的某種輔助手段。同時，在“整理”各種感覺之間的關係，即制定表象、概念等等時，理智並不受到任何約束。概念是人類理智的自由創造，這就是實證主義的口號。

否認我們的思維活動、我們的知識的反映性質，這就是實證主義在估計知識的性質時的主要錯誤。實證主義哲學跟自然科學與人的社會實踐的結論處在不可調和的矛盾中。列寧在批判本世紀初實證主義的最時髦的形式馬赫主義時寫道，這種哲學“馬上陷入荒謬之中。因為，第一，它不顧感覺只和按一定方式

組成的物质的一定过程相联系这一事实，把感觉当作第一性的东西；第二，由于它假定除了那个大写的自我之外还存在着其他生物和其他‘复合’，物体是感觉的复合这一基本前提就遭到了破坏。”^① 这些有决定意义的反駁也十分有力地反对了实証主义的一切形式和变种。

在現代哲学中，唯物主义和唯心主义之間进行着尖銳的斗争。唯物主义的最高形式——辯証唯物主义在苏联和各人民民主国家中已經取得了胜利，然而唯心主义哲学在資本主义国家中却傳播得很广泛。这一事实首先是由資產阶级社会的社会条件决定的。資本主义社会的統治阶级用全力支持唯心主义哲学，蔑視唯物主义。在这些国家中，科学界在推行唯心主义，大学中在讲授唯心主义，并且出版了大量为它辯护的书籍。1950年美国出版的馬格脑的《物理实在的性质》^②一书就是这方面的典型例子。从标题来看，这本书正是为解决哲学基本問題而写的，其中可以看到对哲学基本問題的彻底的实証主义的解决。馬格脑把实在了解为“直接給予的东西”，而把后者了解为“經驗的一部分”，即感性材料、感觉、“知觉的狂想曲”。同时，感觉被他解釋为沒有任何“本体論前提”的，而感觉的源泉問題則被宣布为沒有意义的和反科学的。对于馬格脑來說，物理客体不是我們直接感觉和知觉到的物质构成。在馬格脑看来，物体不过是我们創造性的認識活动过程中創造的“結構”。但是为了把諸如树木、原子、电子等等这些“結構”和幽灵、魔鬼等“結構”区别开来，他就把前者称为“科学的結構”，这种“科学的結構”与非科学的

① 《列宁全集》第14卷，人民出版社1957年版，第34—35頁。

② 參閱馬格脑：《物理实在的性质》，1950年紐約英文版。

結構不同，它們服從於“嚴格的方法論原理的制度”，並且容許經驗的證明。實証主義必然會導致唯我論。這一點，連馬格腦也感覺到了。為了讓自己擺脫這種責難，他就把人看作是科學的結構。但是，結構是進行認識的理智的發明，因而，對於個別進行認識的理智來說，其他的人也是他的理智的發明，所以，馬格腦仍舊逃不脫唯我論。

實証主義觀點在不同的作者的解釋中是有某些不同的。在這方面，馬格腦的觀點跟其他許多實証主義者的觀點就不同，因為他提出了結構的實在性問題。馬格腦力求同馬赫的主張劃清界線，馬赫否認原子的實在性。馬格腦在提出結構的實在性問題後，就不得不接觸到另一個問題：某種物理客體在這種結構建立以前的實在性是怎樣的？例如，在1932年前是否有中子存在（中子的存在是在1932年發現的）？馬格腦說，對這些問題的回答應當是肯定的。可是為此他就不得不在自己的哲學中引入一個應當受到特別注意的新的“方法論規則”。這個新的方法論原理在書中是加上重點的：“在結構成為實在之後，必須說，它在形成以前也是實在的。”^①結果是某種東西在開始存在以前也是存在的；結構在形成以前和以後都同樣是實在的。這些說法已經不符合最起碼的邏輯要求，它們自相矛盾。但是，只要否認物理客體的物质性，就不能不得出這種說法。

馬格腦在自己的著作中反對唯物主義，他把唯物主義稱為實在論。對他來說，實在論只是作業假說，這種假說不能為更深刻的物理學知識服務。同時，他在書中承認實在論是“作業中的學者”的哲學。正因為此，馬格腦認為必須集中力量來戰勝這種

① 馬格腦：《物理實在的性質》，1950年紐約英文版，第294頁。

实在論，他写这本书也就是为了这个目的。

在談到現代實証主義者時，必須着重指出他們的特点：他們全都力求依靠自然科學最新成就的無可爭議的權威。同時，實証主義哲學，可以說，不是直接地從大門進入自然科學的，而是轉彎抹角地，有時甚至利用哲學上的近視悄悄地溜进去的。實証主義首先是在解決現代自然科學發展所提出的新的重要的認識論問題時進入自然科學的。列寧在批判本世紀初的“物理學”唯心主義時，特別強調指出了這樣一種情況，即主觀唯心主義哲學在這裡是在試圖理解“物理學數學化”這一事實的意義時，在試圖理解當時物理學中發生的革命十分明顯地揭示的物理學知識的相對性質時進入物理學的。實証主義哲學在用這樣的方法進入自然科學時，利用了某些重要的科學概念，並把自己的意思硬塞在里面，而且把主要的注意力着重放在這上面。例如，馬赫主義在立論時特別利用了學者們關於經驗的概念。列寧曾強調指出，“……廣義的整個馬赫主義無非是通過難以察覺的細微差異歪曲‘經驗’一詞的真正意義！”^①這種歪曲之所以可能，是因為在“經驗”這個詞後面既可以隱藏哲學上的唯物主義路線，也可以隱藏哲學上的唯心主義路線，同時這個概念對於自然科學十分重要。列寧教導說要發現和揭穿唯心主義哲學的這種手法。

物理學中的現代實証主義特別歪曲“觀察”、“測量”這兩個概念。它企圖裝作似乎是在根據自然科學的最新成就對這些概念作科學的解釋，並力求以此爭得自然科學家的信任。哲學上缺乏經驗的學者們往往看不出用測量行為、觀察行為暗中偷換

^① 《列寧全集》第14卷，人民出版社1957年版，第310頁。