

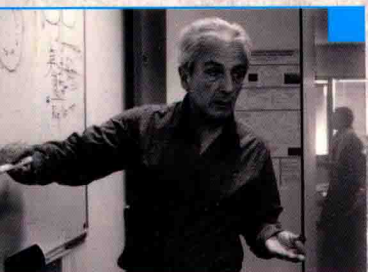
编 Jean-François Dars
Anne Papillault

译 赵 佳 刘 莎
校 姚一隼

偶然之极

——量子的惊喜

高等教育出版社



偶然之极

——量子的惊喜

编 Jean-François Dars
Anne Papillault

译 赵 佳 刘 莎

校 姚一隼

高等教育出版社·北京

图字: 01-2012-1754

Original edition:

Le plus grand des hasards

Edited by Jean-François Dars and Anne Papillault

© Éditions Belin - Paris, 2010

图书在版编目 (CIP) 数据

偶然之极: 量子的惊喜 / (法) 让-弗朗索瓦·达斯,
(法) 安妮·帕皮约编; 赵佳, 刘莎译. -- 北京: 高等教育出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-04-046456-6

I. ①偶… II. ①让… ②安… ③赵… ④刘… III.
①量子论 - 普及读物 IV. ①O413-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 222439 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>

印 刷 北京信彩瑞禾印刷厂
开 本 850mm×1168mm 1/16
印 张 14.75
字 数 300 千字
版 次 2016 年 10 月第 1 版
印 次 2016 年 10 月第 1 次印刷
定 价 69.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究
物 料 号 46456-00

策划编辑 王 超 王丽萍 责任编辑 王 超
封面设计 王凌波 责任校对 刘丽娟
责任印制 朱学忠

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》, 其行为人将承担相应的民事责任和行政责任; 构成犯罪的, 将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序, 保护读者的合法权益, 避免读者误用盗版书造成不良后果, 我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为, 希望及时举报, 本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581999 / 58582371 / 58582488

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

购书请拨打电话: (010) 58581118

感谢法国前教育部物理总督学 Jean-Pierre Sarmant 先生为本书翻译所做的贡献。

感谢 Arnaud Lecallier 为本书的翻译所做的贡献。

——译者

目录

- 1 奏乐，仪式开始
- 3 安东尼·乔治 (Antoine Georges) ——一个关于量子的梦
- 4 王育竹 (Yuzhu Wang) ——积分球中漫反射光场中的惊奇
- 6 安东尼·布劳维斯 (Antoine Browaeys) ——空室的忧虑
- 10 弗朗克·拉洛埃 (Franck Laloë) ——物体为何存在
- 14 阿那托尔·阿布拉甘 (Anatole Abragam) ——往事不易
- 18 罗兰·川上 (Roland Kawakami) ——物理和自行车
- 21 爱德华·布雷赞 (Edouard Brézin) ——对世界的描述
- 24 埃蒂安·克莱因 (Étienne Klein) ——魅影重重的理论
- 26 让-路易·巴德旺 (Jean-Louis Basdevant) ——猫的原则
- 30 米歇尔·勒杜克 (Michèle Leduc) ——职责
- 32 朱力叶·西莫奈 (Juliette Simonet) ——成套的工具
- 35 马特奥·斯麦拉克 (Matteo Smerlak) ——镜像马戏
- 37 雅克·弗雷德尔 (Jacques Friedel) ——一个门外汉的起步
- 39 阿尔伯特·费尔 (Albert Fert) ——远在橄榄树外
- 42 让-米歇尔·亥蒙 (Jean-Michel Raimond) ——令人惊讶的惊讶
- 44 威廉·D·菲利普 (William D. Phillips) ——量子机械师
- 49 菲利普·舒马兹 (Philippe Chomaz) ——解开宇宙之谜
- 51 卡特琳娜·瑟萨斯基 (Catherine Cesarsky) ——遨游宇宙
- 54 米歇尔·斯皮若 (Michel Spiro) ——宇宙起源论
- 57 让·依利奥普罗斯 (Jean Iliopoulos) ——空间和基本粒子
- 60 米歇尔·达维埃 (Michel Davier) ——前沿
- 65 玛丽-安娜·布西亚 (Marie-Anne Bouchiat) —— Z^0 玻色子和光照原子的镜像非对称性
- 67 加布里埃勒·维内兹亚诺 (Gabriele Veneziano) ——偶然和弦理论，完美结合？
- 69 弗朗西斯卡·费尔雷诺 (Francesca Ferlaino) ——量子屠夫
- 71 克里斯汀·伯尔德 (Christian Bordé) ——干涉
- 75 诺埃尔·迪马克 (Noël Dimarcq) ——时空接收器
- 78 奥利奥尔·波依伽 (Oriol Bohigas) ——混沌和量子物理
- 81 塞巴斯蒂安·巴里巴赫 (Sébastien Balibar) ——观察与理解

- 84 让-保尔·波瓦希 (Jean-Paul Poirier) ——梅西亚教材
- 86 阿尔伯特·梅西亚 (Albert Messiah) ——几个日子，几个名字
- 90 克洛德·科恩-塔诺季 (Claude Cohen-Tannoudji) ——物理图像，量子概念
- 97 让·达里巴尔 (Jean-Dalibard) ——薛定谔之兔
- 100 劳里阿娜·舒马兹 (Lauriane Chomaz) ——在火炉边
- 102 罗杰·巴利昂 (Roger Balian) ——我的量子之路
- 107 艾雷娜·贝兰 (Hélène Perrin) ——莱乌什的魔力
- 111 尼古拉·特雷普 (Nicolas Treps) ——真是奇怪……
- 112 安东·泽林格 (Anton Zeilinger) ——一个特权
- 116 乔治·施里雅普尼科夫 (Georgy Shlyapnikov) ——这就是生活……
- 120 朱克·瓦尔拉文 (Jook Walraven) ——等待中的宝藏
- 125 克里斯多夫·所罗门 (Christophe Salomon) ——光，宇宙和超冷物质
- 128 阿兰·阿斯贝 (Alain Aspect) ——引人入胜的量子力学
- 134 让-弗朗索瓦·霍什 (Jean-François Roch) ——偶然和相遇
- 136 卡伦·勒·于尔 (Karyn Le Hur) ——奇特的纠缠
- 140 达尼埃尔·埃斯代夫 (Daniel Estève) ——通向机器
- 143 曾和平 (Heping Zeng) ——量子奇观：光子计数——如数家珍
- 144 米歇尔·德沃雷 (Michel Devoret) ——力学的修正
- 147 赛尔吉·马萨尔 (Serge Massar) ——话题
- 150 苏菲·拉普朗特 (Sophie Laplante) ——信息技术的影响
- 153 杰拉尔德·巴斯达尔 (Gérald Bastard) —— $\hbar$ 和光电器件
- 157 德尼·格拉西亚 (Denis Gratias) ——追求者
- 160 马丁·波文 (Martin Bowen) ——纠缠
- 164 鲍里斯·阿尔诸勒 (Boris Altshuler) ——女王和天文学家
- 167 阿莱克西·格林柏姆 (Alexei Grinbaum) ——在国王手里
- 169 弗雷德里克·凡·维吉朗德 (Frédéric Van Wijland) ——源泉
- 171 让-保罗·马尔里厄 (Jean-Paul Malrieu) ——图像，想象和想象力
- 175 德尼·杰罗姆 (Denis Jérôme) ——采样管的秘密
- 179 杰瑞·杰阿玛尔奇 (Thierry Giamarchi) ——快乐
- 181 本笃·德沃-普雷德然 (Benoît Deveaud-Plédran) ——白日梦
- 184 尼古拉·吉森 (Nicolas Gisin) ——多重宇宙论的瘟疫

187	瓦雷里·斯卡拉尼 (Valério Scarani) ——对真正的偶然的辩护
190	皮埃尔·雷纳 (Pierre Léna) ——像爱丽丝那样幸福的人……
192	伊夫·盖雷 (Yves Quéré) ——不确定性的赞歌
198	皮埃尔·比内特鲁 (Pierre Binétruy) ——不可承受的真空之轻
200	塞西尔·罗比亚尔 (Cécile Robilliard) ——真空动物学
202	赛尔吉·阿罗什 (Serge Haroche) ——量子理论和达尔文主义
205	菲利普·格朗杰埃 (Philippe Grangier) ——量子本体论
209	吴令安 (Ling-An Wu) ——我与量子光学的缘分
212	刘莎 (Sha Liu) ——一切源于偶然，一切却又是必然
215	丹尼尔·格林伯格 (Daniel M. Greenberger) ——欧兹曼迪亚斯
219	奏乐，典礼结束
220	图片索引
224	人名索引

奏乐，仪式开始

请倾听他们的声音，请关注他们的身影。

就在欧洲大陆陷入到自我仇恨的深渊中之前，诸如爱因斯坦（Einstein）、德布罗意（de Broglie）、玻尔（Bohr）、泡利（Pauli）、薛定谔（Schrödinger）、海森伯（Heisenberg）等科学哲学家们提出了孩童般单纯而又复杂的问题，从而改写了物理学。本书将遵循他们的足迹，以散文的形式收集一些后继者的思绪。

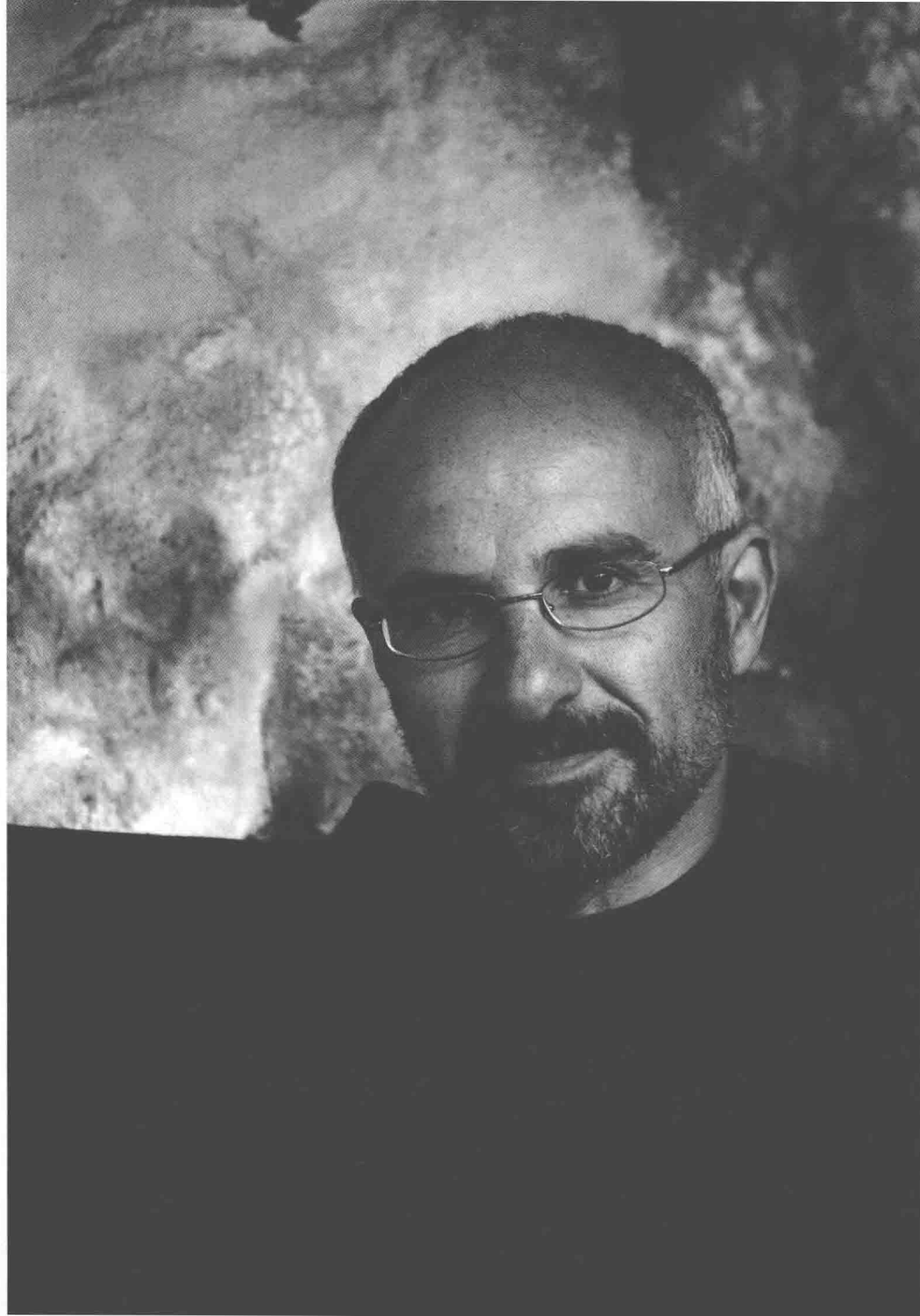
鉴于无法收集全世界量子物理学界的言论，我们决定遵循如下的游戏规则，有点像十五子游戏*：先掷色子，再根据掷出的结果决定行动的步骤。我们先找到一些在此领域的拥有耀眼光环的核心奠基人，每人都贡献一篇文章，然后他们再指定另一个人选，以此类推。通过传播—扩散—播撒的过程，本书收集了一批研究、实践和关注量子物理的人的观点。他们中既有几乎还是学徒的人，也有上个世纪开端的见证者。从如庆生颂歌般通俗易懂的文字，到那些写给（在量子理论方面）成熟的人看的讨论，偶然性的守护者和牧羊人们有着共通之处（尤其是他们在获知奇特的现象也有其内在逻辑时的欣喜），也有各自不同的研究方向（不确定性原理、量子态叠加、量子态纠缠、遂穿效应、薛定谔猫，以及从中偷偷冒出来的各种尼斯湖水怪的量子真空）。

再说一次，请倾听他们的声音。即便他们不平凡的职业使他们能观察到的那些色子在落地的那一刻决定不做任何决定（这是列维·斯特劳斯所说的“隐藏在思想之下”的本能对每个人的轻声召唤），他们还是没有像赌徒一样对运气的盲目信仰。他们是一本正经的梦想家，严谨是他们探讨偶然性的唯一方式。

*十五子棋（tric-trac）是一种法国传统游戏。

让-弗朗索瓦·达斯（Jean-François Dars）

安妮·帕皮约（Anne Papillault）



安东尼·乔治
Antoine Georges

法兰西学院
巴黎综合理工大学
法国国家科学研究中心银质奖章
欧洲物理安捷伦奖
达杰洛斯奖

一个关于量子的梦

我有时会做白日梦：我变得如此之小，以至于可以深入到物质深处。在同一时刻，我几乎无处不在，我的波函数在原子之间流动、分开、重组、遇到另一个波函数，与之互相干涉。我溶化于电子之间。我不需要去理解。我能感觉到它们在相互作用，为何有时互相排斥有时互相吸引。

如果我们这些量子物理学家们能够用感官清晰地接触到这个隐秘的世界，一切都会变得如此简单。而实际情况是，我们还需要制造复杂的仪器，进行繁琐的计算，或者近乎盲目地试图去猜测对大自然本身来说完全是浑然天成的秘密。

安东尼·乔治



王育竹

Yuzhu Wang

中国科学院上海光机所

中国科学院院士

首届尧毓泰物理奖

1987年“远望号”测量船获

国家科技进步特等奖

积分球中漫反射光场中的惊奇

法国科学家在研究工作中，发现了众多的“量子新奇现象”，为人类知识宝库做出了卓越贡献。中国人常用“仰高”来表达对圣贤的崇敬心情。我总是怀着这种心情阅读法国科学家的经典论著。

我与法国科学家有着不解之缘，1956年我在莫斯科读研究生时，开始了原子频率标准的研究，研究题目是“碱金属蒸汽原子谱线宽度的压缩”。我的导师指导我学习了 A. Kastler 教授和 J. Brussel 教授的有关“Optical Pumping”，“Optical Methods for Studying Hertzian Resonances”等文章，这些知识为我一生的科研生涯打下了基础。1963年我在北京极其幸运地见到了心目中崇敬的 A. Kastler 教授。那年初冬教授来到北京，访问了中国科学院北京电子所，参观了我们的实验室。那时，我们正进行钠原子的光磁双共振实验，观察钠原子超精细能级的微波跃迁谱。A. Kastler 教授走进实验室后仔细地询问实验方案和实验结果。虽然，已是初

冬，由于钠原子蒸汽炉温度很高，像个电加热器，实验室的气温很高，教授满头大汗。陪同的领导叫我打开窗子，我去开窗。但教授马上挥手制止，并严肃地说：“不要！不要！”。他继续看实验和回答我们提出的问题，并鼓励我们做好原子钟研究。A. Kastler 教授对待科学的严肃认真态度给我留下了深刻印象。

1978年我又接待了 J. Brussel、C. Cohen-Tannoudji 和 J. Lehmann 等教授组成的法国代表团访问上海光机所。访问结束后法国代表团提出了3个学术报告题目，让我们任选其一。我选了“Laser cooling”。Cohen-Tannoudji 教授给我们做了一个十分精彩的报告。他的报告对我影响很大，使我坚定地走上了激光冷却气体原子的研究道路，亲身体验了“Quantum Surprises”。1979年我在中国成都召开的“全国计量会议”上，提出了“积分球红移漫反射激光冷却气体原子”的建议。我们长期坚持了这项研究，



观察到漫反射激光冷却气体原子的现象。令人惊奇的是我们观察到了“低于多普勒冷却极限温度的冷原子气体”。在这样简单的漫反射各向同性的光场中没有光势垒，不存在光晶格，但却观察到了低于多普勒冷却极限温度的原子气体！它使我们体验到量

子世界的奇妙。

我在巴黎认识了多位著名的科学家，学到了很多科学知识，并得到技术帮助。另外，我很喜欢巴黎的博物馆，它使我流连忘返。

王育竹

安东尼·布劳维斯

Antoine Browaeys

法国国家科学研究中心/光学研究所

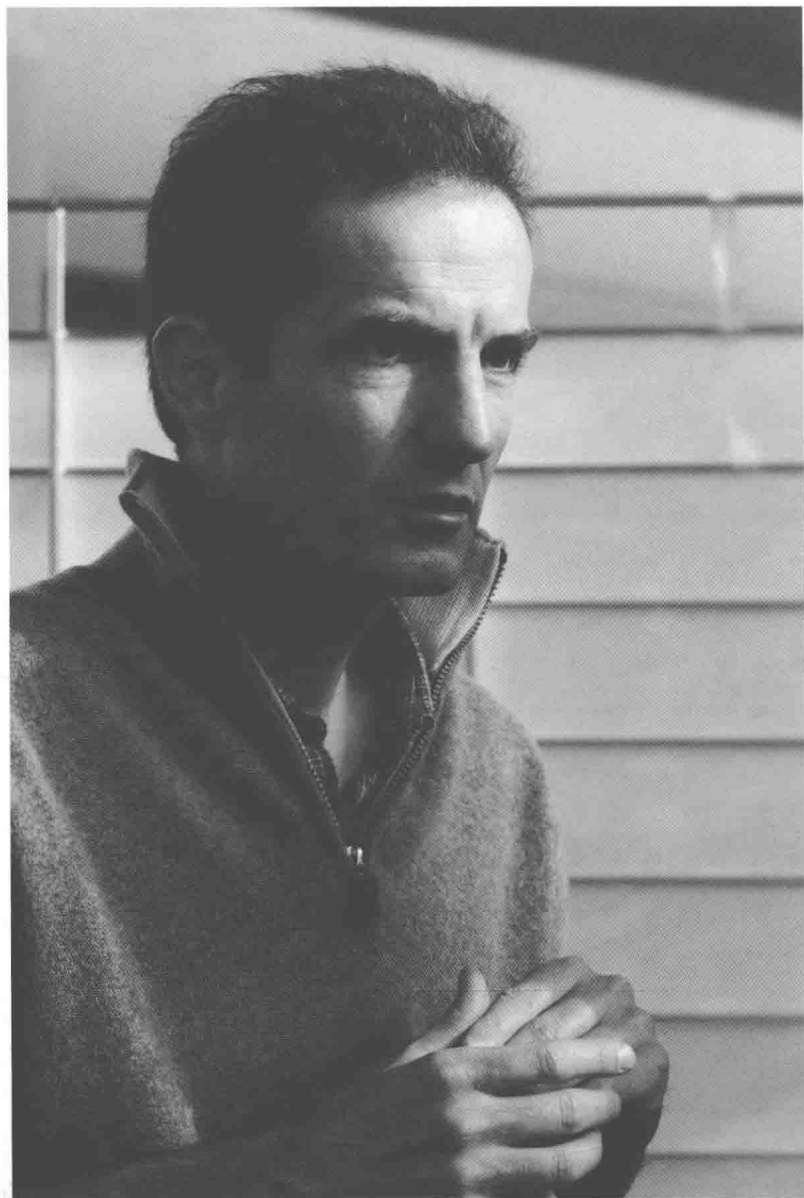
欧洲研究委员会起步基金获得者

艾美·高顿奖

空室的忧虑

首先必须找到一个能真正推动物理学发展的研究课题。显然有很多宏大的命题，正是因为这些命题，我们才选择了这个职业。什么叫一个电子在同一时刻既在这里又在那里？什么叫做一次测量？重力场能被量子化吗？占整个宇宙百分之九十六的未知领域究竟是什么？这个貌似没有任何意义，可以根据需要忽略或考虑的真空能量意味着什么？还有这个统治量子物理学的偶然性同样是很可疑的！但是经过思索，我们发现对如何解决这些问题没有任何头绪，真的不知道从何下手。我们甚至不知道提什么问题来推动这些问题的探讨。因此我们收减雄心，从别人的工作中汲取灵感，关注较小的命题。我们对自己说，不管怎样，我们如此缺乏想法，如此只知一二，以至于任何一个问题都是值得关注的。至少它将让我们进步，即使有可能在某个地方另一个更加机敏、更加有创造力的人早已知道了答案。而且，谁也不知道，在我们试图理解问题的时候，说不定有





一天会有真正的想法，一个别人还未曾有过的想法。确实，仔细一想，我们多少是因为这个原因选择这个职业的：理解一个问题所带来的巨大满足感，不断学习的愉悦感。倒不是为了只有少数幸运的人才会有重大发现。啊，其实跟音乐是一样的！虽然我们都听过一百遍的乐谱上有很多乐符，但是还必须找出乐感，组织乐句，一种衔接方式，要知道音乐是怎么演奏出来的。然后尤其是要坚持工作，为了有一天能有一个奇妙的发现，一个蕴涵深意的阐释。这里还有完全属于自我的理解和发现的愉悦。

于是我们对自己说，根据从某人给的一个想法出发，做一些简单粗糙的计算，然后来搭建一个实验。有点是为了强迫自己提出问题，但尤其是因为非常有趣！从逻辑上来讲，接下来要有一间我们将在里面做试验的空屋子。你又再次感到忧虑，搭建一套实验装置要花很多钱，而且在好几年的时间里占用不少人力。如果做不出结果怎么办？如果这一切都竹篮打水一场空怎么办？能不能发表一篇论文？博士生们能不能在博士论文中有结果可写？

两年后，实验搭建起来了，最初的数据也出来了。这时，灾难发生了。我们所画出来的只是一团团看上去随机出现的数据点。诚然，量子物理很大一部分取决于偶然，但总还是有规律，有行为规则的吧。或许也是因为构造实验时出了错？又是好几个月睡不



好觉。然后有个人（但从来不记得是谁）提议换种方法试试。于是云状轨迹渐渐减少，数据点渐渐呈现出一条看似规则的曲线。原来有规律的！这是最为开心的时候！我们知道不会持续太久，果然另一个人会说：“当然了，我们早该想到的，这是因为这个效应的影响”。真可惜，原来不算新发现，

顶多证实了这样一个事实：甚至连简单的问题我们都不是领先的……于是还得继续，并一直期望有一天出现一个任何人都无法解释，任何人都不曾见过，真正能推动问题进展的规律。对了，我们到底在研究哪个问题来着？

安东尼·布劳维斯

弗朗克·拉洛埃

Franck Laloë

法国国家科学研究中心/国立高等师范卡斯勒-布洛赛尔实验室

三物理学家奖*

国家奖（法国科学院）

艾美·高顿奖

物体为何存在

求知欲和对理解的渴望是人性的基本构成之一。好几代研究者累积的努力让人们得以接触到无比丰富的自然现象，有很多现象在过去不仅仅是出乎意料的，简直是无法想象。这些现象可以存在于我们所处的尺度，或其他非常不同的尺度，比如原子尺度，但一切都很具体。物理学的独特之处在于它紧密融合了有时以数学的形式出现的抽象（数学是对于理解不可或缺的工具）和与我们周围的世界具体接触。一般来说，自然科学的规则是正式明确的：任何一种抽象形式，任何一个理论，不管有多动听，如果被实验数据否定就毫无价值。

从历史上来说，量子力学的出发点在于我们有必要弄懂为什么我们周围的物体（还有我们自己！）可以存在。那时人们知道这些物体是由通常组合成分子的原子构成，但是没有人能弄明白为什么这些原子本身是稳

定的：由那个时代已知的物理给出的所有合理的结论都预言原子会很快自行崩塌而消失（有点像黑洞）。如此，我们周围世界中没有什么东西还能存在！如何将理论和我们周围宏观物体显而易见的稳定性结合起来成为物理学的首要任务。为理解这个问题所付出的相应努力催生了量子力学。

我们可能会想，一旦获得了我们想要的结果，故事就到此为止了。但是量子力学在过去几十年中被证实是一种能够不断使人们获得不可思议的新发现的工具，这些新发现有时是非常漂亮的理论，有时又伴随了非常具体的成果。我们身边很多发明都得益于，从半导体，电脑到通信工具和因特网，还有电话，导航仪或各种现代医学成像方法，人类历史上很少有如此成功的例子。

就像相对论那样，量子力学不仅仅满

* 这是巴黎高等师范学院物理系为纪念该系在“二战”中被关入集中营而去世的三位创始人 Henri Abraham, Eugène Bloch 和 Georges Bruhat 自 1951 年起颁发的一个奖。

足于预测美妙而意想不到的现象，它同时改变了我们对周围世界的看法。从来没有哪种理论能像量子力学那样迫使物理学家们重新审视本学科的基本原则。但也正是在这一点上量子力学的成功不再那么辉煌：实际上，20 世纪初的“先驱们”发现的严重的困难，不但没有成为过去时，还一直悬而未决。以至于一个世纪过去了，量子力学还有各种互不相同的阐释方式。它成为一个融合本质性思考，甚至是哲学思考和所有物理理论最技术性、最具体问题的领域。

要把话说完全，我们就要遇到量子力学主要的困难之一：如何解释“物体为什么以我们肉眼所看到的形式存在”。正如我们此前所说的，量子力学长期以来解释了物体原子和分子微观构成的稳定性，但在宏观层面上，它预测所有物体都能达到模糊、不确定和空间的非定域的状态，但是没有人观察到过这样的现象。这是著名的“薛定谔猫”的悖论（爱因斯坦提供了另外一个形象：一个同时已经爆炸和还未爆炸的炸弹）。宏观物体可以存在于多个完全不同状态的叠加中（相干或不相干关系不大），比如这些状态的位置可以互相间隔 1 m，这从我们日常经验来看是非常荒谬的。我们眼中的宏观世界是唯一的，在空间中具有确定的位置，但是理论似乎无法解释这个唯一性。这个自发出现的特性背后究竟隐藏着什么机制？

