

全图说 超导技术 的发展历史



近期，一则关于室温超导的发布会在媒体上引发热议。室温超导是几代人的梦想。当我们想到超导技术时，我们会立即联想到接近绝对零度、极低的电阻、巨大的磁场和高效的能源传输。自从1911年首次发现超导现象以来，超导技术一直是材料科学和物理学领域的一个重要研究领域。随着时间的推移，超导技术不断发展，推动着人类社会的进步。从实现宏观超导到高温超导的发现，再到基于超导材料、量子物理的各种应用的开发，从医学的核磁共振、量子物理学的粒子对撞机、量子通信、量子计算、电力传输和磁悬浮，这些前段的科技和应用都为我们带来了巨大的变革。超导技术正逐渐成为我们生活中不可或缺的一部分。本文将探讨超导技术和部分应用的发展历史，探索超导技术各个领域中的作用和未来的前景。喝水不忘挖井人，时刻铭记在心：任何一项伟大的科技发现和创新，都是基于前人的一点一滴。

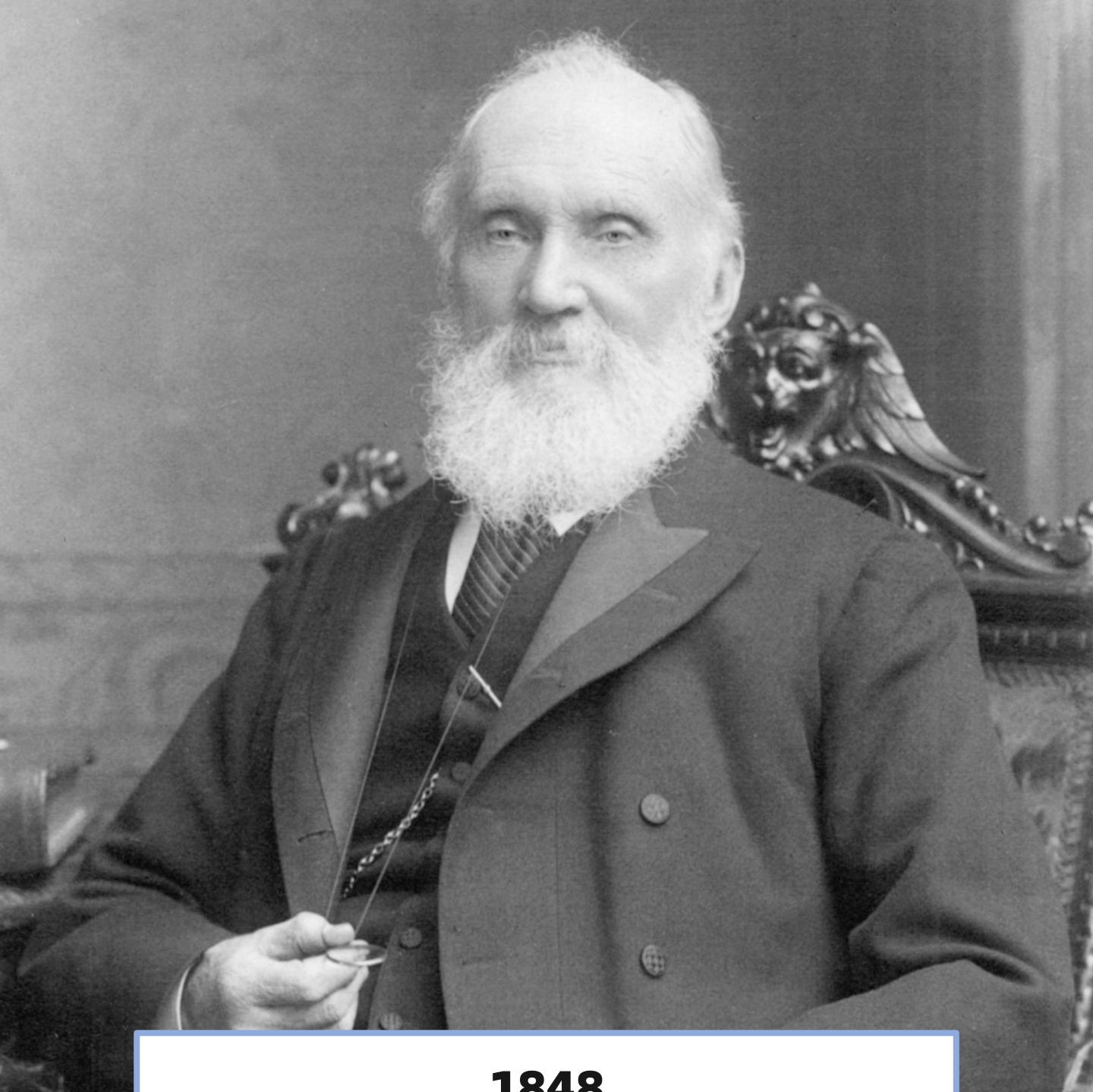




1665

现代化学的奠基人之一，现代实验科学方法的先驱罗伯特·博伊尔（Robert Boyle）在1665年关于冷冻实验中，阐明了绝对零度的概念。当时这是一个假说，并未被实际证明。



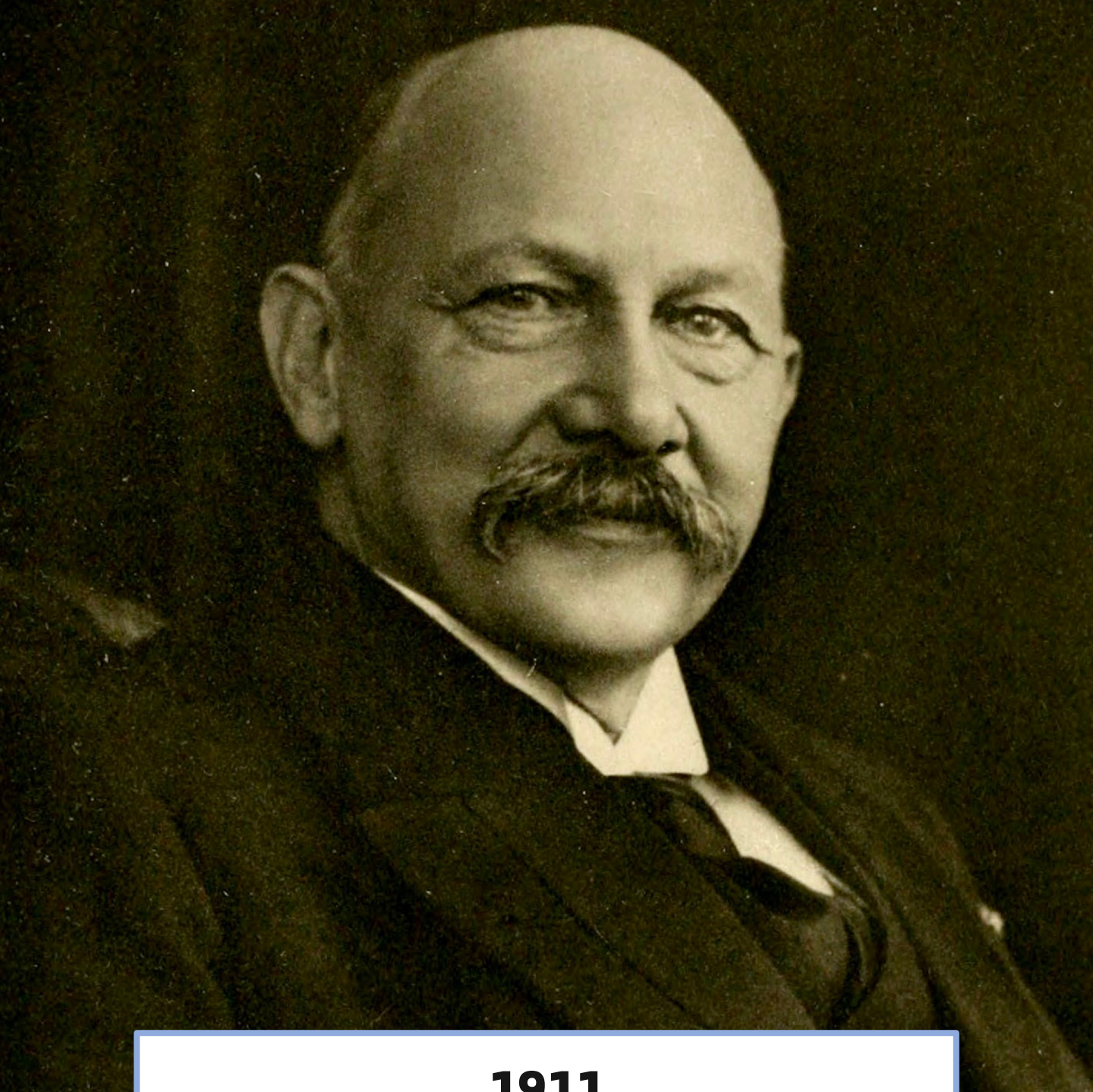


1848

英国数学物理学家第一代开尔文男爵威廉·汤姆森

(William Thomson, 1st Baron Kelvin) 在电的数学分析和热力学第一和第二定律的制定方面做了重要工作。他在1848年，确定绝对零度为 -273.15 摄氏度。为了纪念他，绝对零度就以开尔文 (K) 为单位表示。但他完全错误地预测金属电阻率在绝对为零时会变得无限大。

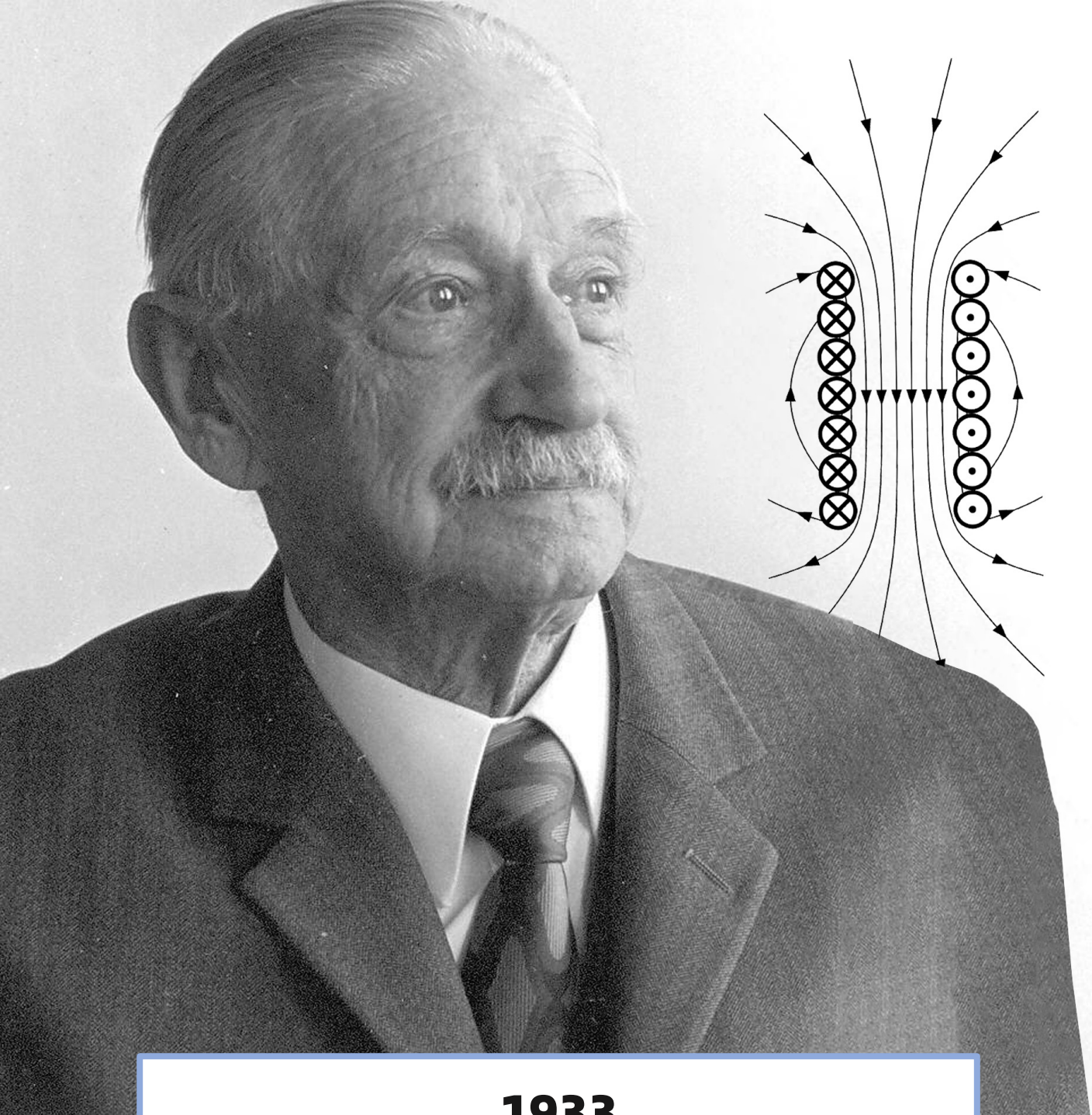




1911

荷兰物理学家海克·卡末林·昂内斯（Heike Kamerlingh Onnes）在1911年4月8日，在非常低的温度下测量了纯金属的电导率。发现在4.2K时，浸入液氮中的固态汞线的电阻突然消失。他称这种现象为超导现象，并获得了1913年的诺贝尔物理学奖。

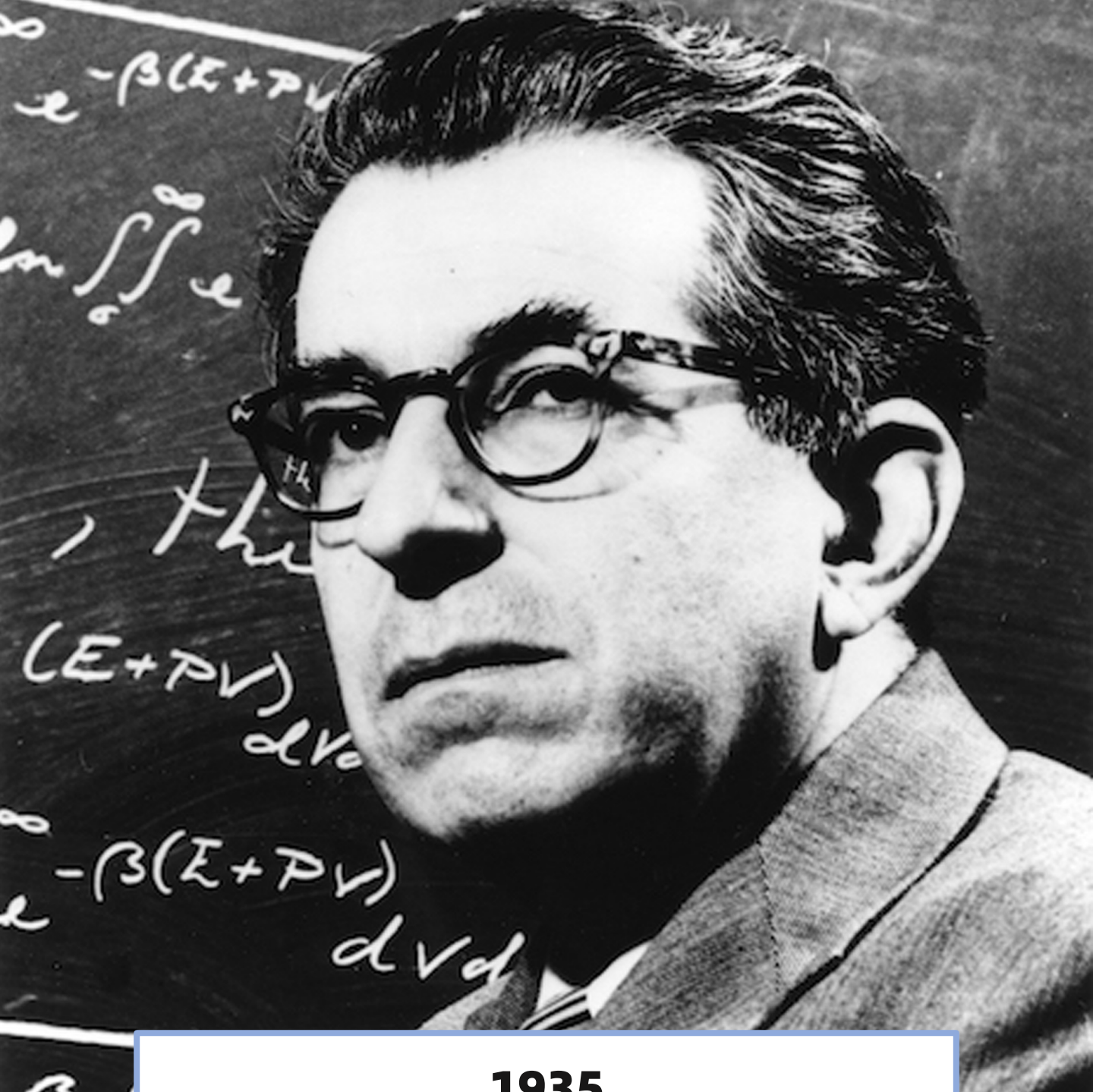




1933

德国技术物理学家弗里茨·瓦尔特·迈斯纳（Walther Meissner）和罗伯特·奥森菲尔德（Robert Ochsenfeld）在1933年发现了迈斯纳效应：当超导体冷却到临界温度以下时，超导体在过渡到超导状态期间磁场从超导体中排出。这种驱逐将排斥附近的磁铁。这证明超导具有磁悬浮的应用场景。



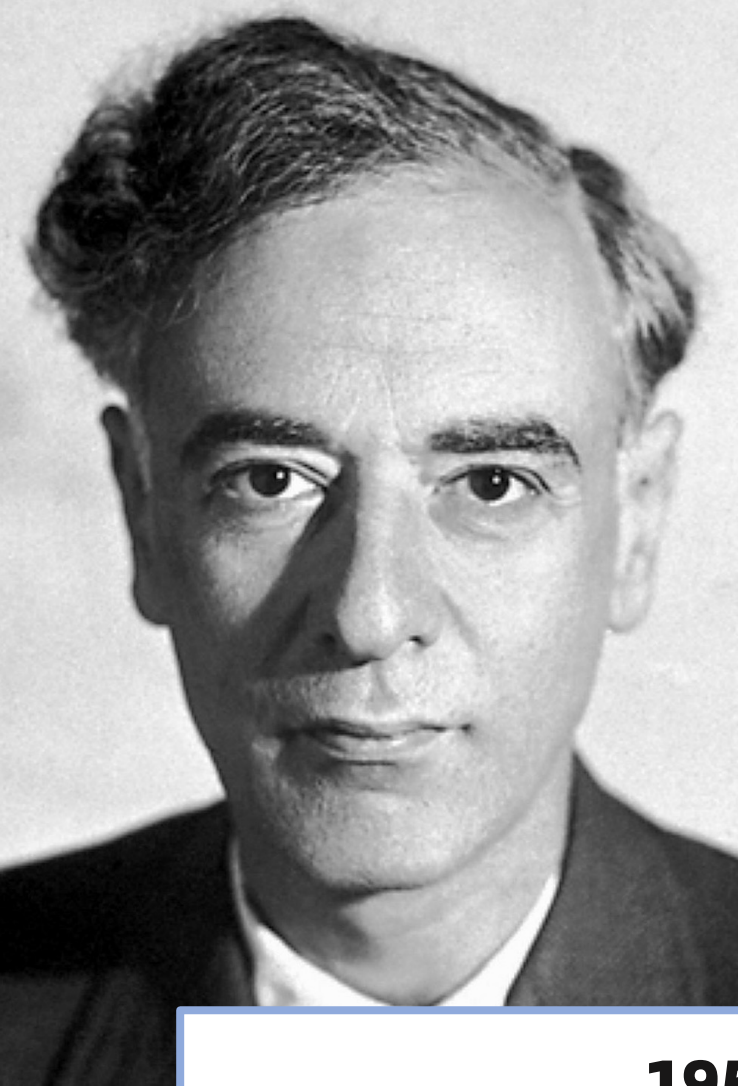


1935

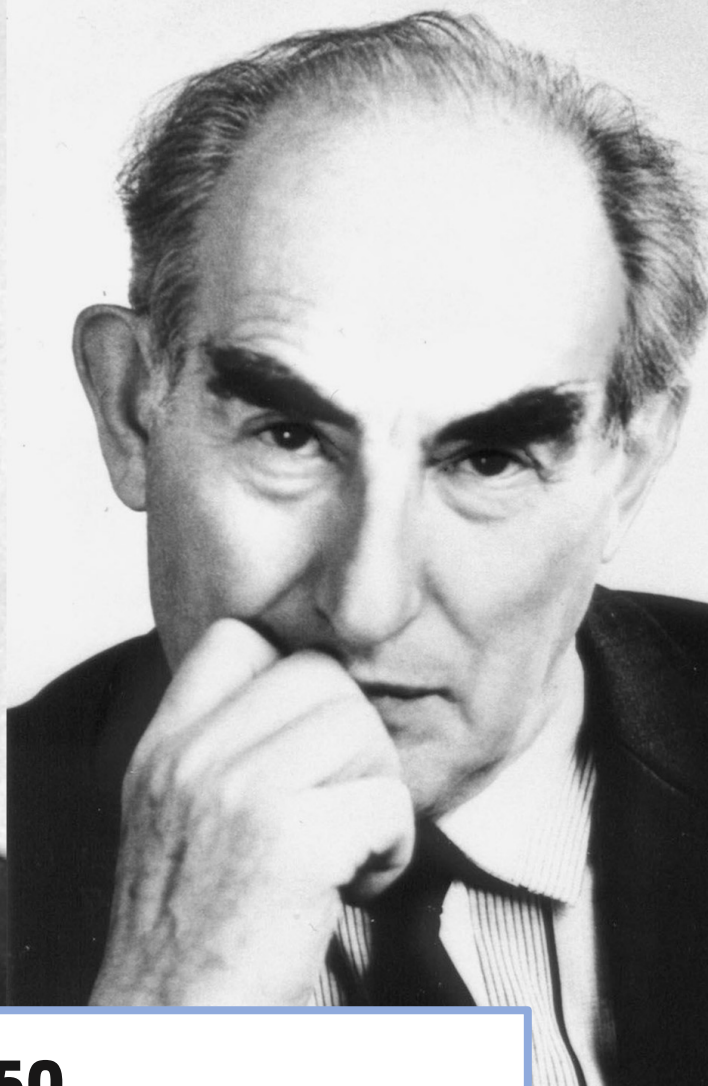
弗里茨·伦敦（Fritz Wolfgang London）和海因茨·伦敦（Heinz London）兄弟在1935年提出伦敦方程式，得出超导体内部磁场与到表面的距离的相关性，一种材料在超过超导阈值时以指数方式排出所有内部磁场。方程有几个局限，它不适合高温超导体，无法描述超导内部电流分布，而且假设的超导体是电阻为零的理想超导。



Lev Landau



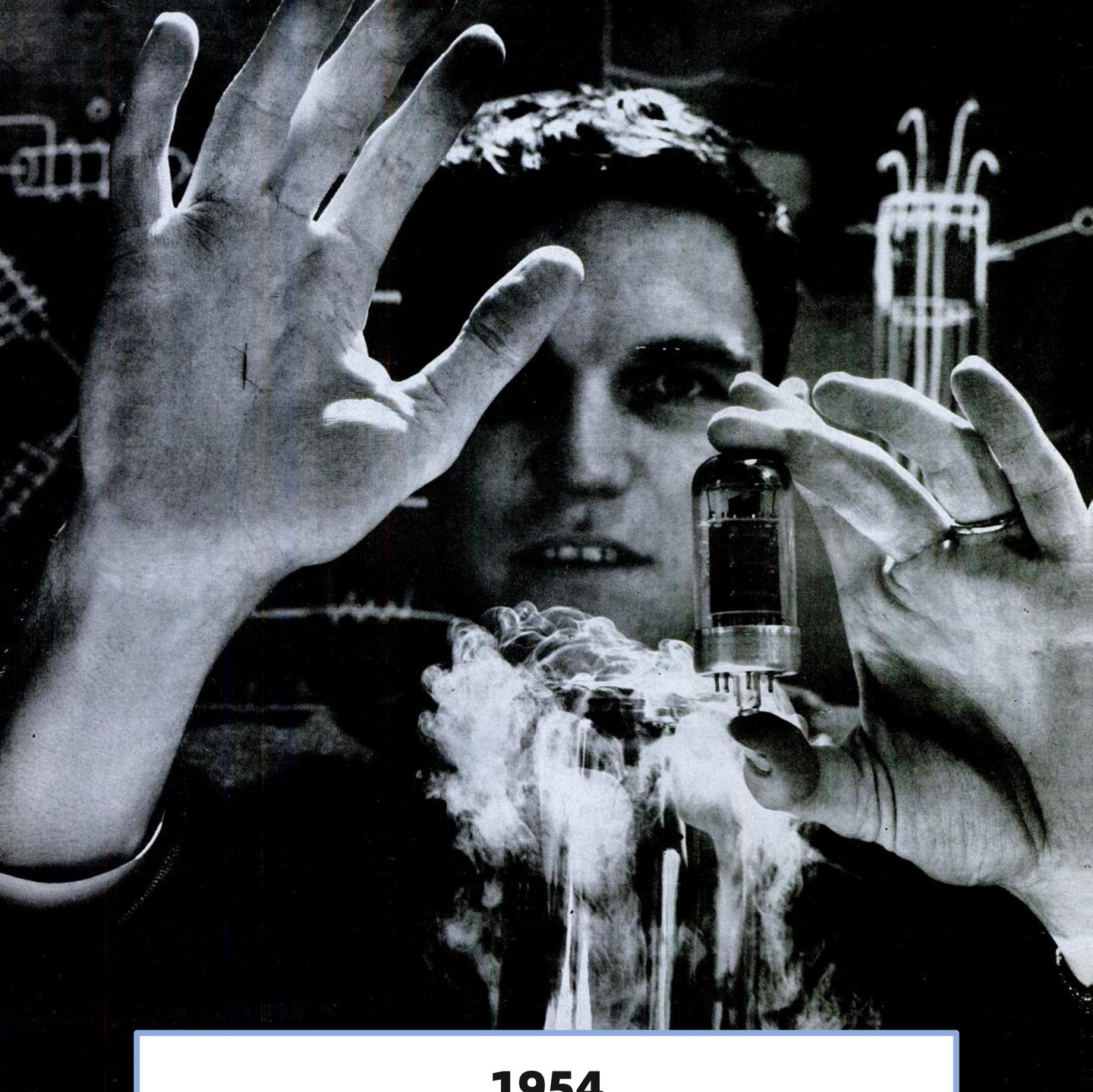
Vitaly Ginzburg



1950

苏联物理学家维塔利·金茨堡（Vitaly Ginzburg）和列夫朗道（Lev Landau）在1950年提出提出Ginzburg-Landau理论，将超导现象从微观量子物理学转化为了宏观物理学的范畴。如超导体的磁通量分布、超导态的能量、相变温度等。这使得研究超导现象变得更加容易和便捷。





1954

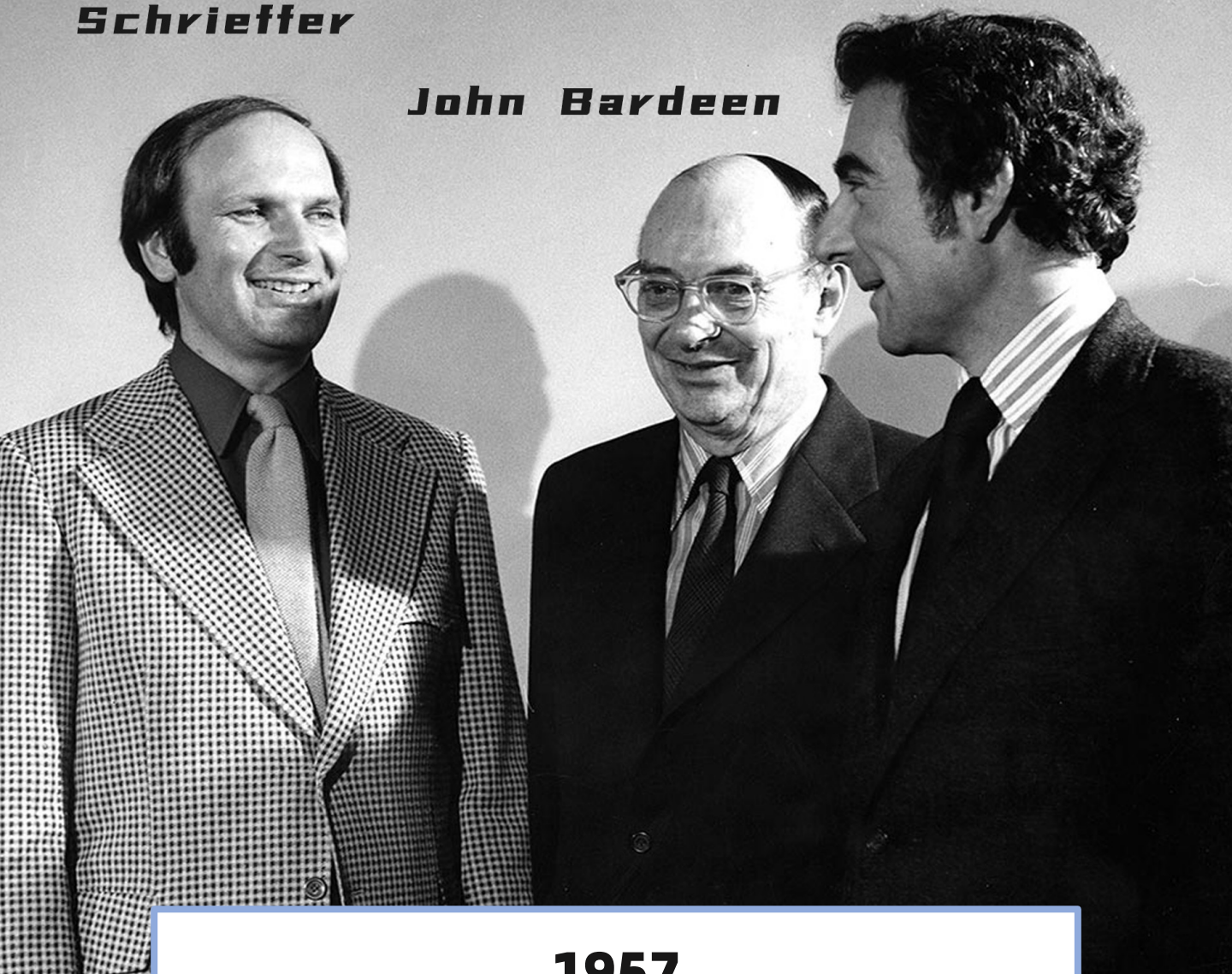
1954 年，电气工程师达德利·艾伦·巴克 (Dudley Allen Buck) 发明了低温管，由此开发了超导性的第一个实际应用。低温管在接近绝对零的温度下在液态氮中运行。1956 年，《生活》杂志展示了一张整版照片达德利·艾伦·巴克一只手拿着低温管，另一只手拿着真空管。



**John Robert
Schrieffer**

Leon Cooper

John Bardeen



1957

超导BCS理论，也称Bardeen-Cooper-Schrieffer理论，是由约翰·巴丁、利昂·库珀和罗伯特·施里费尔在1957年提出的一种解释超导现象的理论：在超导体中，电子通过与晶格振动相互作用来形成一种称为“库珀对”的电子配对。这些配对的电子以一种集体的方式运动，形成了一种宏观量子态，导致了超导现象。



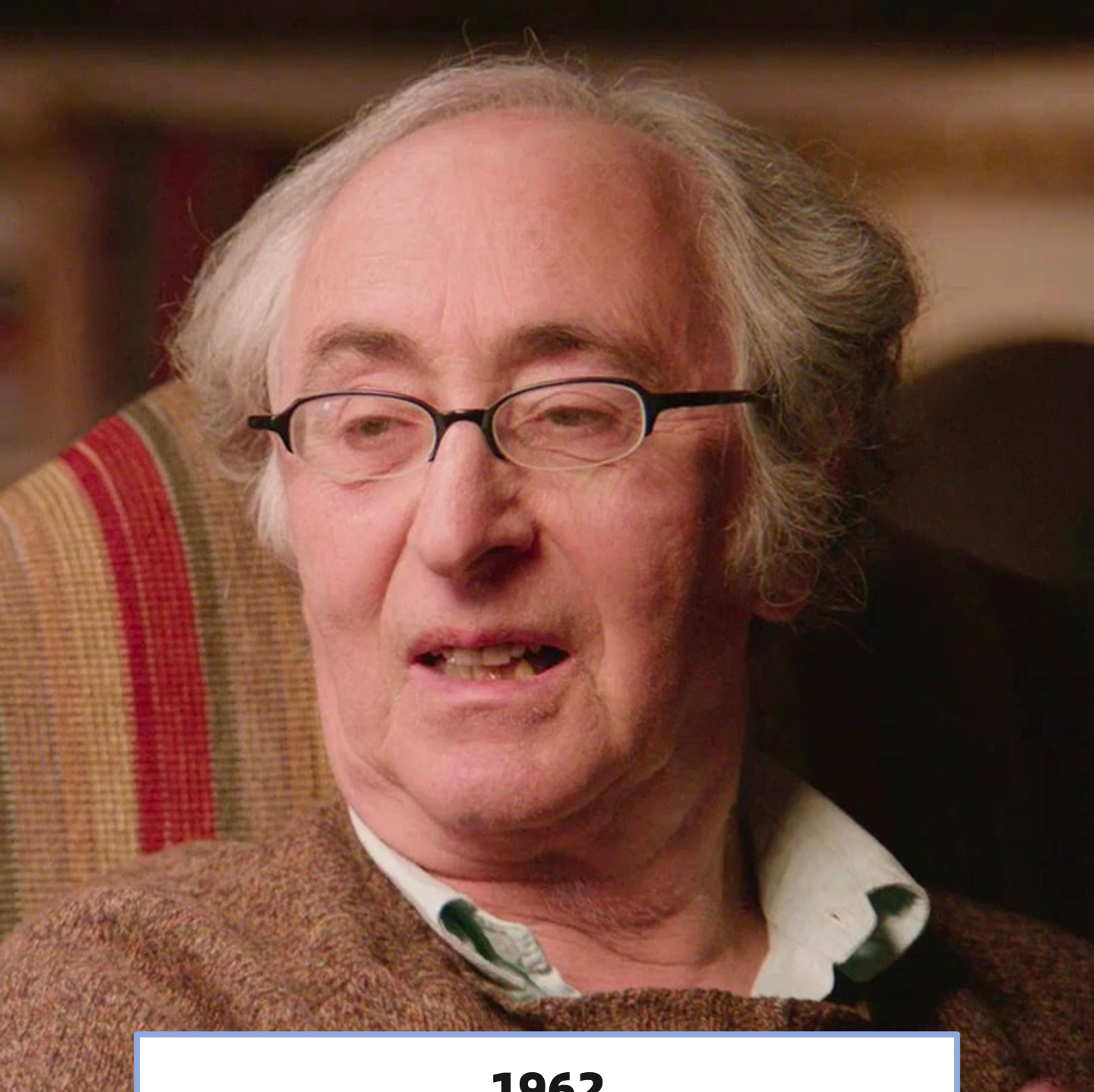
SUPER CONDUCTOR

THE RISE OF NIOBIUM-TIN

1961

在 1961 年，JE Kunzler、E. Buehler、FSL Hsu 和 JH Wernick 惊人地发现，在 4.2 开尔文时，铌-锡（一种由三份铌和一份锡组成的化合物）够在 8.8 特斯拉的磁场中支持每平方厘米超过 100,000 安培的电流密度。尽管铌锡易碎且难以制造，但事实证明，铌锡在产生高达 20 特斯拉的磁场的超磁铁中非常有用。





1962

英国理论物理学家布赖恩·约瑟夫森（Brian Josephson）在1962年做出重要的理论预测，当两个超导体通过一个非超导体连接时，可以出现电子对的隧穿效应，从而产生一个特殊的直流电流，称为约瑟夫森电流。这个电流的大小与所连接超导体之间的相位差有关，是一个量子效应。因此他获得了1973年诺贝尔物理学奖。



John Lambe

Robert Jaklevic

James Zimmerman

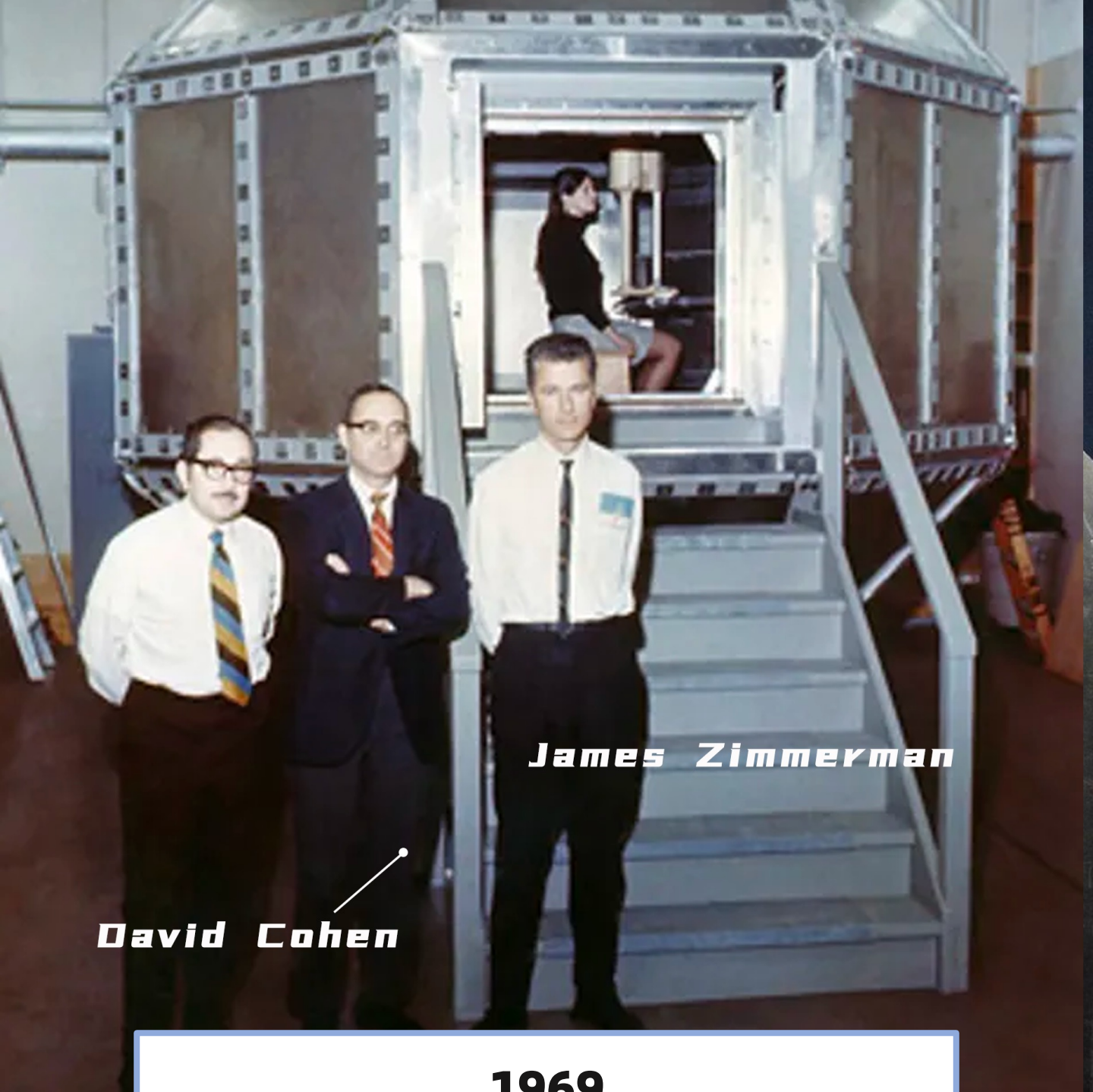
Arnold Silver

James Mercereau

1964

1964 年，福特研究实验室的 Robert Jaklevic、John J. Lambe、James Mercereau 和 Arnold Silver 在 Brian Josephson 于 1962 年发明了直流电超导量子干涉仪（DC SQUID）。1965 年，同样的团队又发明了射频超导量子干涉仪（RF SQUID）。为后续精密测量、量子计算、量子通信等领域的应用奠定基础。





1969

1969年12月，詹姆斯·齐默尔曼（James Zimmerman）离开福特之后，继续在研究超导量子干涉仪（SQUID）。与生物学专家大卫·科恩（David Cohen）一起使用科恩在麻省理工学院的屏蔽室记录了第一张低噪声心磁图。





1972

日本国家铁路公司(JNR)于1962年开始研究线性推进铁路系统，目标是开发一种可以在一小时内往返于东京和大阪之间的火车。1972年，日本国家铁路公司(JNR)宣布开发自己的超导磁悬浮系统(SCMaglev)，并在短轨道上首次成功运行。



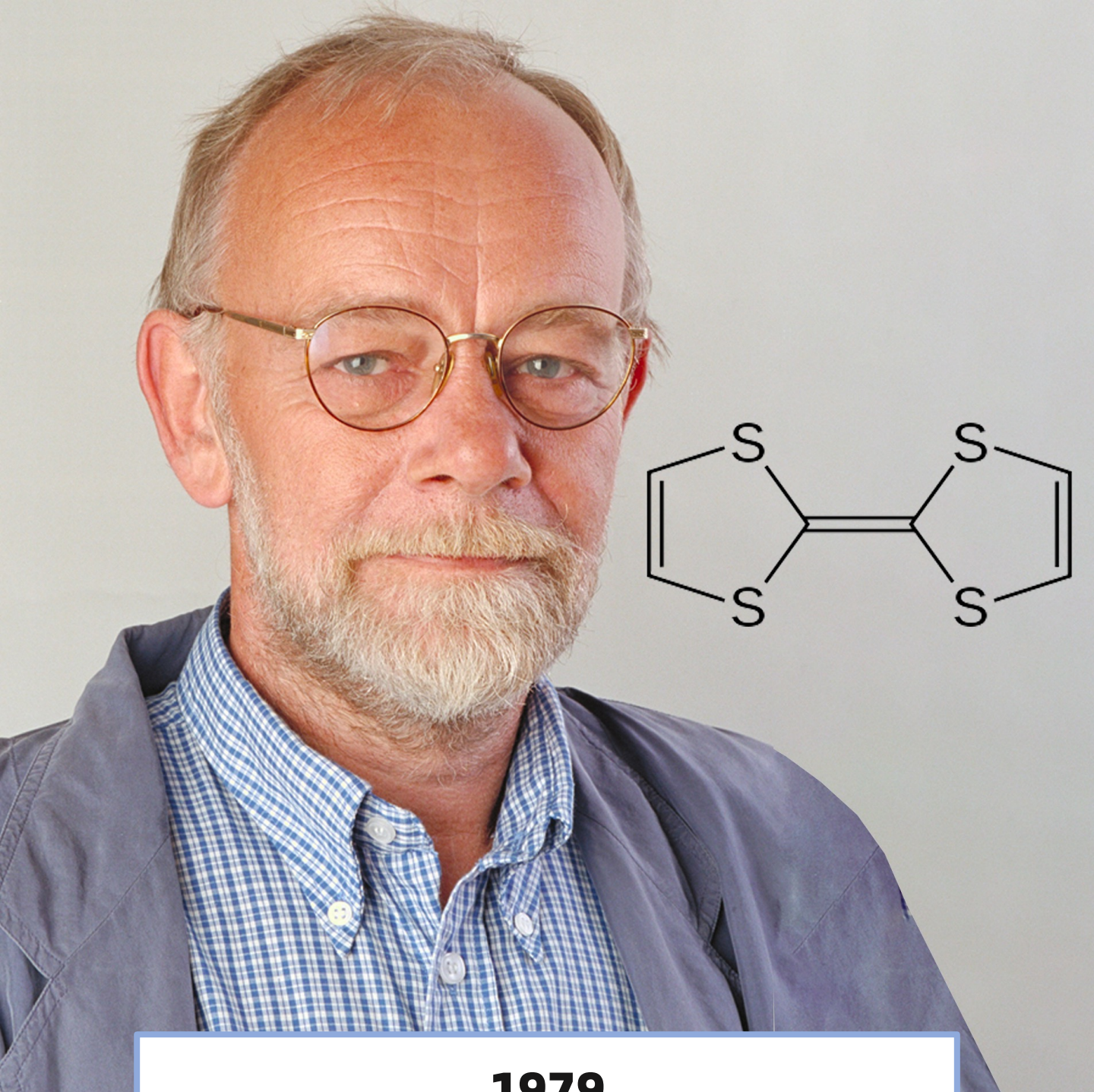


1977

美国医生、执业医师雷蒙德·瓦汉·达马迪安

(Raymond Vahan Damadian) 在1977年发明了一种安全、准确地使用核磁共振扫描人体的设备和方法，这种方法现在被称为磁共振成像(MRI)。他通过超导磁铁产生了一个非常强的稳定磁场，以便能给人进行全身的核磁共振成像。





1979

有机超导体是一种合成的有机化合物，在低温下表现出超导性。1979 年，丹麦科学家和化学家克劳斯·贝奇加德（Klaus Bechgaard）在 11 kbar 的外部压力下，合成了第一个转变温度为 $T_C = 0.9\text{ K}$ 的有机超导体 $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ ，这个有机物后来也成为“Bechgaard salt”。



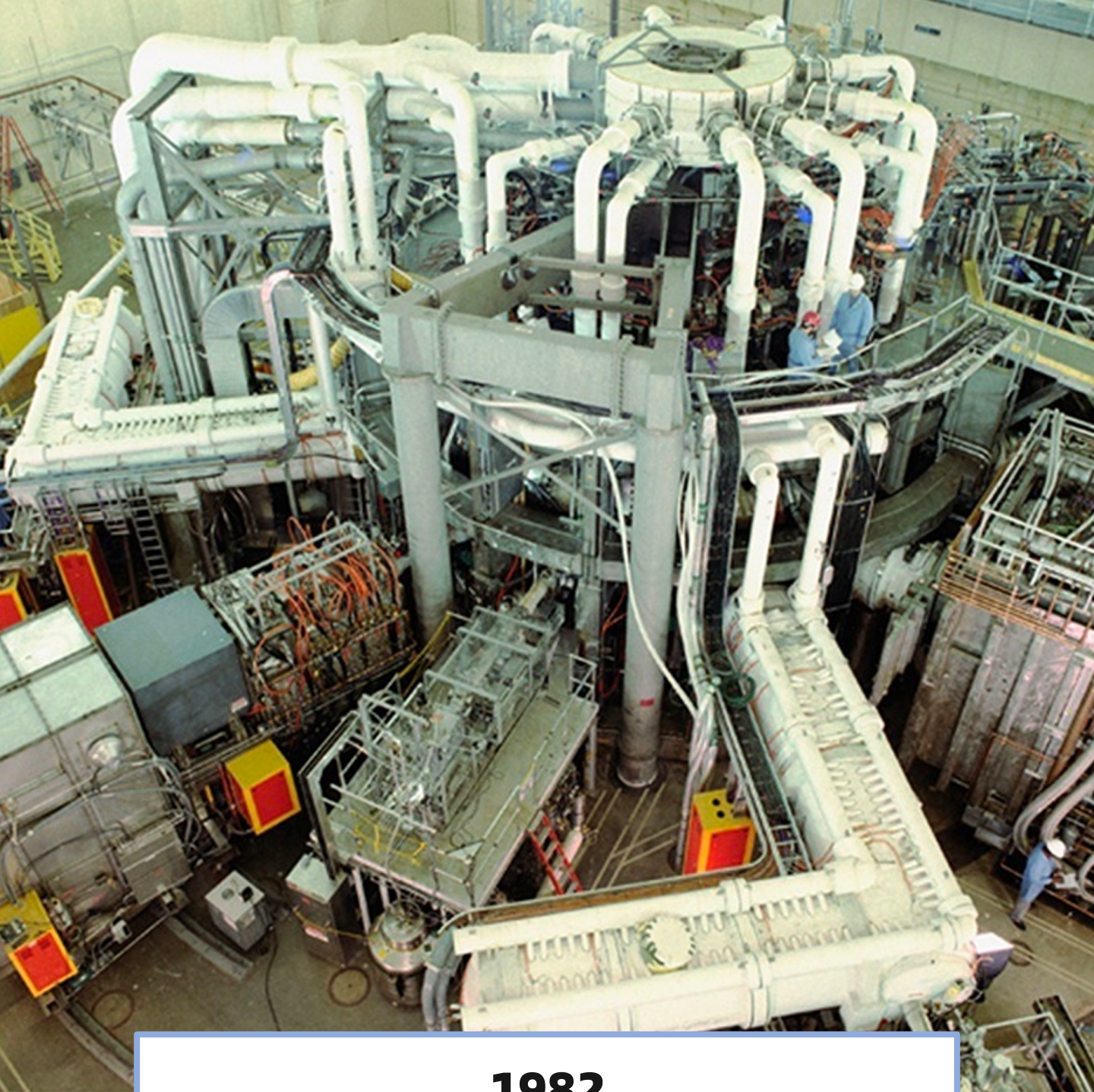


John Mallard

1980

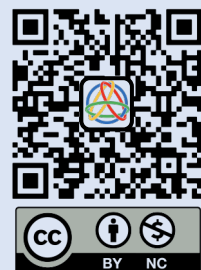
在 1970 年代，由约翰·马拉德 (John Mallard) 领导的团队在阿伯丁大学建造了第一台全身 MRI 扫描仪。这台机器后来于 1983 年至 1993 年在伦敦的圣巴塞洛缪医院使用。1980 年，这台机器使用 MRI 获得了患者内部组织的第一个临床有用图像。确定了患者胸部的原发性肿瘤、异常的肝脏和骨骼中的继发性癌症。





1982

托卡马克聚变试验反应堆(TFTR) 是1980年在普林斯顿等离子体物理实验室(PPPL) 建造并于 1982 年投入使用的实验性托卡马克装置。TFTR 使用了由铌钛 (NbTi) 合金制成的超导线圈。这些线圈使用液氦冷却到非常低的温度，这使得它们能够以零电阻导电并产生强磁场。



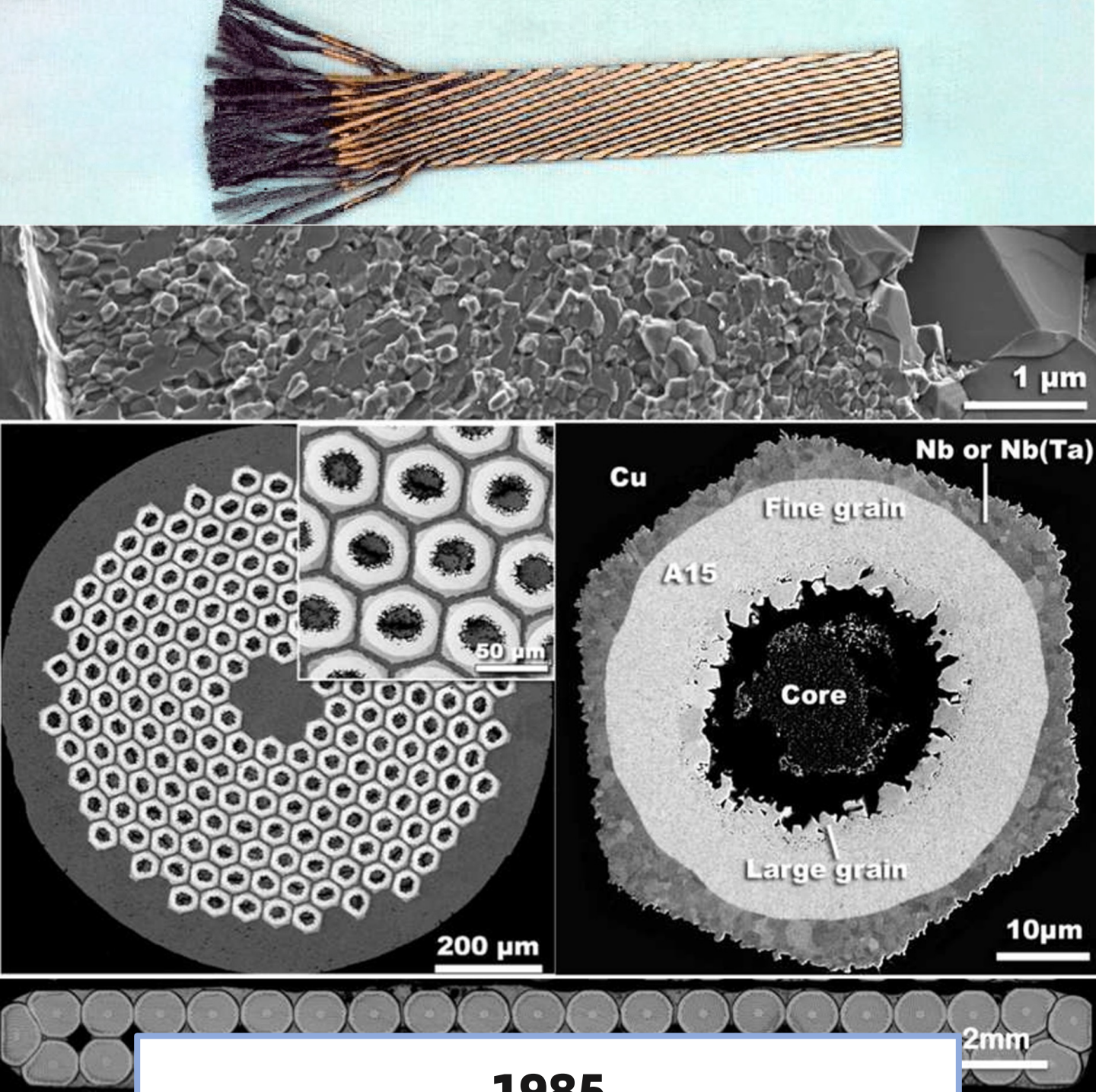


1983

Tevatron是位于美国伊利诺伊州巴达维亚的费米国家加速器实验室(Fermilab) 的对撞机型粒子加速器。

Tevatron 使用超导磁铁产生强磁场，以控制和聚焦穿过加速器的粒子束。这些磁体由铌钛 (NbTi) 超导线制成，具有非常高的临界电流，可以在接近绝对零 (-273.15°C) 的温度下工作以保持其超导特性。

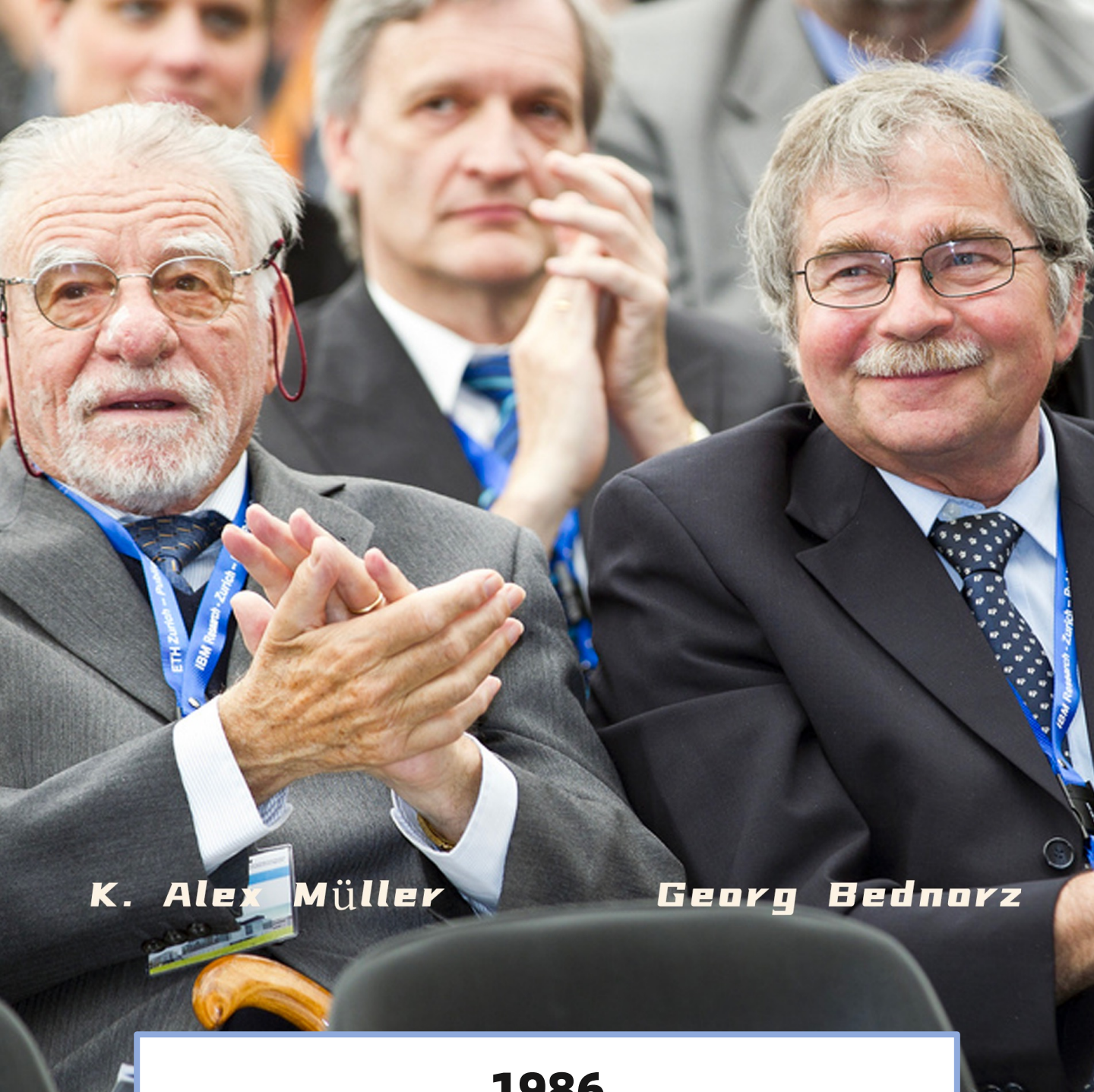




1985

英国科学技术设施委员会（STFC）运营的国家级科研实验室卢瑟福阿普尔顿实验室（RAL）在20世纪80年代发明了一种超导电缆卢瑟福线缆，用于大型强子对撞机（LHC）等高能粒子加速器。它由多层细超导导线组成，这些超导导线以螺旋状缠绕在中央冷却通道周围。具有相对较低电阻和热耗散的非常高的磁场。



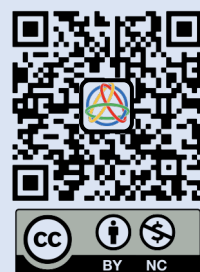


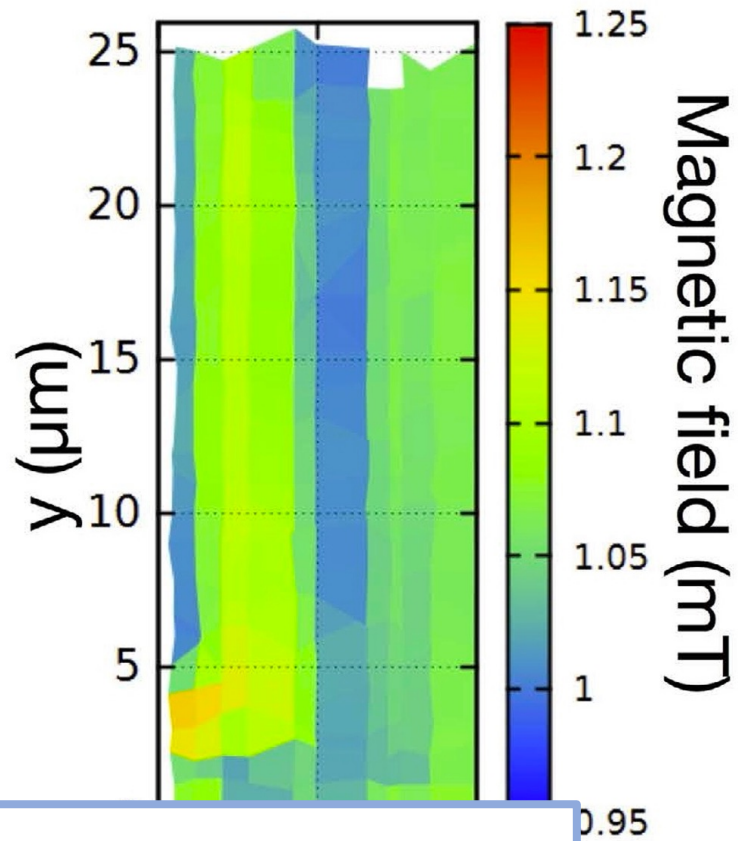
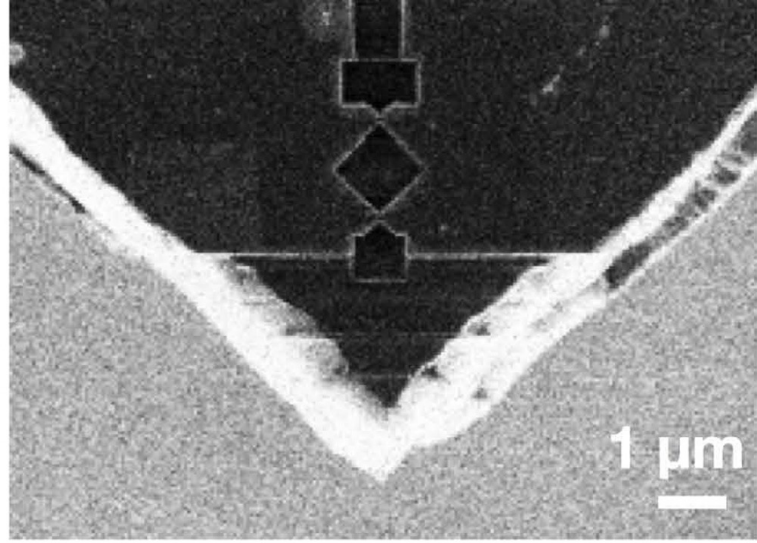
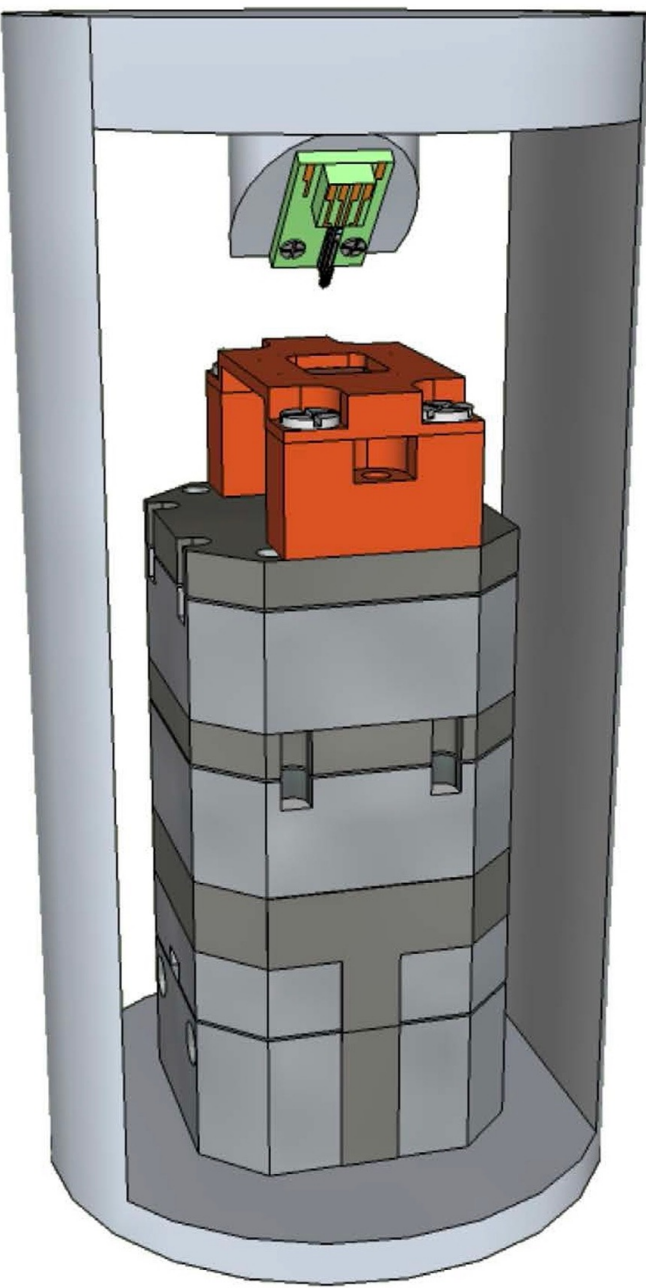
K. Alex Müller

Georg Bednorz

1986

1986 年：卡尔·米勒（Karl Müller）和 乔治·贝德诺兹（Johannes Georg Bednorz）在一类称为铜酸盐的陶瓷材料中发现了高温超导性。这一发现开辟了在高温下使用超导性的可能性，并引发了对高温超导体的特性和潜在应用的研究浪潮。第二年，两位也因为这一发现而闪电获得了诺贝尔物理学奖。





1992

马里兰大学帕克分校的弗雷德里克·查尔斯·威尔斯托德 (Frederick Charles Wellstood) 等专家教授在1992年开发了一种磁通量显微镜。使用超导量子干涉设备 (SQUID) 以微米级分辨率对表面磁场强度进行成像。这种磁通量显微镜后续在材料学和生物物理学等领域被广泛运用。





1996

瑞士国际电气工程公司ABB在1996年宣布成功安装了第一台用于电力公共事业的商业运行高温超导设备——限流器。利用了超导体的独特能力，当冷却到特定温度以下并且电流低于特定阈值水平时，它可以无电阻地传输电力。





1997

日本山梨县磁悬浮试验线的建设始于 1990 年，1997 年开通。2009 年，日本国土交通省才认为超导磁悬浮列车具备商业运营条件。2011 年，超导磁悬浮列车在中央新干线上运行。目前这个系统还在建设中，2027 年连接东京和名古屋，2037 年连接大阪。



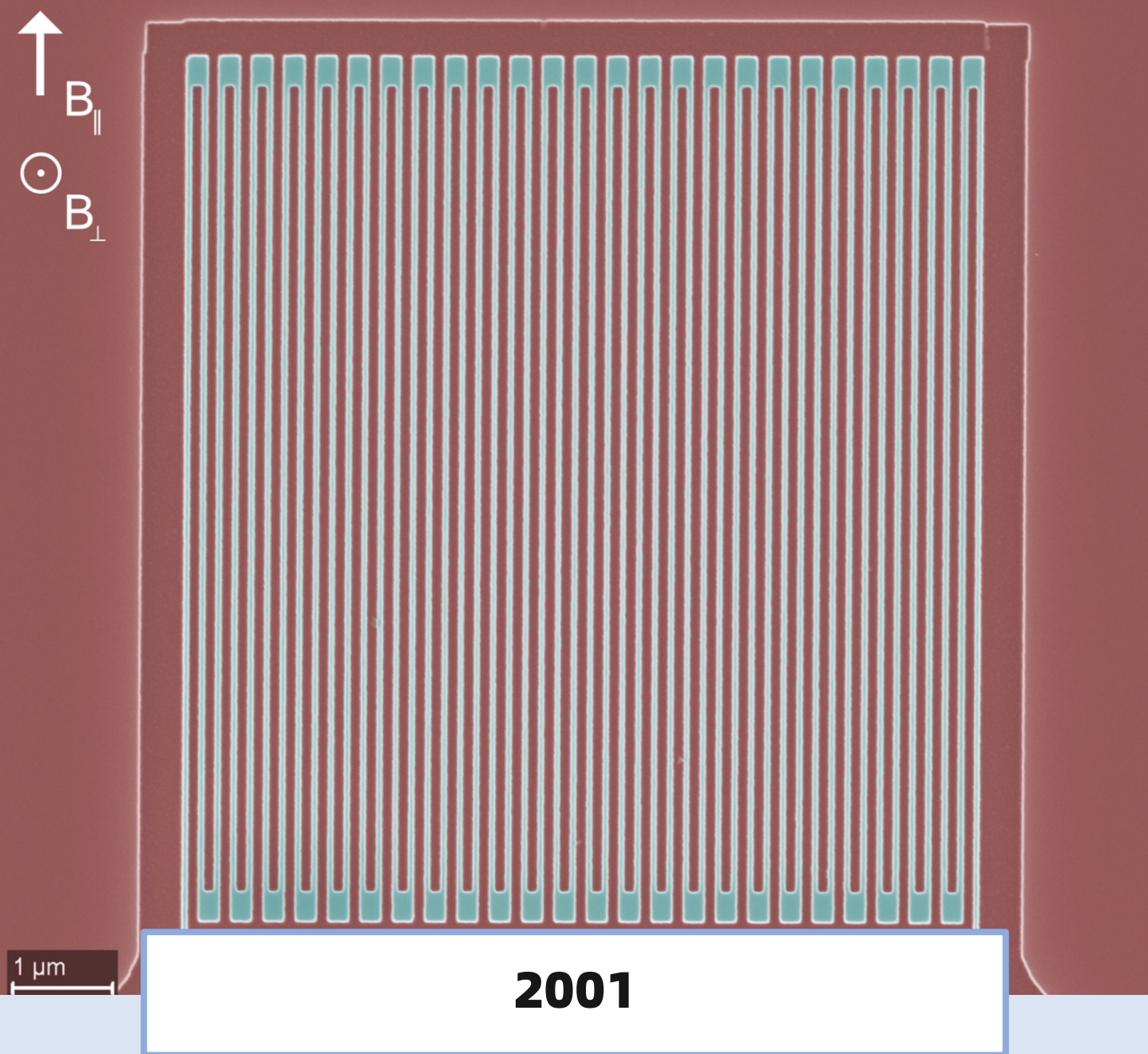
SuperPower[®] Inc.

2000

SuperPower Inc. 是2000年成立的第二代高温超导 (2G-HTS) 线材的领先制造商。2G-HTS 导线可以在没有电阻率的情况下传输电流，最终为零欧姆：这意味着功率器件可以缩小到非常紧凑的尺寸，并且在低温下运行时不会产生焦耳热温度（例如 77K、30K、4.2K）。超导线材产品广泛用于电力、能源、医疗、交通等领域。



Superconducting nanowire single-photon detector



莫斯科国立师范大学和罗切斯特大学的科学家于 2001 年开发了超导纳米线单光子探测器。超导纳米线单光子探测器的基本原理是将这些载流子对转化为一个可观测的电信号，从而检测到单个光子的存在。这在量子通信、光学成像等多个场景有广泛应用。



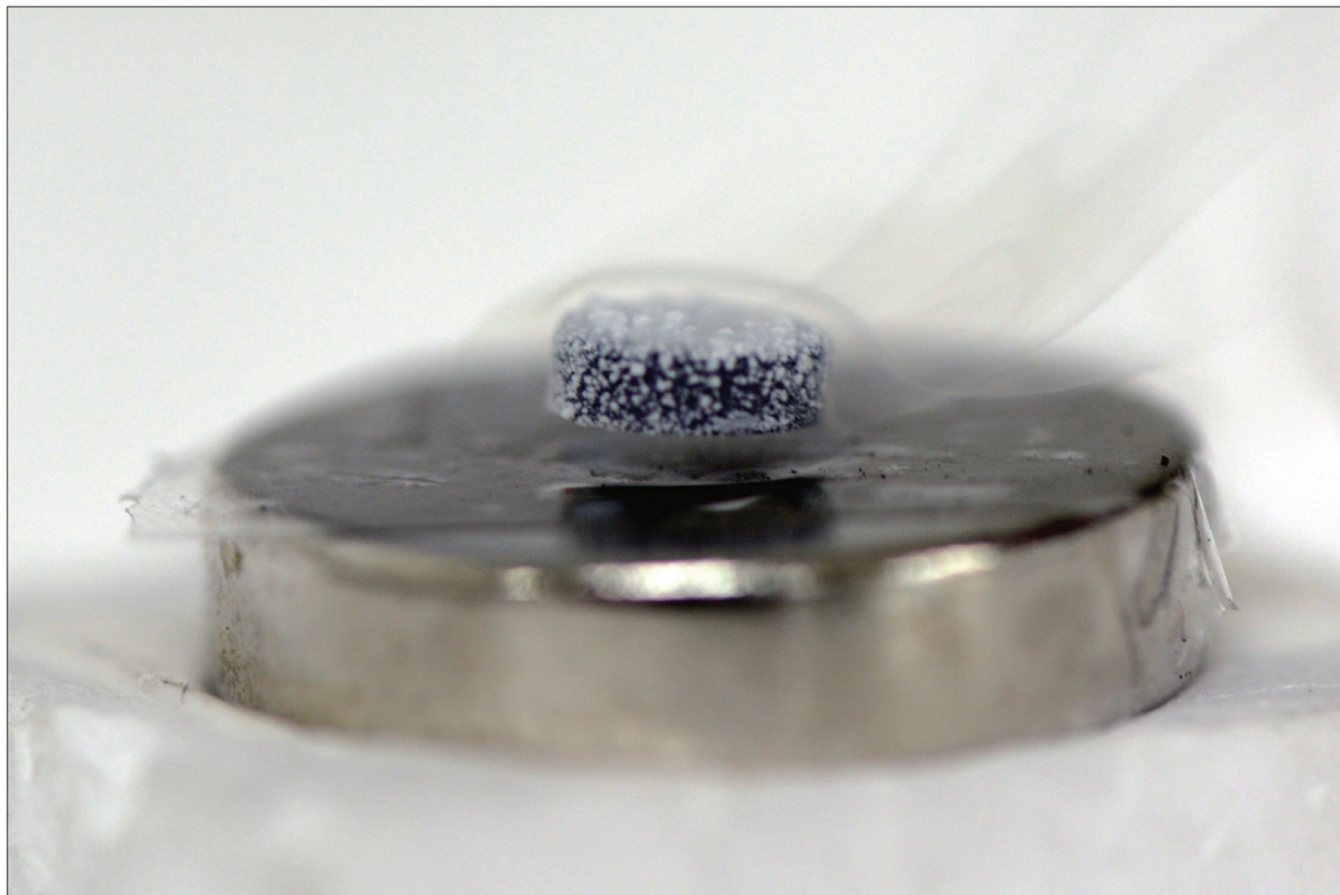


2003

2003年10月23日，美国国防部高级研究计划局（DARPA）的量子网络全面投入使用。这是世界上第一个量子密钥分发(QKD) 网络。在波士顿和马萨诸塞州剑桥运营着 10 个光学节点。该项目还创建并部署了世界上第一个超导纳米线单光子探测器。DARPA 量子网络与标准互联网技术完全兼容。



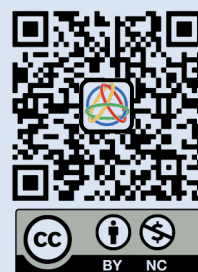
A superconducting surprise comes of age

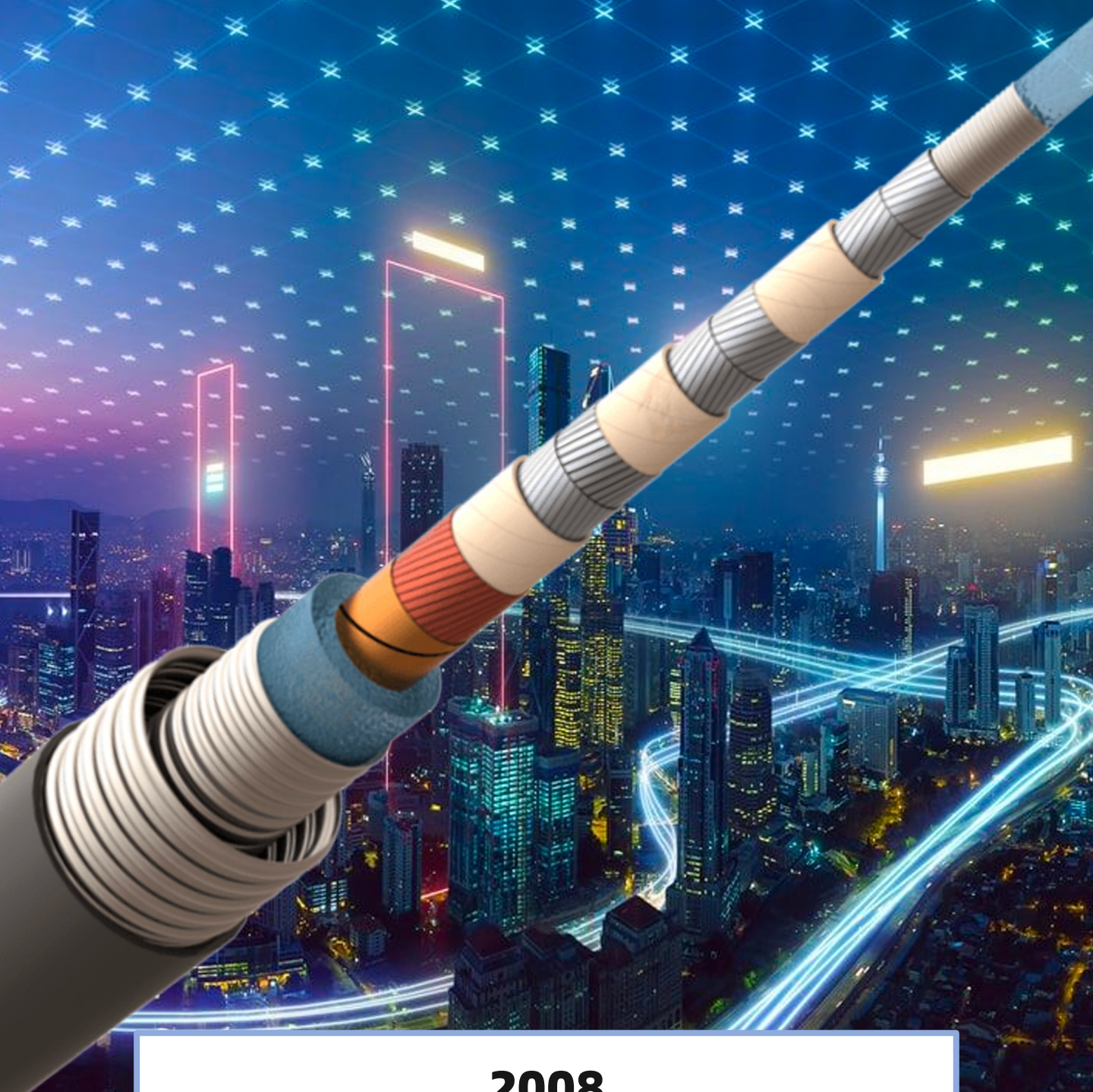


Seven years after the unexpected discovery of superconductivity in iron-based compounds, the study of these “surprise” superconductors is maturing. **Hideo Aoki** and the discoverer of the first iron-based superconductor

2008

2008年，日本的高桥裕树，井川一美、有井和信、神原洋一、平野政博和细野英夫发现了铁基超导体，并在《自然》杂志上发表：铁基层状化合物 $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ 在 43 K 时表现出超导特性。铁基超导体的出现挑战了传统的BCS理论。这种超导与电子之间的相互作用和自旋有关。铁基超导体的发现也带来了新的应用。

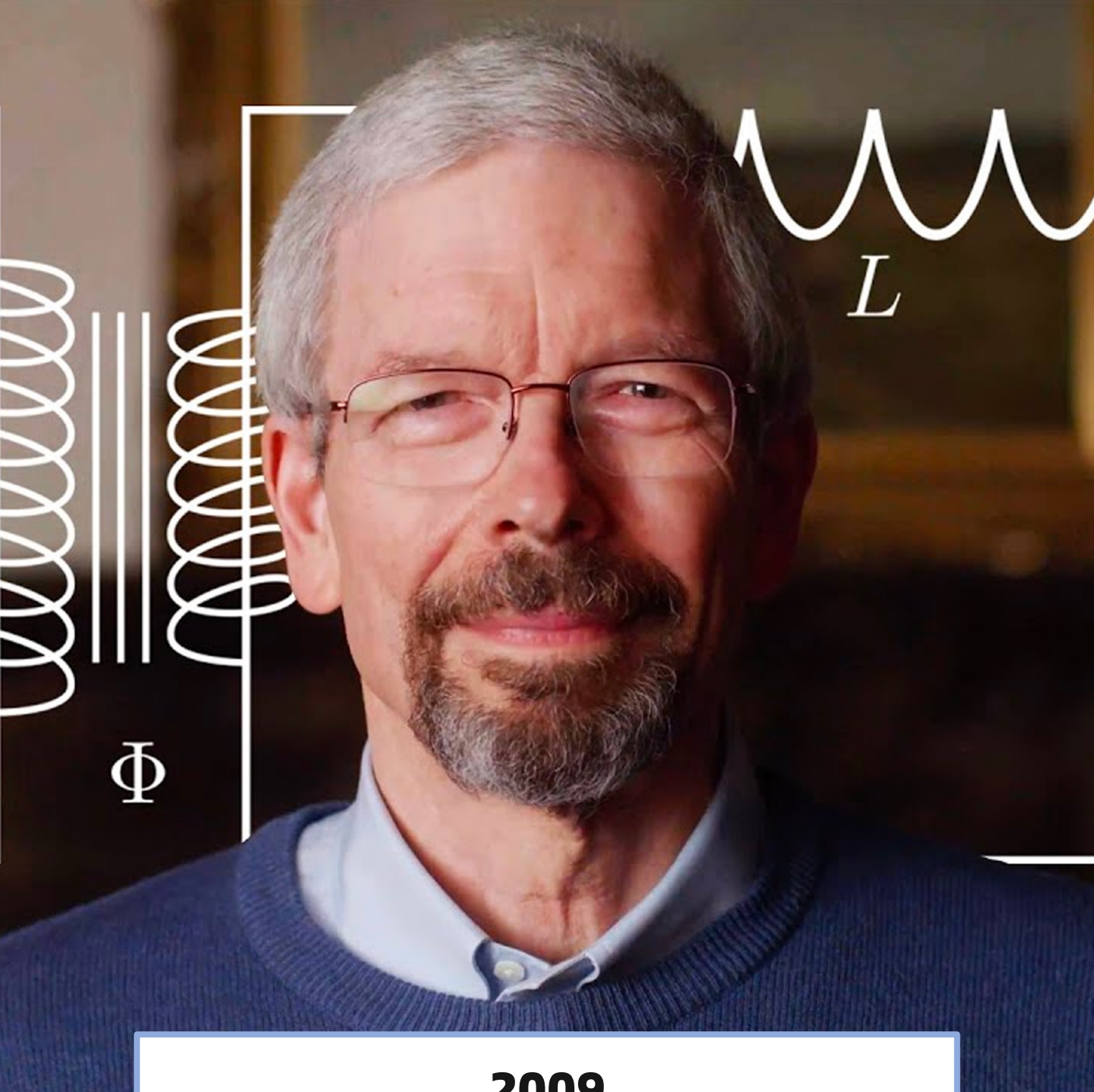




2008

世界上第一条生产的超导 传输电力电缆，在2008年投入使用，给长岛变电站由一条 600 米长的隧道供电，其中包含约 155,000 米的高温超导线材，该导线安装在地下并冷却至超导温度液氮。这个项目叫霍尔布鲁克超导体项目。

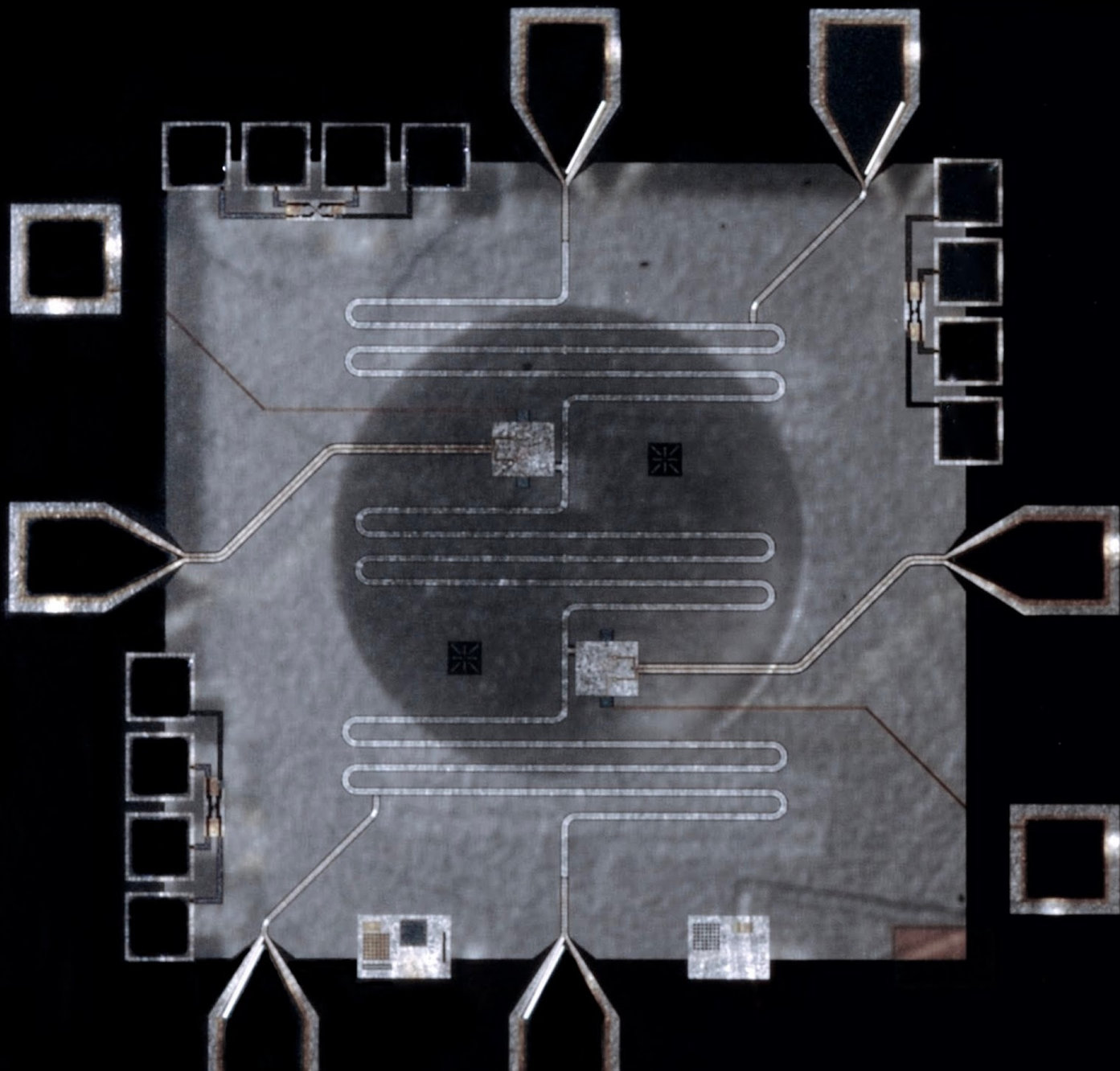




2009

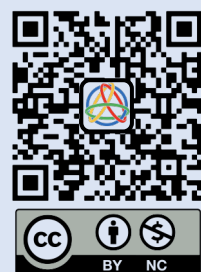
2009年，史蒂文·格尔文（Steven Girvin）、罗伯特·肖尔科普夫（Robert Schoelkopf）和米歇尔·德沃雷（Michel Devoret）等耶鲁大学的研究人员实验性地实现了第一个全电子量子处理器并执行了超导双量子比特量子算法。

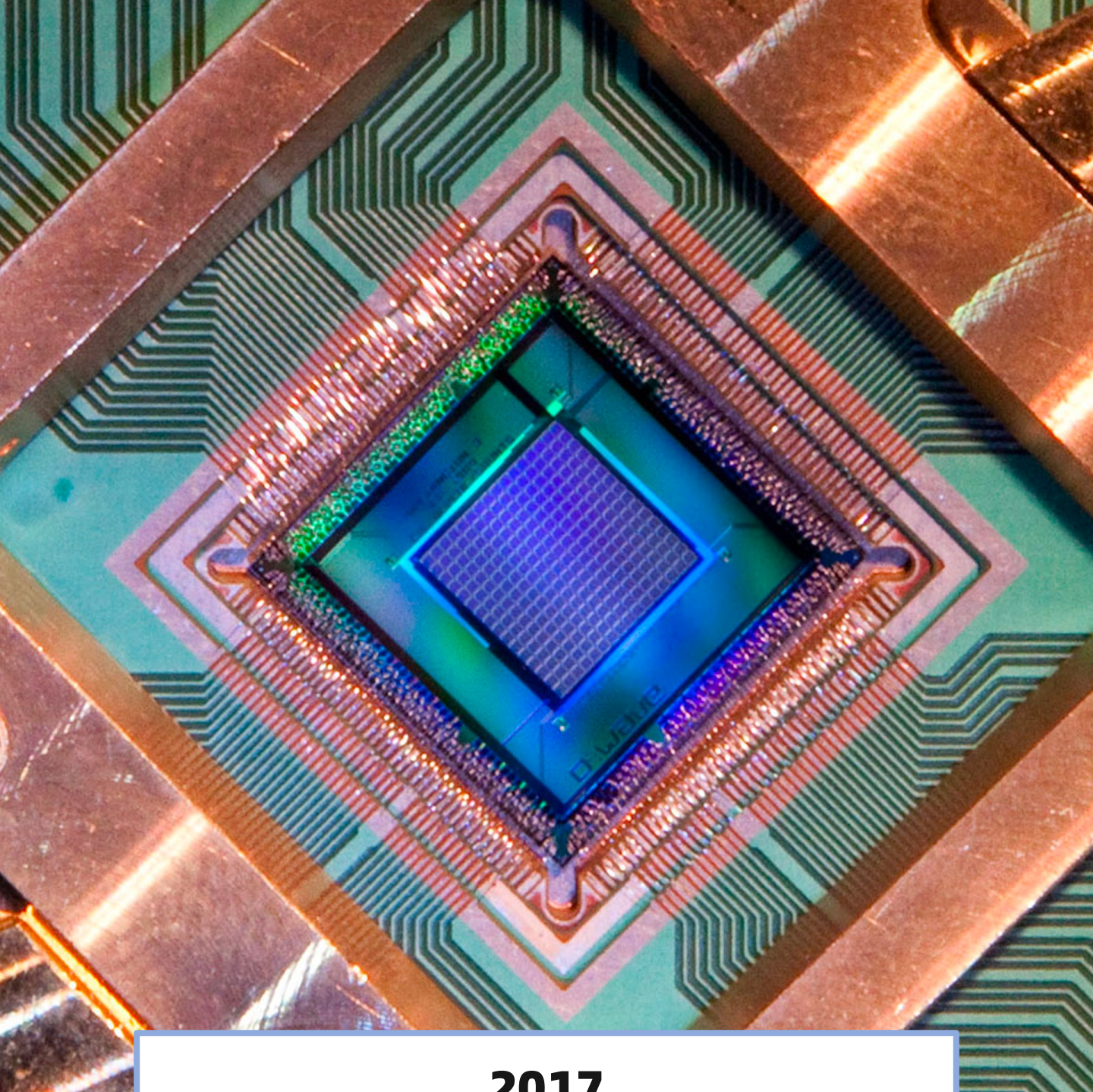




2011

2011年，在加州大学圣巴巴拉分校 (UCSB)，在由约翰·马提尼（John Martinis）和安德鲁·克莱兰（Andrew Cleland）领导的小组中，使用超导量子电路作为量子比特。这是第一次用超导电路实现量子冯诺依曼架构。量子中央处理器与集成在芯片上的量子随机存取存储器交换数据。

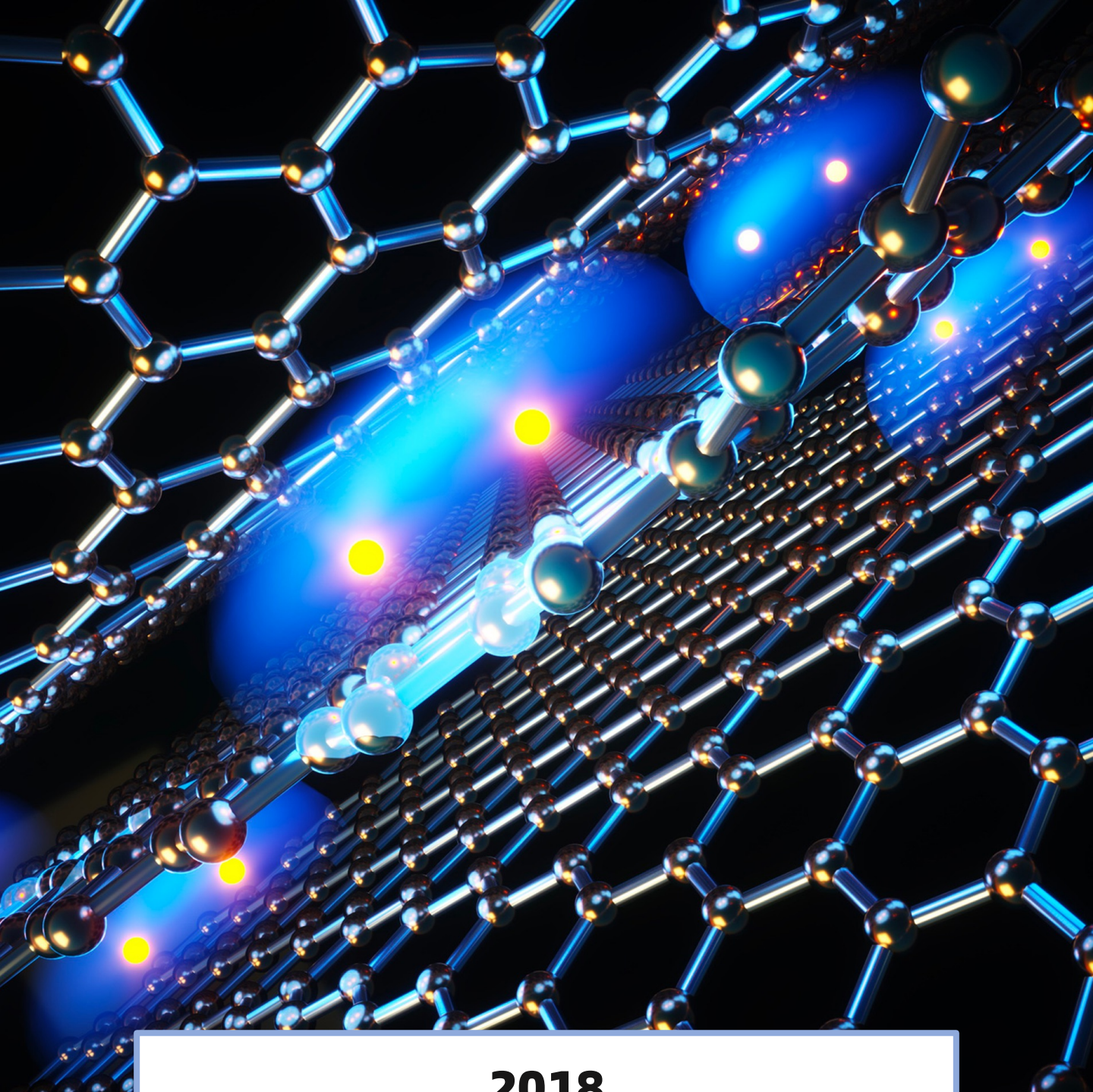




2017

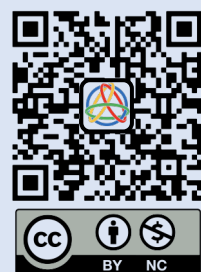
D-Wave Systems Inc. 宣布 D-Wave 2000Q 量子退火炉全面商用，它声称拥有 2000 个量子比特。这些量子比特实现了量子退火，而不是量子计算的通用模型。





2018

2018年3月《自然》杂志上发表了麻省理工学院的关于双层石墨烯的超导性研究。两层之间的扭曲角为 1.1° 。证实了2011年关于自由电子在两个石墨烯片之间隧道所需的能量在这个角度发生根本变化的预测。用石墨烯制造超导晶体管。从超导到绝缘。这为量子设备打开了许多可能性。对这种晶格的研究被称为“扭电子学”。

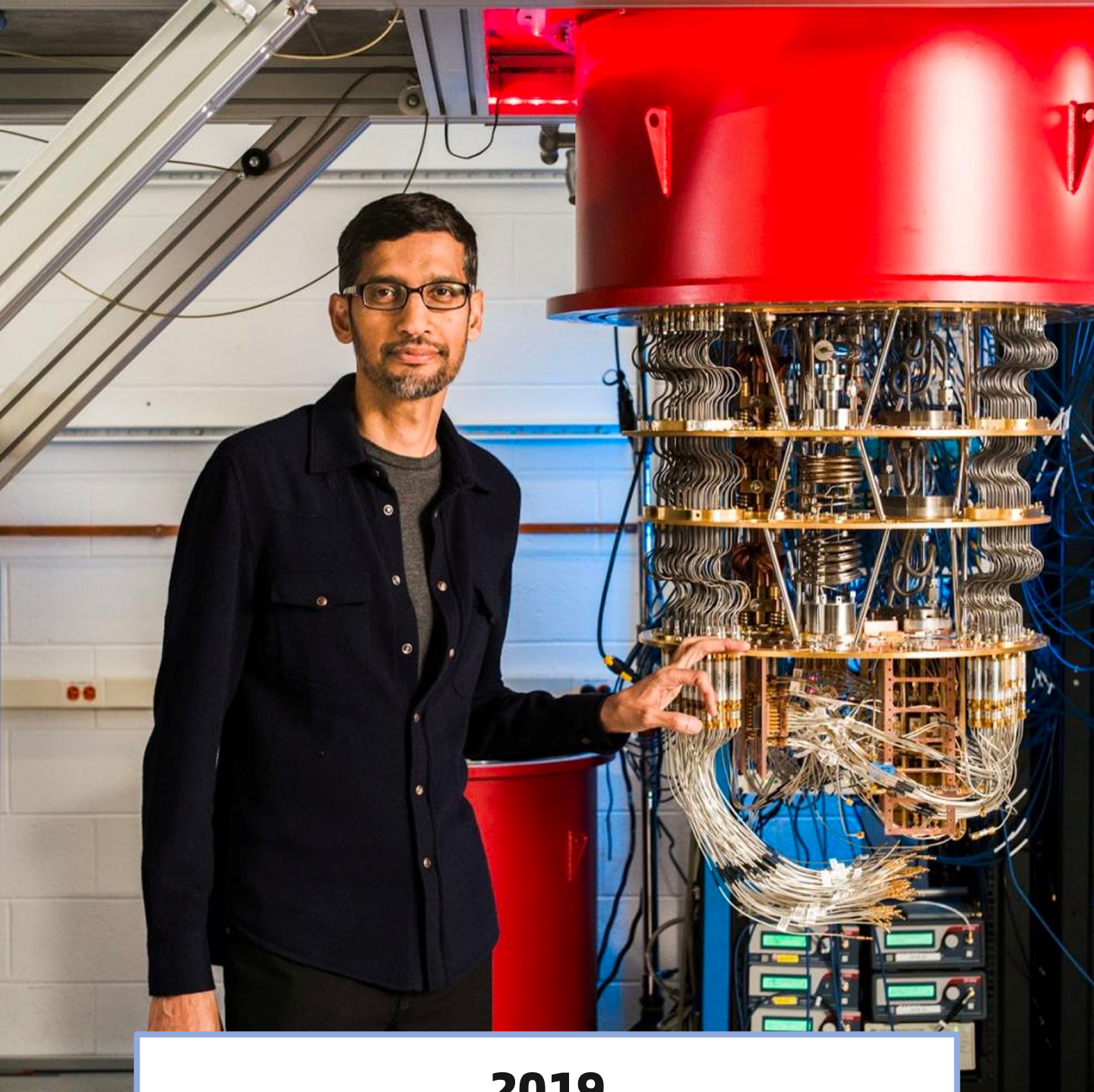




2018

IBM 推出了其第一台商用超导量子计算机IBM Q System One，由总部位于英国的Map Project Office 和 Universal Design Studio 设计，由 Goppion 制造。内含一个 20量子比特的 transmon量子处理器。





2019

2019年，谷歌声称已经通过 54 个超导量子位阵列实现了量子霸权，其中 53 个是功能性的，用于在 200 秒内执行一系列操作，这将需要一台超级计算机大约 10,000 年才能完成。





2020

2020年1月，EcoSwing联盟为3.6 兆瓦风力涡轮机设计、开发、制造了全尺寸稀土氧化钕铜 (ReBCO) 高温超导发电机。并在丹麦 Thyborøn 对其进行了现场测试。可以预见超导发电机技术会在风力涡轮机上得到广泛应用。





2020

2020年，法国原子能和替代能源委员会物理学家Paul Loubeyre在《自然》杂志发表论文，描述了一种由氢、碳和硫在约 270 吉帕的压力下制成的室温超导体（临界温度 288 K），但因受到质疑，2022 年，该文章被编辑撤回。





2023

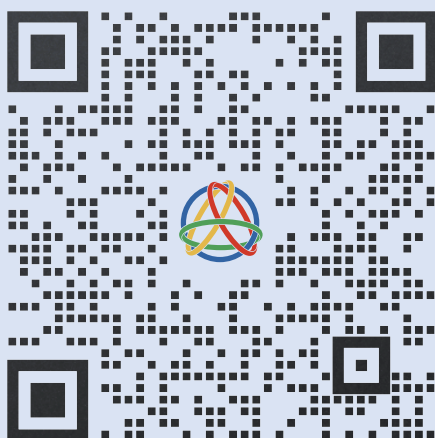
2022 年 9 月 26 日,《自然》杂志撤回了罗切斯特大学的 (Ranga Dias) 及其合著者声称在加压碳质硫氢化物 (CSH) 材料中具有室温超导性的论文。被《自然》杂志拒绝。2023 年 3 月, 该团队继续声明: 氮掺杂氢化镧材料在 294 K 温度和 1 GPa 压力下表现为超导性。该声明仍然遭到了怀疑。



关注我们，了解更多.....



扫码加入“共熵个大家庭”



深圳市共熵产业与标准创新服务中心
SHENZHEN GONGSHANG INDUSTRY AND STANDARD INNOVATION SERVICE CENTER