

沃尔夫物理学奖与量子信息的发展

尹沛^{1,2,3}, 朱慧涓^{3*}

1. 中国科学院自然科学史研究所, 北京 100190

2. 中国科学院大学, 北京 100049

3. 首都师范大学物理系, 北京 100048

摘要 沃尔夫物理学奖成立于1976年, 是世界物理学界最高成就奖之一, 获奖者中有不少后来获得诺贝尔物理学奖。通过介绍2010年、2013年和2018年沃尔夫物理学奖获奖者在量子信息领域的突破性成果, 展示了该领域近年来的发展轨迹, 并对比了这3届获奖者不同的研究思路。

关键词 沃尔夫物理学奖; 量子信息; 量子通信; 量子隐形传态

2018年2月12日, 以色列沃尔夫基金会揭晓了2018年度沃尔夫物理学奖的获奖者: 来自美国IBM研究中心的查尔斯·贝内特(Charles H. Bennett, 1943—)和来自加拿大蒙特利尔大学的吉尔斯·布拉萨德(Gilles Brassard, 1955—), 获奖理由为: 在量子密码和量子隐形传态的建立和推进方面做出突破性贡献。这是沃尔夫物理学奖第3次颁给与量子信息领域相关的科学家。

1 沃尔夫物理学奖简介

相比于久负盛名的诺贝尔物理学奖, 沃尔夫物理学奖并不广为人知。1975年, 出生在德国的犹

太人理查多·沃尔夫(Ricardo Subiranay Lobo Wolf, 1887—1981)征得沃尔夫家族成员捐赠的基金共1000万美元, 发起成立沃尔夫基金会, 并设立沃尔夫奖。沃尔夫基金会由董事会(5名沃尔夫家族成员组成)和理事会(以色列文化部长负责, 若干名以色列学者和官员组成)领导, 下设评奖委员会(每学科领域3~5专家组成, 逐年更换)负责评奖事宜^[1]。沃尔夫基金会从1978年开始每年颁发1次沃尔夫奖, 该奖包括科学领域的农业、物理、化学、数学、医学5大奖项以及艺术领域的1个奖项, 旨在奖励那些“为实现人类的共同利益和各民族之间的友好关系而获得成就的杰出科学家和艺术家——不分国籍、种族、肤色、宗教、性别或政治观点”^[2], 每个

收稿日期: 2019-01-10; 修回日期: 2019-03-06

基金项目: 首都师范大学-德国马普学会合作项目; 北京市教育委员会科技计划一般项目(KM201810028005)

作者简介: 尹沛, 博士研究生, 研究方向为物理学史, 电子信箱: 5985@cnu.edu.cn; 朱慧涓(通信作者), 讲师, 研究方向为近现代物理学史, 电子信箱: 6530@cnu.edu.cn

引用格式: 尹沛, 朱慧涓. 沃尔夫物理学奖与量子信息的发展[J]. 科技导报, 2019, 37(21): 110-116; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.21.011

奖项的获得者可以分享 10 万美元。沃尔夫奖的评选机制可从 MIT 推选 2018 年沃尔夫科学技术奖的通知中窥见一二^[3],能够提名的人必须是受到了沃尔夫奖的邀请,身份是系主任或者实验室主任。可见,应是已然在科学界获得了一定地位的科学家才能被提名。

沃尔夫奖开始颁发后不久就跻身世界最高科学成就奖之列。获奖者展现了 20 世纪 80 年代以来的科学重要成就。沃尔夫数学奖堪称数学领域的诺贝尔奖。而在物理学和化学方面,沃尔夫奖的影响力仅次于诺贝尔奖,多年来其获奖者中有相当一部分人摘取了诺贝尔奖的桂冠,因此被看成是预测诺贝尔奖的有效参考依据。同时这个奖项也囊括了不少诺贝尔奖的遗珠、在科学界有极大影响力的人物,如英国物理学家霍金(Stephen W. Hawking, 1942—2018)曾获得 1988 年的沃尔夫物理学奖。

1978 年,第 1 届沃尔夫物理学奖颁给了华裔女

科学家吴健雄(1912—1997),以表彰她在探索弱相互作用上所做的贡献。到 2018 年,沃尔夫物理学奖共有获奖者 61 人,研究领域覆盖粒子物理、凝聚态、广义相对论、天体物理、核物理、原子物理和量子信息等。而这 61 位获奖者中有 18 位在获得沃尔夫物理学奖后获得了诺贝尔奖。1978—2018 年,沃尔夫物理学经历了 40 年,而其中有 6 年没有颁发。从该奖项与诺贝尔物理学奖名单上的众多重合可以看出,沃尔夫物理学奖同样反映了这些年来物理学的重大进展。但是沃尔夫奖设立的时间毕竟较晚,还没有形成可与诺贝尔物理学奖比肩的影响力。不过,也许正是因为年轻,沃尔夫奖似乎比诺贝尔物理学奖更青睐新兴领域和成果的缔造者。以方兴未艾的量子信息领域为例,在 2010—2018 年的沃尔夫物理学奖的 16 名获得者中,有 7 位因与量子信息相关的贡献而获奖(表 1)。

表 1 量子信息领域获得沃尔夫物理学奖概况

Table 1 A survey of Wolff Prize in Physics in thefield of quantum information

年度	奖项得主	获奖理由
2010 年	约翰·克劳瑟(美),阿兰·阿斯派克特(法), 安东·蔡林格(奥地利)	在量子物理基础概念和实验上的贡献,特别是用纠缠量子态对贝尔不等式的验证扩展的一系列复杂的实验
2013 年	彼得·佐勒(奥地利),胡安·伊格纳西奥· 西拉克·萨斯图赖因(西班牙)	在量子信息处理、量子光学和量子气体物理学方面有突破性理论贡献
2018 年	查尔斯·贝内特(美),吉尔斯·布拉萨德 (加拿大)	为量子密码和量子隐形传态的建立和推进做出突破性贡献

尽管 2010 年、2013 年沃尔夫物理学奖获奖人的成果最终都应用于量子信息科学,但他们的贡献本身还是更偏向于基础理论:一个是量子力学基础,一个是量子光学。而 2018 年沃尔夫物理学奖的颁发,真正给了开启量子信息科学的 2 位科学家,这代表着科学界对量子信息这门学科的认可。

2 3 届沃尔夫物理学奖获得者对量子信息发展的贡献

2.1 约翰·克劳瑟、阿兰·阿斯派克特和安东·蔡林格的工作

量子信息真正发展起来是在 20 世纪 90 年代中

期,其应用基础可以追溯到 20 世纪 70 年代早期实验物理学家对于贝尔不等式的验证。首先获得沃尔夫物理学奖的是约翰·克劳瑟(John F. Clauser, 1942—)、阿兰·阿斯派克特(Alain Aspect, 1947—)和安东·蔡林格(Anton Zeilinger, 1945—),他们 3 人的成就是对量子物理基础概念和实验上的贡献,特别是用纠缠量子态对贝尔不等式的验证扩展的一系列复杂的实验。

1935 年,爱因斯坦、波多尔斯基(Boris Y. Podolsky, 1896—1966)和罗森(Nathan Rosen, 1909—1995)为论证量子力学的不完备性而提出了“EPR 佯谬”^[4]。EPR 佯谬通过描述 2 个曾在有限时间区间中有过相互作用的粒子体系——通过量子力学

可以推导出测量其中1个即能得知另1个粒子的状态,在“如果我们能够不以任何方式干扰一个体系而肯定地预言一个物理量的值,则存在物理实在的一个要素和这一物理量相对应”这个判据下,如果承认微观粒子的“定域性”或“可分性”,推导出量子力学是不完备的。“EPR佯谬”所代表的对于量子力学的质疑不仅在物理学界引起极大的关注,而且形成了一些新理论、新方法,成为科学哲学对于量子力学基础的一个研究课题。20世纪60年代,在欧洲核子研究组织(CERN)工作的约翰·贝尔(John Bell, 1928—1990)发现可以用贝尔不等式验证量子力学的完备性,而贝尔不等式具有可以用实验验证的可能性^[5]。随后贝尔不等式引发了实验物理学家的兴趣,开始探索实验上的验证。约翰·克劳瑟就是最早投入其中的实验物理学家,他将贝尔不等式的验证发展为以他和他的合作者命名的CHSH不等式^[6]和CH不等式^[7],并用光子级联的方式制备纠缠对,使量子纠缠与量子光学融合在一起。这是量子信息中利用光子纠缠对作为信息载体的实验基础。随着实验仪器的不断发展,20世纪80年代,法国物理学家阿兰·阿斯派克特最终攻克了实验设备的限制,通过实验证明了贝尔不等式不成立。20世纪80年代末期,安东·蔡林格加入到相关的工作中,他与格林伯格和霍纳合作,一起讨论了多粒子纠缠的问题^[8],并在20世纪90年代组建了自己的科研团队,从实验上实现了这一技术。20世纪90年

代,蔡林格首先成为实现查尔斯·贝内特所提出的量子隐形传态的人。

从克劳瑟到蔡林格,虽然他们仍然是以探索量子力学的本质为目的,但正是由于他们在实验技术上的探索——如何更方便、更有效地制造量子纠缠,使量子的纠缠性质逐渐被认识到,并且与信息传播发生了联系。

2.2 彼得·佐勒和胡安·伊格纳西奥·西拉克·萨斯图赖因的工作

2010年的沃尔夫物理学奖获得者主要还是围绕在贝尔不等式和量子纠缠的实验验证上,而2013年的获奖者则是从量子光学领域的理论层面开展的量子信息工作。

如果说克劳瑟、蔡林格和阿斯派克特是量子信息领域的第一代开创者,那么奥地利物理学家彼得·佐勒(Peter Zoller, 1952—)和西班牙物理学家萨斯图赖因(Juan Ignacio Cirac Sasturain, 1965—)可以说是第二代研究者。他们2人都是研究量子光学出身,在奥地利因斯布鲁克大学相遇后,佐勒带领萨斯图赖因开展了针对冷原子和囚禁粒子的研究。当时蔡林格正在那里建立自己的实验室,形成了因斯布鲁克大学非常好的研究量子光学的氛围。而在20世纪90年代,原子物理和量子光学为量子信息和凝聚态物理的跨学科联系提供了独特的实验与理论环境。1994年,他们2人一同参加了在美国博尔德举办的原子物理国际会议(ICAP)。会议邀请一位来自牛津大学的年轻科学家阿图尔·埃克特(Artur Ekert, 1961—)进行了以“量子计算”为主题的报告。埃克特在报告中详细说明了量子计算的原理和优势,并在报告最后表达了希望有人能解决如何建成一台量子计算机这个问题。佐勒和萨斯图赖因当即想到他们正在研究的系统是有可能做到的。几个月后,他们确定了如何用囚禁冷离子实现量子计算机的原理,并在1994发表合作完成的一篇文章——《应用冷囚禁离子的量子计算》^[10],其中详细描述了如何用冷囚禁离子作为操控量子比特的控制非门(NOT Gate)的物理机制。这种系统可以忽略退相干,并且使测量仪器有较高的效率。不久之后,就有人从实验上验证了这种理

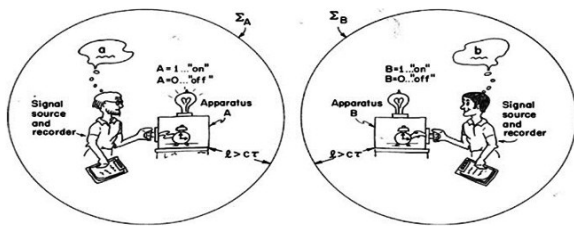


图1 约翰·克劳瑟在1976年意大利西西里艾瑞克举办的以“实验量子力学”为主题的会议上展示的一副图,表现了贝尔不等式实验所需要的最简单的装置,从中可以看出现代量子通信的基本原理,图中标出的角色“信号源和记录员”如今被称为爱丽丝和鲍勃^[9]

Fig. 1 A picture presented by John Clauser at a conference on "Experimental Quantum Mechanics" held in Eric, Sicily, Italy in 1976

论的可能性,并有研究小组开始用这种物理机制建造量子计算机的小型原型机。

2.3 贝内特和布拉萨德的贡献

虽然克劳瑟、蔡林格、阿斯派克特、佐勒和萨斯图赖因因为在量子信息领域的贡献更早获得沃尔夫物理学奖,但是真正开启量子信息这个学科的却是2018年刚刚获得沃尔夫物理学奖的贝内特和布拉萨德。

1948年贝尔实验室的2项发现引发了21世纪生活各个方面的转变。一项是晶体管启动了令人惊叹的电子迷你化;另一项是克劳德·香农(Claude Shannon, 1916—2001)在信息理论的革命性论断^[11]:任何想要进行交流的信息——文字、声音、图片、形状、动作、甚至是气味——都能用0和1进行编码。通过无线电或者光线等通道传输到远程位置,然后为了接收信息的人的方便,重新组装成近似的原始信息。香农的理论是宏观物体作为信息载体的理想化,像打孔卡、齿轮和电开关。这种信息可以在不干扰原始信息的情况下被准确地读取和拷贝。但是量子力学的出现,让科学家发现在微小物质中的信息表现更为微妙。根据海森堡测不准原理,我们无法测量一个原子或者一个光子的准确状态,因为只要这么做就会干扰它们。从20世纪30年代,薛定谔(Erwin Schrödinger, 1887—1961)提出了量子纠缠这种现象,爱因斯坦等的EPR悖论使这种量子特有的性质开始被关注到,但在20世纪70年代克劳瑟等开始的实验验证之前,这种纠缠性质与信息发展并没有关联在一起。

香农的论文发表20年后,也就是量子纠缠开始被实验物理学家在实验中实现的同一时期,史蒂芬·威斯纳(Stephen Wiesner, 1942—)发现量子的特殊性质可以用于香农理论没有述及的一些情况中,例如2个信息组合为整体信息进行传输,接收者可以通过恢复其中1个就能得到整个信息,而不用2个信息都恢复。威斯纳没有发表或者公布这个想法,只是告诉了几个朋友。IBM研发部的查尔斯·贝内特和蒙特利尔大学的吉尔斯·布拉萨德最先认真地研究了这个想法,并且将他的想法进行了进一步的发展,由此开启了量子信息科学这个学科。

查尔斯·贝内特1943年生于美国,父母都是音乐教师。1960年他从克罗顿-哈门高中(Croton-Harmon)毕业,1964年在美国布兰迪斯大学(Brandeis University)获得化学学士学位。1971年在哈佛大学获得博士学位,在导师大卫·托伯(David Turnbull, 1915—2007)和伯尼·艾尔达(Berni Julian Alder, 1925—)的指导下,进行分子动理论(分子运动的计算模拟)的研究。博士毕业后,他在美国阿贡国家实验室(Argonne Laboratory)跟随安内苏·拉赫曼(Aneesur Rahman, 1927—1987)在与物理和信息相关的领域进行了2年的研究。1972年他进入了IBM研发部,继续在物理和信息交叉领域开展研究。

20世纪60年代,时任IBM固态科学研发部主任的罗尔夫·兰道尔(Rolf Landauer, 1927—1999)深信信息具有物理内涵、遵循物理定律,为推进信息和物理的融合做出很大贡献。他积极探索信息中的热力学,推翻了人们普遍持有的每个基本的信息处理行为都需要消耗与平均热能同等的功的说法^[12]。他在1961年的文章中指出:对信息的可逆性处理并不会导致熵增,但是擦除信息却是一个不可逆过程,是必然会有熵增的。这个也被称为“兰道尔原理”。1973年,在兰道尔工作的基础上,贝内特发现通用计算可以通过逻辑和热力学可逆设备来执行,该设备每步可以以任意小的能量消耗进行操作,因为它避免了丢弃关于过去逻辑状态的信息。1982年,他提出了对麦克斯韦妖的重新解释,指出麦克斯韦妖在获取关于分子运动的信息后会将其储存在“大脑”或“记忆体”中,以实现下一个热力学循环^[13],将其无法破坏热力学第二定律归因于清除了信息而不是获取了信息。1983—1985年,贝内特在波士顿大学作计算机科学的访问学者,教授密码学和计算物理课程。

吉尔斯·布拉萨德比贝内特小12岁。他1955年出生在加拿大蒙特利尔,在康奈尔大学获得博士学位,学习的是理论计算机科学,专业方向是密码学。1979年,他开始在加拿大蒙特利尔大学工作,2001年成为加拿大量子信息科学学会主席。

1984年,贝内特开始与布拉萨德合作研究量

子加密系统,将之命名为BB84。他们基于不确定原理使没有进行信息加密传输的双方可以安全进行通信。1989年,在约翰·斯莫林(John Smolin)的帮助下,他们又演示了这个系统如何运行。这个加密系统意义非凡,虽然已经有不少人都提出过将量子理论运用到信息技术中,但是还没有人真正实现过这两者的结合。1993年,他们2人发现了如何进行“量子隐性传态”——将未知量子态中的完整信息分解为纯经典信息和量子态特有的EPR关联信息,由2个通道进行传送,然后在接收位置重新组合,将发送过程中被破坏的原始量子态精确复制。这种类似于科幻小说中才会出现的情形引起了很多科学家的兴趣,1997年,蔡林格首先在实验上实现了他们提出的这个设想,使量子通信成为可能。

3 从量子力学的基础研究到与信息学的结合

虽然3届沃尔夫物理学奖获得者的工作都对量子信息的发展起到了关键性的作用。但是他们的出发点是全然不同的。这也可以从侧面感受到沃尔夫物理学奖所代表的科学界对于量子信息这一新兴学科的态度。

3.1 第一代获奖人的哲学思考

虽然量子信息科学在20世纪90年代中期才随着贝内特和布拉萨德的工作发展起来,但是它的实验基础却可以追溯到20世纪70年代。2010年的获奖者之一约翰·克劳瑟,1972年首先通过实验对贝尔不等式进行了验证。而这个实验工作的延续和发展,成为了量子纠缠可以做为量子信息传播载体的契机。然而不管是克劳瑟、阿斯派克特还是现在已经被认为是量子信息的先行者和领头人的蔡林格,在开展实验的时候都没有想到这会跟信息学联系在一起。他们的初衷都是对爱因斯坦提出的EPR悖论和贝尔不等式进行验证,以探索量子力学的基本问题。

量子力学对处于研究生时期的克劳瑟是个大难题,他曾经考了3次才通过了高等量子力学的课程。在反复的学习理解中,他自然而然地对量子力

学产生了质疑。加上当时美国国内由于越南战争而蔓延的英雄主义氛围,让他非常想在物理学界做出惊天动地的成就。因此证明量子力学的哥本哈根解释是不完备的成为了他的目标^[14],当然最后的结果并没有达到他的目标。而阿斯派克特利用更为先进的设备继续验证贝尔不等式的实验,解决了实验仪器测量系统的干扰问题,基本上证实了量子力学的正确性。蔡林格则是在1976年参加约翰·贝尔举办的量子力学基础问题的研讨会时,对会上所讨论的EPR佯谬、量子纠缠、贝尔不等式等内容十分感兴趣,开始了这方面的实验探索。这几位实验物理学家,尤其是克劳瑟和蔡林格,对量子力学基础问题的探索是带有明显的哲学思辨倾向的。他们受同为实验物理学家的贝尔的影响,对量子力学的基本诠释问题很感兴趣。克劳瑟同样参加了1976年贝尔举办的研讨会,并在会上做了2个报告:一个是介绍了验证贝尔不等式的实验工作,另一个报告的题目是“贝尔理论的哲学动机和实验物理学家的的问题”^[15],这表现了他在哲学方面的思考。而蔡林格在2003年的《百家讲坛》节目中作了一个题为“量子物理学的实验与哲学基础”的报告^[16],表达了他开展实验研究的根本目的还是验证量子力学的正确性,并且从哲学的角度,将量子力学与信息联系在一起。

3.2 2013年获奖者与2018年获奖者的对比

2010年的获奖者的主要目标还是着眼于量子力学的基础问题。而2013年和2018年的获奖者的主要贡献从初衷上来说就是围绕量子信息领域,但是二者也有很大的不同。对比这两代获奖者可以发现,2013年的获奖者佐勒和萨斯图赖因在量子信息方面的工作是在贝内特2人之后的。佐勒和萨斯图赖因主要研究方向是在量子光学领域,属于纯物理学的理论研究,在听了埃克特的报告后才想到把囚禁离子和冷原子利用到量子计算机中。而贝内特的研究背景虽然是物理学,但是正式从事科研工作以来就是围绕着物理与信息的交叉领域。并且他深受兰道尔工作的影响,研究工作的思想内涵就是建立在信息如何用物理学来解释。他的合作伙伴布拉萨德则完全是计算机科学研究背景。

当然,这两代获奖者都在各自领域很好地做到了与另一领域的交叉融合,使量子信息在20世纪90年代蓬勃发展起来。

4 结论

近年量子信息技术不断走向成熟,其中量子计算机是目前仅次于人工智能的技术热点。2017年5月,中国科技大学潘建伟团队在上海宣布成功构建10量子比特计算机。2017年4月,谷歌宣布要在2017年底打造出世界上第一台可以超越传统计算机的量子计算机,实现49个量子比特的操纵,2017年10月验证成功了利用超导回路搭建49个量子比特计算机的可行性。IBM的进步更为神速,2017年11月宣布研制成功50量子比特的量子计算机原型;其量子计算机的量子态保持时间均达到了90 μs ,刷新了业界记录。在量子通信领域,2016年8月,墨子号量子科学实验卫星升空,2017年8月完成了量子纠缠分发、量子密钥分发、量子隐形传态三大科学实验任务。该领域做出了两项杰出成就,一个是量子卫星墨子号的升空,一个是量子计算机的研制^[17],这两方面的应用成果世界瞩目。而这些应用上的突出成果或多或少对世界科学界对于量子信息的承认给予了积极正面的影响。

沃尔夫物理学奖在2010年以来对量子信息领域的青睐,一方面反映了科学界对于这种技术应用发展的重视,另一方面表现了对物理学与计算机信息科学和通信相互融合的支持和鼓励。不管是信息科学中表现出了物理学本质,还是物理学在应用技术领域继续发挥的关键性基础理论指导作用,都对科学界继续在交叉领域的探索有着重要意义。

参考文献(References)

- [1] Wolf Foundation[EB/OL]. [2018-12-20]. <http://www.wolf-fund.org.il/index.php?language=eng>.
- [2] Piran T. Wolf Prize in physics[M]. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2016.
- [3] 2018 Wolf Prize in science and arts[EB/OL]. [2018-02-14]. <https://research.mit.edu/2018-wolf-prize-sciences-and-arts>.
- [4] Einstein A, Podolsky B, Rosen N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete[J]. Physical Review, 1935, 47: 777-780.
- [5] Bell S J. On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox[J]. Physics, 1964(1): 195-200.
- [6] Clauser F J, Horne A M, Shimony A, et al. Proposed experiment to test local Hidden-Variable theories[J]. Physical Review Letters, 1969, 23(15): 880-884.
- [7] Clauser F J, Horne A M. Experimental consequences of objective local theories[J]. Physical Review D, 1974, 10(2): 526-535.
- [8] Greenberger D, Horne M A, Zeilinger A. Going beyond Bell's theorem[C]//Kafatos M eds. Bell's Theorem, Quantum Theory, and Conceptions of the Universe. Dordrecht: Springer, 1989.
- [9] Clauser F J, Bellme M A, Zeilinger A. Going beyond Bell's theorem[C]//Kafatos M eds. Bell's Quantum Speakables. Dordrecht: Springer, 2017: 480.
- [10] Cirac I J, Zoller P. Quantum computations with cold trapped ions[J]. Physical Review Letters, 1995, 74: 4091-4094.
- [11] Shannon C E. A mathematical theory of communication[J]. The Bell System Technical Journal, 1948, 27(3): 379-423.
- [12] Bennett C. Rolf Landauer(1927-1999)[J]. Science: New Series, 1999, 284(5422): 1940.
- [13] 王凯宁. 从粒子到信息: 统计物理与量子信息基础研究的关联与进展[J]. 科学技术哲学研究, 2017, 34: 31-35.
- [14] Bromberg J. Oral history interviews- John Clauser[EB/OL]. [2018-12-20]. <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/25096>.
- [15] Clauser F J. Philosophical motivations of Bell's theorem and the experimenter's problem[D]. Lawrence: Lawrence Berkeley National Laboratory, 1976.
- [16] 安东·泽林格. 量子物理学的实验与哲学基础[EB/OL]. (2017-02-24). <http://www.cctv.com/lm/131/61/85875.html>.
- [17] 万赞. 2017年信息科学热点回眸[J]. 科技导报, 2018, 36(1): 91-97.

Wolf Prize in Physics and the development of quantum information

YIN Pei^{1,2,3}, ZHU Huijuan^{3*}

1. The Institute for the History of Natural Science, China Academy of Sciences, Beijing 100010, China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3. Physics Department, Capital Normal University, Beijing 100048, China

Abstract The 2018 Wolf Prize in Physics was awarded to Charles Bennett and Gilles Brassard for their contributions to quantum information. The Wolf Prize in Physics has been awarded annually since 1976, which is the most important prize in the physics world. Many of the laureates have also won the Noble Prize in Physics. This article demonstrates the development footprint of quantum information through the breakthroughs of those laureates of Wolf Prize in Physics in 2010, 2013 and 2018, and compares the different research ideas between them.

Keywords Wolf Prize in Physics; quantum information; quantum communication; quantum teleportation



(责任编辑 陈广仁)



2018年8月27—31日,在中国科技大学主办的第8届国际量子密码会议(QCrypt2018)上,2018年沃尔夫物理学奖获得者 Charles Bennett(左)和 Gilles Brassard(右)主持了热点专题研讨,并与参会代表分享了他们在量子随机数和量子力学基础检验方面的最新研究成果。

2018年9月1日,应墨子沙龙邀请, Charles Bennett(右)、Gilles Brassard(中)和 Artur Ekert(左)联袂出场,为热爱科学的普通听众做了3场公益科普报告。

