

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

薛定谔



薛定谔

20 世纪之初的物理学界，是一个群星璀璨的世界，一大批巨星级的科学家相继开辟了人类从未涉及的新世界。随着量子力学的建立，一系列物理学的分支学科——原子物理、固体物理、核物理、粒子物理具备了建立的基础。人们把 20 世纪称为“量子世纪”，人们更把各种荣誉直至科学中的最高勋章——诺贝尔物理学奖奉献给那些为量子力学的建立作出卓越贡献、立下显赫战功的功臣，物理学史上也永远铭刻着这些人的名字：爱因斯坦、玻尔、玻恩……

在这个伟人行列中，本书的主人公无疑同样占有一席之地。这不仅因为他独自一人几乎一口气连续发表六篇论文，完整地构造起量子力学中的波动力学体系，波动力学时至今日仍是人们解决量子力学及相关问题最方便有效的工具；更因为那个用他名字命名的数学关系式——薛定谔方程式。这是 20 世纪科学文献中最常用、最具代表性的方程，是描述所有微观客体的运动规律的基本方程，它不仅仅是一种数学关系式，而是一种完备的描述原子、分子、亚原子粒子的数学和物理的方式。

这个方程从提出到完成几乎完全归功于薛定谔。他是奥地利本世纪最著名的、最伟大的科学家之一。除了量子力学外，他还在统计力学、广义相对论和宇宙学、统一场论等几乎所有当代理论物理学前沿都颇有造诣并作出贡献，甚至在生物学、生理学和气象学方面也产生过重要影响，被誉为百科全书式的博学才子；同时薛定谔又是一位哲人科学家，一生对哲学抱有浓厚的兴趣，撰写了许多哲学论著，反映出他深邃的内心世界。薛定谔一生都在为人类对自然和自我的理解而奋斗，他的足迹给后人留下一座座路标，使后来者从中获得激励和启示。

一、校园骄子

埃尔文·薛定谔于 1887 年 8 月 12 日出生于奥地利首都维也纳。维也纳是举世闻名的“世界音乐之都”，也正如后来薛定谔在接受诺贝尔奖时的简短致词中所说，维也纳是一座“生气勃勃的和自由自在的城市”，其悠久的文化传统和生活方式给薛定谔以深刻的影响，他在维也纳完成了学业，也从这儿开始了他的研究生涯，尽管成年后他长期在异国他乡生活和工作，但他对家乡的眷恋之情无时无刻不使他梦魂萦绕。正因为如此，他在生命的旅途最后几年，重返故乡，安度晚年，在故乡的怀抱中度过了一位科学巨人伟大的一生。

与爱因斯坦和发现 X 射线的伦琴一样，薛定谔也出生于一个手工业主的家庭。他的父亲鲁道夫·薛定谔继承了家族的油毡工厂，生意相当不错，足以保证全家无经济窘迫，使薛定谔从小生活在比较优裕的家庭环境中。

薛定谔的早期教育中，具有决定性的影响来自他的父亲常常陪他玩耍

嬉戏，注意保持和满足孩子的好奇心，开发他的智力潜能，培养他对大自然中万事万物的广泛兴趣。父亲充分地利用了自己的良好教育和修养，耐心地在对话中诱导，在游戏中启发，与小薛定谔一起分享活泼有趣的精神生活，为小薛定谔的思想品格发展付出了无限爱心。薛定谔回忆他的父亲时说：“对于他的成长中的儿子来说，他是一个朋友，是一位老师，也是一名不知疲倦的谈话讨论的伙伴，他是一个陈列着所有吸引着我、令我着迷的事物的殿堂。”薛定谔的父亲对于儿子的关心和支持即使在薛定谔成年后仍一如既往。当一次大战结束后，大学里任教得到的薪水很低，薛定谔担心任职学术性职位难以维持家庭生活费用时，于是问父亲：“是否让我也来参与你的生意？”已近风烛残年的老薛定谔断然回答：“不，亲爱的孩子，你不应当来干这个，我不希望你从事这种工作，你要留在大学里继续你的学术生涯。”之后不到一年，这位可敬的老人就告别了人世，没能亲眼看到儿子在学术上的辉煌业绩，但正是这种对儿子真正的父爱，这种对于科学和文化的追求和推崇，这种对薛定谔的鼓励和支持，使薛定谔得以全身心地投入研究，并在以后的六七年中，做出了他对物理学乃至对于全部人类文明的重大贡献。

薛定谔度过了无忧无虑的童年，健康成长起来。1898年他11岁时，进入了维也纳高等专科学校所属预科学校，相当于现代的中学。薛定谔的天赋和学习能力很快在学校中表现出来。他曾这样总结自己的中学生活：“我是一个好学生，我并不注重主课，却喜欢数学和物理，但也同样喜欢古老语法的严谨的逻辑。我讨厌的只是死记硬背那些偶然的史实和人物传记中的年代等各种数据。”他说：“我喜欢德国的诗人和作家，尤其是剧作家，但是厌恶对他们的作品做学究式的繁琐分解和考证。”他的一位中学同学后来回忆他们的中学时代，说薛定谔当时在学校里总是名列前茅，给这位同学印象最深的是这位佼佼者没有任何一次回答不了老师讲授的全部知识，而且，“他不是那种花上大量课余时间闷头苦学的人，特别在数学和物理学中，薛定谔发展起一种理解才能，能够迅速、甚至是立即抓住老师讲解的关键，并马上做出布置的习题，不用等到回家去进一步求解，在最后三年级中，教我们这两门课的教授常常会在讲完当天的课程后把薛定谔叫到黑板前，给他出一些练习，而薛定谔解答这些问题就跟玩游戏似的轻松。确实，他总是把下午富裕的时间用来学习他喜欢的课程，而不必去刻苦地抠课程里所学的那些内容。他特别是花了大量时间去学习英语，而英语和法语在当时奥地利的预科学校里是不教的。此外，他还热衷于体育活动，花大量的时间参加许多运动，特别热衷于徒步旅行和登山运动。”

中学时代的薛定谔，常表现出其非凡的敏捷和沉着。一次，已经是毕业班学生的薛定谔在课堂上偷偷看别的课程，突然教授问了他一个古希腊历史的问题，像闪电一样，薛定谔很快让自己的思维回到课堂上，从容而正确地回答出提问。

然而薛定谔对于数学和物理的喜爱并不是偏爱，他并不排斥其他课程的

学习。他兴趣广泛，特别爱好文学，这使他对学校里连续开设的希腊语、拉丁语课也非常喜欢，由此得以接触灿烂的古希腊文学、文化特别是哲学。他对于古希腊哲学的强烈兴趣，最早至少有一本毕业班时期的题为“希腊研究备忘录”的笔记本中能反映出来，在上面，薛定谔简要记叙了希腊哲学从米利都的泰利斯到柏拉图的发展。这种兴趣在他一生中不时地回荡在心怀，他的哲人科学家的气质使他为古希腊哲学与欧洲科学的起源之间的内在关系所吸引。当1948年5月他在伦敦国王学院作系列演讲时，致力于证明希腊哲学传统在现代科学、包括在相对论中和原子理论中的延续，在开场白中，他解释自己回到古希腊思想的动机时说：“对古希腊思想家的叙述和对他们观点的评论，并非出于自己近年来的嗜好，从理论物理学专业的角度看也不是一种茶余饭后的闲暇中的消磨时光，而是希冀这有助于理解现代科学，特别是物理学。”这些演讲经过修改补充后发表时的书名叫《大 与希腊人》。

薛定谔课余时间兴趣广泛，多才多艺。除了参加体育活动，他还醉心于戏剧演出，看戏入迷，是城市剧院的常客和忠实观众。他对文学的另一个爱好是诗歌，不仅限于阅读，还自己动手创作，1949年还出版过一本个人诗集。紧张的学习工作之余，他还会把古希腊诗人荷马的著名史诗译成英文，或把法国古普罗旺斯的诗歌译成德文作为休息和消遣。这当然得益于他的语言天赋，他能说许多种语言，在演讲中能根据不同国籍的听众用德、英、法、西四种不同语言来表达。

但是，同他对戏剧、诗歌和语言等的爱好与才能相比，薛定谔对维也纳人文生活中的优秀传统——音乐却兴趣不大。他也出席音乐会，但并不着迷。他的母亲非常喜欢音乐，想让他学些乐器，一位音乐教师曾让他在自己演奏钢琴时跟着唱出曲调，而薛定谔说：“我又不是钢琴，我不唱。”不过，他却继承了父亲对艺术的爱好——具有对古老的和现代的绘画的鉴赏力，并在闲暇时从事雕塑创作，作为艺术享受。薛定谔的天分之高和兴趣之广，使他轻松地完成了中学学业并奠定了以后发展的根基。

1906年，薛定谔以首屈一指的成绩通过毕业考试，进入维也纳大学，主修他喜爱的物理和数学。

维也纳大学是一所历史悠久的高等学府，那里人才荟萃。就以物理学为例，有众多具有国际声誉的奥地利物理学家先后在大学中任教，包括发现了著名的“多普勒效应”的J·多普勒，在许多数学和物理领域作出重要贡献的A·冯·爱丁豪森，提出了有名的“斯忒藩——玻尔兹曼热辐射定律”的J·斯忒藩，还有实验物理学、生物学和科学认识论上的巨大贡献者E·马赫，统计物理学奠基人之一L·玻尔兹曼，以及后来成为薛定谔老师的理论物理学家F·哈泽内尔和实验物理学家F·埃克斯纳等，他们中的大多数人本身也毕业于维也纳大学。如此雄厚的师资，浓郁的学术气氛，加上丰富的藏书，悠久的传统，为新生们提供了优越的环境、充分的知识和成长发展的广阔空间。

当薛定谔进入大学时，正逢玻尔兹曼逝世，整个校园沉浸在一片悲哀的

气氛中。这位当时奥地利最杰出的理论物理学家所奠定的科学传统和哲学倾向，无疑直接地、或通过他的学生，极大地影响了薛定谔一生的工作和思想，薛定谔曾深情地说：“玻尔兹曼的思想路线可以称为我在科学上的第一次热恋，没有别的东西曾如此使我狂喜，也不会再有什么能使我这样。”

薛定谔如饥似渴地开始了大学学习，扎进了他所喜爱的数理知识的海洋。大量的数学知识使他的爱好得到了满足，也为他以后的发展打下了良好的基础。薛定谔把主要精力用于选修哈泽内尔的几乎所有理论物理学课程，他对哈泽内尔满怀敬意，正是从哈泽内尔的讲授中，他掌握了以后工作和研究的大部分基础，因为薛定谔自己说课堂上的学习对他来说更为重要，他不太善于从书本文献中去掌握领会。后来，薛定谔在 1929 年曾说，他作为一名科学家个性的形成，要归功于哈泽内尔；当他 1933 年获得诺贝尔奖，发表获奖演说时，他说：“假如哈泽内尔没有去世的话，那么他现在当然会站在我的位置上。”这或许不仅仅是谦词，而说明薛定谔认为哈泽内尔与他有相同的知识结构、思想倾向和气质，而无疑在研究上远远走在自己的前头。

天赋加勤奋，使薛定谔很快在大学校园里崭露头角，到 1910 年夏天即他快毕业时，薛定谔的理论才华已经显示得相当充分。他的博士论文，是于 1910 年在埃克斯纳主持的第二物理研究所完成的。这是一项实验性的研究，也是他独立从事的第一次科学研究，主题是：“潮湿空气中绝缘体的导电性”。在当时，薛定谔的这一题目是第二研究所正从事的大气电学研究中的一个难题，因为大气电流的测量必须保持必要的绝缘，即使最好的绝缘体如琥珀、石蜡、硬橡胶等也常常不能满足要求，因为通常在其表面由水、雾、雪、昆虫分泌物而形成导电膜。薛定谔说：“我从众所周知的静电实验在潮湿空气中很难成功这一事实出发，去研究湿气对实验室中常用的绝缘材料的影响。”他把硬橡胶、玻璃、摩擦过的琥珀、硫磺或石蜡等制成的棒一端用锡箔包好，与蓄电池连接，另一端接上验电器。在干燥的空气中，验电器没有显示，而在湿气影响下则被充电，棒表面成为导体。薛定谔特别测量了验电器的充电速率，推导出材料的电阻是湿度的函数的结论。他发现对于大气电流测量，玻璃是最差的绝缘体而石蜡是最好的。他把这一研究成果写成论文，提交维也纳大学的学位评审委员会。同时，他于同年 5 月按时通过了获取博士学位必需的物理、数学和哲学考试，终于以优异的成绩完成了学业，戴上了博士帽。

二、锋芒初露

薛定谔于 1910 年从维也纳大学毕业，同年秋季按规定服兵役一年，次年秋天回到维也纳大学，开始了他的研究生涯。此后的十年时间，他潜心研究，努力钻研，尽管中间曾被第一次世界大战所打断，但他坚持不懈，先后就一系列众所瞩目的课题发表了许多论文，范围几乎包括物理学界当时关注的所

有热门课题，也涉及一些不被人们所看重的冷僻领域。所有这些，都给他带来了很大声望，初步确立了他作为国际知名的理论物理学家的地位。

从 1910 年到 1914 年不到四年的时间里，薛定谔作为埃克斯纳的助手，先后发表 10 篇论文和一篇为物理学手册撰写的关于电介质的评论，1914 年 1 月，他获得了大学教师资格认可，这也是他在科学生涯中的第一次晋升。

维也纳大学第二物理研究所，是当时奥地利物理学人才基地，薛定谔是在这里完成其博士论文的，当他重返这个充满朝气、自信和动力的学术集体，无疑已站到了一条新的起跑线上。这期间，他主要从事理论工作。他的第一篇论文是关于磁的运动学理论，用理论方法分析金属的抗磁性质，尽管问题的最终解决有待于量子统计的发展，但这篇文章在数学方法和理论的明晰上都是成功的。紧接着，他又试图把这种运动学理论推广到电介质以至一般固体，并分析评论了荷兰著名物理学家德拜几个月以前发表的“绝缘体的运动学理论的若干结果”。关于物质的介电性质他还发表过另外两篇文章，一篇是为慕尼黑大学主编的 5 卷本《物理学手册》撰写的长达 75 页的“电介质”，另一篇是关于反常电散射理论的一个简短笔记。针对当时新近发现并讨论热烈的贯穿辐射现象，他向帝国科学院提交了“贯穿大气辐射的高度分布理论”。分析了辐射源的三种可能：地表放射性物质；大气中悬浮的放射性物质；星际辐射源假说。他重点分析了第二种可能，并推导出了高度分布方程以与实验探测数据对照。他的这一理论分析对于宇宙射线的发现具有重要的参照作用。

晶体点阵动力学和固体的原子结构，是当时国际物理学界研究的热点，也是薛定谔研究工作的又一领域。薛定谔先后发表了题为“论 X 射线产生的干涉图象的明晰性”、“论德拜效应理论”和“论弹性耦合点系统的动力学”三篇论文，分别讨论了劳厄的 X 射线干涉图象和晶体点阵动力学。在第一篇文章里，通过一系列的分析 and 计算，得出温度与辐射强度等的简单函数关系式；在第二篇文章中，他为回答别人的质疑，作了进一步的澄清，而第三篇论文，他则基于固体原子结构的发现和原子论立场，以一维点阵模型为例尝试建立固体运动学理论，并证明其原子结构，获得了相当的成功。

综观这一时期薛定谔的工作，表现出扎实的理论功底和年轻人特有的敏锐和激情。这一时期的薛定谔确实春风得意，少年得志，在物理学集体中如鱼得水，挥洒自如，在刚刚起步不到三年中发表了十余篇论文并紧盯最新发展，使他在学术界崭露头角，小有名气。而在生活上，经朋友介绍认识了后来成为薛定谔夫人的安妮玛丽·贝特尔小姐，开始了甜蜜的恋爱。六年之后，他把一篇发表了论文寄给他的媒人，并在献辞中风趣地写道：“1919 年 10 月 1 日附录：如我所知，1913 年夏季泽海姆的大气中，除了 Ra—A、B、C 外，肯定还有一些其他东西，而我的测电器却没能指示其踪迹。这是由于它发现了萨尔茨堡的贝特尔小姐，她吸引了作者的全部注意力。”而后来薛定谔夫人回忆他们的初次相识时说：“他给我很深的印象，首先因为他非常英俊，

他有一张很吸引人的脸，……而在这之前我对他印象就不错，因为科尔劳施已向我介绍过他。”

事业一帆风顺，生活甜蜜幸福，所有这些显示出薛定谔前途远大，未来光明。但突然间，一切被战争所淹没了。

当时的欧洲大陆，普遍实行征兵制，所有适龄健康的青壮年都必须在战时服兵役，因此薛定谔也在战争一开始，就应征入伍，成为奥匈帝国的一名炮兵军官。他后来把这段历史用寥寥数语作了概括：“接着战争开始了，那时我作为一名炮兵军官驻扎在东南前线，没有受伤，没有生病，也没有获得什么荣誉。”在残酷的战争面前，他感到了甜美生活的难得，在战争所带来的时间荒废中，他也更领会到了生命和时光的可贵。

薛定谔冷静下来，开始厌倦和谴责这场给人类带来巨大灾难的战争，开始想念他的科学工作。而最令他震惊和悲痛的是大批极富才华和创造性的学者在战争中阵亡，其中，尤其是他的敬爱的导师哈泽内尔的死。哈泽内尔是在1915年10月率队冲锋时阵亡的，这使得奥地利失去了一位正值创造性高峰的杰出物理学家，这种惨痛的损失是无法挽回和弥补的。

几经转战，战争后半期薛定谔的军旅生活是在后方度过的，这也是为了保护科学人才而采取的措施。这样，薛定谔又可以发挥他的专长了，在距维也纳30公里的小镇，他给一批批即将赴任的防空部队军官讲授气象学的基本概念和事实，例如大气的构成，太阳辐射，大气的分布和每天、每年的变化；气压，高、低压区，大气环流特别是大洋、大陆和山区的风，气候分界线，风暴，云层结构，天气图的解释等。这些课程尽管不过是重复他在大学学过的课程，但毕竟使他有时间坐下来阅读资料，重续科学研究的旧梦，并焕发出创造性的活力。他很快又向《物理学期刊》寄出了一篇题为“论大气声学”的论文，讨论了大气中声波的传播方程。与此同时，他还关注着广义相对论、量子统计和涨落理论、原子物理学等领域的最新进展，为战后迅速恢复研究工作作好了充分的准备。

尽管这里远离前线，条件优裕，工作顺心，但薛定谔无法压抑对战局的忧虑，企盼战争早日结束。在一首抒怀小诗中，他向自己，也向每一个追求真理、正义与和平的人发问：

“两支大军在1914年踏上征程，
其中一支至今鏖战不停。
另一支队伍的战士们秘密地为和平而努力，
请选择，你将为哪一方驱使效命？”

终于，1918年11月，给人民带来深重灾难的第一次世界大战结束，奥匈帝国总崩溃，昔日的强国地位一落千丈，这无疑给整个民族及其生活留下深深的痕迹。而对薛定谔个人来说，大战的结束和帝国的瓦解也使他的生活发生了戏剧性的影响。

战争的结束，阻止了他在讲课之余献身哲学的计划，保证了他日后在物

理学上的发展。这个一度萦绕于怀的计划本身，也来源于战争中的现实状况激发了薛定谔原有的哲学兴趣，促使他去思考一系列哲学问题。

首先是时间概念的基本哲学意义，正是在战争前线靠回忆度日的岁月里，薛定谔对时间概念进行了哲学和心理学分析。在战争临近结束时的一篇手稿中，他又讨论了因果性问题，至少在师从埃克斯纳之后他就已经开始思考这个物理学和哲学中的基本原理。薛定谔是幸运的，命运女神使他在人生选择的十字路口没按初衷去充分发挥他的哲学爱好，而哲学女神对他的垂青又使他具有哲人气质，常常对一些哲学的本质问题进行思考，这对于他毕生的科学工作和研究方向具有决定性的影响。

战后，薛定谔重返第二物理研究所，全力以赴从事理论物理学研究。由于战争后期的大量信息和思考的储备，他一连发表了好几篇论文。其中关于广义相对论的两篇题为“引力场的能量分量”和“广义协变引力场方程的解系统”都引起了爱因斯坦的极大关注，并分别撰文讨论和回答。而薛定谔同时还写了三本未发表的关于能量分析和应用的笔记。

量子统计和涨落理论，是薛定谔的又一工作重点。他继承了玻尔兹曼的方法论原则，发表了三篇论文。他的工作还包括一个验证光量子理论的实验，这也是他所做的最后一个认真的物理实验。他对于爱因斯坦的光的本性理论发生了兴趣，因此他设计出一个实验，通过同一光源发出两束大角度的光，观察是否有相干性和干涉现象来验证光量子理论。

尽管薛定谔在近两年的工作中一切顺利，在国际物理学界知名度大增，但他已无法再在第二物理研究所继续呆下去了。战争带来了巨大的灾难，作为战败国，赔款压得人喘不过气来，教育经费极度紧张，教师生计难以维持，更何况他又筹划着结婚，要考虑婚后生活的开销。他开始考虑要找一个比较宽裕稳定的生活和工作环境。

1920年4月6日，薛定谔与贝特尔小姐结婚。此后，他离开了他的母校和故乡，先是移居德国耶拿，此后又在斯图加特工学院任副教授一个学期。这期间他收到来自基尔大学、布累斯劳大学和母校维也纳大学的三份正教授聘书，无疑，回返母校，继承哈泽内尔的事业对他有极大的吸引力；但当时奥地利学术界的经济条件和工作状况实在糟糕，使他忍痛放弃了这项选择。薛定谔夫妇去了布累斯劳，在那数周后，薛定谔又收到并接受了苏黎世大学理论物理学教授的职务聘书。他一生中最辉煌的一章开始了。

三、理论物理的困境

1921年10月，薛定谔夫妇终于结束了他们婚后一年半来不断的迁居转移，摆脱了生活于战败国中经济上和心理上的压力和阴影，在苏黎世安定下来。当然，在瑞士靠教授的薪水养家度日也算不上富裕阶层，一个普通教授那时也只能算属于可怜的低级阶层。但无论如何，这里物价稳定，人民安居

乐业，他也至少无饥寒之虑，从而能安心于教学和研究。

薛定谔的就职演讲以“自然规律是什么”为题，他以这样的话作为演讲的结束：“我愿意相信，一旦我们抛弃了根深蒂固的绝对因果性偏见，我们就能成功地克服这些困难，而不再期望用原子理论去证实因果性教条。”薛定谔关于原子过程几率性的论断是很有预见性的，机遇作为统计规则性基础，也得以与因果性、与规律协调起来。

这位新来的教授以其思想的深刻性和独立性，给听众留下了深刻的印象。他所开设的一系列理论物理学课程吸引了许多学生，他所主持的讨论班上也总是围绕物理学中的基本问题和进度展开热烈的讨论。薛定谔还鼓励进行校际交流，经常和联邦工业大学共同举行活动，他自己也同联邦工业大学的数学家H·外尔和物理学家德拜成了莫逆之交。德拜与薛定谔神交已久，两人都对固体比热、X射线干涉图形、原子结构等问题感兴趣，并已各自在刊物上讨论过对方的观点，现在能当面切磋，互相琢磨，真是相见恨晚，倍感快慰。外尔是20世纪上半叶最著名的数学家之一，早期对分析学、黎曼曲面等方面作出过重要贡献，1913年任教于联邦工业大学以来，致力于用优雅的数学框架来表述物理学概念和理论，自1917年起，发表了一系列“空间—时间—物质”演讲并成书出版。他尝试把引力场和电磁场概括成一个统一的物质理论；20年代中期他研究连续群的表示，把群论应用于量子力学中，解决了一系列物理、化学问题。能与这么一位热心于物理学问题的卓越数学家共事，不时请教讨论一些数学、物理上的问题，对薛定谔的帮助是很大的。薛定谔是个很重友情的人，与情意相投的德拜、外尔的交往，既满足了他感情上的需求，也成为他学术成就的刺激和动力。

苏黎世是一个美丽的旅游城市，每年都有一群群的学者来参加这里的现代物理学讨论会，带来了各自研究的最新成就和各种信息。这种开放的环境和动态的交流，使薛定谔和他们的讨论会得以保持较高的水准，也使苏黎世的研究集体和工作更为外界所知。他们的讨论会生动活泼，形式不拘，有时常常是在户外的郊游和旅行中进行。薛定谔喜欢登山和旅行，在大自然中陶冶性情。有一段时期，每周六他们都外出，边旅游边讨论，置身于大自然中去探求它的底蕴。薛定谔的学生回忆道：“每个星期六这个由薛定谔夫人安排的小型旅游“总是以到了一个可爱的小客栈和一两瓶葡萄酒”而结束。”1927年，薛定谔与两位助手一起联名发表了“中性原子的相互作用与同极性键的量子力学研究”一文，运用薛定谔刚刚建立的波动力学建立求解氢分子的薛定谔方程，从而建立了基于量子力学的化学键理论，宣告了量子化学的诞生。

苏黎世时期，是薛定谔的又一个创造性高峰。仅从1922年到1926年早期，他就在教学之余发表了20篇论文，范围非常广泛，其中有4篇关于原子结构的，5篇关于颜色理论和生理光学的，1篇关于相对论的，4篇关于量子比热理论的，6篇关于气体统计理论的。这些论文粗略而言，可以分为三类，即原子结构理论，量子统计理论，颜色和视觉理论，第一类是当时理论物理

学界关注的中心，第二类则是用量子方法处理和修改气体运动论和固体比热理论，既是薛定谔的多年爱好，也是当时的热门，而第三类文章则比较令人奇怪了。

颜色理论，是生理光学的中心问题之一，而生理光学，则是生理学和光学之间的边缘学科。早在古希腊时期，亚里士多德就讨论过这一问题，但直到牛顿经过色散和分光等一系列实验分析，才给出颜色的物理定义。尽管在这一领域作出贡献的不乏一些著名的物理学家，但显然对颜色和色觉的研究，就物理学来说，既非正宗，又不是前沿。薛定谔之所以涉足这个领域，可能有其家学渊源，或更受师辈影响，而最主要的还是他本人工作中的那种把不同理论、不同学科结合起来研究的统一科学的倾向，这种倾向一再地在他一生的研究中表现出来，并成为他获得成功的一条重要方法论原则。他清楚地认识到这一点。他的理论能很好地解释许多观测数据，也得到了生理学家的承认。然而，对颜色理论的研究尽管为薛定谔提供了一块自由发挥、有所作为的空间，但那毕竟理论性不强，也不为众所瞩目。他把它戏称为“为逃避原子结构理论的绝望困境而通入光学领域的一次小小的旅行”，一种松弛心情、换换脑筋的休息。他真正热衷的，仍然是量子统计和原子结构这两大领域，也正是这两方面工作的结合，开辟了他通往波动力学之路。关于原子结构，他虽然写出了几篇有份量的文章，却缺乏系统全面的研究，这是因为他不喜欢当时量子力学的进展路线，同时，这种进展本身正面临着巨大的理论困境。

量子理论的建立以本世纪初普朗克引入能量子概念为标志。普朗克量子假说突破了经典物理学中视为基本教条的运动连续性原理，宣告了量子纪元的开端。然而这一学说的革命性意义，起初并没有为物理学界所注意和认识，甚至包括其创始人在内，因为它大大超出了物理学家们为概念框架和常识所囿的视界。而年轻天才的爱因斯坦却敏锐地注意到这点并从中受到启发。他于1905年发表的“关于光的产生和转化的一个启发性观点”一文中，从分析麦克斯韦电磁理论与物质原子理论在能量的连续性和不连续性上的矛盾入手，经过研究，提出了光量子假说，大大拓展了量子概念的应用及其影响，在科学思想史上首次提出了波粒二象性概念，并为以后的密立根实验和康普顿效应所支持，使量子概念逐步确立起来。

量子理论的第二次重大进展来自当时物理学界关注的原子物理领域。其高潮则以玻尔的原子结构理论为标志。玻尔具有洞察理论进展的本质并迅速广泛地接受新思想的能力。他在以往的工作中，已经察觉到经典理论的缺陷，因此认识到问题可能出在它不适用于原子的动力结构，而必须代之以新的力学理论，这种新的理论则可能出自于当时刚刚成为热门的量子之谜。经过一系列紧张工作，玻尔于1913年发展了被人们称为“伟大的三部曲”的分三部分发表的长篇论文《论原子构造和分子构造》，成功地塑造了原子中电子绕核公转的量子化轨道运动理论。玻尔理论是量子理论发展中的一座里程碑，

标志着它在物理学中地位的最终确立。玻尔理论不仅成功地解释了一系列实验现象，而且把量子化规则引入原子结构和电子运动的研究，开辟了量子理论研究的全新领域。他提出了角动量量子化和量子跃迁这两大量子概念，奠定了物质结构问题中量子论的基础。此后十余年，量子理论不乏重大成就，但基本上是在玻尔的框架中发展。但是，玻尔理论在理论上缺乏概念的自治和逻辑一致性，理论框架很大成分上是经典动力学的，因此，玻尔理论仍然是一个半经典半量子化的过渡性理论，量子力学革命的最终胜利，要求着一种具有更强的逻辑性、更强的解释能力的完整的量子力学体系。

量子力学的最终凯歌，是由两重主旋律汇合奏出的，其中的第一重，是海森堡等人建立的矩阵力学。矩阵形式的量子力学体系成为量子力学迅速发展、胜利向前的重要突破口，人们为其理论的巨大进展而喜悦，但也有一些人对于它的彻底的经验论纲领不满，有些人则对它独特的、不为人熟悉的数学形式难以接受和理解；但所有这些对于新理论的不同态度尚未展开，人们尚未来得及去思索它的全部涵义，体会它的韵味，又一重主旋律加入了进来，量子力学的另一种形式——波动力学诞生了。

四、石破天惊

正当人们瞩目于矩阵力学的成就时，又一股更大的理论浪潮冲来。从1926年1月27日到6月23日，在短短不到五个月的时间里，薛定谔接连发表了6篇关于量子理论的论文，其内容囊括了量子理论、原子模型、物理光学、哈密顿光学、力学相似、光谱学、微扰理论等众多物理学领域，并熔玻尔原子理论、矩阵力学、爱因斯坦波粒二象性思想和德布罗意相波理论等量子理论的成果为一炉，从而一举构造起集前人研究成果之大成，而在理论上严谨自治、实际应用更为广泛有效的完整的量子力学形式体系。

新的力学体系的问世，将绝大部分困扰着物理学家的理论难题一扫而光，这使它受到普遍的赞赏和青睐。

普朗克致信薛定谔：“我正像一个好奇的儿童听解他久久苦思的谜语那样，聚精会神地详读您的论文，并为在我眼前展现的美而感到高兴。”

爱因斯坦也去信大加赞赏：“我相信您以那些量子条件的公式取得了决定性的进展”，“您的文章的思想表现出真正的独创性。”

玻尔认为薛定谔迈出了原子理论进展中决定性的一步，并为此深表谢忱。

巨大的轰动和潮水般的赞叹同时，人们也非常震惊和诧异，这种势如破竹般的进展怎么会发生在远离慕尼黑、格廷根、哥本哈根这些量子力学研究中心的苏黎世？这种横扫千军般的气势和魄力又怎么来自一个已经步入中年、而对量子力学既无师从和训练，也没有什么研究和名气的薛定谔呢？

人们的这种大惑不解是有道理的：重大的理论突破，往往需要集体的协

作、讨论、切磋、磨砺，需要思想和精力的长久聚焦，以激发出创造性的火花，因此它常常发生在大兵团麇集的主战场，形成于有名师指点的和训练有素的研究集体之中。由于需要敏锐的洞察力和巨大的勇气，需要打破的传统框架，因而又常常是由年轻人来实现。仅以“量子群英”为例，当发表使他们成名的第一篇论文时，爱因斯坦 26 岁，玻尔 28 岁，海森堡 24 岁，泡利 25 岁，以后成名的乌伦贝克和歌德斯特则分别是 25 岁和 23 岁。而薛定谔则以年近 40 岁作出了在全新思想方向上的这一重大开拓，确实可贵。

追根究源，薛定谔的成功并非偶然，尽管他从学生时代起缺乏对量子理论的系统训练和研究，但他始终关注着有关的理论进展，尽管他远离量子理论进军的主战场，但小舞台也能唱出大戏来，他的基本的哲学信念，广泛的知识基础和执着的理论追求，都为他的理论创造提供了充分的条件。如同一座火山在爆发前积聚能量一样，爆发前表面的平静掩盖了地表下涌动着的炽热岩浆，一旦寻得了突破口，喷发向上的炽热和辉煌当然会令对之毫无预见的人们为之惊诧而倍感震惊了。

薛定谔涉足量子理论，可以回溯到他的维也纳时代。自从普朗克为推导正确的黑体辐射分布曲线而提出普朗克公式 $E=h\nu$ 和引入作用量子 h 以来，对作用量子的理论解释就一直是物理学界关注的一个难题。在关键的量子跃迁这个概念上，薛定谔没有让自己完全为情感的好恶所左右，玻尔理论的成功和进展使他不能不关注这一原子物理的最前沿。而到苏黎世后的教研职责更要求他对这一领域作出自己的贡献。1921 年，他为了解释碱金属原子光谱线的非整量子数这一当时的难题，提出了外层电子轨道贯穿内层的概念，即用电子间的相互扰动解释次级谱线，获得了成功并为玻尔所采用。1922 年，他把外尔在推广广义相对论时得出的“一个矢量的模方能像矢量一样经历平行位移”的结论应用于轨道电子，从而发现电子绕核运动中其模方将为一相因子所倍乘；同年，他应用爱因斯坦光量子理论，推导出原子光谱线的相对论性多普勒效应，并立即被认可为对原子理论的重要贡献。1924 年，他又撰文支持玻尔等人，具体计算了能量守恒等。可以看出，薛定谔对量子力学理论的最新发展已经有了相当深入的了解，并且做出了一些重要的、但尚不系统的研究。量子理论的建立是一项巨大的历史性的事业，需要共同切磋和彼此砥砺的研究集体，在朝这一方向进攻的艰难的阵地战中，相对孤立的薛定谔尽管偶有突破，但却实在是困难重重，几乎绝望。他才躲进了颜色和色觉理论换换脑筋，才又进入量子统计领域去扬己之长，发挥专业优势；但他并没有放松对原子结构和量子物理的关注和追踪，他在养精蓄锐，积聚力量，在寻觅着新的突破口，一个有利于运用自己有利条件直插纵深的进军方向。德布罗意的相波理论，开创了新的量子力学进展方向，也正为薛定谔建立波动力学提供了契机。

德布罗意的思想像一道闪电，划破了乌云翻滚、孕育着惊雷的物理学天空，他所揭示的粒子的波粒二象性开拓了量子力学的崭新方向。然而这一道

闪电却并没有引起哥本哈根、格廷根、慕尼黑为中心的大多数量子物理学家的重视，没有激起他们的灵感和创造性火花，因为传统的物质概念根深蒂固。海森堡等人后来构造的矩阵力学更是从坚持粒子图象和可观察量出发，他们很难放弃自己的基本立场，去接受一个初出茅庐的物理学家设想的如此奇异的相波，而把它看作纯粹的凭空杜撰和数学虚构。

历史再一次显示出爱因斯坦的敏锐的洞察力和惊人的创造性。爱因斯坦立即认识到德布罗意这一工作的重要性，他的基本哲学信念是唯理论，这使他坚信并毕生追求各种自然现象的内在统一性。他马上把德布罗意的思想应用到自己关于理想气体的量子统计研究中，在 1925 年 2 月发表的《单原子理想气体的量子理论》的第二篇论文中引用了它，认为相波理论“包含了比仅仅是相似关系更多的东西”。爱因斯坦的推荐和引用，强化了德布罗意工作的现实意义，并使这稍纵即逝的思想的闪电成为引爆薛定谔积蓄已久的能量和创造性的导火索。

薛定谔无疑具备较多的吸收和发展德布罗意思想的有利条件，这既包括在思想倾向上的志趣相投，也包括在知识文化背景上的异曲同工。他们都酷爱猜想，坚持自然的可理解性，热衷于科学中的哲学问题，而对量子之谜，都不满于玻尔理论的不一贯性和量子跃迁概念，试图从整体框架上取而代之：德布罗意把量子化条件处理为“相波的谐振”，薛定谔则从他的熟悉的连续介质力学中借来兵器，认为能级应作为“本征值问题”而由一般原理自然导出。他们都有广泛的知识背景，追求理论的统一，主张以相对论和量子论的结合作为新的原子力学的出发点，并对哈密顿相似非常熟悉。

但具备了条件并不就代表把握了机会，薛定谔一开始并没能细致研究和很快接受德布罗意的理论并用之于原子动力学。当他在关于理想气体的量子统计研究中，读到了爱因斯坦对德布罗意思想的推荐，引起了他对德布罗意工作的注意。紧接着，他的苏黎世的同事又给了他新的动力，德拜等人也注意到了德布罗意的工作，却感到无法理解后，因而要求薛定谔在他们定期举行的研讨会上作一次关于德布罗意工作的讲演，这更促使薛定谔去认真研读德布罗意的论文。

薛定谔于 1925 年 11 月 3 日致信爱因斯坦：“几天前我以极大的兴趣阅读了德布罗意的天才论文，最终掌握了它；借助于它，您的第二篇论文简介的工作对我也首次成为完全清楚的了。德布罗意对量子规则的解释在我看来以某种方式与我在 1922 年 12 月 23 日的《物理学期刊》上的短文有关，……显然德布罗意在他庞大理论框架中的考虑总体上比我的单个论述有更大的价值。”德布罗意的工作在两方面引起了薛定谔的重视，一方面它澄清了薛定谔对爱因斯坦量子统计论文中引用德布罗意思想那部分的认识，另一方面它对原子轨道量子化解释与薛定谔自己几年前发现的玻尔轨道的一个性质相似。正是沿着这两个分离但却平行的研究方向，薛定谔试图进一步应用和发展德布罗意相波理论，并从而走向了他的波动力学。

薛定谔对德布罗意思想进一步发展，从而踏进了波动力学理论框架的门槛。从相波到物质波是薛定谔发展德布罗意思想关键的一步，从理论上讲，对于一个理论物理学家是顺理成章的；从实践上讲，对于已从教和研究多年并对相关知识相当熟悉的薛定谔，也就更不是什么难以克服的困难。薛定谔立即投入了紧张的工作，甚至在欢乐的圣诞假期中也全力以赴，毫不松懈。到1926年1月初，薛定谔解出了这一相对论性波动方程，从1月26日起，在颇负盛名的一流德国杂志《物理学年鉴》上，以《作为本征值问题的量子化》为题，连续发表四篇论文，建立起非相对论波动力学的理论体系。第一篇论文对经典波动方程由德布罗意关系式纳入薛定谔的波动方程，这种方式使波动力学的建立在理论的逻辑承继和发展上更为合理，也突出了描述对象的物理特性，更有说服力，也更为薛定谔日后所常用。论文之二得出了与实验一致的能量本征值，而论文三通过复杂的计算而成为“波动力学最早的定量成就”。在第四篇论文中，薛定谔导出了著名的“薛定谔方程”，并开始着手系统阐述波动力学的物理解释。

量子理论的发展三部曲在玻尔理论之后一度陷入困境，但突如其来的理论发展一下子就把整个量子史诗推向了高潮，而且在这一乐章中奏出了波动力学和矩阵力学两种不同的主旋律，因此，这两种主旋律能否和谐，就成了当时众所瞩目的中心问题。

矩阵力学和波动力学看上去是两种形式完全不同的理论体系，它们的研究纲领、物理图象和数学方法都完全不同。矩阵力学立足于经验的可观察量，而波动力学立足于普遍力学原理。然而，由于两种理论都获得了各自的成功，如果它们都是对于微观体系的正确描述的话，那么，相互之间必然有某种本质的联系和沟通。这种本质的联系无疑是深深隐藏着的，发现这种联系对薛定谔的新理论是一次考验。在《论海森堡、玻恩和约旦的量子力学与薛定谔的量子力学之间的关系》一文中，薛定谔从数学上证明了波动力学与矩阵力学的等价。

等价证明再一次为波动力学赢得了荣誉，成为量子力学进一步发展的里程碑：一种统一的量子力学建立起来，其中两种表象和方法可以交替使用。但由于薛定谔的波动力学方法从理论上讲立足于普遍的力学原理，并建立了普适的基本运动方程，从实践上讲则更为简洁，易于掌握，为物理学家所熟悉，因而更易于为人们所接受，一经问世，立刻受到广泛赞赏和应用。

柏林大学、慕尼黑大学、哥本哈根大学这些量子物理中心和美国的威斯康星大学、加州理工学院、哥伦比亚大学等地，争相邀请薛定谔前往报告他的波动力学。薛定谔每到一地，都引起一阵轰动：因为他用经典的方法，用易于理解的概念，解决了矩阵力学中极其复杂的量子力学问题，他建立了以后用他名字命名的描述微观体系运动变化规律的量子力学基本运动方程，他证明了两种力学体系的等价，从而开辟出统一量子力学体系的道路。

波动力学的创始人一时间成为享誉国际学术界的风云人物和科学明星，

他终于收获到了辛勤耕耘十数载后的成功喜悦。在柏林，两位量子论巨人张开臂膀欢迎薛定谔，普朗克称自己以“充满兴趣和振奋的心情沉浸在对这篇具有划时代意义的著作的研究中”，“为展现在面前的美而高兴”，他认为，薛定谔方程奠定了近代量子力学的基础，就像牛顿、拉格朗日和哈密顿创立的方程在经典力学中所起的作用一样。爱因斯坦也对薛定谔的成就留下了深刻的印象，说：“我相信您以关于量子条件公式表述取得的决定性的进展，正像我同样相信海森堡—玻恩的路子出了毛病一样。”在慕尼黑，薛定谔也受到了凯旋般的欢迎，他的学术报告中数学上的巨大成功折服了所有听众，他的波动图景也为老一代物理学家所欢迎。在哥本哈根，薛定谔以“波动力学的基础”为题向丹麦物理学会发表了演讲，波动力学在数学上的简单清楚，处理量子问题方法上的便捷有效，再一次受到普遍欢迎。在威斯康星、在加利福尼亚、在纽约……薛定谔的美国之行也受到了年轻的美国理论物理界的热诚欢迎。

波动力学迷住了整个物理世界，首先对于所有物理学家来说，波动力学处理量子问题的形式优美巧妙，方法简洁有效，优于计算方法困难复杂的矩阵力学；时至今日，在量子力学、场论等教科书和实际运用中，使用的还是薛定谔的方法。同时，对许多经典物理学家来说，薛定谔似乎“允诺了一个长期受挫折而又不可压抑的愿望的实现”。波动力学的建立和巨大成功，最终确立了为全体物理学家所接受的量子力学理论体系，奠定了理论的发展完善及具体应用的基础，也把其创始人光辉的名字，永远铭刻在了人类文明发展史的里程碑上。

五、死猫还是活猫

波动力学的建立，一扫量子探索中的困惑和阴霾，这一学说的成功，也开辟了薛定谔研究生涯中的新时代，他没有辜负老父亲的含辛茹苦和愿望，也无愧于老师们的谆谆教诲和培养。他用自己不间断的努力，作出了彪炳千古的业绩，也为自己无休止的追求，赢得了更广阔的发展空间。他在自己的理论探索道路上踏踏实实走下去，波动力学也就成为他进一步工作的起点。

波动力学的建立，使薛定谔成为世界闻名的物理学家，而他在柏林所作的学术报告，也给普朗克、爱因斯坦等留下了很好的印象。他对各种知识运用自如的理论功底，处理技术问题得心应手的数学素养，特别是追求在时空中清晰直观地描述物理对象的经典实在论倾向，都令普朗克和爱因斯坦大为赞赏。

普朗克是当时德国科学界的中心人物，在国际物理学界享有崇高的声誉。他不遗余力地致力于发展德国的科学事业，亲自出面邀请杰出的科学家到柏林工作。早在1913年，他就亲赴苏黎世，劝说当时任教于苏黎世联邦工业大学的爱因斯坦应聘前往柏林，就任普鲁士科学院院士、柏林大学教授兼

威廉皇家物理研究所所长的职位，给爱因斯坦提供了既有权讲课和按自己的选题举行讨论会，又不必参加某些教学活动的工作条件，以使爱因斯坦能自由从事其硕果累累的创造性理论思维；而 14 年后，普朗克又再次向一位工作在苏黎世的成名物理学家——薛定谔发出热诚的邀请。

普朗克自 1892 年起就开始担任柏林大学理论物理学教授，作为进入 20 世纪以来德国首屈一指的理论家，他在这一职位上呆了 34 年，直到 1926 年才以 68 岁高龄离任。由谁来接任普朗克的职务，主持这一德国最大的柏林大学物理系，无疑成为一项为物理学家们所瞩目的极高的荣誉，它要求被提名人作为普朗克的继承者，具有很高的声望、突出的成就和优秀的教学才能。薛定谔以建立波动力学而红极一时，并深受普朗克的赏识，并且他已有在在大学执教理论物理的多年经验，因此，柏林大学向薛定谔发出了继任普朗克教席的邀请。

无疑，这一邀请对于年仅 40 岁的薛定谔来说是个极高的荣誉，极具诱惑力，同时也是对他的才能和自信心的一种挑战。普朗克是他仰慕已久的前辈和权威，柏林在当时享有“物理学首都”的声誉，而柏林大学更是群贤毕至，人才济济，然而，他对苏黎世大学也不无留恋，这里提供了他走向成功的外部环境，有他熟悉亲切、彼此切磋的科研集体，苏黎世大学也以优厚的条件，包括兼任联邦工大理论物理教席的双职双薪这种特殊待遇来极力挽留他，因此薛定谔难作选择。

最终，还是普朗克的话促使薛定谔做出了决断。普朗克表示，如果薛定谔能成为他的继任者，他将会感到很高兴。这既是莫大的荣耀，更是一种召唤。1927 年，薛定谔举家迁居柏林，就任柏林大学理论物理学教授，并于次年在普朗克的推荐下成为普鲁士科学院院士。在去普朗克家登门拜访时，薛定谔在普朗克家的来客纪念册上留下了一首诗，诗的最后几行，谈到了普朗克这一表示对他的感召：

“词藻华丽的信件，
时间长久的言谈，
给我的是粉饰的虚幻。
而在值得倾心相敬的我们之间，
话儿简单，
却宛如指南。
总之一句话：
我将很喜欢。”

薛定谔很快就喜欢上了柏林的学术环境。许多第一流的物理学家聚集在当时的柏林，每周欢聚在一起的讨论会，给薛定谔留下了深刻的印象，无疑，在这种集会上展开学术讨论，确实是一件十分愉快的事。在柏林大学，除了普朗克和爱因斯坦之外，与薛定谔共事的绝大部分是或者将是诺贝尔奖金得主。他们每周三聚集在位于国会大厦附近的威廉皇家物理研究所，报告和讨

论物理学的最新进展和疑难，这种高层次的探讨和交流使薛定谔精神上得到了极大的满足和愉悦。比起在苏黎世和维也纳来，柏林远离了他酷爱前去旅行和登山的阿尔卑斯山区，更加喧嚣和都市化，但这个缺陷却由于学术环境的优越而得到加倍的补偿。如果说，在维也纳或苏黎世，薛定谔或许会感到知音难觅，那么在柏林，他如鱼得水，并感到了逆水行舟不进则退的压力，周围个个都是科学界顶尖高手，代表了物理学和化学的最新成就，在这里，物理学正在人们的手中进展。

在柏林的年代里，薛定谔与自己仰慕已久并与自己科学和哲学观点相似的普朗克和爱因斯坦建立了亲密的友谊。他和妻子经常出席相距不远的普朗克家中举行的家庭舞会，他也常去波茨坦附近湖畔的爱因斯坦的山坡别墅，两人一起在湖面上泛舟畅游，讨论物理学问题，交换彼此对量子力学解释问题的看法。同时在薛定谔住处也经常举行“维也纳小灌肠晚会”，很快成为科学家们聚会和交往的中心。薛定谔把在柏林大学的时代看作他一生中最幸福的时代，在这里，他以极大的热忱投入了教学工作，和同事们一起，使柏林大学物理系的教学水平达到了前所未有的高度。

薛定谔不仅在课堂上循循善诱，也欢迎学生们到他家中探讨学术问题，显得平易近人，不摆架子。他没有让已取得的成就和名望成为自己继续前进的羁绊，而是作为新的起步的起点。在教学之余，他致力于完善和推广波动力学的成果，并努力在研究中把相对论和量子力学这 20 世纪物理学的两大支柱理论统一起来。占据他这一时期的研究精力的另一中心，就是量子力学的诠释问题。

作为量子力学的奠基人之一，他不满足于现有的量子力学的诠释，与爱因斯坦一道，在关于量子理论与经典物理学的解释这一学术论战中充分发挥他的理论观点。为了说明情况，可能构造一个几乎是讽刺的例子，薛定谔提出了“猫悖论”。假设一只猫被关在了包括下述“痛苦装置”的盒子，猫自己不能操纵这个装置。一个带有很少放射性物质的盖革计数器放在盒子里，这样一小时中或许有一个原子衰变，则计数器反应并通过一个继电器扳动一个小锤，打碎氰化物小瓶。人们让这个系统放上一小时后，猫可能还是活着的，如果这中间没有原子衰变，而第一个原子衰变将把猫毒死。这个实验的目的是通过一个理想实验把微观状态（原子衰变）同宏观状态（猫的死活）联系起来，从而得出猫的死活这样的宏观状态也不确定、有待于我们的观察的结论。而这样的结论显然相悖于我们的日常生活经验和实在观念，因而说明量子力学对实在的描述不完备。爱因斯坦对这一悖论非常赞赏，在 1939 年 8 月和 1950 年 12 月两次给薛定谔的信中，都称之为揭示了量子力学描述实在的不完备性的最巧妙的办法，并提出应当进一步发展完备的描述。

薛定谔提出的猫悖论，又一次表明了他对量子力学诠释问题的关注，也又一次证实了他反对正统诠释的执着。他的这种执着使他后来在物理学家中十分孤立。第二次世界大战中止了关于量子力学诠释问题的论战，但当 50

年代论战再起，薛定谔又发表了“波动力学的意义”、“有没有量子跃迁”、“基本粒子是什么”、“我们的物质图象”等一系列文章，表现了他作为一个科学家对信念的彻底性和坚定性。

六、生命是什么

薛定谔是一个典型的书斋里的学者，他只把自己关在学术的象牙塔里，但是他的人格使他在政治上有基本的准则，即保持人的平等、自由和尊严，保持探讨科学问题所必需的宽松和民主的环境，这对于人的生存和科学的发展是不可剥夺的。而 1933 年希特勒上台后，肆意践踏民主，疯狂发展垄断资本和军备生产，实行法西斯奴化教育，残酷迫害不愿屈服和顺从他们的知识分子，尤其是犹太血统的知识分子，整个社会生活包括学校教育开始纳粹化。在大学校园和科研机构里，犹太血统的科学家纷纷被勒令停止授课、工作，遭到解雇。爱因斯坦首当其冲成为迫害的目标，他主动辞去各种职务以示抗议纳粹暴行，并被普鲁士科学院开除。一大批著名科学家因不属于“纯雅利安人”而被剥夺继续学术研究的权利。

面对这种赤裸裸的种族歧视、奴化教育和法西斯暴行，薛定谔无法容忍。虽然，他的雅利安人血统和作为普朗克继承人的地位使他并未遭到打击，并没人逼他放弃职位，更不必离开德国，但他自愿这样做了。他不愿效忠这样的政府，不能容忍在野蛮的法西斯制度下工作。他以他所能选择的方式来反对纳粹对他的同事的迫害和对人类良知的亵渎，否则在他看来就等于与纳粹同流合污。

薛定谔在柏林的美好年代结束了，1933 年 11 月初，他借口休假离开了德国，来到牛津大学。在牛津，他接到了一个令人振奋的好消息，“因为发现原子结构的新的富有成效的形式”，他与另一名科学家狄拉克一道被授予 1933 年诺贝尔物理学奖。他终于摘取了这项世人仰慕的最高科学大奖，他的工作赢得了国际科学界的普遍承认和尊敬。消息传来，不仅薛定谔本人非常高兴，奥地利国内舆论也欢欣鼓舞，纷纷报道，这是奥地利的荣誉，薛定谔为自己的祖国第二次赢得了诺贝尔物理学奖。

同年 12 月 12 日，在斯得哥尔摩的领奖仪式上，薛定谔发表了题为“波动力学的基本思想”的获奖演讲，在简略地介绍了自己的传略后，他从光学思想史入手，分析和论证了其理论的实质，他的演讲再次显示出他对思想史的熟识喜爱和他的通俗生动的文学风格，使听众大为折服。

1936 年，薛定谔收到奥地利格拉茨大学邀请，思乡之情使他回到祖国。但两年后，德国吞并奥地利，薛定谔立即遇到了麻烦，纳粹党徒并没有忘记他从德国的不辞而别，1938 年 9 月，薛定谔被纳粹从格拉茨的教职上解雇，为了逃生，他再次出走，溜过边境，转道意大利，开始了逃亡生活。他在学术界的朋友们十分关心他的处境，纷纷向他伸出援助之手。其中原都柏林大

学数学教授、当时的爱尔兰总理瓦勒拉多次邀薛定谔赴爱尔兰就职；1939年9月1日，法西斯德国闪击波兰，第二次世界大战爆发，薛定谔更加陷入困境，瓦勒拉通过外交途径为薛定谔准备了一张安全通行证，使薛定谔于10月安全到达爱尔兰的首都都柏林，开始了在那儿长达17年的侨居生活，并开始了他生命旅途中最后一段富有创造性的征程。

战争打破了人们和平安宁的生活，除了效力于军事与战争的研究工作之外，其他科学研究工作在大部分国家都陷于停顿，科学家不是上了前线，就是缺乏基本的工作环境和条件，国际上的交流合作更成了天方夜谭。比起大部分同行来，薛定谔是幸运的，爱尔兰在政治上保持中立，没有卷入战争漩涡，这使得薛定谔寻得一块远离战祸的绿地，继续在相对安稳的环境中从事他矢志献身的事业。1941年，都柏林高等研究院正式开学，薛定谔担任理论物理部主任。高等研究院内学术空气生动活跃，讲习班云集了来自各国的物理学家，成为战时条件下探讨各种物理问题的颇负盛名的非正式会议。安定的环境，优越的条件，使得避开战乱的薛定谔的创造性被激发出来。这一时期，他致力于推广爱因斯坦的引力理论为统一场论，致力于时空结构和宇宙学研究。早在1940年，他就试图发明可综合引力、电磁和核三种相互作用的一种统一场论。他力图把波动力学应用于宇宙学中，这些方面的研究，集中反映在《时空结构》和《膨胀着的宇宙》两本书中。同时他继续保持对量子力学和统计力学的兴趣，1946年完成的《统计热力学》，就是长期以来研究的成果。

也正是在这一时期，薛定谔的目光更加开阔和深刻，他不再仅局限于纯粹物理学问题的研究，而是进而对物理学的基础、它与其他自然学科的关系、它的历史发展及其对认识论的影响等问题展开探索，作出了可贵的贡献，特别是他为致力于科学的统一而写成的《生命是什么——活细胞的物理学观》一书，在当时产生了极大的影响。

科学的统一是薛定谔毕生的信念和追求。他是理性主义者，坚信自然界是可以理解的，追求对自然界和谐统一的理解，从而导致了科学统一的信念。薛定谔并非生物学专家，但他作为一个物理学家，用深邃的眼光对生命物质和遗传机制等问题发表的精湛见解，开拓了一种新的研究途径。薛定谔认为，他写作《生命是什么》的唯一动机，是揭示生命物质在服从迄今为止已确立的“物理学定律”的同时，可能涉及迄今还不了解的“物理学的其他定律”。《生命是什么》这本书的重大意义，并不止于倡导从分子水平探索遗传机制和生命本质，并且引入了“遗传密码”、“信息”、“负熵”等概念来说明一系列生命现象。它的深远意义还在于提出了下面这个重大问题：在一个生命有机体的空间范围内，在空间和时间中发生着的事件，如何用物理学和化学来解释？同时薛定谔对这一问题的初步解释和有益的尝试也正是他对生物学的主要贡献。由于薛定谔本人的声望，他提出问题的鲜明性和时机，使他的倡导和尝试给物理学与生物学的结合以极大的推动，薛定谔成为

探索二者统一的先驱，同时促成了分子生物学的诞生。《生命是什么》一书，也就成为给予生物学界以革命的一个契机。

薛定谔广博的知识和充沛的创造力是惊人的。在他的专业领域内，他先后发表了 5 本专著和不下 150 篇论文，其范围几乎覆盖了所有理论物理学前沿；而在专业领域之外，他除了在生物学发展中的重要贡献《生命是什么》和文学上的造诣结晶《诗集》之外，还发表了一系列哲学论著，内容涉及许多哲学上的重大课题，他确实近乎于一位“百科全书式”的学者。

薛定谔始终对哲学抱有浓厚的兴趣，这点早在他的学生时代及在维也纳工作时期就表现出来了。与普朗克和爱因斯坦一样，薛定谔是一位关于外部世界的实在论者，并坚持人类认识的目的在于获得关于外部世界的真实知识，理解它的本质和规律。他认为问题并不仅仅在于我们能否说明观察现象，而在于“实在的物理世界”。他坚持哲学探索对科学研究的意义，认为哲学是人类普遍知识和特殊知识必不可少的基础，他的哲学思想也确实几乎始终贯穿于他的科学探索中。他说过：“科学是哲学的继续，只是手段不同”，并承认，这种“自然哲学”式的热情在自己身上延续下来，给以后的生命历程许多鼓舞。实在论思想是薛定谔全部科学哲学的前提，他提出了两条基本原理：一是自然的可理解性原理，二是客观化原理，它们反映了薛定谔科学世界观的特征，也是他的科学方法论的基础。就其毕生为探索人类的最高智慧而跋涉这点而言，薛定谔又无愧为一个伟大的哲学家、思想家。

七、奥地利的骄傲

薛定谔在都柏林度过了整整 17 年的漫长岁月，这也是他生命历程中最长的一段侨居生涯。尽管他在爱尔兰条件优越，环境舒适，生活安定，但他却无时无刻不在关注着战火纷飞的祖国，惦念着在法西斯铁蹄蹂躏下的苦难同胞。这种对于祖国铭心刻骨的眷恋之情，表明他始终而彻底地是一个奥地利人，一个奥地利民族文化和精神养育起来的伟大儿子。

薛定谔对于故乡和祖国的这种思恋之情，在他毕生大部分侨居国外的科学生涯中一再表现出来。薛定谔获得博士学位后留在母校维也纳大学的第二物理教研所工作；第一次世界大战结束后，他分别收到来自母校和德国布累斯劳、基尔三所大学的正式教授聘书。接替他的导师哈泽内尔未竟的事业无疑对他有极大的吸引力，只是由于当时奥地利大学教授的薪金实在菲薄，无法维持他家庭的开支，他才离开了母校，去到德国，后又去了苏黎世大学。到了 1925 年底，即在他作出著名的科学发现的前夕，他收到了来自奥地利因斯布鲁克大学的教授和理论物理研究所所长的职务聘书。尽管他当时在苏黎世大学可以称得上诸事顺利，但仍十分倾心于祖国学校的提名。原因之一是因斯布鲁克地处奥地利西部边境，与位于德国南疆的慕尼黑大学距离很近，正在慕尼黑大学分别就任实验物理教授和理论物理教授，与薛定谔交情深厚

的维恩和索未菲二人极力劝说他应聘此职，以便有更多的机会在一起切磋交流，另一原因是尽管因斯布鲁克远离维也纳，但毕竟是祖国，可免却薛定谔的思乡之愁。然而奥地利经济上的窘境又一次使他好梦未能成真。1936年，当薛定谔从纳粹上台后的柏林大学不告而别来到牛津任研究员三年之后，他又一次收到分别来自英国老牌名校爱丁堡大学和本国格拉茨大学的聘书，这一次他没再犹豫，毅然返回了祖国，此时离他出国任教之日，已过去十多年时间了。只是由于两年后德国的吞并和纳粹的威胁，才又使薛定谔离别祖国，浪迹天涯，异乡为客。但即使如此，他始终保持着自己的国籍，保持着自己对祖国的一片浓浓的真情。

同样，祖国和人民也没有忘记薛定谔，也始终关怀着曾带给他们崇高荣誉的这位科学巨匠，一代天骄。第二次世界大战结束后不久，奥地利有关方面就试图说服薛定谔返回家乡，甚至连伦纳总统也于1946年出面劝说，但薛定谔的民族感情使他不愿回到当时按规定由苏联军队占领下的维也纳。在此后的岁月里，他和妻子常去他们酷爱的奥地利蒂罗尔山区游览，他们的满腔乡恋得以溶化在饱览祖国山河秀丽风光的喜悦中。直到1956年，苏、美、英、法四国占领军已全部撤走后，薛定谔才决定返回他朝思暮想的故乡，担任了维也纳大学理论物理学名誉教授的特别职位。尽管他已年届七十，到了通常的退休年龄，他仍然又授课一年。此时气喘病和支气管炎已限制了他的创造力，他在这最后的岁月里写下了“或许能量仅可作为统计概念”的论文和他的哲学自述《我的世界观》的后半部分“什么是实在的”，表明萦绕在他心头的，仍然是量子力学的诠释问题和自然与自我的关系问题。

薛定谔在晚年登上了荣誉的巅峰。他的祖国授与他大量的荣誉以致褒奖和谢忱。他刚回国就获得维也纳城市奖，政府设立了以他的名字命名、由奥地利科学院颁发的奖金，他是第一名获奖者。1957年他又荣获奥地利艺术和科学勋章、联邦德国高级荣誉勋章。薛定谔曾写道：“奥地利在各方面都给我以慷慨的款待，这样，我的学术生涯将荣幸地终止在它由之开始的同一个物理学院。”

从维也纳起步，在经历了苏黎世、柏林、牛津、都柏林各个成绩斐然的时期后，薛定谔满载着荣誉回到了维也纳。他被许多大学授予荣誉学位，并包括教皇科学院、伦敦皇家学院、普鲁士（后改称德国）科学院和奥地利科学院在内的许多科学团体的成员。

1957年，薛定谔幸免于一次危及生命的重病，但从此再也没有完全恢复健康。他继续从事着力所能及、不致过于劳累的工作，而他的思想仍同过去一样活跃和清晰。甚至在他不得不去蒂罗尔山区疗养的期间，1960年10月，他仍在与玻恩通信，仍没有停止他那无穷尽的探索。至于健康问题，他只对患有严重心脏病的妻子表示担心，却没想到自己很快一病不起。1961年1月4日，薛定谔闭上了他一生探索世界、寻找科学真理的眼睛。他的智慧的头脑在长途跋涉之后永远地休息下来。人们把他葬在他生前钟爱的奥地利蒂罗

尔山区的阿尔巴赫小山村。

斯人已逝，风范长存，奥地利人民永远铭记着这位伟大的科学家。薛定谔是奥地利人民的优秀儿子和精神代表，是奥地利的骄傲。在 1984 年 9 月 1 日，奥地利政府又设立“薛定谔出国奖学金”，供 35 岁以下科研人员去国外具有先进水平的科研机构进修和工作，以利于科技人才的培养和成长。

国际科学界和全世界人民也将永远铭记着薛定谔，铭记着他所建立的“薛定谔方程”和波动力学，铭记着他给人类文明留下的不朽精神财富。在生前，他获得了世界人民的称颂，去世后，世界人民仍在怀念着他。1987 年 8 月，来自世界各地的著名科学家和哲学家汇聚维也纳，纪念薛定谔诞生一百周年，探讨他在科学史上的历史地位和久远影响，并出版了一本文献资料和图片集，以志永久纪念。

