

中外科学家发明家丛书

# 薛定谔



中国国际广播出版社



44.033  
李5313-7 XDE

中外科学家发明家丛书

# 薛定谔

尔 东 编著

## 目 录

- |                 |      |
|-----------------|------|
| 一、校园骄子 .....    | (2)  |
| 二、锋芒初露 .....    | (9)  |
| 三、理论物理的困境 ..... | (16) |
| 四、石破天惊 .....    | (22) |
| 五、死猫还是活猫 .....  | (31) |
| 六、生命是什么 .....   | (36) |
| 七、奥地利的骄傲 .....  | (42) |

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之忧,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。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

量子力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，在他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历史事件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镇定。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

现代物理学。”这些演讲经过修改补充后发表时的书名叫《大自然与希腊人》。

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，他把一篇发表的论文寄给他的媒人，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，回归母校，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