

S. M. ULAM

Adventures of a Mathematician

CHARLES SCRIBNER'S SONS, 1976, New York

一位数学家的经历

【美】S. M. 乌拉姆 著

朱水林 吴炳荣

唐盛昌 蒋 青 李国伟译

上海科学技术出版社出版
(上海五金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印十二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.5 字数 269,000

1980 年 1 月第 1 版 1980 年 1 月第 1 次印刷

印数：1—4,000

ISBN 7-5323-0727-1/N·16

定价：3.00 元

序　　言

在薄暮中，从华盛顿开往阿尔伯克基的飞机已经接近圣地安山脉，山脚下座落着阿尔伯克基城。着落前十分钟左右时，圣菲塔城的灯光便依稀可辨了。在西边的地平线上，那神秘的吉米土群山的火山群朦胧出现。我从华盛顿、纽约或加利福尼亚返回，这也许是第一百次了。洛斯·阿拉莫斯的职务以及一些政府及学术界的事务，几乎占去了我的整个岁月。

我的思路已转回到了1944年1月第一次来到新墨西哥的时候，当时，我还是威斯康星大学的一位年轻教授，受命参加一个实际内容在当时尚需保密的计划。告诉我的全部内容，就是如何到达洛斯·阿拉莫斯地区，这是一个位于圣塔菲城附近，名叫达美的火车站。

如果有人在四十五年前预言，一个来自波兰里沃夫的年轻的纯数学家，会把他最宝贵的青春，托负给他生活在欧洲时连名字和地方都不知道的新墨西哥的话，我会以为这种想法是不可思议的。

我发现自己在回忆波兰时的童年，学习和自幼对数学的专注，以及由对物理的兴趣扩大到对科学的好奇。接着是一连串的意外机遇，引导我参加洛斯·阿拉莫斯计划。我的朋友冯·诺伊曼请我来到一个奇特的地方，加入他和其他物理学家的行列，但对于此项工作的性质，我只能模糊地猜测。在芝加哥联合火车站遇见他时，他能告诉我的就是：“在里约格

朗德的西面”。

冯·诺伊曼是二十世纪上半叶最伟大的数学家之一，1936年由他担保使我来到了这个国度。1934年起，我们已经对某些纯数学上深奥的问题交换了意见，我就是在这个领域首先为自己赢得声誉的。冯·诺伊曼正在研究的理论与我的相近，他请我参加新建立的普林斯顿高级研究院，这是在以第一流教授阿尔伯特·爱因斯坦而闻名的地方。冯·诺伊曼本人就是普林斯顿最年轻的教授之一，他那时在数学基础和逻辑学方面的工作已经颇负盛名。几年之后，他又成为发展电子计算机的一位开拓者。

我曾经着手写一本有关冯·诺伊曼科学生涯的书，在构思的过程中，我会想到我和其他一些人是怎样受他影响的，这位数学家和其余我所知道的人是怎样从事抽象的纯数学和理论物理领域的工作，并为此改变了我们已知的这个世界的面貌。

回忆起我自己从事的科学工作、研究项目、早期探讨；在我家乡的咖啡馆里与数学同行无休无止的讨论数学问题，回忆起来到美国的普林斯顿和哈佛大学讲学，使我身不由己地陷入对冯·诺伊曼的生活及归宿的缅怀中。

我在着手整理构思的过程中，发现大约直到1966年，对于原子弹赖以诞生的那种不寻常的背景情况，几乎没有什描述，官方历史的描写，既没有人们的真正动机，也没有深入到二年中生活在那罕见的背景中的人们的内心感受、疑虑、信念、决心和希望，有的只是平铺直叙，充其量也只是给大家一点点事实而已。

坐在阿尔伯克基飞往洛斯·阿拉莫斯的小飞机上，我想着这一切，也回忆起我的童年时代，朱尔斯·弗恩和 H.G. 青

尔斯著书的波兰语译文，对我产生怎样的影响。在孩提时期，我做梦也没有想到有一天我会参加同样惊人的伟业。

对所有这一切的回忆，导致我决意着手描写我自己的履历，以及与那项伟大的技术成就有关的许多科学家的情况，而不单单是描述冯·诺伊曼个人的生平。

如上所述，我从一个纯数学家起步，在洛斯·阿拉莫斯遇到了物理学家和其他自然科学家。主要交往的是理论家。看到他们在黑板或白纸上潦草地涂上几笔，就能多么巨大地改变人类事态的进程，仍然使我惊叹不已。

我开始投入到研究原子弹工作中去了，然后是氢弹。但是，大部分时光我仍花在更为理论的领域。我的朋友奥托·弗里希是裂变链反应的概率的发现者，他在《原子科学家记事》上的一篇文章中，描写了他从壁垒森严的英国来到洛斯·阿拉莫斯时的第一个印象。他写道，“当然，我从未看到过在一个地方集聚着这么多有趣的人们，一到晚上，无论走进哪间屋子，都可以发现意气相投的人们正在演奏乐曲或尖锐地争论……，初期，我还碰到斯坦·乌拉姆，他是一位卓越的波兰拓扑学家。当时他告诉我说，他是一个十足的纯数学家，以至他最近的一篇论文几乎就只是一连串带小数点的数字！”

尽管对科学的研究和对核时代及宇宙时代肩负重任的那些人物：冯·诺伊曼、费米等众多的数学、物理学家的生活，以前很少描述。但是我在那里还要细述一下更抽象、更有哲理的、具有决定意义的来自数学本身的影响。事实上，斯蒂芬·巴拿赫、G. D. 伯克霍夫和大卫·希尔伯特的名字公众并不熟悉，但正是这些人与爱因斯坦、费米及几位同样著名的科学家一起，对于已经完成的二十世纪的科学作出了不可磨灭的贡献。

目 录

序言

第一篇 在波兰成长的数学家	1
第1章 童年	1
第2章 学生时代	15
第3章 出国	39
第二篇 一位在美国工作的数学家	49
第4章 在普林斯顿	49
第5章 哈佛的年月	67
第6章 过渡与危机	88
第7章 威斯康辛大学	104
第三篇 生活在物理学家中	119
第8章 洛斯·阿拉莫斯	119
第9章 南加利福尼亚	149
第10章 返回洛斯·阿拉莫斯	164
第11章 “超弹”	183
第12章 两位先驱者逝世	199
第四篇 最近十五年	219
第13章 政府科学	219
第14章 再任教授	234
第15章 关于数学和科学的随想	240

第一篇 在波兰成长的数学家

第1章

童 年

(1909—1927)

我的父亲约瑟夫·乌拉姆是一位律师。1877年生于波兰里沃夫，在他出生的年代，这座城市是加利西亚省的首府。1909年我出世的时候仍然属于奥匈帝国的一部分。

他的父亲，即我的祖父是一名建筑设计师和建筑承包人，我知道祖父是从威尼斯来到里沃夫的。

我母亲安娜·奥尔巴赫生于斯梯郎喀尔巴阡山脉附近，在里沃夫南面约六十英里的一个小城镇。她的父亲是一个实业家，在加利西亚和匈牙利经营钢铁生意、管理工厂。

我最初的一个记忆是我和父亲坐在阳台上往外看，街上有很多阅兵队在向访问里沃夫的英国王储致敬，我那时还不到三岁。

我记得妹妹出世的时候，人们告诉我一个小女孩已经降临，我感到似乎自己长大了，那是一种难以描绘的感觉，我那时恰好三岁。

四岁的时候，记得我围绕一张东方式地毯，边跳边低头看地毯上缠结的图样。记得父亲高耸的身影站在我身旁，我注意到他正在微笑。我认为：“他是由于我的稚气而发笑，但是我已懂得这些令人好奇的图样。”我并没有用那样的语言思考，但是我坚信这不是后来出现的想法，我清楚地感到，“我懂得父亲不知道的某些东西，也许我比父亲更聪明些。”

我还想起与家人一起去威尼斯的旅行，我们乘在公共游艇上沿河而行。我把气球掉进水里了，它正沿着船壁往下滚去时，父亲用手杖柄试着去钩起那球，但未成功。他安慰我，答应让我挑选一个威尼斯人用珠珠做的游览船模型纪念品。我也记得接受这个“任务”时，我那种骄傲的感觉。

记得第一次世界大战开始时，我是个少年。当奥地利、德国、保加利亚作为“同盟国”与法国、英格兰、俄国、意大利打仗的时候，我是“同盟国”的拥戴者。大多数波兰人是爱国的、反对奥地利的。尽管如此，我在八岁的时候，还是为奥地利和德国的敌人的伟大胜利写了一首小诗。

早在 1914 年，俄国军队进驻加里西亚并占领了里沃夫，我家搬到维也纳避难，在那儿我学德语，但在家时，我们都说本国语——波兰语。

我们住在跨越圣·斯蒂芬大教堂的一家旅馆里，奇怪的是，虽然我后来多次游览维也纳，但再次认出这所建筑是在 1966 年。那一天我与妻子一起走过这条街时，也许是因为我们正在谈论我的童年，我突然记起这所建筑并指给她看，这一来，被埋藏了五十余年的许多其它的往事都涌上了心头。

在同一次游览时，当我穿过普拉特花园时，突然看到一个室外咖啡馆，它又立刻把我带回到前面我曾说过象哮喘发作那样令人窒息的回忆中，多年后在麦迪逊·威斯康星又一次

体验到这种感觉。很奇怪，接着发生的感觉并没有把我唤到孩提事件中，只是到许多年后的那个非常时刻，由于视觉联系的结果，这种感觉又回到记忆中来。

作为一个六岁的孩子，看到维也纳的感受我不想描述。我戴着军帽，当一名军官在卡特纳街（维也纳的主要街道之一）向我行礼时，我清楚地记得我是满心喜悦的。但是，当有人提到美国将拥有一万架飞机时（有过这样的谣传）我便开始怀疑“同盟国”能否取胜了。

在维也纳的这段时间，我在学习阅读。和一生中那么多的求学一样，开头总是不愉快的，那是一种又难又苦的体验。过了一段时间，走上正轨就逐渐顺利了。记得走在街上我兴高采烈地读出所有的标记时，一定把父母惹烦了。

我父亲是隶属于奥地利军队的陆军司令部的一名军官。我们经常旅行，在马瑞契·奥斯巧住过一阵，还在那儿上过学，在学校里，我们必须学习乘法表，这时，我发现学算术有些头痛。有一次我患感冒留在家里，正好学的是六乘七。我确信我回去上课时，班里其他同学已经在学十二乘十五了。我想自学到十乘十，其他的请教家庭教师。我们由于老是搬迁，所以我不可能有规律地上课了。

我也记得，父亲有时从一本塞万提斯的《堂吉诃德》的儿童读本中，摘一段读给我听，那些小故事，现在在我看来并不很滑稽，可那时觉得非常好玩。我认为最好笑又形象化的就是堂吉诃德大战风车的情景。

这些一望可及的图片，虽不能真正嗅到硝烟味，但带着一种明确的体验感，它们在我的记忆中留下明显联想的痕迹。它们带有各种不同的强度、颜色、曲调，也混有不太明晰或者说健康而不稳定的情感。它们能使人头脑中，在同一时刻扮演各

一个躯体的角色，并产生一种协调的情感。它是我的感情再建，人们常常保留这些偶遇的图片，这种奇特的事情可持续终身。

某些场面对容易存取，但也有可能一些其它的印象持续存在：当病人的大脑在手术中，被一根针触及某一区域时，实验再现了某一过去的场面。能从记忆中随时唤起的场面，有着一种不随时间改变的色与味的感觉，通过回忆再建的往事，似乎不能改变或者更新。试试从自己身上观察，由这些印象起始的演绎链，就我的实例而言，现在与幼时酷似。当我看到象一根链条、一棵树、一根电话线那样的东西时，它曾给予我一种抽象的或是数学的冲动。我不知道有没有其它物体能做到这样，它可以概括为一种尝试。

也许，在人类头脑中，很小年龄就在很大程度上形成了记忆的存储，外部的刺激源能启动一种对存在于童年时代的大印象进行记录和分类的过程。

知道了事件如何归结为记忆，对于人类思想的分析有着明显的帮助；知道人们如何理解一段课文、一种新方法、或一个数学证明的话，对人们试图自觉地体验那些时序和内在逻辑是有意义的。我觉察到对于记忆本质的评判，专家及业余兴趣爱好者在这个领域中尚未作出足够的工作。对我来说，较为可能的做法是从联想的本质中引出一部分，这需要借助计算机作为实验工具。这种研究必将会涉及到概念、符号、符号的类、符号的类的类等等。采用同样的方法，还可研究数学或物理结构的复杂性。

必定存在一种训练思维的妙法，或一种递归公式。一组神经突触有时在没有外来冲动的时候能自动开始工作。这是一种带有生长模式的迭代过程，它在大脑中徜徉，这种发生模

式，必定依赖于相似模式的记忆。

当前，对此所知仍然甚少，也许恰在一百年将要过去的时候，它会成为一种令人迷惑的新科学的一部分。象J·冯·诺伊曼那样的科学家，在不久以前，开始在大脑的解剖和计算机的应用之间实验一种类比。早些时人们认为心脏是思维的中心，而后大脑的作用更趋明显，或许它实际上依赖于所有的感觉。

我们习惯用线状感受来思考，比如我们所谓的“思考链”。但是，下意识的思想可能更为复杂，就象同时发生于人的视网膜上的视觉形象一样，是否可能在大脑中，也有着同时发生的、平行的、独立开始的抽象印象呢？在我们头脑中发生的某件事，并不是简单地串在一条线上的。将来可能会有一种探索记忆的理论。不是一个感觉因子到处跑，而可能是更多的感觉因子，如同几位搜捕者在森林中寻找一个人那样。这是一个追捕与寻找的问题，即组合的最大运动区问题。

当某人突然记起一个被遗忘的单词或名词的时候，会发生什么呢？当某人尝试要记住它时，他怎么办呢？某件事物在下意识地转变，以下是几条途径：有人通过声音，有人通过文字，有人通过长话，有人通过短词，但都意味着词语应该归档贮存。如果只归于一处的话，就不会有再现的途径。时间也是一个参数，虽然在意识中似乎仅有一次，但在下意识中可能有许多次，于是，就产生了综合或概括的机制。能不能采用一个自动搜寻系统呢？假设这个灵敏的系统不能通过每件物体，但它能浏览有关单元。

我谈及对记忆的考察太多，似乎离题太远了。现在回到我关于生活的叙说上来。我只希望能有一种弗拉基米尔·纳博科夫的能力，可从过去的几幅图画中唤起记忆的全景。艺

术家确能通过视网膜上的全部印象，描绘出它的基本功能或性能。大脑概括和贮存在记忆中的就是这些基本的东西，就比如一个漫画家能把一张脸的特征，仅用几笔就表达出来。从数学上说，这些就是函数或点集图象的整体，在这较为单调的说明中，我只描述一些较为形式的看法。

1918年，我们回到里沃夫，这时它已成为新成立的波兰共和国的一部分了。那年十一月，乌克兰人包围了本城，少数波兰士兵和武装市民进行了抵抗。尽管附近有零星的炮弹声，但我们的房子座落在比较安全的地方，所以有许多亲戚来和我们同住，共约有三十个人，其中一半是儿童。自然，床铺是不够的，记得人们卷起地毯，在地板上到处躺着。在轰炸的时候，我们只能到地下室去。我还记得母亲推我赶快下楼时，我坚持要把鞋穿上。那种时刻，对成年人来说，紧张得连话也不多说了，但对我们孩子来说却未必。真怪，我对这些日子，回忆起来觉得非常有趣。在波兰军队从法国赶来解围之前的两个星期里，我和孩子们一起玩耍、捉迷藏、学做纸牌游戏，波兰军队打败了围剿者后，孩子们对战争时期的回忆并不感到残酷。

1920年波俄战争期间，本城再一次受到威胁。布琼尼的骑兵队穿越五十英里之远，但毕尔舒特斯基在华沙前线的胜利挽救了南部前线，战争告捷。

1919年我十岁时，通过了体操入学考试。这是仿效德国和法国的体操中等学校，学制通常为八年。我是A等生，但除了习字和绘画，我学得不多。

在我接受的教育中化学是个空白，学校里学得就少，到五十年后的今天，我致兴于生物学，这个空白妨碍了我对基础生物化学的研究。

好象在这时，我还发现我的双目视觉不太正常，下面是发现的经过：班里的男生排好队进行视力测验，我挨次序等待读表，我用手盖住眼睛时，惊恐地发觉用右眼我只能读最大的字母，我害怕会因此被开除出学校；所以就把字母背了下来，我的一生中这是第一次有意欺骗。轮到我时，我令人满意地“读”完麦格后就被放走了。但是我明白自己双目视力不一样，一个近视，一个正常。以后，正常的变为远视，这种情况很少见，但众所周知，这明显地是由于遗传。我仍然从不戴眼镜，但又不得不使用近视的眼睛，凑得很近地阅读印刷体，我不知道正常应用哪只眼睛。后来，有一次在麦迪逊的一位医生告诉我说，这种情况有时候较正常情况更有好处，因为一个眼睛在使用时，另一个眼睛在休息。我怀疑我的特殊视力，除了影响阅读的习惯外，可能还影响了我的思考习惯。

当我试着回忆怎样开始对科学产生兴趣的时候，我不得不追溯到一本天文学通俗读本里的某些图片。这是一本题为《恒星天文学》的教科书，作者马丁·恩斯特是里沃夫大学的天文学教授，书里有伊萨克·牛顿爵士肖像的复印件。那时我刚过九岁，这种年龄的孩子，是不会对一张漂亮的脸蛋作出有意识的反应的，但我本能地记得，当时我认为这张肖像妙极了，特别是那双眼睛，他脸上放射出特有的魅力与那种迷人的感情混然一体。后来我才知道，这是杰弗里·奈勒所画的牛顿年轻时的肖像；他长发披肩，衬衫敞开。在直觉中我记得的其它图象，“有土星的年轮和木星的地带。”它们给我一种奇异的感觉，这是难以描述的喜爱的感受，因为它有时与非视觉印象相关联，就象某人从一种科学论证的精确例子中所感觉到的那样。但是它会时时重现，以至在老年时也会重现，恰如一个熟悉场景的重现。偶而，一股香气袭来，带来了童年或青年

时代偶然的回忆。

今天在读天文现象的描述时，我会被带回到这些视觉的记忆中去。当一种新的思想产生时，或者一种脑力劳动新设想突然涌现时，它们伴随着一种怀旧的心情（不是忧郁的，而是相当愉快的）而再现。

我对天文学的高度兴趣，以及某种难以忘怀的感情体验的到来，是发生在我的叔叔齐蒙·乌拉姆送给我一个小望远镜的时候。我想，这是一种用黄铜或青铜管制作的，还有一块二英寸见方的折射物。

时至今日，当我在古玩店里看到这类仪器时，就被一种怀旧气氛所战胜。哪怕在数十年之后，我的思想仍然会转向对天空奇物的观察和对天文问题的研究之中。

那时，我对未知事物很感兴趣，比如，恩克彗星周期的缩短问题，我们知道这颗彗星围绕太阳作周期为三年的运动，它的周期无规则地、神奇地缩短着。十九世纪的天文学家曾进行几次试验，说明它是由摩擦或者存在某种看不见的新宇宙物体所引起的。叫我兴奋的是没有人知道它真正的答案，我思考的是牛顿引力 $1/r^2$ 法则不是完全正确。我试想如果指数稍微偏离于 2 的话，会怎样影响彗星的周期呢？试想在不同的距离下又会有什么结果呢？这种计算既没有数字也没有符号，而是触觉与推理相结合的一种奇妙的纯智力尝试。

我认为星球不会很亮，据说猎户座 α 和天蝎座 α 比太阳大得多（即使那时没有得到精确的数字），并且它们的距离和许多星球的视差一样都是已知的。我记住了那些星座的名字和每个星球的阿拉伯名字以及它们的距离与发光度。我还知道有双星体。

除了令人兴奋的恩斯特的书籍外，另外还有题为《行星和

行星上的生活情况》的书也是千奇百怪的。不久，在我的藏书栏目里已有近十年的天文学书籍，包括伟大的纽科姆·恩格尔曼的德文版《天文学》，博德-梯特斯公式及行星距离“法则”也使我迷惑，激励我成为一名天文学家或物理学家。这时，我约十一岁，我把自己的名字签在一本笔记本上，“S·乌拉姆，天文学家、物理学家、数学家”。我对天文学的热爱从未中止过，我相信它是把我领向数学的一条路径。

以今天的眼光来看，里沃夫可能仅是一个乡间性城市，其实，情况并非如此。那时科学家们为普通公民举行了频繁的讲演，包括许多象天文学的新发现，新物理学和相对论这样的论题，吸引了律师、医生、商人与其他人员。

其它的通俗演讲论题有“弗洛伊德和精神分析”。当然，相对论是极其困难的。

1919年到1920年间，报刊杂志上登了许多有关相对论的文章，我想搞清楚它的主旨。我参加了有关相对论的一些通俗讨论。我并不真正了解其细节，但是我对理论的主线有一个良好的设想。就好象在童年学语言那样，没有一点语言知识的人，却能产生交谈的能力。使人奇怪的是，甚至在严格的科学领域中，即使没有完整的基础知识，也有可能得到事物的要旨。我并不能在数学上证实狭义相对论的细节，但我理解它的方案甚至某些推论。我认为所谓理解，并不单纯是一个是或否。但是我没有能力去量度理论知识的水平或深度。

我的兴趣在父亲的朋友中间传开，他们说我“理解”相对论。父亲还说过：“这位小男孩好象还理解爱因斯坦呢！”尽管我知道我并不理解相对论的细节，但对他们给予我的荣誉，我感到必须坚持下去。不管怎样，我开始有了“神童”这样的称号，它激励我学习更多的大众科学书籍，我确认这是许多孩

子后来成长为科学家的共有经验。

有个问题尚未得到充分的研究，那就是孩子是如何获得对将来起决定作用的习惯和兴趣的呢？“抄袭”是一个可能的解释，就是孩子模仿或复制一些外在印象的神奇能力，例如对母亲的微笑。另一个解释是天生的好奇心。为什么人类不仅仅满足于对刺激作出反应，而要去寻找新的体验呢？

喜爱，也许是大脑中遗传连络系统的某一部分。这是一种不依赖于人体的神经排列而存在的遗传特性。头痛明显地与大脑中血液循环的流畅有关，这种流畅取决于血管的粗细，可能“管道”的重要性更甚于在正常情况下与思考中心相联系的神经排列。

还有一个决定因素，可能是对某一新事件最初的成败。我认为记忆的质量好坏与最初事件的结局是相类似的，偶而也与外在影响或者最初结局与外在影响侥幸的结合有关。

比如，有位天才的棋手乔斯·卡帕勃伦斯，在六岁时就观看父亲和叔叔对弈而学棋，所以他发展下棋的能力自然而然而不费力。这种方式与孩子学习说话一样。而成年人为学习新课题而奋斗就不同了。其他一些著名的棋手也是在观看亲属对弈时产生兴趣的，他们尝试的时候，就可能是最初成功的机遇在激励他们去追求。没有什么比成功更好的了，尤其是在童年，这是众所周知的。

我是从父亲那里学下棋的，他有一本有关下棋的小书，他常常把小书里描述的著名棋艺讲给我听。棋子的走法使我很惊讶，特别是走一步能同时威胁两只敌棋的走法，虽然这是一种简单的策略，我却认为美妙极了，从此，我爱上了下棋。

同样的过程能不能适用于天才数学家呢？一个孩子在偶然中对数学有某些满意的体验，然后进一步体验，并且通过建

立经验贮存而扩大记忆。

我很小就对数学产生好奇，父亲的藏书栏里有一系列奇妙的德文平装书籍，叫做瑞克兰姆。有一本是欧拉的《代数学》，我十岁或十一岁时就看过了，它给我的是一种神秘的感觉，符号看上去象魔术师的咒语，不知道能否有一天我会理解它们。这件事可能有助于发展我对数学的好奇心。我是自己发现如何解出二次方程式的，记得我解题时思想高度集中，经历了痛楚而又迷茫的奋斗。我没用纸和笔，而是通过头脑算出了完整的面积。

在高中时，我把兴趣放在是否存在理想奇数问题的概念上。如果一个整数等于它所有约数（包括1在内，不包括其本身）的总和，它就是理想的。例如 $6 = 1 + 2 + 3$ 是理想的，又如 $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$ 。你可能要问是否存在一个理想的奇数呢？迄今尚无答案。

一般来说，数学课不能使我心满意足，很枯燥，我又不愿强制性记忆某些公式步骤，所以我宁愿自学。

约在十五岁时，我开始攻读格哈特·科瓦列夫斯基所著书中的无穷小演算的论文，我虽没有解析几何甚至三角学方面的足够准备，但是，里面的极限思想、实数的定义、导数和积分的概念，使我受到困惑和激励。我决定每天读一至二页，并尝试着从其它书里学习有关三角和解析几何的必要基础知识。

在一家旧书店里，我又找到了两本书，夕尔宾斯基的《集合论》和一篇有关数论的论文。在以后的许多年里，这两本书使我产生莫大的兴趣和魅力。在十七岁时，我对基础数论的认识绝不比现在少。

我还看了数学家雨果·斯坦豪斯著的一本题为《数学是

什么,不是什么?》的书以及庞加勒的波兰语课本《科学与假设》、《科学与方法》、《科学的价值》和他的《最后的沉思》。仅就其文学质量来说,不提科学,也是令人赞赏的,我的科学思想的一部分是模仿庞加勒的。如今读起他的书来,虽然数学上的问题出乎意料地在变化,物理学方面的变化可能很多,然而许多有意思真理还是保留下来了。我同样欣赏斯坦豪斯的书,因为它给出了很多实际的数学问题。

学校里教授的数学仅限于代数学、三角和解析几何基础。我这个十六、七岁的学生在第七、八班学习有关初等逻辑和哲学史概论的课程。教我们的是扎沃尔斯基校长,他是一位真正的学者,在大学里兼讲师而且讲得非常生动。他使我们了解到一点高等现代逻辑的新近发展情况。我课外读完了夕尔宾斯基的书后,在课余时间就能跟他在办公室里讨论《集合理论》。我那时还在学习有关超限数和连续统假设的某些问题。

我也参加激烈的数学讨论,并制订庞大的新计划、新问题以及有些奇特的理论和方法。我的对手是位名叫梅茨格的男孩,他比我高三、四个年级。请他来和我对阵的是父亲的朋友们,他们知道他对数学也有很大的兴趣。梅茨格身材矮胖、头发金黄,是个典型的自由的犹太人。以后我看见过一幅海因年轻时的肖像时,可回想起他的脸,他们那种类型可以不时地找到。他表现得不够熟练,甚至对非常基本的算术也是这样。我们讨论“迭代计算法”,在实践的基础上并不知道现存的数学资料。他“狂热地”、极力主张变革犹太化的东西。斯蒂芬·巴拿赫有一次指出,某些犹太人的特征就是老是试图改变已经建立起来的思想模式,如杰瑟斯、马克思、弗洛伊德、康托的思想模式,而梅茨格只是在很小的程度上表现出他的脾性。要是

他有过比较好的教育的话，他可能已经办了好事。他显然出身于一个较贫穷的家庭，他的波兰语带有一种浓重的喉音。几个月后他突然不辞而别。这是我一生中第一次想念起他，或许他还活着。对于梅茨格和我们之间讨论的怀念，唤起了我们相互交谈时那种“抽象的”气氛与色彩的体验。

足以为怪的是，在青春年少的岁月里，我也偶而试析自己的思维过程。我要使自己几分钟一周期地回头观察，并了解形成的思考链是什么。毋需说，我其实非常清楚，沉溺于过于繁多的内省是很危险的。

至此，我对天文学家、科学家，特别是数学家的梦想，仅来自阅读。1926年参加系列普及数学讲座时，我第一次获得了“活的印象”。那时，相继发言的有雨果·斯坦豪斯、斯坦尼斯拉夫·鲁契维茨，斯蒂芬·巴拿赫等。我第一次惊奇地发现他们都那么年轻。早在耳闻目睹他们的成就时，我确认他们是大胡子的老学者。我如饥似渴地倾听他们的讲演。年幼的我对于巴拿赫的印象是朴素而有才华，随着此后长时间的熟悉、合作和友谊，这第一个印象被加深、丰富、转化并保存下来。

这以后，在1927年，扎沃尔斯基告诉我在里沃夫将召开一次数学会议，有外国学者受邀而来，他补充说，有位年轻而卓越的数学家约翰·冯·诺伊曼将要演讲，这就是我第一次听说这个名字。遗憾的是我没能出席这次演讲活动，因为届时我正值体操学校入学考试期间。

然而，我对科学的兴趣并未占去我的全部时间。我如饥似渴地阅读波兰文学，以及托尔斯多、朱尔斯·维恩、卡尔·梅、H.G. 韦尔斯、阿纳托尔·弗朗斯的生平。我在孩提时就偏爱人物传记和探险故事。

除了这么多的脑力劳动以外，我还积极参加运动。从十

四岁起我就和同学一起踢足球，并踢过不同的位置：守门、右前锋等。我也开始打网球并活跃在田径场上。

放学以后，我和同学一起玩牌，我们打桥牌和玩备有各种小赌金的简易扑克，打扑克时获胜的大多是年龄大的男生。这种能力一定随着年龄而升高，这是一种原始型的基本的精明度。我每星期还下二、三次棋，虽然我对这种游戏没什么天赋，但是我对位置有一种超凡的感觉。在小组里我可能算是最好的棋手，下棋和数学相类似，要取得胜利，必需要有不断的实践、思考、想象和学习。

1927年，我通过了三天的入学考试，又开始了一段犹豫彷徨时期。选择将来的专业不是件容易的事。父亲本来要我当一名律师，可以继续他的事业，如今发现我的爱好在其它方面，此外，里沃夫并不缺少律师。进大学的想法颇有吸引力，但是职业性职位极少，尤其是对于我这种有犹太家族背景的人来说，就更难获得了。最后，我寻求的学习课程是有实际意义又与科学有关的。父母力劝我去当一名工程师，于是我接受了里沃夫综合工艺技术学院的入学邀请，当了一名机械电子工程学生。

第 2 章

学 生 时 代

(1927—1933)

1927年秋，因为电子工程系的名额已满，我开始参加综合工艺技术学院综合研究系的讲座。教员的水平明显地高于高级中学，但是我看过了庞加莱等数学家的论文后，就天真地期望每次讲座风度优美、评注卓绝。当然，我失望了。

通过学习，因为我知道了一些数学科目，所以我开始旁听第二年的课程。讲集合论的是一位从华沙来的年轻教授库兹明·库拉托夫斯基，他是夕尔宾斯基、马朱凯维茨和杰尼塞夫斯基的学生。如果说我是一位新生的话，那么他是一位新教授。他第一次讲课时，我就被他那种清晰明了、逻辑性强、光彩照人的表达和素材吸引住了。从一开始我就比那些大同学更活跃地参加讨论，因为我从已经阅读过的夕尔宾斯基的著作中知道了这个课程的某些内容。我想他是很快地注意到了我是个好样的学生，课后他会给予我单独的关心。是库拉托夫斯基促使我开始以数学家作为自己的生涯。

不久，我能回答集合论课程方面更为困难的问题，并开始提出其它问题。从一开始我就钦佩库拉托夫斯基对初学者的耐心和慷慨地花费时间，每星期总有几次我要在午休时间陪他去寓所，在那徒步二十分钟的时间里，我提了很多数学问

题，几年以后，库拉托夫斯基告诉我说，其中一些问题对他来说，很有意义，新颖而且有趣。

我的课程包括数学分析、微积分演算、经典力学、画法几何和物理学。课间休息时，我总坐在数学教师办公室里，那时候，也许是我一生中最渴望学习数学的时候，以致可置其它任何活动于不顾。

就在那里，我第一次遇见了斯坦尼施拉夫·梅修尔，他在大学里是一位年轻的助教，来到综合工艺技术学院，与比他高几个年级的奥利兹、尼克利鲍和卡兹马一起工作。

我与梅修尔交谈后，开始对分析中的问题有所了解，记得我久坐在书桌旁思考他向我提出的问题，并与其他数学家讨论。梅修尔向我介绍了实变函数理论和新的泛函分析的高深思想。我们讨论了某些较为新近的巴拿赫问题，他对此理论开辟了一条新的途径。

巴拿赫本人，尽管主要工作在大学里，偶而也露面。我在第一学年中曾见过他，但是，过一、二年之后，我们在更有意义、更亲密无间，更才气横溢的气氛中熟悉起来。

在办公室里经常可以看见其他几位数学家。快乐的、矮胖的、秃顶的斯托席克(stozek)是综合研究系主任。“stozek”这个字在波兰语中意思是“圆锥体”，而他看上去更象个圆球。他总是幽默感很强，不断地开玩笑；他爱吃涂满辣根的细条红肠，他所保持的这种爱好治愈了他的忧郁症。(斯托席克是1941年被德国人杀害的教授之一。)

安东尼·鲁姆尼基是一位具有贵族外貌的数学家，他专攻概率论和制图学的应用，他曾在这儿的办公室办公(也是1941年在里沃夫被德国人谋杀的)。他的侄子兹比格纽·鲁姆尼基后来成为我的好朋友和数学合作者。

瘦高个的卡兹马（后来在1940年死于兵役）和矮胖的尼克利鲍负责广义微积分和微分方程课程的练习部分。常常看到他们聚在一起，这使我想起了两位当代喜剧电影演员帕特和帕太弓。

如果说正规学生意味着必须学习那些并不特别感兴趣的科目的话，我觉得我不是正规学生。从另一方面来说，多年以后，我仍然不感到自己很象一个有成就的专业数学家。我喜欢尝试新的方法并且本性乐观，寄希望于成功。我从来没有问过这样的问题：脑力劳动会白费吗？要不要“节省”我的脑力资本？

在第一年下半学期开始时，库拉托夫斯基告诉我集合论中涉及的集合变换问题，它与众所周知的伯恩斯坦定理有联系；从无穷基数的算术意义上说，如果 $2A = 2B$ ，那么， $A = B$ 。这是我确实花费了长久时间，进行艰苦思考的第一个问题。我思考的方法，现在看来似乎是神秘的，因为我那时既不清醒也不明晰地知道我怀的什么目的。我在某些方面极易沉溺，以致得不到一个自觉的全面的意图。然而，我设法用构造的方法展示解决此问题的答案，就是通过集合的分解和对应变换的图解来设计一个有代表性的方案。不可思议的是，在我思考的同时，我已经发现了图解的基本思想。

我用英语写好了我的第一篇论文，对于英语我比德语或法语要好一些。库拉托夫斯基审阅以后，将此短文刊登在1928年的《基础数学》上，这是由他编辑的主要的波兰语数学期刊，这一下给了我自信心。

我仍然不能确定我应该从事什么样的工作或职业。要在波兰成为一个数学教授，几乎没有实践的机会，在大学里几乎没有空缺。我的家人要我学一个专业，我便期望第二学年转

至电子机械系，在这个领域里看来有更好的就业机会。

这一年的年底之前，库拉托夫斯基在一次讲座上提出了另一个集合论的问题：关于带有负号的但并不具有完备可列可加性的集函数的存在性。还记得我对这个问题深思了几周，我还能感觉这种思考链和那需要试验的次数。我为自己得出一个最后的结论，如果我能解出这个问题的话，我将继续当一名数学家，如果不能的话，我将转为一名电子机械师。

几周之后，我发现了解题的方法，便兴高采烈地跑去告诉库拉托夫斯基。我的解答涉及超穷归纳，超穷归纳已多次被数学工作者们应用于其它关系，但我认为我使用的方法是新的。

我想库拉托夫斯基对于我的成功是欣慰的，他鼓励我继续攻读数学，我在第一学年期末以前，已经写好了第二篇论文，库拉托夫斯基把它介绍给《基础数学》。现在，“骰子”扔出了，我开始对一种学术性生涯的“不切实际的”可能性兴味盎然。人们所谓的决断，大多数有一定的理由，但是我感到对我们大多数人来说，归根到底，所谓“决断”，是在潜意识中的一种选择，其中有大多数有利于决断的理由呈现在眼前。

1928年夏季，我旅行至波兰的波罗的海海岸，库拉托夫斯基邀请我观光他在华沙附近的避暑地，这是一个设有网球场的优美的别墅。库拉托夫斯基在那时很喜欢打网球，这一点使我很惊讶，因为他的体形并不健壮。

从里沃夫到华沙六小时的火车行驶之中，我一刻不停地思考着集合论的问题，想着他所描述的感兴趣的事情。我考虑着反驳连续统假设的方法，这个著名而未解决的有关集合论基础及数学方面的问题，是由集合论的创始人G. 康托所阐述的。我的描述含糊不清，库拉托夫斯基不一会儿便察觉到了，

此外，我们讨论了它的分支，为此，我是充满着自信去佐波特的。

艾尔弗雷德·塔斯基现在是一位著名的逻辑学家，并在伯克利任教授，他是库拉托夫斯基的朋友，这次偶然从华沙来访里沃夫。他已是世界闻名的逻辑学家，他对数理逻辑和集合论基础也做了重要的工作。他曾是里沃夫大学哲学家空缺的候选人之一。此空缺由另一位逻辑学家利昂·丘斯特克取代，他是一位功成名就的画家兼哲学论文作者，也是斯坦豪斯的妹夫。他的许多怪癖使他闻名（在战争期间他死于莫斯科）。几年后在剑桥我曾向艾尔弗雷德·诺思·怀德海提起丘斯特克。在交谈过程中我说：“极为奇怪的是他也是一位画家！”这时怀德海笑得拍起手来说，“你可真是英国腔十足，成为一个画家有什么可奇怪的？”怀德海夫人也笑了起来，最近由埃斯特里彻撰写的一本绝妙的丘斯特克传记在波兰出版了，它描写了 1910 年至 1946 年丘斯特克在克拉科夫和里沃夫的一段令人迷惑的文学艺术生涯。

我与塔斯基的一次早期接触产生的我的第二篇论文，我在其中证明了一条集合论中关于集合的理想的定理（马歇尔·斯通后来用另一种方式证明了同样的定理）。我在《基础数学》上的注释显示了：用 0 和 1 两个值，定义一个有限可加性测度的可能性，对无穷集合的子集建立一个极大的素理想。一年以后出版的塔斯基的一篇冗长的论文中得到了同样的结果。后来，库拉托夫斯基向他指出，他的结果可以从我的定理推得。塔斯基在一个脚注中承认了这一点，对于年轻的我来说，这似乎是一个小小的胜利，即承认我在数学上的存在。

有些数学家有这样一个感觉：逻辑不是“真正的”数学，而只是一种预备性的外来的艺术。如今由于已用形式逻辑方法

得出了许多具体的数学结论，这种感觉便消失了。

第二学年，我决定旁听理论物理课程，讲课的是伍塞彻·鲁宾诺维茨，他是一位重要的波兰理论家，也是著名的慕尼黑物理学家索末菲尔德从前的学生与合作者。

我参加了他开设的高超的电磁学讲座，并加入了他为高年级学生举办的群论和量子力学理论的讨论班。我们使用赫尔曼·外尔的著作《群论与量子力学》，看到在麦克斯韦尔的方程式研究中，以及在第一部分电子理论中用到的高水平的数学，真是令人感动。尽管大多数技术方面的问题我不懂，然而，我还是想方设法阅读了大量的书籍，我读了统计力学、气体理论、相对论及电磁理论方面的通俗读物。

在冬季期间，鲁宾诺维茨病倒了，他请我在他缺席期间主持几次会议（虽然我是班组成员中最年轻的）。我至今还记得，我是怎样对外尔的书中那些陌生而难懂的材料顽强攻克的。这是我第一次在物理领域活跃地参加讨论。

综合工艺技术学院的数学活动室，继续是我消磨时间的去处，每星期上午，包括星期六在内我都在那里度过（那时候，星期六并不属于周末，周六上午仍上课）。

梅休尔常常来，我们对函数空间的问题开始活跃的合作。我们找到了涉及无穷维矢量空间的一个问题的解答，我们证明的定理是：保距变换是线性的。它现在已是函数空间几何的标准论述的一部分。我们写的一篇论文，发表在德国科学院的《汇报》上。

是梅休尔（继库拉托夫斯基和巴拿赫）向我介绍了数学思想和方法的一些大的发展阶段，从那里我学到了许多学术研究的心理和态度。有时我们会在咖啡室坐上几个小时，他在白纸或大理石桌面上写一个符号或一条线，比如 $y = f(x)$ ，我

们双双盯着它看时，无数的想法就被提出并讨论，我们面前的这些符号，象一个水晶体一样能帮助我们聚焦。几年以后，在美国我和我的朋友埃弗雷特常常进行同样的讨论，不同的是不在咖啡室，而是在挂有黑板的办公室里进行。

梅休尔的特长是提出所谓的“观察与评论”，他通常用一种简明扼要的形式，说明一些概念的性质。一旦提出，要证明也许不难，因为它们对于一般阐述有时是次要而易被忽视的，但在解决问题中，它们就是决定性的了。

在咖啡室的一次交谈中，梅休尔提出无穷数学对策中的第一个例子。我记得（可能是在1929年或1930年），他还提出过能够自我复制的自动装置的存在问题，并提供某些隋性材料。我们的讨论极为抽象，某些我们从未报导过的思想，实际上是象冯·诺伊曼的抽象自动装置理论的前驱。我们不断地推测计算机制造的可能性，使它既能施行探索性的数字操作，又能进行形式代数学的运算。

我曾提及，初次看到巴拿赫进行系列数学讲座的时候，我在高级中学，他那时约三十四、五岁，给予十五至二十岁青年的印象是较为年长的，但对我来说，他相反地显得非常年轻。他高高的个子，黄头发蓝眼睛，非常壮实。他讲话的样子那么直率、有力，使我感到震惊，也许我过于天真（这种特征在我以后的观察来看，在某种程度上是有意识地强制）。他的面部表情通常是幽默与疑虑的一种良好的结合。巴拿赫出身于一个贫穷的家庭，早先几乎没有进过正规学校，他来到综合工艺技术学院前，大部分通过自学。据说，斯坦豪斯发现这位天才，是坐在公园的长凳上，碰巧听到了两位年轻学生的数学交谈，一位是巴拿赫，另一位是尼古特。后者最近辞退了凯尼恩学院的数学教授职务，巴拿赫和斯坦豪斯后来成为最亲密的合

作者和里沃夫数学学校的奠基人。

巴拿赫的数学知识非常渊博，他的贡献在于实变函数论和集合论，但首当其冲的还是泛函分析和无限维空间理论（这些空间中的点是函数或者无穷数列），其中包括某些首屈一指的成果。有一次他告诉我，他年轻的时候就知道达布的三卷《微分几何》。

我参加巴拿赫的讲座只有几次，尤其使我不能忘怀的是有关变分学方面的一次讲座。总的来说，他的讲座准备得不怎么充分，偶尔会有差错和遗漏。我感到最有刺激性的，就是看他在黑板前面用力地不断地写字的样子，我觉得较之完美无瑕的讲座来说，这种讲座更有刺激性，那些“完美”的讲座使我的注意力完全消逝，只是在感到讲座出现故障时才恢复知觉。

从第三学年开始，我的大部分数学工作，才开始真正地与梅休尔和巴拿赫会话。和巴拿赫一样，我本人的工作，有着以清晰陈述问题和概述可能性证明方面见长的“怪癖”。几年以后，有一次他告诉我，他对我这些“奇怪”的方法常常能付诸实行而感到惊讶。这种说法，是这位大师讲述给一位二十九岁的年轻人听，这也许是受到的最伟大的恭维话了。

在数学讨论会上，或者他为普通课程作的简短评论中，我们能够立刻感受到他头脑中的巨大力量。他在工作中，周期性出现的极大的创造力，常会被思维迟钝的出现所割断。在后面这段时期里，他的思想处于一种选择状态，就象炼金术士探测石块那样，探测下一个研究领域中的中心定理。

他热衷于和朋友及学生们一起进行长时间的数学讨论，我回忆起与梅休尔和巴拿赫在苏格兰咖啡室里，长达十七小时的那次会议，除了就餐之外没有间隙过。给我印象最深的

是，他能够在讨论数学和有关数学推理的交谈过程中，发现一些证明。

由于这些讨论，许多是在邻近的咖啡室或小酒巴间里进行的，所以某些数学家也常在那里进餐。现在看来，那时的食品可能算是一般，但是饮料很棒。我们在白色大理石桌面上用铅笔写字，更为重要的是还能轻而易举地记笔记。

短暂的一阵交谈，桌子上写出几行字，偶尔从在座者中发出几声笑声，随后是长时间的肃静，这时我们只是喝着咖啡，面面相觑。邻桌的顾客一定被这些奇异的举止搞糊涂了。这种坚持不懈、聚精会神的习惯，在某种程度上成了真诚的创造性数学工作中最为重要的先决条件。

对同一问题苦心思索几个小时是会引起过度疲劳以至崩溃的。然而，我一生中只感受了二、三次“奇怪的内心”，有一次我接连不断地费心思考某个数学构造；与此同时，欲在一种非常清醒的努力之中将其全部贮入记忆，这种高度集中的脑力消耗，给我的神经上蒙了发条，突然间万物开始旋转，迫使我不得不停止思考。

在咖啡室里与巴拿赫，或者更多地与巴拿赫和梅休尔两人的长时间的谈论，可能是独一无二的。我从来没有碰到比这种合作在强度和规模上更高、相等或者接近的事，或许，战争期间在洛斯·阿拉莫斯的时候是例外。

有一次巴拿赫向我吐露，他从青年时代起就特别喜欢探索证法，即揣测论证，他有一种发现隐匿途径的下意识系统，标志着他的特殊天才。

一、二年之后，巴拿赫将我们的每日例会，从罗马咖啡馆迁移到马路对面的“Szkocka”（苏格兰咖啡馆）。斯托席克每天在那里度过二、三小时，他和尼克利鲍下棋、喝咖啡，其他数

学家围着他们插嘴。

库拉托夫斯基和斯坦豪斯偶尔露面，他们常常光顾的，是一个值得波兰人夸耀的、能制作最佳油酥糕点的上等茶室。

在这些会议期间，很少有人比巴拿赫呆更久的时间，喝更多的饮料。我们在那里提问题、谈问题，常常是饮了几个小时，还没有解题的证据，到第二天，巴拿赫可能会带来几张小纸片，在上面写下完整的证明提纲。如果有什么地方不够完美或者不太正确的话，常常是梅休尔再将其归结成一种较为令人满意的形式。

不用说，这样的数学讨论，总要插入大量有关的一般科学（尤其是物理学与天文学），大学的流言闲语、政治学、波兰事态等的谈论；或者用冯·诺伊曼喜欢用的表达方式，“大学的业余生活”。希特勒在德国的出现，预兆着即将来临的事件；孕育着一场世界战争。巴拿赫的幽默感常带有讽刺性，有时稍带悲观。有一段时间他担任科学系主任，要参加各种委员会会议，他尽量避免参加这种活动。一次他对我说，“我知道我不愿去那地方。”这就是他表示他不愿参加一个沉闷会议的方式。

巴拿赫在阐明数学规律部分的时候，提问题的才能特别高，他在公众场合的反应仅仅是他数学潜能的一部分，他那丰富多采的数学兴趣，已超出了他在已出版著作中的表现。他对里沃夫以至全波兰数学家的个人影响极大，在完成了极多的数学研究之时，成为两次世界大战之间的这段非常时期的主要代表人物之一。

对于他在战争爆发到1945年秋早逝这段时间内的生活和工作情况，我尚无详细的了解，从后来获得的片段消息中，我们知道在德军占领期间那种悲惨的环境之下，他仍然在星

沃夫。他是活着看到了德国的失败的人，他在 1945 年死于肺病，可能是癌症，我过去常看他一天抽四、五包香烟。

1929 年，库拉托夫斯基把我从斯拉夫故乡请去参加在华沙召开的数学会议，在召开部长会议的总统府里，众多的大数学家、政府官员和重要人物的出场，使我产生的胆怯难以忘怀。“Kolego”（是波兰数学家互相称呼的方式），“让我们到别的房里去，那儿的油画真不赖”，说这话的是另一位数学家阿伦（他现在是在劳伦斯的堪萨斯大学的教授），比我年长四五岁，这下我轻松些了。

波兰数学学会的里沃夫分会，大多在周六晚于里沃夫大学举行会议，通常一个小时左右，提出三、四篇短小论文，此后，某些成员还要去咖啡室继续展开他们的争论。我已经好几次宣布，当我尚未拥有完全的证明时，而要在这种会上向大家传达我的结论。我感到自信，但也很幸运，因为就在必须发言之前，我已完成了证明。

我十九岁或二十岁时，被斯托席克邀请担任里沃夫分会的秘书，这个工作主要是发送会议通知，为学会的《会刊》撰写谈话摘要。当然，我们分会和其他如克拉科夫·波兹南和威尔诺分会之间有许多通信联系。重大的问题出现了：学会行政地点从波兰王室古城克拉科夫迁至首都华沙，最后固定作为学会的总部。不用说，这事花费了大量的人事调动和政治活动。

一天，从克拉科夫中心寄来一封信，请求里沃夫分会的帮助，我告诉分会主席斯托席克：“今天早上刚接到一份要函。”他回答说：“把它藏到没人看得见的地方去。”这句话，对于我这个天真的年轻人来说，是个极大的震惊。

我参加的第二次大型会议，是 1931 年在威尔诺召开的。

我经华沙乘火车去威尔诺，与斯托席克、尼克利鮑及其余一、二位数学家同行。他们不停地大吃大喝，但是，当我从口袋里掏出一瓶白兰地时，斯托席克哈哈大笑起来：“他的妈妈为了防止他晕车给了他这个。”这使我敏感地觉得，我在其他人眼里是多么年幼，有好多年我都是所有数学朋友中最小的。现在我已成为大多数科学家小组中最年长者，这使我很忧郁。

威尔诺是个令人赞叹的城市，它与波兰的奥地利部分的城市大相径庭，给人一种明确的东方印象。在我眼里，整个城市都是外来的，它比波兰其它地方更为原始，大街上仍然铺着鹅卵石。当我在旅馆内准备洗澡时，那只巨大的浴盆却没有自来水，当我按铃之后，进来一个穿俄国鞋子的壮汉，拎了三大桶热水全倒进浴盆里。

我参观了圣·安尼教堂，它曾使拿波仑在去莫斯科途中大为欣赏，并要将其移往法国。

这是我第一次访问威尔诺，也是最后一次。在这里，我应提及，最卓越的波兰数学家之一安东尼·齐格蒙在第二次世界大战之前就一直在那里任教授。1949年他由此经瑞典去美国，现在是芝加哥大学的教授。

在大会上，我谈论了我与梅休尔一起在巴拿赫空间上几何等距变换所得出的结果，证明它是线性的。我们那时所作的某些附加评述尚未发表。总的来说，里沃夫的数学家对于和盘托出自己的成果总有点勉强，这是摆架子，还是一种心理障碍呢？我不知道。这尤其感染了巴拿赫、梅休尔与我，但库拉托夫斯基除外。

数学历史的发展大多发生于特殊的中心，这些中心无论大小都围绕一个人或几个人而形成，也有时是许多人工作的成果——那是一个数学活动频繁的组织，这种组织不仅是兴

趣性社团，而且在兴趣选择和思考方法上有一定的情感与特征。从认识论上看，它可能很奇怪，因为数学成果象音乐作品那样看上去完全是个人的努力，不管它是新的定义还是有关问题的证明。但是对于某种领域的兴趣选择，却常常是兴趣性社团的成果，这种选择往往受问题与答案之间相互作用的影响，它在几个头脑之间交互运动过程中产生得更为自然。伟大的十九世纪中心，诸如哥丁根，巴黎和剑桥（英国），在数学的发展上起了各自独特的影响。

波兰在两次大战之间的数学成就，在全世界数学活动中构成了一个重要成分，并在许多领域里建立了数学研究的基础。

这应部分地归功于杰尼塞夫斯基的影响，他是波兰数学创办人和数学教育作家，不幸的是他去世时很年轻。杰尼塞夫斯基主张波兰应专攻那些既定领域中的问题，而不是要在过多的领域里探索。他的理由，首先是波兰的参予人数不多，其次，好在有许多人致力于同一领域，所以他们有普遍的兴趣，可以在讨论中相互促进。当然，从另一方面看，它在某种程度上减少了研究的范围与广度。

尽管里沃夫是一个显赫的数学中心，但是，不管是学院还是大学，教授人数极为有限而且薪水很少。象肖德尔这样的人，也不得不在高级中学教书，以补贴作为讲师或助教所得的微薄收入（肖德尔在1943年被德军杀害）。兹比格纽·鲁姆尼斯基在一个政府开设的统计与保险机构中任概率学专家。如果要我对这一由综合性大学和综合工艺技术学院的数学家所组建的学派，举出能刻划其发展特征的话，我可以说，这就是他们对于数学构成的核心问题的专心之至。在此，我形象地将数学比作一颗树的话，里沃夫分会要研究的是它的根与干，

而不是枝条与叶子。在集合的理论和公理基础方面，我们检验了一般空间的性质、连续性的一般意义、欧氏空间中一般的点集，一般实变函数、函数空间的一般研究以及长度、面积、体积概念的一般思考，也可以说，是测度概念和称之为概率概念的一般思考。

在回顾中，有一点似乎有些奇特，那就是，在类似的一般背景中代数思想没有被重视。同样奇特的是，物理学基础的研究，尤其是对时空的研究，至今尚未在任何地方显现这样精神。

里沃夫与其它数学中心有着频繁而活跃的相互影响，尤其是华沙。夕尔宾斯基偶然从华沙来，还有马朱凯维茨，奈斯特和塔斯基，他们周六晚上在里沃夫数学学会的会议上予以简短的讲话。夕尔宾斯基尤其喜欢里沃夫这种不正规的气氛，他与巴拿赫、鲁契维茨等一起，在酒吧和酒菜馆里开怀畅饮（鲁契维茨在1941年7月4日被德军杀害）。

马朱凯维茨有一次在里沃夫进行半年的讲学。在拓扑学方面，他与奈斯特一样，是用分析方法发现反例的大师，所举例证表明假设不真，他的反例有时非常复杂，但总是清楚而又雅致。

夕尔宾斯基，在抽象集合论或是拓扑学集合论的研究成果犹如泉涌。但他总是迫切地倾听着新的问题，哪怕是一点点，也要严肃地思考一番。他常从华沙将解答寄来。

布罗尼尔斯拉夫·奈斯特，高高的个子、秃顶、很瘦，有一双闪亮的黑眼睛。他和库拉托夫斯基一起发表了许多论文。他其实是个业余数学家，他是在点集的构造与病态性质的拓展方面有着非凡的才能，第一次世界大战期间，他曾在巴黎学过医学。他的幽默感特别强，常常把各国学生的南腔北调和难

以描述的语言，模仿下来作为我们的笑料。如他引用一位学生在饭店里说的话：“Kolego, pozaluite mniaein stückele von diesem faschierten poisson”，这是波兰语、俄语、拉丁语、德语和法语的大杂烩！

博苏克相对来说是我的同龄人，他刚从华沙远道而来我们就开始合作了。我从他那里学习了实几何学，以及更直观、几乎“显而易见”的拓扑学技巧与方法。我们的成果是在国内外杂志上发表数篇论文，其实我在美国第一次发表论文时，我还在里沃夫。这篇论文是我与博苏克共有的，它刊登在《美国数学学会学报》上。我们给 ϵ -同胚(近似同胚)概念下了定义，它与某些在极为一般的变换之下拓扑不变量的特性相似——是连续的，但并不一定是一一的。我们关于对称积的一篇论文，引出了一种新的思想，能修改笛卡儿积的定义，并导致各种奇形怪状的构造。某些论文，也许有一天会在物理学理论方面找到其应用。它们与计算粒子数的新统计学相对应（这不是家庭古典式的理解，而是指在不可区分粒子的量子论的统计范畴，或者是服从玻色-爱因斯坦或费米-狄拉克的粒子排列与组合的计数）。在这里我们不作解释了，也许这种提法会激发某些读者的好奇心。

库拉托夫斯基和斯坦豪斯各自用一种不同的方法，体现其数学方面的雅致、严密性和聪明才智。库拉托夫斯基是华沙学派的一位真正的代表人物，他在 1920 年以后显赫地活跃起来，1927 年来到里沃夫。由于他在纯集合论和一般空间的公理拓扑学方面的功劳而捷足先登。作为《基础数学》的编辑，在这个著名杂志中他组织并指导了许多研究工作。他在数学上的特征在于所谓一种天主教的神明。在对数学内容和兴趣的激增气氛中（这种令人迷茫的东西在今天较那时有过

之而无不及), 库拉托夫斯基能对问题作确当选择, 在抽象方面具有普遍意义这点上他具有无可比拟的优越性。

斯坦豪斯是少数有犹太血统的波兰教授之一, 他出生于一个有名望的、极为犹太化的家庭里。他的一个侄子是位伟大的爱国者, 在毕苏斯基军团里当兵, 在第一次世界大战中阵亡。

斯坦豪斯的解析观念, 以及在实变量、函数理论、正交级数问题上的看法, 体现了一种在数学和观念的连续性发展的历史性知识方面的渊博知识。如果说他在数学的极抽象的部分没有那么多的兴趣和感受的话, 那么他在直接的实际应用方面却握有一些新颖的数学思想。

他有一种天赋, 能把数学公式应用到诸如日常生活那种普通的问题上去。他相当喜欢挑选出一些能用一种组合的观点去处理的几何学问题。实际上包含任何能形象化的、具体表述的数学命题所提供的东西。

他对语言有很强的感受力, 但强得近乎迂腐。在对于数学问题或者受数学分析影响的科学领域的问题进行探讨的时候, 他总是坚持要用绝对正确的语言。

奥尔巴赫个子很矮, 还老是弯腰拱背地走路。他表面上看上去很胆怯, 却常常说出很刻薄的滑稽话, 他对于古典数学的知识, 可能比许多教授还要多, 比如说, 他对古典代数就很精通。

在他的鼓励下, 梅休尔和我及其他几个人, 决定对李群和其它一些理论进行系统的研究, 后者严格地说并不归于现在所谓波兰数学的领域。奥尔巴赫对于几何学了解甚多, 我和他多次讨论过凸体理论, 对此我和梅休尔合写过几篇文章。

我和奥尔巴赫在罗马咖啡馆下棋时, 常常当我开始走棋

时进行下面这样的小小仪式（那时，我对下棋开局的理论一无所知，仅仅是凭直观走棋）。我移动了帅时，他便说道：“Ah! Ruy Lopez。”我问道：“那是什么意思？”他回答：“啊！我的西班牙主教呵！”

奥尔巴赫在战争中捐躯。我知道他和斯顿巴赫在德国人送他们去一个审讯会时被捕的，但是不知道他们被捕时的情况和纳粹占领期间及占领之前他们的生活情况。

记得我与肖莱尔的合作始于第三学年。在里沃夫大学和综合工艺技术学院里的数学家当中，他是我唯一的同龄人，因为他只比我大半岁到一岁，而且还是里沃夫大学的学生。我们是在研究班教室听斯坦豪斯的讲课时遇见的，我们谈论了我所研究的一个问题，我立即发现有许多共同的兴趣，就开始相互交往了。我们合写的全部系列论文，就来自这时的合作。

我们几乎每天见面，大多在我家，偶尔在咖啡馆里，他家在德罗哈勃斯，那是个位于里沃夫南部石油中心处的小城镇。我们一起讨论的问题和方法的种类是那么的繁多！我们的工作也受到那些方法的鼓舞，这些方法此后在里沃夫风行一时，并伸向新的领域：拓扑变换群、置换群、纯集合理论、一般代数。我认为我们的某些论文，可以首先应用到与代数观点有关的现代集合论方法的一组极为广阔的数学问题中。我们对所谓群芽理论开始了研究，现在称之为半群理论。某些结果现在可以在文献中找到，但是其余的，据我所知尚未刊登出来。

肖莱尔是在 1943 年 4 月在德罗哈勃斯被德国人杀害。

另一位数学家马克·卡克比我年纪小四、五岁，他是斯坦豪斯的学生，从一开始就表现出一位大学生不同寻常的天赋。

我与卡克颇有进展的联系，是在我去里沃夫渡暑假之后，马上又开始在哈佛大学进行学术研究的时候。他也鸿运高照，在我来到美国几年之后他也来了，我们的友谊在这里有了一个良好的开端。

1932年，我应邀去苏黎世国际数学会议上作简短访问，这是我第一次参加大型国际会议。我能被邀请深感自豪，与其它波兰数学家相比，他们受到了西方科学的极大困扰，而我却坚信作为一个波兰数学家应有同样的地位。事实上，这种自信已扩展到我自己的工作中，冯·诺伊曼有一次对我妻子弗朗西斯说，他从来没有碰到过象我这样满怀自信的人，并补充说，也许这是有道理的。

去西欧旅行的时候，我首先在维也纳加入到库拉托夫斯基、夕尔宾斯基、和奈斯特一行中，他们从库拉托夫斯基的位于华沙附近的避暑处来。去苏黎世途中，教授们决定在因斯布鲁克停留，我们碰到了从其它国家来的也要去开会的一些数学家，我们在那里停留了几天。记得我们坐缆车去了名叫哈弗来卡的山上游览，这是我第一次达到二千公尺的高度，那风景真是美极了。记得我感到有几分钟的头晕目眩，而且分辨出以前曾在好几个场合也有过这种感觉，那是我在高级中学学习的时候，得出了定理证明的突破点的那一刻。

苏黎世会议较我早些参加的那些会议要大，但是与第二次世界大战以后的那些会议相比，又是相当小的。我还留着一张站在高等技术学院前面的全体会员的合影，我在那里第一次看见并结识了许多外国数学家。

会议很有意义，我记得它激励我听到许多不同于波兰培育出来的数学型式或领域。数学领域的多样性，在我面前展现了新的远景，给我提出了新的思想，在那些日子里，我几乎

加入了每一次综合性谈论。

我发现一些德国及西欧的数学家很紧张，有些人面部在抽搐，总的来看，我认为他们看上去比波兰人更不自然。尽管在波兰对于哥丁根数学学派仍然大加赞赏，但是我又一次感受到了自信，也许理由并不充分。

我发表了简短的谈话，当时感到稍稍有点紧张，我能泰然自得的原因，追根寻源要归于我对数学的陶醉和坚定的信念，二者浑然一体的神态。

有人指给我看一位矮矮的老人，那是希尔伯特。我还遇到波兰老数学家迪克斯坦，这位九旬老人还到处走着寻找他的同代人。迪克斯坦的老师，早在十九世纪是哥西的学生，他还惦记着死于1912年的那位聪颖、年轻的彭加勒。对我来说，这象是走进了数学史前期，使我充满了一种肃然起敬的畏惧。我遇见了我的第一个美国数学同行诺伯特·维纳。冯·诺伊曼不在那里是个遗憾，我听说了许多他在1929年访问里沃夫的往事。

在旅馆游泳池里，我遇见了著名的物理学家泡利和韦弗教授及阿达·哈尔珀。韦弗是阿达的老师，这位瑞典数学家以他对著名的典型的行星旋转和恒星体平衡的计算问题的研究而闻名。阿达出生于里沃夫，她是个非常漂亮的女子，正在日内瓦大学学数学。我和她有过好几年断断续续的风流韵事。在所有人面前，我转向泡利，一语双关地说：“这是 Pauli Verbot”（泡利的物理原理，表示两个具有同样特征的粒子不能占有相同的空间），我指的是韦弗和我两个人都在陪伴这位年轻漂亮的女郎。

另一次有趣的邂逅，发生在著名的多德尔旅馆旁边的树林里。一天下午，我迷了路后撞见了保罗·亚历山德罗夫和

埃米·诺特，便一起散步讨论数学问题。亚历山德罗夫对我的工作有所了解，因为我曾经送给他一些复印本并有过数学上的通信交往。事实上在我生活中极大的快乐之一是收到这样的信，在收件人姓名上写着S.乌拉姆教授。这次巧遇时，他突然对我说：“乌拉姆，你愿意来俄国吗？我会将一切都安排好的，我非常喜欢和你在一起。”作为一个波兰人，加上我有个大资本家的家庭背景，他的邀请使我受宠若惊，但是这种旅行看来是不可想象的。

会议结束后，我与库拉托夫斯基、奈斯特一起去蒙特勒作短暂游览，然后及时回到波兰考硕士学位。

我对考试有一种近乎病理性的反感，二年来我对一年一度必需的考试并不重视，我的教授知道我在写新颖的论文就宽恕了我，而最终我必需突然地接受考试。

我学习了几个月，接受了一种理解性测验，并写了我的硕士论文，课题是由我自己提出的。我对论文作了一星期的工作，然后一个晚上写完了，从晚上十点写到凌晨四点，就写在父亲的法律长缄上，我仍然保留着原稿（至今尚未出版）。论文包括集合积的运算方面的一般思想，其中某一些可以大略看成现在所谓的范畴理论。它包括某些个别结果，可以处理数学各部分许多种类的一般理论的极为抽象的概念。所有这些发生在1932年秋天，我从苏黎世返回的时候。

1933年，我参加了博士考试。论文发表在一个名叫奥索里尼姆机构出版的，里沃夫定期刊物《数学研究》上，上面还连续登了我的几篇在测度论方面的早期论文、定理和推广。

我的学位是由1927年新建立的综合研究系授予的里沃夫综合工艺技术学院的第一个博士学衔，这也是授予硕士及博士学位的唯一部门，其它均是工程学学位。

在学院大礼堂里举行了颇为正式的典礼，有亲属朋友到会参加，我必须戴着白色的领带与手套。主人斯托席克和库拉托夫斯基对我以前的论文与著作各自作了简短的述说。在寥寥数语地谈了我的博士论文后，他们递交于我一份羊皮制的证件。

“奥拉”是举行典礼的大礼堂名字，它装饰着传统的壁画，很象二十年之后我在麻省理工学院自助餐馆墙壁上所看到的，麻省理工学院壁画描绘了身穿薄衣的女子飘逸飞天的姿态，象征着科学与艺术，还有一位硕大的女神形象，飞翔在一位退却的老人头上，那时我常打趣说，这画面代表空军与物理学家和数学家订下的契约。建筑在普林斯顿的研究院会堂里，也有一幅旧画挂在茶室中，人们到了下午就聚集在那里交谈。就在这幅画里，人们可以再一次看到，有一位老人羞怯地躲避一位从云雾中降临的天使。当我得知谁都不能解释这表示些什么时，我就设想：这可能代表纳·里斯，这位女数学家那时指挥着海军研究办公室，她提议与爱因斯坦签订一个海军契约，后者害怕得缩成一团。

考试及典礼过后，我发表了好几篇论文，此后，于1933年后期因为一次严重的副伤寒感染使我病倒了几个月，这是我一生中难得的一次重病。

但是，工作不全是严肃的，也不完全排除娱乐。在二十世纪三十年代初，一位名叫赫尔尼克的干瘦小的高级中学的理科教师来到我们咖啡室，他坐在距离我们几张桌子远的地方，不停地啜着伏特加酒和咖啡，并且忙着在一叠纸上乱涂。尼克利鲍和斯托席克下棋的时候，他有时会站起来参与我们一起闲谈或者出主意。尼克利鲍常常会高兴地重复说：“Gehirn, Gehirniak!”（德国人的头脑。）

赫尔尼克教的是数学、物理、化学，而且他试着解决著名的费尔玛问题，这是数学上一个最为有名的未解决的问题，长期吸引了幻想者和业余爱好者，他们经常对费尔玛猜想作出错误的或不完整的证明。

赫尔尼克是咖啡室的老主顾，他的谈话欢快、独具匠心，充满幽默，我们常常一起收集并复述，我还常在家里在墙上贴上几句。

后来我父亲认识了赫尔尼克，因为他的妻子拥有一个大苏打水厂，其法律事务由我父亲的公司办理。父亲认为赫尔尼克是个有趣的傻瓜，当他看到我的“赫尔尼克格言集”时，他一定很惊奇，或许会怀疑我是否明智。我不得不给他解释诙谐的敏锐及其对数学家特殊的吸引力。

比如，赫尔尼克对巴拿赫说，他对费尔玛问题的证明当中还存在某些阻隔。他又补充道：“我的证明越大，漏洞就越小，证明越来越长，越来越巨大，漏洞就越来越小。”对于数学家来说，这就构成了一种逗人发笑的阐述。他对自然科学也会制造一种神秘的状态，例如，他说元素周期表里一半元素是金属，另一半不是金属。当别人指出这种说法不太确切时，他回答：“呵，不过从定义上说，我们可多称几个为金属！”他有一种随意对待定义的漫不经心的方式。

他描述他在哥丁根学习时，是如何从一个自动发送器里喝酒的。一次，机器出了点毛病，酒不停地流着，赫尔尼克不停地喝着，一直到发现自己躺在地上，周围围了一群人。他听到有人问：“Vielleicht ist etwas los?”（也许你什么地方不舒服？）他回答“Vielleicht nicht.”（也许没有。）这样一来，他被人群抬起来凯旋而归。

若干年之后，我在普林斯顿和冯·诺伊曼谈到赫尔尼克

时，我讲了下面这个故事把他逗乐了。一天赫尔尼克告诉巴拿赫、梅休尔和我说，他就要将费尔玛猜想证明出来了，这以后美国记者们会发现此事，会来到里沃夫问：“这位天才在哪里？给他十万美元！”巴拿赫模仿说：“给他吧！”战争以后，约翰尼有一天在洛斯·阿拉莫斯对我说：“还记得我们从前是怎样嘲笑赫尔尼克的十万美元吗？其实，他说对了。当我们笑他傻的时候，他才是真正的大师。”约翰尼指的当然是代表防御部门的空军与海军，他们正巡逻在国境线上，在进行全面探索的同时，与科学家签订合同，合同合计约十万美元。“他不仅仅是对了”，约翰尼说，“而且他甚至还预见了准确的数目”。

1933年或1934年的某日，巴拿赫将一本大笔记本带进苏格兰咖啡馆，这样我们可以写下新的问题，并以更为持久的形式记下讨论的结果。这本笔记被永久地保存在店里，由招待员随叫随取，我们写下了问题和评论之后，招待员有礼貌地将它送回秘密贮存处。这本笔记后来成为著名的“苏格兰书”。

1935年以前就开始记录了许多问题的资料，姓名记载入册的人，对此开展了大量的讨论。所提的大部分问题可能早就受到高度重视，以后才想到记载“正式”的内容。也有几例问题当场解决并将答案载入。

里沃夫城和“苏格兰书”命中注定有一个非常骚乱的历史，它包括在书本开始的几年中。二次大战爆发之后，俄国人占领了里沃夫城。从题头直到末尾，很明显地看到，一定有俄国数学家访问本城，他们也留下了几个问题，并设奖金招收解题方法。书中出现的最后日期是1941年5月31日。题头第193号包含有一组相当隐蔽的数字结果，是由斯坦豪斯签名的，此结果是对一个盒子内火柴的数目分配进行处理。德俄

战争开始以后，德国军队在 1941 年夏天占领了本城，记录停止。余下的战争岁月期间，此书的命运我不知道。据斯坦豪斯所说，这份资料由巴拿赫的儿子带到弗罗茨瓦夫（正式是布雷斯劳），现在他儿子是波兰的神经外科医生。

1939 年夏天，我最后一次访问里沃夫，我离开前的几天，与梅休尔一起就战争的可能性进行了一次谈话。人们正在期待象慕尼黑那样的另一次危机，但没有对一次迫在眉睫的世界战争作好思想准备。梅休尔对我说：“可能会爆发一次世界战争，我们应该怎样处理‘苏格兰书’和我们合写的尚未出版的论文呢？你就要去美国，也许会安全。假如本城受到轰炸的话，我会把手稿和书放在箱子里，埋入地下。”我们甚至还决定了地点，就在城外一个足球场的球门附近。我那时还不知道这一切是否会真的发生，但是‘苏格兰书’原稿完好无损，这一点很明显，因为，战争后斯坦豪斯寄给我一份复印件。1957 年我把它翻译好，献给美国等国家的许多数学界朋友。

幸存下来的里沃夫数学家中，许多人现在弗罗茨瓦夫继续工作，‘苏格兰书’的传统也在继续，1945 年以来，又有新的问题被提出并记录。新开的一卷正在进行之中。

第 3 章

出 国

(1934)

1934 年我成了一位数学家而不是一个电子工程师，并不是我在数学上做得很多，而是因为数学占有了我。也许，这里是停下来深思一番当一名数学家的意义的好地方了。

数学世界是大脑的一个创造物，而且无须外界帮助就能想象。数学家能够开展他们的课题，不象其它科学家需要设备与支持。物理学家（甚至是理论物理学家）、生物学家和化学家必需实验室，而数学家，即使没有粉笔、铅笔和纸也能工作。他们还能一面走路、吃饭、谈话，一面思考，这就可以解释，为什么那么多的数学家在进行其它活动时，表现出内向性和全神贯注。这点相当明显，并且可与其它领域科学家的行为本质地区别开。当然，这也取决于个人气质，有些人，比如保罗·厄多斯的特征就走到极端了，他对于数学作图或论证的专心一致，占去了他醒着的绝大部分时间以至置其它事情于不顾。

至于我自己，自从开始学习数学以来，我每天平均花费二、三小时专注地进行思考数学和化二、三小时的作数学阅读或交谈。我二十三岁时，有一次竟能连续几小时地对一个问题持续进行思考，既不用纸也不用笔。（顺便提一下，这不一定比看着符号或用手操作的计算更为费力）

整个说来，我仍然觉得交谈或者聆听的方式，比阅读更不

失为一个较为容易和愉悦的学习方法。到现在为止，我还不愿阅读正式出版的教导“指南”，从心理学上来说，我对这些感到厌恶。

有些人比较喜欢用语法规则而不是用耳朵来学习语言。据说学习真正的数学也有某些人通过“语法”，还有些人通过“感染”。我学数学是通过“感染”。

比如说，我在学术上，下意识地向梅休尔学习怎样控制天生的乐观以及怎样证实细节。我学会用带着半信半疑的头脑慢慢地走过阶梯，而不让自己走岔路。性格、特征和“内分泌因素”对于所谓的纯粹的“脑力”活动，必然担负起非常重要的作用。“神经”特征对于智力的发展起了巨大的作用。人到了大约二十岁时，这种发展想必已经完全充分，某些已有的特性或许已经基本定型，并成为我们成长后的一个永恒的部分。

数学本质上仅是一种非常普遍而又精确的语言，也许这种设想仅仅是部分正确的。有许多自我表达的方法。一个早熟的人具有某种组织记忆或设计其印象安排系统的特殊方法。一种“下意识的酝酿”（或衡量）有时能产生比强制性的系统思考更好的结果，就象设想一个全面规划比追随一个专门的论证思路更好一样。强制自己坚持某个逻辑探讨能成为一个习惯，到了它能自动来到时，强制便消失了（就象计算机人员喜欢说的子程序）。而且，即使我们不能对称之为创见的东西下定义的话，然而它在某种程度上可能由探索道路上一个有条理的方法所组成。这是一种近乎自动的试验方式，试验中某一部分可能会是成功的。

我总是偏爱设想新的可能性，而不是仅仅遵循论证的特有思路或者进行具体的计算。数学家当中绝大部分人有此特性，但是想象新的可能性更多的是一种试验，并不象遵循陈规

的数学计算，而且不能连续太长的时间。

个人的效率，当然取决于他能否在该处最好地发挥才能，这也许会限制它的发展。我本人习惯于注意多方面理解问题，并寻找困难所在。对大多数数学家来说，每当一个“新的烦恼”不再有更多的困难或障碍时，他们就开始担忧了。毋需说，有些人特别喜欢过多的想象，保尔·厄多斯整天聚精会神地想象，却往往走上早就开始或已经想过的路径上去，他不会象清洗磁带那样去重新开始他的记忆。

巴拿赫常常说起一个波兰谚语，“希望是傻瓜的母亲”，尽管如此，怀有希望并祝愿成功毕竟是好事。如果仅仅坚持整体的解题方法，其报酬并不必定比重复试验以其求得某种局部答案和至少是某种体会要多。有一种相似的情况是，在探索一个未知领域时，人们不能立即到达终点，也不能立即发现新王国的顶峰。

创造性科学中最重要的是锲而不舍，如果你是个乐观者的话，就会很愿意进行“试验”，悲观者则不然。象棋之类的游艺也是一样，一个真正的好棋手，确信他的地位比对手好（有时并非如此）。而这对保持游艺的进行自然有所帮助，而且不会增加由自卑所产生的疲劳。体力和脑力的持久性，在下棋中或在创造性科学中有着极大的重要性。对于后者来说，避免错误较为容易，因为人们能回过头来重新考虑。对于下棋则不然，一旦走错了，就不允许重新考虑这一步。

思想集中以及减少对外界的注意，对于年轻人来说更为自然。数学家能够在年轻时就形成，年仅十几岁的不乏其例。在欧洲甚至比美国有更多的数学家表现得早熟，欧洲高级中学的教育比美国的理论教育已提早好几年。数学家要在早年完成其最高成果是很常见的，但有些人例外，如魏尔斯特拉斯

是位高级中学教师，他在四十岁时完成了最高成果，再近些，诺曼·莱文森在六十一岁左右，证明了一个绝妙的定理。

我在二十五岁时就在测度论方面取得建树，并立即成为众所周知的成果。这些成果解决了某些集合论问题，豪斯道夫、巴拿赫、库拉托夫斯基等对此早就涉足。这些测度问题在数年之后，结合哥德尔的工作和保罗·科恩的新作变得更有意义。我也从事拓扑学、群论和概率论的研究，而一开始我并未专究。尽管我在进行大量的数学工作，但是，我从来不把自己仅看成一个数学家，这可能是以后涉及其它学科的一个理由。

1934年，国际局势呈现不祥预兆，希特勒在德国掌权，他的影响间或也为波兰所感受。炽热的国家主义、极右分子的暴动和反犹太示威日益增长。

我并未明确地理解这些凶兆的到来，但模糊地感到，如果我要自己谋生，不继续依靠父亲的话，我必须出国。我舅舅卡罗尔·奥尔巴赫已经多年劝我“学习外语！”另一位是叔叔迈克尔·乌拉姆这位建筑师力劝我出国谋生。我自己很糊涂，对欧洲形势很少了解。鼓动我安排出国旅行的动力，主要是由于想见到其它数学家，与他们讨论，并怀着极大的自信心，试用某些新成果给世界以影响。我父母愿意资助旅费。

我的计划是走向西方，（年轻人到西方去！）首先我要在维也纳住几星期，去看望卡尔·门杰，我与这位著名的几何学家兼拓扑学家的相识，是在波兰由库拉托夫斯基介绍的。这是1934年秋天，就是奥地利总统多尔福斯被暗杀以后，维也纳处于剑拔弩张的状态，但是我还专心致志地沉醉在数学之中，以致于对这件事置若罔闻。

在维也纳旅馆住了几天之后，我迁到大学附近的一所私

入木板房里。这房子是一位寡妇出租给学生的，这在当时是相当普遍的。房子座落在一条取名为玻尔兹曼的小街上，被命名者是十九世纪一位伟大的物理学家，空气动力学和热力学的创始人之一。

我拜访了门杰，在他的居室内遇见一位名叫弗洛里斯·希门尼斯的年轻有为的西班牙拓扑学家，他已经取得了某些有声望的优良成果，我们谈了大量的数学问题。他似乎在夜总会里很有名气，他向我介绍了城里年轻人的生活。

我从维也纳旅行至苏黎世去见拓扑学家海因茨·霍普。他在著名的赫荷树勒技术学院任教授，我们通过信。霍普对于我的拓扑学成果略有所知，他邀请我参观他的学院并作了两个讲座。其中之一是有关“对映定理”这个拓扑学问题的，是我与博苏克共同做的工作。我在农学系的讲演厅里用德语演讲。记得沿墙挂有许多耀眼的奖状，它们似乎悲切而怜悯地望着我。

不管怎样，此次苏黎世一行收益颇大。我还遇到一位名叫格罗斯曼的物理学家，他比我高几个年级，并且经历广泛，他向我推荐了与我的钱囊相当的法国与英国旅馆。我们讨论了哲学和数学在物理学中的地位。

在苏黎世住了两星期后，我去巴黎住了五个星期，感到无限的欢乐。以前我到过法国，但是到巴黎还是第一次。我叔叔迈克尔的妻子那时正巧住在巴黎，她欣然提出接纳我，并将她的游览桥车送到塞舍供我观光。我想到将在众目睽睽之下来到卢浮宫的罗尔思、罗伊斯或杜森伯格或其它博物馆感到非常窘迫、极不相称，所以谢绝了她的提议。

我带着由我的一位教授写给著名老数学家伊利·卡坦的一封介绍信来到彭加勒学院，当我走进他的办公室时，一下子

被拉进一个数学讨论之中。我告诉他，我有一个想法，对于解决希尔伯特关于连续群的第五问题是一个既简单又普通的证明。起先他说，他并不理解我的推理，但是后来他补充说：“呵！我现在知道你要做什么了。”卡坦留着小而白的山羊胡子、生动的微笑和闪亮的眼睛使他的外表符合我对所有法国数学家的想象。他之所以不同凡响有多方面的理由，不仅仅是由于在五十多岁这种大多数数学家创造力下降的年龄做了最好的工作。

在庞加勒学院和索邦，我参加了几个研讨会并进行了交谈。在第一次研讨会上，一位名叫德·波塞尔的法国青年恰好谈到我的一个成果，使我得意之极（德·波塞尔现仍在巴黎任教）。我应邀在一个以数学家埃尔米特命名的大厅作报告，还有一次在达布大厅。这些大厅和街道如拉普拉斯街、芒戈街、欧拉街，是对数学家们抽象工作的明显标记，颇为令人欣赏。醇酒给我增添委婉的神态，我天真地诧异：“一百年后会不会有那么一天，一条小街巷能以我的名字命名呢？”

十月份我决定去英国剑桥。斯坦豪斯已给我一封介绍信，写给数学上的传奇人物 G. H. 哈迪教授，他对数论方面的发现在里沃夫众所周知，而我的朋友肖莱尔过去常常在研讨会上介绍他的论文。有关哈迪的怪癖故事也已广为流传。

我现在英国属于中上阶层的人物常容易办事。在多佛，我离船时走错了门，两个英国便衣挡住我的去路，问我上哪去。看来，我的外貌一定比我实际是二十五岁的年龄要小，其中一个问我的父亲是什么职业，当我回答说他是个律师时，这人转向他的同伴，以一种典型的英国方式说：“他没事，他父亲是位律师。”我想真滑稽，他们就因为我说了这句话就如此顺利地相信了我。

在伦敦过了几个小时后，我搭上了去剑桥的夜班火车，火车每过几分钟就停一站，外面漆黑一团，看不清站名。我问同室的一位青年，“我怎么才能知道车到了剑桥？”他想了一会答道：“恐怕你不会知道。”安静一会以后，我试图开始一个新话题，问他对于政治形势如何考虑，英国会不会帮助法国和干涉鲁尔。他又沉思了一分钟回答：“恐怕不会的！”我对这种极其英国式的表达感到由衷的快慰。由于我对英国的了解多半来自多萝西传说和阿加莎·克里斯蒂的小说，所以这件事情使我感到很符合。

我在剑桥下车后，来到名叫加登大楼的旅馆（花园旅馆），这是在苏黎世由格罗斯曼推荐的。由于我父亲在资助我的旅行，所以每星期我可在巴克利银行收到从我叔叔在里沃夫的银行汇来的5~10英镑，在那时这个数字算是阔绰的。我漫步剑桥，欣赏大学的建筑，窥探书店（我已有一种明显的狂热，买书或者摸书的狂热），我看了《谢洛克·福尔摩斯和柯尔道南》中的某些情景，使我恍惚。

我搜寻到几位数学家。贝西科维奇这位从俄国革命中产生的俄国侨民是曾与我通信的人物之一，他解出了我刊登在《基本原理》上的一个问题，并在上面发表了一篇论文。这确实是第一个不明显的“遍历变换”的例子，平面映射到它自身上的一个变换，在整个平面上点的连续映象是稠密的。

贝西科维奇邀请我去他在特里尼蒂学院的住所，当我走进他的房间时，他若无其事地说：“你可知道牛顿过去住在这里。”这一句话使我惊奇之极，几乎要晕倒。这一伟大的科学史上的里程碑，使我处于兴奋状态，直到在英国的其余的日子里。

贝西科维奇和我谈论了数学。我不知道是否许多老人都

习惯于这样的年轻人，他们一进屋就提出科学问题和定理，也不首先自我介绍或相互问候一下。我的朋友厄多斯是六十岁的老人也仍是这样，冯·诺伊曼也是如此，往往会在彬彬有礼并有感于政治的聊天中，突然从一个一般交谈转移到科学技术评论上去。

从各方面来说，住在剑桥是我一生中最愉快的日子，不管在智力上还是在精神上。贝西科维奇邀请我参加特里尼蒂学院的高级晚宴。这次宴会，在那时对我来说是最高级的，在坐的有G·H·哈迪、J·J·汤姆森、阿瑟·S·埃丁顿爵士等著名科学家，他们与我的座位仅隔数英尺。交谈是振奋人心的，我对每个字都细心聆听。我们坐在亨利八世的旧画像下面，食物置于古典式的银盆里。我注意到贝西科维奇吃起来津津有味，饭后我们转至另一个房间，他一杯接一杯地喝着白兰地，使其余的人暗暗地向他投去欣赏的一瞥。

哈迪告诉我的轶事中有一件我还记得。他年轻时，有一次和牧师一起穿过浓雾，他们看见一个男孩拿着一条绳子和一根棍子。哈迪的牧师把它与看不见但能感觉到的上帝的存在作比较：“你瞧，你不能看见风筝飞舞，却能从绳子上感到它的拉力。”但哈迪知道，在雾中是没有风的，所以风筝不能飞舞。哈迪相信，在数学上称为“triposes”的剑桥荣誉学位考试是没有意义的。作为一次证明，他劝说乔治·卜里耶（此人算得上是计算方法和古典分析的大师），让他没有预先接受指导，进行一次数学荣誉学位考试，卜里耶遭到意料中的失败。

我遇见一位年轻有为的印度天体物理学家萨勃拉曼扬·钱德拉锡克，我们在特里尼蒂一起进餐数次，他是那里的会员。他与埃丁顿合作是由于对他有一种欣赏与竞争的混杂感情。一年以后，我应邀填补哈佛的特别会员学会的空缺，因为

钱德拉锡克接受了去芝加哥当助理教授的邀请。

我们后来碰头时，他在洛斯·阿拉莫斯当顾问，从事湍流理论和其它流体动力学的研究。钱德拉锡克在他的朋友中很有名望，他是世界上最优秀和多产的数学天文学家之一，他的书籍是他的领域内的经典作品。

在剑桥时，1934年的米迦勒节期间，大学或官方个别的学院（如格顿和纽纳姆），废除了禁止人们在草坪上讲课的旧规则。我应邀办一次有关拓扑学的研讨会，如果我没搞错的话，我是格顿历史上第一个跨出门槛讲课的人。

我在波兰时知晓的所有科学家中，唯一在剑桥看到的是利奥波德·因菲尔德，他是里沃夫的大学讲师，我认识他是在我们的咖啡馆里，在剑桥，我们相互拜访了几次。

因菲尔德个子很高，超过六英尺，相当魁梧，还有一个硕大的脑袋和一张大脸。他是个犹太人，有一个不折不扣的正统的经历。他在自传中专门用很多篇幅，描述他如何花力气去争取一个教育的和学术的职位，二者之中任何一个都很难得到。

他相当快乐而机智。我记得在英国住了一个月之后，他就对波兰语和英语的“文字”会话的区别作了一个出色的评论，他说波兰人对重要的事情谈论起来显得笨拙，英国人对于可笑的或平凡的事情谈论得很在理。

因菲尔德是个雄心勃勃的人，并有多彩的职业。我认为他对于物理或数学的天赋不及其雄心。在波兰，有关他对广义相对论较深奥的数学部分的理解，我有所怀疑。也许这是因为他在基础数学的底子相当有限的关系。他在一份华沙杂志上写的通俗文章，在我看来，写得虽好但总缺乏数学上的精确性。那时我的眼界很高，我期望科学方面的杂志、文章，能

与庞加勒的大众科学趣文或埃丁顿为广大听众作的相对论解释相媲美。

因菲尔德在我到了普林斯顿几星期之后才来到。他与爱因斯坦合作写了著名的爱因斯坦-因菲尔德有关物理的书，成为畅销书籍。他在柏林曾遇到过爱因斯坦，在他的自传中曾这样描述说，爱因斯坦的友好情谊和平易近人给他的印象很深。在普林斯顿我难得看见他，他不参与冯·诺伊曼那群人的活动。

剑桥的建筑学，中世纪的建筑，美丽的庭院，我走过的城镇，（有时和现任威斯康星大学教授的 L·O·扬一起散步）仍然在我一生中铭记在心。就象我走过法国革命中的巴黎一样，它们对我的情趣、联想、阅读和研究，影响至今。

1935年初，我从剑桥返回波兰。现在是严肃思考大学生涯的时候了，但是在那种日子里，甚至于找一个普通的“大学讲师”位子都很艰难。在一系列书信中，发生了意外的改变，福音来自一封访问美国的邀请信。

第二篇 一位在美国工作的数学家

第 4 章

在 普 林 斯 顿

(1935—1936)

最初，我是从我的中学老师扎沃尔斯基处，听到谈论冯·诺伊曼的。库拉托夫斯基也描述过冯·诺伊曼的形象和个性。库拉托夫斯基告诉我，在柏林的出租汽车上，冯·诺伊曼怎样用廖廖数语向他说明了，比他和其他数学家通过通信和交谈关于集合论、测度论和实函数所得的还要多的内容。巴拿赫也谈到过他。巴拿赫告诉我，在1927年里沃夫会议上，他和其他数学家，其中包括斯托席克在内，怎样在大会的宴会上用伏特加灌冯·诺伊曼，迫使冯·诺伊曼离席去盥洗室的。但他回席继续进行数学讨论时，丝毫没有打断他的思路。

只是到了1934年末，我才开始和冯·诺伊曼通信。那时，他在美国普林斯顿高级研究院，是一位很年轻的教授。我曾写信给他，谈到过一些测度论问题。他也曾从博克纳那儿听到过有关我的一些消息，在复信中，冯·诺伊曼邀请我去普林斯顿呆几个月，并且说研究院能支付薪金300美元。我从

英格兰回国后不久就与他会面了。

1935年秋天，莫斯科曾经组织了一次拓扑学会议，亚历山德罗夫邀请我参加。那时，波兰和苏维埃俄国之间的关系紧张，在波兰申请到俄国旅行的护照，要涉及到众多的公事程序，我没有能及时拿到护照，因此，丧失了参加会议的机会。冯·诺伊曼写信告诉我，他从莫斯科返程时，将途经华沙，故建议在华沙会面。以其十分独创的拓扑学成果闻名的，一位年轻的华沙数学家塞缪尔·爱伦堡和我一齐会见了回归家园的西方代表团。在车站上，冯·诺伊曼（我第一次见到他）由两位美国数学家加勒特·伯克霍夫和马歇尔斯通陪同。我们都用英语交谈，爱伦堡说得差一点，我能充分地叙谈，这得感谢耽在剑桥的时日。冯·诺伊曼常常要插入德语。

据库拉托夫斯基的描述，我的印象冯·诺伊曼身材细长，如同他1927年那样。实际上我见到的他，已经比较丰满，尽管还不像他以后那样肥胖。他印入我眼帘的第一个印象，是他那双棕褐色的、生气勃勃的大眼睛，和他那令人难忘的大脑袋。他独有的一种缓慢行走的样子。（这使得我想起，当我第一次见到他的外孙，他女儿玛丽娜的儿子马尔科姆时，令人不可思议的发现这位年轻30多岁的孩子，在医院长廊中的徘徊，酷似他外祖父慢行的样子。由于孩子出生在他的外祖父逝世之后，他不可能模仿外祖父。似乎可以这样说，不只是人的特殊的形象和固定特征，而且人的姿态、行动以及一些其它现象，也可能通过密码加以遗传。）

冯·诺伊曼给我的印象是十分年轻，尽管他已三十出头，比我大五、六岁（我总是会搞混自己和他人的年龄）。我就发现与他志趣相投时，他那有趣的讲述，笑话，和人们在和他交往中看到的令人诧异的轶事，使人倍增亲切和温暖之感。

在这次简短的访问期间，斯通，冯·诺伊曼和伯克霍夫在波兰数学会华沙分会，搞了一次联合的研讨会。他们的主题是量子论逻辑的格论基础。冯·诺伊曼作了较长的讲演，伯克霍夫简单地谈了一下，斯通只是提了一些问题。实际上我关于这次谈话的印象已经含混了。总之，我并不确信，对这个新的物理观念已做了许多工作。事实上，我认为论点只稍作了一点伸展，量子论逻辑这样一个大概念就算被对付过去了。我和约翰尼还作了一些其它的交谈，主要是关于测度论的（关于测度论，我曾经寄给他一些我的早期文章的复本）。我们也大略谈到过他最近在希尔伯特空间算子理论方面的工作，尽管我并不特别了解这方面的工作并且对这方面工作也没有什么大兴趣。此外，他还告诉我，关于我访问普林斯顿的一些实际设想。

第二次世界大战过后若干年，在和莫斯科拓扑会议联系中，我接到了法国数学家莱里的一封信，他和里沃夫数学家朱利叶斯，肖德尔曾经共同写过一篇论述泛函空间中变换的不动点及其在微分方程理论中应用的著名文章。肖德尔是莱里和我的共同朋友，他被纳粹所杀害。莱里希望有一帧自己和肖德尔，以及肖德尔在意大利生活的曾为战争服务过的女儿的照片。但是在波兰或任何地方他都找不到，为此他写信问我是否有这样的快照。在约翰·冯·诺伊曼逝世几个月后，我在他的图书馆浏览某些书册时，一组莫斯科会议参加者的照片掉了出来。肖德尔在那里，和亚历山德罗夫，莱夫谢茨，博苏克以及其他几十名拓扑学家一起。我把照片寄给了莱里。此后，他将照片发表在几个刊物上。

恰如在里沃夫时，华沙的数学家常聚集在一点心店中，化几个小时讨论数学一样。他们也在一古镇上著名的福克酒店

会餐。这里，也是爱伦堡和我请约翰尼与他的同伴畅饮福克店中有名的甜酒之处。届时，他曾告诉我们，普林斯顿的朋友怎样恳求他带几磅莫斯科鱼子酱回美国，他买好了鱼子酱，要求服务员把它储藏在餐车的冰箱中，早晨当他们在波兰土地上醒来时，才发现餐车在波苏国境线上和列车脱钩了。他们多么想找回美国没有的鱼子酱！他也谈关于他自己永远移居美国的决定，欧洲科学家一般的缺乏现实性和远见。在德国的大学中，现存的和预期的教授职位空缺数是极为渺小的，在今后2年中，整个国家只不过2、3个单位。但是，这2、3个单位中的大部分空缺已经有了临时教员，他们可以期望在最近的将来得到一个教授职位。冯·诺伊曼用他的典型的合理方法，计算出教授职位在三年内的期望值是3，而后补者人数是40，这是他决定移居国外的根据，这里尚未涉及变得愈来愈坏的政治形势，形势使他感到对知识的自由追求将变得困难。1930年，他接受了普林斯顿大学访问教授的职位，在高级研究院创办后不久的1933年，他被聘成为高级研究院最年轻的有学衔的永久成员。

1935年12月，我乘坐英国船只阿奎特尼亚号，从勒·哈夫勒出发，实现了我的第一次横跨大西洋的航行。开始两天，天气很美好，后来有一场雷雨袭击，我开始了晕船，直到船只接近纽约时，大海才安静下来，我停止了晕海症。

在纽约呆了两天后，我尝试着去找在普林斯顿的冯·诺伊曼，但是没有结果，后来我打电话给研究院。这是我的一次有意思的经验，我第一次走进公用电话间。当接线员说：占线，我不理解说的是什么意思，就问“Wire是什么意思？”后来，我找到所罗门·莱夫谢茨，他是大学的一位教授，他告诉我怎样从纽约到普林斯顿，他说，这是很容易的，两个小时就

有列车去那儿。我不理解，据我知道，普林斯顿是一个小镇，为什么每个小时都有火车到那里呢？其实，我不知它却在到费城和华盛顿的干线上。

到了普林斯顿，我径直到了研究院的传达室，它在大学的一座大楼的一间房中，因为研究院尚没有自己的房区。一位年轻漂亮的小姐弗莱明和年长一些的小姐布莱克接待了我，她们笑嘻嘻地向我致意。这使我有点奇怪，是我身上的外套出了笑话，还是我裤子上不太适当的纽扣（在那时还没有拉链呀）。

我在一间宽大的房间里整理了一下，随即去见冯·诺伊曼，他住在一所宽敞、亮堂的房屋中。黑人侍者让我进屋，所罗门·博克纳也在起居室中，一小女孩匍匐在地板上爬动。（女孩是冯·诺伊曼的女儿玛丽娜。）他的妻子玛丽埃塔也是匈牙利人，她向我致意。我知道博克纳，因为我曾经就数学问题与他通信过。博克纳和冯·诺伊曼正在谈论政治。冯·诺伊曼对欧战发生的可能性抱着极为悲观的看法（这是在欧战实际爆发前三年的事）。他对将要到来的破坏有一幅十分明晰的图景。他把俄国看成是纳粹德国的主要对手。深信法国军队是强大的。我曾问：“法国会怎么样？”，他的回答是：“噢！法国不会出问题”。这十足是一次事实上的预言。

我的住所在范得范特儿街上的一个宽大的房屋中，如果我没有记错的话。那里，还有6到8名男人同住，没有一个学生，我还记得，第一次交谈我完全不能理解，尽管我懂得英文。美国人的口音使我吃惊，他们说些什么我全然不知。一周以后我理解了一切。这是一个共同的经验，不仅是语言而且也包括数学，有一个中断的过程。最初是一无所知，一无所知，突然，窍门找到了，一切都明白了。

冯·诺伊曼善于社交，每周举办二、三次晚会，我成了常客。这里并不是完全无忧无虑的，正在来临的战争阴影充满在社交气氛中。在这里我遇见了亚历山大，他是冯·诺伊曼的好朋友。詹姆士·亚历山大也是研究院的教授，是最早的拓扑学家，是拓扑学中一些新问题和奇异的拓扑对象“病态的”实例的提出者。他是一富裕的家族的后裔，为人十分古怪。

在几周以后的一次晚会上，我见到了一位五十上下的男人，但当时对我来说，他似乎是无限之老，届时，我年仅二十六。他坐在一张大椅子上，膝上坐着一位年轻美丽的女士。他们正在喝着香槟。我转向约翰尼问：“这位绅士是谁？”“噢！你不认识？他是冯·卡曼，著名的空气动力学家”。冯·卡曼是约翰尼的朋友之一。他又补充说：“你不知道他被邀请当顾问吗？”冯·卡曼是第一次世界大战时，学习驾驶飞机的第一批科学家之一。他告诉我，他有一张小号码的国际飞行驾驶执照。他的飞行经验直接影响了他关于喷气引擎的思想，这种动力装置对第二次世界大战的进程的影响是如此之重要。很久以后我才熟悉他。他经常说，工程师是一些永远在寻找前代产品中错误的人。1968年在以色列的那次水动力学会课堂上，我发现他和我都在。那时，他是一位富有的老人。那是他第一次访问这个国家，他为他见到的一切所激动，他对侍者和司机总是要给5到10美元的小费，不管账单数目的大小。

约翰尼常常关注一些在政治方面、组织活动方面，或在物理学的开拓方面，富有才能的人们；他培养他们。在我们散步经过普林斯顿大学的哥德教堂时，约翰尼说：“这是我们用以对抗唯物主义的四百万美元”。我不知道这些话是不是他自己的妙语警句，不过这也显示了他对于钱财的那种讽刺态度。

（摘自《我的人生》，王以曾译，商务印书馆出版）

*
在这些时日里，他一直称我“乌拉姆先生”。当我们在驾驶汽车行进中，遇到交通阻塞时，他立刻会说：“乌拉姆先生，汽车不能派运输的用场了，但是可以当作美好的伞”。今天，当我遇到交通阻塞时，我仍然会记起这些话。约翰尼永远热爱汽车，但是他驾驶车辆时，总有点漫不经心。

约翰尼的生活够豪华了。研究院教授在美国科学院系统的年薪是最高的，甚至超过哈佛。这种倾向在大学和研究院教授之间制造了一种隔阂，他们的补偿是几乎微不足道的，和研究院研究工作者和访问者的津贴形成了鲜明的对比。

至今为大家公认的伟大的名字，伟大的声望，伟大的形象，当然是阿尔伯特·爱因斯坦。我首先会见了他的助手迈耶，一位数学家和一个冷淡的人。然后我们被引见给爱因斯坦本人，我注意到了他较为特别的英语。他指着黑板上的某种东西说：“他是一个很好的公式”。

我的堂兄弟安特齐·乌拉姆是一位银行家，大约在我到达后两个月也出差来到纽约，我邀他来普林斯顿我处作客。就在那一周，我正在某个讨论班上作一个发言，我的名字和爱因斯坦每周召集一次的正式讨论班的通告，一起登载在研究院通报的同一页上。这给他留下了极深的印象；他在家信中提到这件事，我的名声在波兰的亲友中传开了。

赫尔曼·外尔也是研究院的教授。我的普林斯顿会见过他，到他家里去过几次。他有传奇式的形象，比冯·诺伊曼年长大得多。他那广泛的兴趣给我留下了深刻的印象。我的朋友贾恩-卡洛·罗塔，现在是麻省理工学院教授，他曾告诉我许多事情，包括他曾经听过外尔最早作的关于对称的演讲及给他留下的深刻印象。它们是有一定份量的，而且也是普遍文化的一种感受。更近代一些，外尔的纯粹数学的簇或代数

实体，作为神秘的中微子性质和原子核 β 射线中的起重要作用的所谓弱相互作用的模型，找到了重要的应用。

外尔在第一位妻子去世后又结了婚，在瑞士住了一段时日。他不大注重清规戒律。一个美国国籍的公民，住在国外，不回国，而仍保持他的美国公民资格的时限是有规定的。由于疏忽，他丧失了美国籍。当事情发生后，每个人都会感到突然。数学学会和国家科学院的成员们，都希望他恢复成为美国公民。这需要国会的一份证书。一些朋友要求我和我的老朋友参议员克林顿调停解决这个问题。期间，外尔已经病倒在苏黎世的住处，当信件到达他家时，外尔已因心脏病发作致死。

每天我去研究院工作五、六小时，那时我已经发表了相当数量的文章，人们对它们有些了解。我和博克纳交谈甚多，在我到达后不久，就和他就“可逆的贝努利大数定律”问题交换过意见。博克纳证明了这个定理，发表在《数学年刊》上（顺便说一句，这个问题也只是一种简单情况下的解。大数定律的逆问题，需要测度空间中的一种测度，至今还未获得解答）。

我去讲习班和讨论班，听取莫尔斯，维布伦，亚历山大，爱因斯坦和其他人的讲述，但是令人惊奇的是很少有人和里沃夫咖啡馆最后的一些时日作比较。那里，数学家们对相互的工作是真正的感兴趣的。他们彼此理解，因为他们的工作都围绕着集合论数学这个中心论题。相反，这里，有几个小组在不同的领域中分散工作。尽管研究院和大学拥有一批名副其实的著名的杰出人才，能够调配数学、物理方面的智能，会聚成最明亮的光点，但是对缺乏好奇心这一点，我多少感到有点失望。对此并无好感的我，告诉约翰尼，这使得自己想起芝加哥歹徒中的种种骗局。“拓扑学分支”值500万美元，“微积分”

值另一个 500 万。约翰尼大笑着补充说：“不！它只值 100 万。”

还存在着另外一种方式，它完全不同于我期待的普林斯顿的气氛，它很快变成了欧洲科学家的中转站。附带说一下，这些仍然是不景气的时日，一般来说在大学中，特别是在数学方面，形势最为糟糕。具有深厚基础和良好证书的人（不仅是像我这样的访问者，而且连美国本土出生者），在获得博士学位后多年，仍然找不到工作。我的一位很有才能的数学家和逻辑学家朋友，现在是国家科学院的成员，当时只拿可怜的一些定期生活津贴，在普林斯顿等待什么地方会出现的一个空缺。一天他拿到了一份电报，介绍给他年薪为 1200 美元的讲师职位。他告诉我他认为他正在做着一个美梦，他很快就接受了这个工作。有许多这样的情况，那时，我听说三个人“拥有”美国数学学会，他们是从伊利诺斯州来的奥斯瓦德·维布伦，G. D. 伯克霍夫，和阿瑟 B. 科布尔。大部分科学的研究岗位都是由这三位的推荐信介绍的。与今天大学中众多的数学岗位是多么不同啊！

维布伦是邀请约翰尼到研究院的承保人。约翰尼首先被邀聘一学期，后来安排继续留任。他十分喜欢约翰尼，几乎把他当成自己的儿子。

奥斯瓦德·维布伦是索尔斯坦·维布伦的侄儿，空类理论的作者，著名的美国数学家，高高的细长个子，看上去像斯堪的纳维亚人，带有一点挖苦人的幽默感。他在射影几何和拓扑学方面的研究工作是众所周知的。

维布伦组织了多次去普林斯顿森林区的漫游，我被邀参加了几次这样的考察旅游活动，期间，有许多关于数学的交谈，当他清理残木和枯枝廓清道路时，经常漫无边际的闲聊。

对我来说，普林斯顿清瘦的树木，细长的树以及湿软的沼泽地，和波兰的森林地带相比也差不多。但是，我却是第一次看到了巨大的卡夫卡斯奎蛙，听到它的叫声。这里的鸟也很不同，我真正感到自己来到了另一个大陆，处在一个异国情调十分浓厚的土地上。

在整个这些散步和讨论中，我脑中总转悠着一个问题：我能否再次受到某个美国研究单位的邀请，继续耽在美国呢？我下意识地渴望着寻求一种留下来的方法，理由是欧洲那令人谴责的政治形势和那种对数学家来说是破坏性的环境，特别是对犹太族来说更是如此。对我来说，在波兰很少会有前途，国家处于危难之中是越来越明显了。我也希望言论自由，工作自由，希望创造发明，不过这种精神实际上是空的。这里，世界正以这样的前途在等待着我。尽管我没有直接明确地向约翰尼谈及过这些，但是我变得很渴望能留下工作，如果情况允许的话。

大约在这个时候，库拉托夫斯基来普林斯顿作月度访问。他是在晚春时节到达这里的，他寻思是否有这样的机会，使我能够受邀在下一个科学年度再留在美国。他去哈佛作了一个讲座，这里的几位教授伯克霍夫，格劳斯坦和其他人，向他了解了我的情况。他可能作了最好的介绍。当他对我谈及这件事的可能性时，他的感觉也是含混的。他完全意识到，在波兰对我来说，获得教授的机会是极小的。他认为，为了我的前途能在美国耽得长一些是有益的，对于我不能回国获职，他真诚地表示歉意。

适此逗留期间，他和约翰尼获得了关于某些射影集方面的十分有力的研究成果。这是在数理逻辑中的一个十分优美的算子理论，超过了亚里士多德和布尔的工作。那些时日，这

个理论对数学基础和集合论的一些十分基本的问题，有许多不可思议的地方。关于射影算子的许多新近的研究课题，某些新近取得的研究成果，确实是起始于这篇有趣的文章的。这种情况的发生是值得探究的。凭藉他的精湛技巧和深邃的洞察力，一旦当约翰尼接受并且开始行事，他总能找到解决问题的关键之处。在数学方面怎样合作的一个好榜样通常是富有成果。

一天，冯·诺伊曼邀我就我在“半单纯群”方面取得的研究成果，在他的高级讨论班上作一次讲话，其实对这个主题，我了解得并不太多。我常常会在某些其基础我不是最了解，或者了解得不够详尽的理论方面，成功地获得一些初步的和不是太重要的结果。约翰尼要求我在讨论班上，解答一些十分引人入胜的和探索性的问题，我感到很难给出令人满意的回答；我并不感觉到，他这样做是为难我，不过是因为过高的估计了我和希望澄清这些事情而已。

在有些讲演中，冯·诺伊曼有时不断地通过详尽地叙述灌给学生一些较为容易理解的观点，往往很快地略过难点，但是他总是要证明他的一些幻想，扩充在数学及其应用方面有兴趣的能预测其结果的范围，并且同时给出我极想达到的客观可能性。

作为一位数学家，冯·诺伊曼是成熟的，光辉的，甚有成效的，他对科学的极为广泛的兴趣甚至超过数学。他了解自己的技巧能力；他追踪复杂推理的精湛艺术和至高的眼光。不过他缺乏绝对的自信心。也许，他感到他并不具有强有力地在最高层次上直觉地天才预测新真理的能力和似乎是不理性的对新定理陈述或证明的天赋。对我来说，这一点是很难理解的。或许是因为在多种场合，他被别人抢先，领前或超越了

的结果。例如，对他没有能首先发现哥德尔不可判定定理表示失望。他有更好条件做到这一点，他曾经认为希尔伯特的纲领可能是错误的。但是他没有进行反对那时处于优势地位的这种思想。另一个例子是 G. D. 伯克霍夫证明了遍历定理。他的证明是新颖的，比约翰尼的证明更为有趣和更为自我相容。

我在普林斯顿这段时期，感到约翰尼关于他自己的工作有点犹豫。他沉浸在连续几何学和希尔伯特空间算子类理论的新的研究之中。我自己对涉及希尔伯特空间有关性质的问题并没兴趣。我感到，约翰尼也并不完全确认这件工作的重要性。仅当随着时日的发展，他发现了某些精巧的，技巧上优美的窍门或一种新的方法，他似乎才确实明显地被激励起来，解除他自己内在的疑惑。

那个时候，他开始思考过一些与纯数学相去甚远的问题，虽然在他的一生中，这并非第一次。（1929年，他曾经写作过论述量子理论的数学基础的书籍）。现在，他所思考的是物理学方面的更为古典的问题。例如，他研究过水动力学中的湍流问题。在他的连续几何学中，元素并不处于欧几里得几何学中的“点”那样的地位，创造了一种“无点”几何学，这个名字容易给它自身带来一些笑柄。

他一次一次地返回到重述量子论逻辑的可能性，在华沙高级讨论班上，他谈了问题的实质。在普林斯顿他经常在这个主题上进行研究工作。通过与他的交谈，我看到了或者说感觉到了他的犹豫不决，我也感染上了这种怀疑，因为并不存在确定的证实它的经验上的可能性，这似乎纯粹是一个逻辑问题。纯粹“语法的”方法决不会引起我的兴趣。当只是为了方便或便于印刷而使用某些东西时，我对它们的兴趣要小于

有较为实际的物理背景的，那怕抽象的也总想能按某种方式可以触及它。我必须承认，在某些情况下，形式主义自有它巨大的价值，例如，在物理学中费曼图的技巧或记号。这是一种纯粹的印刷上的观念，它对物理图景并不会引进任何实质性的信息，不过它是一个能够推动人们在通常可能证明的，或者新颖的和具有决定性意义的方向上加以思考的记号。此外（极端重要的），还有“算法”的魔力，或数学中的符号主义。微积分本身也显示了这一点。各种变换，生成函数等，几乎会令人不可思议的实现某些数学应用。

冯·诺伊曼是精通他自己的技巧的，当然也花了一点苦功夫。当他看到某件事可能做到时，他会为实现这件事，让自己背离原来途径。我自己感觉到，例如，他在算子类方面或拟周期函数方面的数学工作，在技巧上是十分令人感兴趣的，不过经我的检验，它们并不十分重要；由于他的灵巧，他并不坚持某种固定的做法。

习惯是极为重要的。它极大地决定着一个人思维的特征或特性。习惯影响着或者也许是极大地决定着一个人在工作中思路的选择。一旦这些习惯建立起来后（照我的看法，它们可以很快地建立起来，有时只需几次试验之后即可），“联结”或者“程序”或“子程序”就变成固定了。冯·诺伊曼有突破最薄弱环节的习惯。当然，用他那发达的大脑，他能很快地克服一切细小的阻碍或困难，不断前进。但是，如果困难一开始就是大的话，他将既不会去硬拼硬闯，也不会绕着堡垒散步，正如我有一次曾向肖莱尔所表述的，他会寻找机会，去发现最薄弱的环节，然后尝试着全面击破它。他也可能转向另一问题。就他总的工作习惯而言，我将把约翰尼看成现实主义高于乐观主义。

约翰尼永远是一位勤劳的研究工作者，在他外表上多少有点软弱的背后，蕴藏着巨大的能量和坚韧不拔的精神。每天，他在早餐前就开始写作。那怕是在他家中的晚会上，他也经常离开客人去研究一小时、半小时学问，使得在他的脑海中能记下某些事物。

就他并不花费足够的时间于日常家务这一意义而言，他不可能是一位易于相处的人。

有些人，特别是妇女，会发现他不太关心个人之间的感情，也许可以说缺乏激情。不过，在他和我的交谈中，我总感到，在我们在讨论这样一些问题时，他有点羞怯而已。这种似乎是最真实的与常人的差异，在数学家中几乎是共同的。非数学家常常会为这些事责备我们，对这种外表上的感情淡漠，过于追求机械的精确性、和癖爱理性表示不满，特别对数学家的那种对待除科学之外的世俗事情的毫不关心的态度不可容忍。冯·诺伊曼的数学、物理学和科学院的研究工作是如此之忙，故且不谈他后来担任许多工程和政府部门顾问的职务后，带来的那些日益增添的无数事务。也许可以说，他并不是一位殷勤的，“模范的”丈夫。这也许可以作为他的家庭生活并不太丰富多彩的一种说明。

其实，他对妇女的外表是很有兴趣的，这有他的独特方式。他常常会注目一位妇女的身段、体形。只要有姑娘从他身旁经过，他总会转过身去，目不转睛地看着她，以至引得每个人的注意。当然，这是心不在焉的、机械的，几乎是自动的。一般来说，谈到妇女时，他就会立刻对我说：“她们并非完美的”。当然，他所意指的是她们在生理、心理活动之外的一些重要的方面。

他并不抱有社会偏见，他对自己的犹太人出身并不加以

隐瞒(尽管我认为他实际上在儿童时代已经受过基督洗礼)。事实上，他把1948年以色列国家的诞生引以自豪，对犹太人战胜阿拉伯世界的事件表示慰藉，一种错误的国家主义情绪。

他的父亲是一位银行家，并且拥有贵族封号。在奥匈帝国人们可以受封，而且这种封号有时可以通过向政府赠送钱物而得到。约翰尼决不使用他的全称的封号(和也是犹太人出身的冯·卡曼不一样)。他与自我发家的和家境低微的人们交往会感到不安。他最乐意和第三代、第四代富裕的犹太人相处。和像我这样的人相处时，他常常用犹太语或笑话插入我们的交谈。他是一位属于世界的公民，并非势利之人，他十分自觉地意识到自己所处的地位，与我们相处平易近人。

他接受了广泛的教育，在历史方面，特别是罗马帝国史方面是很精通的，帝国的强盛和严格的纪律深深迷住了他。也许，引起这种兴趣的部分原因，在于数学家对作为个体的点或个人，与它们的群或事物的类之间的差异所特有的鉴赏。他曾经寻找到当今和历史上的政治问题之间的类似。有时，这种类似是真正地存在的，当然还夹杂着许多其它的因素，我并不认为他的结论总是合理的。

一般来讲，冯·诺伊曼脾气随和，与人无争。当他征求到了某些人对某件事的设想时，他不大会采取否定的或不合作的态度。对日常生活琐事，他常常听其自然，甚至屈尊求全。他也会略施小计，建议去做一件由旁人先提出的他也愿意做的事。我从他那里学到了这种社交手法后，我也开始这样做。不过，需要说明的是，在科学事务中，约翰尼是坚持捍卫他所相信的原则的。

谈到其他科学家时，约翰尼深深羡慕的一位就是库尔特

·哥德尔。其中混杂着一种因他自己尚不曾想到“不可判定性”这个观念而甚为失意的感情。多年来，哥德尔并不是普林斯顿的教授，只是一位访问学者，我想大概是这样称呼他的。明显地，有某些人嫉妒他的才能而反对他，阻挠他获得教授职务。约翰尼对我说过：“连哥德尔还不是教授，我们之中任何一位怎能是呢？”当我问他是谁对哥德尔如此不友好时，他没有告诉我，尽管我们是亲密的朋友。我很佩服他处理问题的方式。

至于哥德尔，他对约翰尼评价也很高，他对约翰尼的学术观点十分注意。我深信哥德尔是知道自己的发现的重要性的，尽管哥德尔所发现的一切可能是类似于布瑞里-福梯或罗素悖论，这种令人烦恼的不确定性，并没使他停滞不进。其实哥德尔的发现远远不止这些。它是一个革命性的发现，同时在哲学方面和技术方面改变了数学。

当我们谈到爱因斯坦时，约翰尼对爱因斯坦毫不费力地获得的划时代的发现，对他那难得的幸运，对他的论述相对论、布朗运动、光电量子效应等四篇文章，表示了惯常的羡慕之情。从运动物体发射出的光的速度，不管它是向着你的方向还是背着你的方向，它们总是相同的，这个结论令人多么不可思议。不过他的羡慕之情似乎还夹杂着某些保留，他似乎认为，“好！这里是如此的好”，不过也要认识局限性。对爱因斯坦在和尼尔斯·玻尔的辩论中所采取的态度——对一般的量子理论的疑惑，约翰尼感到惊奇。我自己的感觉是这样的，我并没有说出最后这个词，一个新名词“超量子理论”可能协调不同的前提。

我有一次问过约翰尼，爱因斯坦的工作是否显示了一种气氛，可以无须顾及其他物理学家——包括最优秀的、最著名

的物理学家在内的工作，爱因斯坦是否过分地被神化了，被捧得太高了。没有人试图通过推广相对论，诸如发明相反的理论，修改或充实该理论等，做得比爱因斯坦更好。约翰尼表示赞同。他说：“我认为你是正确的，在我们时代的物理学历史中，不大可能会有其他物理学家能成为他的对峙者。”

比较会引起人们的反感，在科学上的地位和重要性，是不存在任何线性次序的问题的。这在很大程度上是一个口味问题。对数学家来说，线性地加以比较可能是困难的，对音乐家、诗人或作家情况当然也是如此，在划分时存在着大的和明显的差别。人们可以有把握地说，希尔伯特可能比某些在一个大学中执教的年青助教更伟大些。我感到冯·诺伊曼的某些最为有持久影响的，最有价值的和最令人感兴趣的工作，出现在他的生命的后期，包括关于计算，计算的应用，自动机等思想。因此，当对他作总的评价时，我认为在许多方面他和庞加勒是同样伟大的，当然后者的工作是十分理论化的，而非事实上地直接针对技术方面作出的贡献。庞加勒在数学史上的形象是巨大的。希尔伯特也是。作为数学家当中的数学家，他们是被崇拜的偶像，也许冯·诺伊曼稍逊色一点。不过最终的判断还得留给将来。

当我拜访冯·诺伊曼时，在他家中与被邀的 G. D. 伯克霍夫相遇，这是我生活中遇到的一次最幸运的机遇。伯克霍夫好像已经从曾经在华沙与我相识的，他的儿子加勒特那里听到过我的情况。那天，我们作了交谈，在就数学问题作了某些讨论之后，他转而对我说：“在哈佛有一个称为同事会的组织。它有一个空缺。如果你有兴趣申请的话，有四分之一的机会接受这个职位”。约翰尼热切地朝我点头。我说：“好的，如果有可能的话，我有兴趣在哈佛耽一段时间。”一个月以后，

1936年4月，我接到了邀请书，去那里在数学学术讨论会上作报告。报告安排在同事会邀请我参加的一次午餐之后。我猜想这次活动可能是在我无意识中的对我的一次考察。

在学术讨论会上，我报告了我正在做的某些研究工作，在许多结构中，少量能生成在整个结构中稠密的子群或子结构的元素的存在性(或者，较为流行的说法，从无穷对象簇中，人们可以取出一些，使得通过组合，能在很小的误差下，得到所有其他的)。这个结果是约瑟夫·肖莱尔和我在早几年曾经证明过的某些东西。我很自信地作着报告，我记不起那次报告我有什么紧张不安之感，因为我总感到我了解我正在讲的一切。这个报告一定获得了好评，因为当我回到普林斯顿时，我见到了一封信，信中多次地赞美我。这封信来自哈佛社团秘书处，用英文签署了“你的恭顺的仆人”(Your Obedient Servant，公务信件末尾署名前的客套话)。它是一份起始于秋天历时三年的，关于一个初级职位的任命书。条件极为吸引人：年薪1500美元，外加伙食、住房和旅行津贴。在那些时日，它似乎已是第一流的职位了。

拿着此信，我高兴地开始准备回波兰息夏。为了弥补那年夏天冯·诺伊曼的损失，我托普林斯顿的一位熟人带回一大罐鱼子酱。稍后才知道，在波兰并不生产鱼子酱，它和西方一样的昂贵。

第 5 章

哈 佛 的 年 月

(1936—1937)

在同事会成立的最初几年，我就来到了。加勒特·伯克霍夫和心理学家 B. F. 斯金纳是他们之中最早的成员。大部分是我称之为初级职位的同事，都二十多岁，是些初露头角的博士后学者。

我被分配到一套亚当宿舍楼的二居室住房，隔壁是另一位新来的数学工作者，他的名字叫约翰·奥克斯泰勒。年龄和我相仿，尽管他没有博士学位，但却来自著名的加利福尼亚大学，在那里完成了大学学业，由于有卓越才能，前程远大而被邀。他给我留下的印象，大体是这样的：高个子，蓝色的眼睛，红色的头发，有一付很好的脾性。高中时患小儿麻痹症，严重的病魔夺去了他一条腿的活动力，使他必须柱着拐杖才能行走。

他和我对某些数学领域的兴趣相同，诸如集合论拓扑，分析和实函数论。立刻，我们就开始讨论关于集合的“范畴”的思想。“范畴”是一个按某种与集合的量度相仿但在量化程度稍差一点方式确立的概念，这里集合的量度是指长度、面积、体积以及它们的推广等。我们很快地建立起了某些新的结果，在我们相识的最初几个月的交谈中获得的成果，在《基础》上作为两个注记发表。随着，我们就雄心勃勃地转向遍历变

换存在性问题。与此相关的观念和定义，最早在十九世纪已由玻尔兹曼提出；在我们的研究工作五年之前，冯·诺伊曼的文章把这方面的研究推到了顶点，接着出现了 G. D. 伯克霍夫的令人印象深刻的结果（用了一种替代的方法）。伯克霍夫在他的开拓性的文章和论述动力系统的专著中确立了“可递性”概念。奥克斯泰勃和我的工作旨在完善遍历定理本身中极限的存在性。

为了完成与遍历定理相联的统计力学思想的基础，以至要求更高些达到遍历变换的普遍性必须要求证明这个存在性。G. D. 伯克霍夫本人已经对动力学问题的某些特殊情况作过工作，但是还没有一般的结果。我们希望证明：在每个流形上（表示一个动力系统的可能状态的一个空间）——在统计力学中使用的——这样的遍历行目为是普遍的。

自然的，专注的，长时间持续的日常交谈的工作方法是在波兰养成的，现在继续了下来。奥克斯泰勃和我经常坐在我的房间中或者坐在他的房间中讨论问题。尽管我租了一套家俱和东方地毯，我的房间仍感到有点空寂；而他的房间显得更为简朴。

我们讨论了各种寻求这些变换的可能结构的方法。我带着通常的乐观，不知怎么总相信我们最终会有成果。我们和 G. D. 伯克霍夫保持联系，不断通报我们关于这个问题的研究进展。当我在同事会的餐桌上谈到它时，伯克霍夫微笑着，部分地是娱乐，部分地是由于我们真诚地固执，部分地是由于怀疑，尽管他实际上对于我们可能获得成果的机会抱着一种虚心的态度。他总是向奥克斯泰勃复核我告诉他的结果，真是一位极为谨慎的人。为克服困难写好一篇长文，他和我们接触了两年，此文发表在 1941 年的数学年鉴上，我把它看成

我已取得的有关结果中的最重要的一个。

同事会的主席是 L. J. 亨德森，他是一位著名的生物学家，环境适应一书的作者，该书当时不仅在专家中，而且也在一般读者中流行。他正如我们所称，是一位伟大的法兰西爱好者，确实，同事会是按在巴黎奠定的模式办事的，而非按学院中剑桥或牛津的模式行事。

同事会由五、六位高级成员和大约二十二位初级成员组成。

高级成员是一些著名的杰出教授，如文学系的约翰·利文斯顿·洛斯，历史学家塞缪尔·埃里奥特·莫里森，亨德森和著名英国哲学家艾尔弗雷德·诺思·怀特海，当我进入同事会时，怀特海已从哈佛的教授职位退休。在传统的同事会的周一晚餐会上，我常常愉快地坐在他的身旁。

某些初级人员给我这样的印象，他们是一群言谈过于讲究的青年人，远非我前面谈及的随便。奥克斯泰勃，威拉德·奎因（实际上是一位逻辑学家），和我是他们中仅有的搞数学的。搞物理的中间，后来出了几位非常著名的人物，他们是约翰·巴丁，伊凡·哥廷，杰姆·菲斯克。在搞生物的中间，我记得罗伯特·B·伍德沃德，他是一位最早合成奎宁和另外一些生物质的化学家。保罗·塞缪尔森是一位担任过肯尼迪总统顾问的经济学家；还有伊瓦尔·爱纳森是一位语言学方面的大学者，亨利·格拉克后来成了一位科学史专家；哈里·莱文搞英国文学。莱文有点固执。他热衷于从事精致的写作，对我来说常常有些讨论过于矫揉了。另一位外国出身的成员是乔治·汉夫曼，他是一位考古学家。汉夫曼显然是一位博学者，我很欣赏他的多方面才能。我们对希腊、拉丁文学有着相同的爱好。

逻辑学家威拉德·奎因是一位友好而开朗的人物。他对外国及其文化、历史都感兴趣。他稍懂一点斯拉夫语言，常常热情地用它和我交谈。他在数理逻辑方面已享有声誉。我记忆中他是瘦长个子，黑色的头发和眼睛，一位热情的人。1936年总统竞选期间，弗朗克尔·D·罗斯福击败了兰道。在罗斯福取得压倒的胜利后的一天，早晨九时，我在威德纳图书馆的楼梯上遇到了他。我停步和他说话，我问他：“您好！这次选举结果您有何感想？”他回答道：“什么结果？”“当然是总统选举结果，”我说。他随意的问：“现在，谁是总统啊？”这种和名人的随意相处是学术界的许多特点之一。在查尔斯·W·埃利奥特在哈佛担任校长职务期间，我曾听到一位校长的常客告诉我：“校长总是远去华盛顿拜访罗斯福先生！”（这是西奥多·罗斯福。）

我在亚当大楼用饭，晚饭特别令人愉快。我坐在年轻人，有时有些大教授一起用餐的长桌旁，交谈十分愉快。但是，当用餐将结束时，人们会一个接一个地迅速吞下咖啡，立即宣称：“对不起，我先去工作了！”我不理解和我差不多的年轻人，为什么总是希望显示自己工作的艰巨性。我对这种自信心的缺乏，甚至殃及部分著名的学者而感到惊奇。后来我才听说，普里塔信奉艰苦的工作精神，至少在外观上如此。学生必须表明他们的学习自觉性；老教授也同样。这种自信心的缺乏对我来说是如此陌生，尽管它比之欧洲的自傲较少激起反对。在波兰，人们也借故托词离去，不过是在相反的意义下。他们可以整个晚上激动地工作着，但是他们决不会没日没夜地工作。在我看来，这种工作态度也是普里塔强调行动胜于思想的表现，这与例如英国剑桥的亚里士多德传统是如此的不同。

学会的房间在埃利奥特的楼中。我们这些初级研究人员

是在星期一和星期五的午餐上相会，著名的星期一晚餐，初级研究人员和高级研究人员一起围坐在一张T字型长桌旁，在奥利维·威特尔·霍姆斯的《早餐桌上的独断者》中，它被说成是一种带有象征性的代表物。亨德森有把握地认为，这种形式来自哈佛的物品陈列室。

洛厄尔主席几乎参加了每一次星期的晚餐会。他喜欢用围放在餐桌上的餐刀，调羹以及小碟充当英国和德国飞机，重现第一次世界大战中的高地战役。他时常会收起他的怀疑，甚至自责对萨柯和冯席特形势的估计的不妥。他详细地描述着这些。他反复陈述着法律的立场和以后要采取的法律的步骤，胜于强调保卫的作用。他也是评论委员会的成员之一。

上好的法国勃艮的或阿尔萨汀的葡萄酒作为佐餐。这是亨德森的骄傲和愉快，他告诉我，如果他永久地获得剑桥的雕像的话，他愿意手中拿着一瓶酒站立在哈佛广场上，以资纪念拥有一个酒窖而首次获得大学基金的人。乔治·霍曼斯是一位初级研究人员，约翰·亚当的后裔，他是一位年轻人，受委托挑选和取酒样。当我也被推荐到学会的酒评委员会时，我把它看成是一种很大的荣誉。这就是我在美国担任的最早的行政职务！学会今天在哈佛仍然很有生气，它继续举行着它的星期一晚餐会，那里前任的研究人员总是受到欢迎的。

1936年低落的情绪达到了顶点。哈佛大学相对地说，似乎没有受到这种大变动的影响。恰恰在我参加同事会以前，我在那里作了学术报告，后来我记得威廉·格劳斯坦告诉我，哈佛的教授完全没有这种低落的情绪。这些使我感到惊奇不堪，他们并不介入国家的或马萨诸塞省的事务，甚至也不关心学校所在地剑桥的形势，显然，美国的校园生活，至少在相当程度上是孤立于社会的。教授们几乎完全在自己的圈子中生

活，很少越出职业的或如同在里沃夫那样创建的学会的活动之外。所有这些既有好的影响也有坏的影响：他们有较多的搞学术工作的时间，但是他们对国家生活很少影响，反之国家生活对他们的影响也很少。大家也都知道，在第二次世界大战以后，情况多少有了一点变动。例如，在肯尼迪总统的行政部门，有许多哈佛人在处理大量的政府事务，有一段时期，科学家的影响变得几乎是至高的。

参加同事会的活动，当然仅仅是我在哈佛生活的一个方面。我和大学中的许多青年教员交往，也很经常地去看望一些高级的研究人员、教授们，和他们交换意见，特别是和G. D. 伯克霍夫本人。他的儿子加勒特是一位高个子，外表漂亮，才气横溢的数学家，大约比我年轻两岁，他成了我的好朋友，我们几乎每天都要来往。

尽管学会的成员并不要求担任任何类型的教学，不过格劳斯坦教授还是要我为一些青年人开一门大学初级阶段的课程，这门课程称为数学 1A（可能是这样的，后来成了总统的肯尼迪也有一段时间是这个班中的学员。我似乎记得有这个名字，似乎也记得某人说过，这位年青人是个杰出的人物。学期中间他出国了。几年以后，当我碰到肯尼迪总统时，我忘记问他，是否真的听过这门课程）。

我作过一些讲座并搞过讨论班，并没有教过正式的班级，我发现这种教学是有趣的。对于年青的讲师来说，照规矩上课要紧扣备课笔记。对我的反映不是太坏，学生在对教师评价时表扬了我，说我是一个有意思讲师。课程过后不久，G. D. 伯克霍夫来检查我的教学情况。或许他想检验一下我的英语程度吧。他坐在教室的后面，看着我如何向学生作解释，如何写解析几何中的平行线方程。当时我说：以后我们要学

习垂直线的公式，我接着补充了一句，它们是“较为困难的”。课后，伯克霍夫走过来并且说：“你教得很好，不过我并不认为垂直线要较为困难些”。我回答说，我相信我的说法比我说每个曲线都很容易写，能使学生更好地记住方法。伯克霍夫笑了，认可了我试用的教学方法。我认为，他喜欢我的独立的和坦率的方式，我也经常去看望他。

在我到达剑桥后不久，他就邀请我到他家中用餐。使我第一次见识了如南瓜馅饼那样的新奇食品。当我酒足饭饱准备回去时，G. D. 伯克霍夫帮我穿了大衣。这种谦恭有礼的方式在波兰是从未听说过的，一位老人决不会帮一位如此年轻的人穿衣。我记得我当时窘迫得满脸绯红。

我经常和他的儿子加勒特一起用午餐，我们常常在一起散步。我们饶有兴趣地谈论着数学，有时沉迷于交谈数学家所喜欢的一切。确实，谈论 x , y 好好坏坏是些浅薄的问题，不过这正是我们这帮子人的特点。读者可能已经注意到我也做这些。数学更具有艺术的属性，它的价值依赖于个人的检验和感受要强于客观的事实的观念。数学家不太在乎实效，尽管在这方面它还不如男高音歌手或艺术家。不过正如每位数学家都认为的，某些专门一点的数学是高于任何事物的。数学是如此的浩瀚，并且它的主题现在越来越专门了，如给人们熟悉的事物所组成的“类”提供一种线性序，以及去评述它们的相对价值。总而言之，如果说数学多少有点像无效的消遣的话，至少它也是无害的。

我记得在八、九岁时，我就喜欢试着用“好”这个字去评价果实。我试着说一个生梨比一个苹果好，一个苹果比一个李子好，一个李子比一只桔子好，直到我发现自己处于狼狈境地，这种关系并非是现在所谓可传递的，即李子比一些坚果

好，而后者又好于苹果，但是苹果又比李子好。我陷入了一种循环。在那时的年纪，这就困惑住了我。数学家的评价是某种类似的东西。

许多数学家敏感到他们所考察的是最为美好的精神产物——成果或定理，并且力图解决它。令人困惑地是，他们也显示了这样一种倾向，往往把自己的工作看得困难些，而把他人的工作看得容易些。这恰好与其它的一些领域的情况相反，在那里好的东西往往是被告知是比较容易的。

数学家之间也极易发生争辩，他们之间并不见得有什么个人恩怨。许多年以后，当我成为科罗里达大学数学系主任时，我注意到了管理 N 个人所涉及的困难，实际上并不与 N 成比而是与 N^2 成比。这就成了我的第一个“管理定理”。与 60 位教授相处，粗略地说就有 1800 对教授之间的关系。从这里挑出一对教授时，毫不惊奇的是会存在某些对，他们的成员并不相识。

在我所认识的哈佛的数学家中，我将介绍一下哈斯勒·惠特尼，马歇尔·斯通和诺伯特·维纳。惠特尼是一位年轻的助教授，他并不仅仅对数学有兴趣。他待人友好，沉默寡言，这是一种在美国要比在中欧能经常遇到的性格典型，会扮鬼脸，羞怯而又自信，为人正直，具有一种坚韧不拔的探索数学的才能。

马歇尔·斯通，在他和冯·诺伊曼，伯克霍夫于 1935 年从莫斯科数学家大会回归路上，我们就在华沙会面过，尽管他只有 31 岁，不过他在大学已有多方面的经历。他是一位教授，对学校和系里的事务有很大的影响。他写了一本经典的著作，在论述希尔伯特空间， 3 维或 n 维欧几里得空间推广到无限维方面是一本综合的权威的著作，成为物理学中量子理论的

数学基础。他是高等法院首席法官哈伦·斯通的儿子。他的父亲曾自豪地谈到过马歇尔的数学成就，“我困惑又很高兴，我的儿子写了一本我完全不理解的书”。

至于诺伯特·维纳！我到哈佛的第一年，在我作的一次学术讲座上遇到了他。我正在讲拓扑群的某个问题，当时提到了我于1930年在波兰时得到的一个结果，它是关于在一个给定集合的一切子集中定义完全可加测度的不可能性的。维纳总是以一种半睡眠的状态坐在座位上，除非提到他的名字（他会迅速地跳起来，然后以一种怪里怪气的样子再坐下去），这次他打断了我的讲述说：“噢！维泰利已经证明某些类似的结果”。我回答说，我知道维泰利的结果，他获得的结果比我获得的要弱一些，因为他要求一个补充性质，即对于共轭集的等价性，而我的结果并不需要任何这样的前提假设，所以是一个更强的，纯粹集合论的证明。讲座之后，他来找我，致歉，表示同意我的陈述。这是我们相识的开始。

当然，在这些交往之前，我已经听到过维纳的一些情况，不仅有关于他的数学方面的魔力，他在数论方面的工作，他的著名的陶伯定理，他在傅里叶级数方面的工作，而且也有关于他的古怪脾气的。在波兰我从约瑟夫·马辛凯维茨那里听到过有关他和佩利写的富里哀变换的可和性一书。雷蒙德·佩利是最有前途的和最有成就的年轻的英国数学家之一，可惜在一次登山事故中，年纪轻轻就悲惨地去世了。马辛凯维茨是安东尼·齐格蒙的学生。他是博士后研究人员，在斯科特西·加弗的资助下，访问里沃夫的，在那里我们讨论了维纳的工作，因为他在三角级数，三角变换和可和性问题方面已经做过一些工作。马辛凯维茨和佩利两人，在天赋，数学兴趣和造诣方面都很相像，后来得知，他在第二次世界大战开始时，

1939 年的战役中，作为波兰军官被害。

外表上的心不在焉和专注，维纳能出人意料的对一些其它事物作出直觉的评价，他一定对我是有兴趣的。我们之间年龄相差是大的（他 40 岁而我只有 26 岁），他经常来我那在亚当大楼的小居室，有时在晚上很迟的时候，并且提出一些数学问题进行交谈。他说：“让我们到我的办公室去吧！那里我们可以把讨论的东西写在黑板上”。这种要求比呆在我的房间里更中我意，因为如果不作加工是很难出正式成果的。此后，他就用他的小车，驰过黑暗的街道，接我到麻省理工学院，打开大楼的大门，扭亮电灯，开始交谈。一个钟点或几个钟点以后，尽管维纳还是兴致勃勃，而我却已昏昏欲睡，最后我找一个时机提出现在可能是我回家的时间了。

维纳在许多方面带有童稚气。热切渴望在数学史上获得他应有的地位，他需要对他的创造能力的确认。在我们第一次相遇时，他指着空白表格问我：“乌拉姆！你是否认为我在搞数学？”之后，有几个星期我一直在思考这个问题。数学家往往会被自己日益衰退的精力而忧虑。当时，我情不自禁的冲口而出地说：“是的”。我忍住了笑，他并没有理会到这一点。对此我能说些什么，“我自己是不是呢？”几年以后，在剑桥举行了第一次世界数学家大会，我散步在马萨诸塞大街上，在书店门前看到了维纳。他的面孔专注在玻璃橱窗内，当他看到我时就说：“噢！乌拉姆！看！这里有我的书！”接着他补充说：“乌拉姆，我们两在概率论方面所作的工作，以前并没引起人们重视，不过，现在你看！它已经成了人们关注的中心。”我看到了他的诚挚和纯洁的天真。

有关维纳的众多轶事，各位认识他的数学家，都有他们自己搜集到的材料。我这里补充说一点，1957 年秋天，我作为麻

省理工学院访问教授时，所遇到的一些往事。当时，指派给我的办公室要经过他的门厅。在我到达的第二天，我就在过道里遇见了他，他拉住我说，“乌拉姆！我不能告诉你，我现在正在做什么，因为你对你的住处保密！”（这可能是指我在洛斯·阿尔莫斯的住址。）无需说明，我自己不会做这样的事情。

维纳总是有一种不安全感。战前，他常常谈起他和 J.D. 特玛金间的个人交往，特玛金是维纳的好友。当维纳还在写作他的自传时，就把大部头的手稿给特玛金阅读。我在 1936 年曾经见过特玛金，尔后我们成了好朋友，他告诉了我有关维纳手稿的情况，以及他是怎样对它感兴趣的。但是，他也表达了这样的看法，维纳的许多坦率的叙述，可以以诽谤罪而被控告。他几乎是以一种怀疑的口吻谈论着维纳的原文，他力图劝阻维纳用那种样式公开出版这本书。最终的定稿，显然与原来的样式有了相当大的变动。

另一件可以纪念的事，是维纳要我和他一齐去波士顿南站会见英国数学家 G.H. 哈迪，哈迪作为访问学者来到美国。维纳知道我在英国和哈迪相会过。我们还找了另一位数学家，好像是诺曼·莱文森，一起到车站接哈迪。自恃对中国的文化和语言有丰富知识的维纳，邀请了所有的人去中国餐馆用晚餐。他急不可耐的用中文与侍者交谈，不过侍者好像一个字也听不懂。维纳简单地作了评述：“他必须离开这里，他不会说北京话。”（我们并不十分相信这是一种完整的解释。）这是一次十分有意思的晚餐，谈了许多数学。晚餐后，维纳取款时发现他没有带钱。幸运的是，我在口袋中找到了需要的钱数。后来，维纳顶真地将钱还给我们。

可以说，维纳尽管对他在麻省理工学院的任职表示满意，但对哈佛没有委派给他一个职位不无遗憾。他的父亲曾经是

哈佛的一位教授，诺伯特很想步他父亲的后尘。

尽管 G.D. 伯克霍夫获得高级职称已逾十年，维纳总想和他竞争，希望在数学的成果和名望上达到和超过他。当伯克霍夫的值得庆贺的遍历定理发表时，维纳艰苦地尝试着获得一个更好的结果，证明一个更强的定理。他确实做到了，但是，没有 G.D. 伯克霍夫的最初证明简单，基本。这里再次提供了一个实例，某些数学家的竞争心理和生气勃勃的探索精神。

我认为维纳有极好的数学家的天赋，即洞察力和技术方面的才能。他具备最高的一般智商，不过缺乏像某些人所具有的灵感。在数学研究方面，如在物理学方面一样，甚为依赖着机遇，依赖着某个有利的时刻的。或许冯·诺伊曼也缺乏一些“非理性的”东西，尽管他有着美妙的创造力，确实地达到了“理性”的极限。

维纳和冯·诺伊曼在他们的兴趣方面，在他们对于纯粹数学和它的应用中什么东西最为重要的感受方面，存在着多种方式的相互交织。但是很难就他们的个性进行比较，诺伯特·维纳是一位真正的怪癖者，而冯·诺伊曼恰好与之相反，是一位真正的慎重者。维纳对他所思考的东西有一种价值观念，他懂得把数学用于外观上似乎更重要地、更恰当地用于理论物理中的可能性。他在使用富里哀变换方面具有高度的技巧，算法或符号的演算能完成如此众多的任务是令人惊奇的。我总是感到纳闷，一种专门的，外表看来范围狭窄的技术方面的熟练技巧，竟能完成如此众多的任务。维纳是这方面的主宰者，我曾经看到过其他一些数学家，用一种较为朴实的方法做着同样的事情。例如，斯坦豪斯得到过十分深刻的能洞察其它领域的见解。他的学生马克·卡克，现在在洛克菲勒大

学，还超过了他。在芝加哥的安东尼·齐格蒙和另外一个泡利是大范围三角级数的主宰者。他的一些学生在另外一些领域获得了划时代的结果，例如保罗·科恩就是在数学的最为抽象的、一般的集合论中作出了这样的贡献。

我并不认为维纳特别喜爱组合思想，或者特别喜爱数理逻辑基础或集合论问题。在他的经历的开始，可能是在这个方向上工作的，但是后来他把自己引向其它领域，引向数论。

冯·诺伊曼是不同的。他也有几种十分独特的技巧，（很少有人能具有多于 2、3 种的技巧。）其中包括线性算子的符号操作。他也有一种对逻辑结构和新数学理论的构架、组合超结构的，捉摸不定的“普遍意义下”的感觉。在很久以后，当他变得对自动机的可能性理论感兴趣时，当他着手研究电子计算机的概念和结构时，这些东西被派了用处。他尝试着去定义和探求，一般的神经系统和人脑自身的工作，与新近发展起来的电子计算机的操作之间的在形式上的类似。

维纳由于他的童稚气和朴实的个性，显得有点结结巴巴。由于他父亲从小就把他推崇为神童，心理上可能对他有点不利影响。冯·诺伊曼也是这样，年轻时就有关于世界的广泛知识，超出了通常意义上的纯智力的范围。此外，维纳也许更多一些犹太学者的文化传统，尽管他的观点和信念是十分开放的。这一点，冯·诺伊曼显然是十分缺乏的。

约翰尼来势汹涌的好奇心触及了理论物理的许多领域，这是由他的开拓性的著作开始的，他努力地想为量子理论构造一个严格的数学基础。他的《量子力学的数学基础》一书，已经发表了 40 年，但至今并未过时，仍是该主题方面的“经典”著作。他特别迷恋于雷诺数的疑难地位和似乎是不可思议的流体运动中突发的湍流现象。他曾经和维纳讨论过这个

“无维”数的令人困惑的值，这是一个表示惯性力和粘滞力之比的数。它是一个大数，属于 2000 的阶次。为什么是这个数，而不是 1, 10 或 50 呢？当时，约翰尼和我得出这样的结论，对各种特殊情况实际地进行详尽的计算，可能有助于搞清楚为什么会从层流（规则的）转变为湍流。

冯·诺伊曼还告诉我另一次与维纳的讨论，他们的不同看法：约翰尼提出，为了对人脑工作建立模型，需要一个利用时间步长序列的数值方法；而维纳则认为是“荷尔蒙”连续作用的模型。这两种观点之间的争论，今天看来仍是十分有意义的，当然由于脑解剖学获得了大量的新知，由于对自动机研究的进展，它的内容在改变和加深。

G.D. 伯克霍夫和冯·诺伊曼之间的关系是微妙的。伯克霍夫实际上并不完全佩服冯·诺伊曼，或者说对他的天才未作充分地评价。也许，伯克霍夫不可能对冯·诺伊曼正在推进的许多种类的数学进行评价。伯克霍夫只羡慕他的高度技巧，但是检验方法较为古典，用的是庞加勒和巨大的法兰西分析学派的传统。冯·诺伊曼的兴趣是不同的。伯克霍夫有雄心在物理学方面作出某些极为重要的结果，他对广义相对论作出了一些在技术上有意义的但在内容方面并非重要的贡献。他曾就这个主题，在墨西哥演讲了几次，对那里的一个小型的相对论学派有所推进。冯·诺伊曼的兴趣是在新的量子理论的最新发展的基础方面。他们在兴趣、方法以及评价系统方面都是不同的。伯克霍夫对问题的深度的探究多于对广度的开拓。冯·诺伊曼却作了某些开拓，并且在两方面都做工作。当然，他们之间在年龄上有着四分之一世纪的差别，在背景和教养方面也会有差异。冯·诺伊曼决不会宽恕伯克霍夫在遍历定理方面的“抢先发表”的行为：冯·诺伊曼曾经是

现在称为弱遍历定理的第一位证明者。伯克霍夫使用一种纯粹古典类型的组合思想，证明了一个更强的遍历定理，由于他对《美国科学院汇编》的编者的影响更甚，他首先发表了他的文章。这是约翰尼决不会忘记的一件事。他有时对我抱怨这件事，但总是用的非直接的，吞吞吐吐的语言。

我在同事会的第一年，除了教初等数学课程之外，还被要求补加教学相当于大学的高等数学课程。我喜欢这样做，因为，学习一门专业课的最好的方法，就是系统地教它一遍。这样人们才能掌握要领，获得学科的本质。如果我记得对的话，在古典力学方面，一门重要的大学程度的课程叫做数学 4。在概率论方面的另外一门课称为数学 9。

那时，我对 A、B、C、D 或 F 等级意味着什么，并没有精确的含义。我记得有一个程度并不这样好的学生，拒绝听课程“C”。另外有些教授对他进行了干预，不过，我也许有点傻，并不受教授的支配，我行我素。现在，我倾向于宽容一点，当我上课程“C”或“D”时，学生实际只有“F”的程度，或者更糟一些。

布朗大学的教授特玛金，要求我在他的休假年，到他那里去教授一学期大学生课程。我决定去教多元实变函数论。这门课包括许多新的材料，其中有许多是我自己新近获得的结果，我对此感到高兴。每星期五，我搭乘火车去普罗维登斯市，教好课后，去特玛金家度周末，然后星期日回剑桥。当我在 1939 年夏，最后一次去里沃夫，到梅休尔家，向他谈及这门课的内容时，他表示很喜欢这样的课。他喜欢这种材料，编排这种材料的方法，并且说他自己也将想法开这样一门课，所有这些使得自己很高兴，并从中受到鼓舞。

特玛金是一位最为有意思的人。他身材适中，但很粗壮，我可以说他超重 30 磅。他近视很深，经常一根接一根的抽

烟，一般来说他是极为愉快的人。当我探望他的健康情况时，发现他的智力和性格非常美好。

在第一次世界大战前，他就 G.D. 伯克霍夫的研究工作写过几篇数学研究文章，甚至对后者获得的某些结果作过一些小的改动，这导致他们之间关系的隔阂。不过，当特玛金来到美国时，伯克霍夫还是帮助它在布朗获得职位，那里有一批著名的数学教员，其中包括詹姆士·理查森，雷蒙德·O·阿奇博德以及其他。理查森是一位古老学风的绅士。阿奇博德是一位杰出的数学史家，他创办了著名的布朗数学图书馆，是美国最好的图书馆之一。

特玛金对波兰风格的数学甚感兴趣，他听人谈起过我在巴拿赫空间理论方面获得的一些结果。他有一种素质，也许只有少数数学家所具备的：对他人的工作极为关心，很少利己主义。他也对在他研究的领域之外的进展感兴趣，而大多数数学家，那怕是最好的数学家，往往深深地迷恋于自己的工作，并不关注其他人在做些什么。特玛金对我特别友好，并在工作上给我以鼓励。

他是俄国人，并不出身于犹太族，而是卡拉特族。卡拉特是闪米特人的一支后裔，并不承受在俄国对犹太人的通常的限制，理由是当犹太人被谴责犯有死罪时，他们宣告与巴勒斯坦无关，这是对他们的豁免。这个宣言为俄国政府接受。他们和在俄罗斯南方六世纪或七世纪的一个神秘的王国的人民，它的国王决定采用新疆域的宗教部落的古代哈什儿人，有某些相同的方面。他在被问及信仰基督、穆斯林、犹太教时，他选择了犹太主义。特玛金相信，他是他们的后裔之一，他在俄国革命后，采用某种方式逃离了列宁格勒，这种方式不同于大约十年后乔治·加莫夫在湖水的冰面上偷越到芬兰的办法。

法。

当我在哈佛时，约翰尼也来看过我几次，我邀他在同事会用午餐。我们也驾驶着汽车，一齐去旅行。届时我们从数学谈到文学，当专注地饱览我们周围的景色时，谈话仍然不会中断，约翰尼十分喜欢这种旅行。

1937年圣诞节刚过，我们就驾车从普林斯顿出发，去达克(Duke)大学参加美国数学家协会会议。在路上，我们讨论到，很大数量的欧洲科学家在美国科学舞台上产生的影响。我们停留在一个小村镇上，那里我们找到了一位说成是一个印第安部落首领的信徒托莫-奇-奇，他表示对白人的到达有点不太高兴。我们把它当作一个玩笑，我问他，为什么在当今欧洲移民和流亡科学家只是“到达”时，你们就把他们当成清教徒殖民者的“占领”。约翰尼这种含蓄的说法，在其它情况，常常把它当作一个含蓄的有价值的判断的实例。我们也喜欢 G. D. 伯克霍夫那种日益涨涨的，为外部对印第安首领的影响而忧虑的心情。在我们继续驾车前进的路上，我们有好长一段时间迷了路，我们取笑着把它说成是，托莫-奇-奇使用魔法，设置假的路标，把我们引入了歧途的。

这是我第一次访问南方，我感到纽约，新英格兰和南方郡县之间的气氛差别很大。我有这样的感觉，“鉴于”，那里有优美的生活习惯，闲暇的活动地盘，和漂亮的庄园。某些东西似曾相识，但不知究竟。很快我就自问自己，这可能是奴隶制的残余。它使我想起在波兰的农村生活中，仍然存在的封建主义遗迹。我惊奇地看到有如此众多的黑人，他们企图用语言打动我。在一个加油站，一个黑人学生说：“上尉，你现在喜欢什么？”我问约翰尼，“他可能认为我是一个官员，称呼我为在编的上尉？”类似地我第一次听到自己被称呼为“博士”，我

奇怪服务员怎么会知道我有博士学历。

当我们经过文明战争的四战场时，约翰尼叙述了有关战斗的最细微的情节。他的历史知识堪称渊博，宛如百科全书，而他喜欢的和知道得最详尽的是古代史。他是希腊历史学家用简明而美妙的方式写作的最崇拜者。他具有的关于希腊的知识，使得他能够阅读修昔底德，希罗多德^{*)}的作品和其它一些原著；他的拉丁文知识也是相当好的。

雅典远征队征服米罗司岛，追随者的暴行逆施，反对党派之间的长期争辩的故事深深地吸引着约翰尼，我绝不能理解个中理由。他似乎对像古希腊文明人的残暴行径，取一种不正常的宽容态度。对此，我认为这是在一般的人类本性上投上一层不值赞美的阴影。也许他把它看成是下面这样一种事实的一个实例：一旦开始了某种过程，野心和狂妄将使人背离对其它进程的选择，它将不可避免地导致某种可怕的结局，如同希腊悲剧那样，这是一种命运。显然，这是对纳粹的巨大的，更为令人畏惧的疯狂的一种预言。约翰尼十分明显地意识到了正在变糟的政治局势。他用一种希腊神话方式，很早就预见到了正在来临的灭顶之灾。

在这次旅行期间，我也第一次意识到，约翰尼有家庭矛盾。他显得焦虑，烦躁不安，常常停车打电话到普林斯顿。当他回到车上时，往往脸色苍白，明显地不高兴。后来我听说，约翰尼刚刚看出，他和玛丽埃塔的婚姻确实要马上结束了。不久，她将离开约翰尼，和在普林斯顿由冯·诺伊曼举办的众多晚会上的常客、一位年轻的物理学家结婚。

在会议结束后的回家途中，我提出了一个数学问题，关于

^{*)} 修昔底德是著名希腊史学家，希罗多德被称为希腊史之父。——译者注

一个像抽象群那样的结构的拓扑和它的纯代数性质之间的关系，是否有可能当在一个抽象群中引进一个拓扑时，使得这个群变成一个连续拓扑群，并且是可分离的呢？“可分离的”意味着，存在着可数多个元素在整群中稠密（即，每个群元都可能用这个可数集的元逼近）。当然，这个群一定至多是幕连续——显然是一必要条件。这是涉及到纯粹代数学和纯粹几何学或拓扑学概念之间的第一批问题之一，希望能搞明白它们相互间的影响和确定条件。

同时，我还思考着解决这个问题的方法。当我住在一个汽车游客旅馆时，我就找到了一种组合的方法，它表明上述命题是不可能做到的。我对自己说真是太天真的想法。我把它讲述给约翰尼听。后来当我们驾车前进时约翰尼简化了这个证明，他找到了一个连续群甚至是阿贝尔的（可变换的），但却不能假设它是一可分拓扑的实例。换言之，存在着幕连续的抽象群，其中不可能存在连续的可分离拓扑。进而发现了具有这种性质的阿贝尔群。约翰尼喜欢玩弄词语游戏，他问我应该怎样称呼这个群。我说就叫“非可分的”。这是一个很难上口诵读的词，在汽车断断续续的行进中，我们一直重复着念它开玩笑。

数学家如上，有他们自己的幽默方式。一般来说，他们往往用一种涉及两个定义的平凡的恒等或“重言式”来自娱，他们也喜欢用空集合来开玩笑。如果他们讲述某种“在空虚的”意义下是真的，也就是说这个语句的条件是决不可能满足的，这可以作为他们的一种幽默。他们对某种逻辑上的背理或逻辑难题表示欣赏。例如，一个犹太母亲的故事，她送两根领带给她的女婿，然后看着他，他正在带上其中一根领带，她就问他：“你不喜欢另一根吗？”

冯·诺伊曼的评论可能是严厉尖刻的，尽管这种挖苦是一种抽象性质的。爱德华·康登有一次在科罗拉多·波尔德家中告诉我，他在听普林斯顿的一次物理讲演时，坐在约翰尼边上。讲演者拿出一张幻灯片，在它上面极为分散地列着一些实验测得的点，并以此证明它们是在一条曲线上。据康登说，冯·诺伊曼低声咕噜着：“至少它们是在同一平面上”。

有些人有一种能力，能记住故事，用适当的方式再讲给别人听。另外有些人能组织类似的情况和思想，重新再创造故事。还有第三种人，他们能够在听到别人讲笑话时而愉快地大笑。我有时想，也许幽默也能按人的个性加以分类。我的朋友和同事，在美国的 C.J. 埃弗雷特和在波兰的斯坦尼斯拉夫·梅休尔，他们都有一种捉弄人的幽默，他们在体质和笔迹方面也相互雷同。

一般地，冯·诺伊曼喜欢转述他所听到的故事，我喜欢虚构和创造。我的妻子说：我为她讲故事时，“我有一些妙语过分惊人”。当她指出我在吹牛时，我就被激而补充说：“真的，我遇到的趣事是无限的，但是，节制将阻止我再进一步的发挥。”

再说一点“讲”笑话的事，数学家讲笑话也“用”他们自己特有的语言。例如，他们使用“平凡的”一词。这是一个十分有意思的语言表达式，但是它究竟意味着什么呢？容易？简单？还是平庸？我的同事、朋友贾恩-卡洛·罗塔一次告诉我，他不喜欢教授微积分，因为它如此的平凡。是这样吗？如他所说是简单，其实微积分是人类智力的最伟大的创造，它的发源可以追溯到阿基米德。微积分是由牛顿和莱布尼茨“发明的”，由欧拉，拉格朗日，和其他数学家规范化。它所具的魅力和重要性，远远超出了作为我们当今文化的数学的领域。所

以，能说它是“平凡的”吗？确实它并不像康托的伟大的集合论，技术上简单但概念上却很深刻和美妙，把握它却并不困难和复杂。

我曾经听到过一些数学家背后议论狭义相对论，他们认为它没有什么内容，在技术上只不过是一个平凡的二阶方程和一点推论。难道说它不是值得纪念的人类思想之一吗。怎能说它是“平凡的”呢？是一种简单的算术呢？对我们来说，有些东西是平凡的，但是对小学三年级学生也是如此吗？

让我们来考察数学中的另外一些用语，如“连续”这个词意味着什么呢？这个词可以说来自拓扑。拓扑学可以看成是就“连续”这个词，它的所有的分支，它的所有推广，应用而写的一篇大文章。试图逻辑地或者组合式地去定义诸如“甚至”或者“此外”那样的副词。或者拿一个的词“关键”作为一个简单的对象。要想对它作一个拟数学的定义也远非一件容易的事情。例如“烟雾腾腾”是一种吸烟活动，是在一吸一喷中散发出来的。通常，几乎可以把它看成是一个波运动。这个词可以给出变换和水动力学的完整理论。当我试图写作三维空间的数学论文时，我将模仿它。

我是 30 岁的青年人，我可以试着去写数学词典，它将解释数学表达式和概念的普通辞源，写作的方式可以模仿伏尔泰的《哲学词典》的手笔。

第 6 章

过 渡 与 危 机

(1936—1940)

1936 年到 1939 年间的每年夏天，我都回到波兰，渡过整整三个月的暑假。只是在美国呆了几个月之后，我才头一次对街道上如织的车流，电器和电话的普遍使用感到惊讶。我满脑子填满了关于美国绝对而独特的技术优势的想法。在情感上，我的反应自然是先想到与家人和亲朋的团聚，想到里沃夫那熟稔的景致，然而却又是渴望回到美国那自由而充满希望的无拘无束的生活中去。可以简单地描绘一下这种复杂的情感，每到五月，我就开始计算周数天数，什么时候才能回到欧洲；然后，在波兰呆了几个星期后，我又开始焦躁不安地数着天数，还有多久就能返回美国。

大多数数学家在夏天都留在里沃夫，我们在咖啡馆的聚会，我本人与他们的私人联系，一直持续到第二次世界大战的爆发。我一如既往地与巴拿赫和梅休尔共事。在巴拿赫盘桓在斯科尔的几天期间，或是他在离里沃夫大约 70 公里的喀尔巴阡山驻足期间，我有两次拜访过他。这些地方自孩提时代起我就熟悉了。巴拿赫忙于编纂教科书，但是我们仍然有大量的时间，坐在乡村小酒店里，探讨数学及“宇宙的静态”问题，这是冯·诺伊曼喜欢用的一个词。我最后一次见到巴拿赫是 1939 年 7 月下旬在苏格兰咖啡馆。我们谈论了与德国打仗的

可能性，并在“苏格兰书”中又记进了几个问题。

1937年的夏天巴拿赫和斯坦豪斯让我邀请冯·诺伊曼来里沃夫作次演讲。他从布达佩斯来，与我们一起呆了几天，他讲得很精采，我带他去了几次苏格兰咖啡馆。他在“苏格兰书”中草草写下一些问题，我们和巴拿赫以及其他几个人进行了非常令人愉快的磋商探讨。

我告诉巴拿赫，约翰尼在普林斯顿和我的一次谈话中，在讲到某个非犹太族数学家所取得的成果时，用了这样一句话：“这些异教徒们*证明了下列定理”。巴拿赫是个纯粹的异教徒，认为这是他所听到的最好的妙语之一。他为这句话的内蕴而入迷，并说假如异教徒能够做到这些，那么约翰尼和我就理应做得更加出色些。这个笑话并非约翰尼所首创，但他喜欢它，我们开始使用它。

我为约翰尼导游我们的城市。为异邦数学家们作导游我是有经验的。当我还是个大学一年级新生的时候，因为会讲英语，库拉托夫斯基就曾指派我为美国拓扑学家艾尔斯作向导，游览市容。此外，在爱德华·切奇，G.T.怀伯恩和另外一些数学家访问波兰来里沃夫时，我也陪同过他们。

约翰尼对里沃夫很感兴趣。市中心十九世纪的建筑风貌以及众多的十五世纪，十六世纪和十七世纪的古迹，使他惊叹。匈牙利和波兰在有些方面依然是半封建的。城市的许多地方别有风味，古老的房屋栉比相倚，窄街小巷石头铺路。犹太居住区的一条小街上，黑市现金买卖公开进行。郊外的肉铺里，挂满整爿整爿的牛肉。大街上，马车和电车并驾齐驱。出租汽车不多见，甚至在十九世纪三十年代末，人们乘的也是马拉的小型出租车，通常是双马拉的。我刚抵纽约那阵，当我看

* 含义非犹太人。——译者注

到只有一匹羸马拉的破旧的出租车行驰在最高级的第五大街的旅馆前时，我感到大为惊奇。

我们参观了一座美国教堂，堂内饰有出自简·亨利克·罗森手笔的壁画，他是一位当代波兰艺术家，现住美国。我们还进了一家俄国东正教小教堂，我们在教堂中的一口半开着的棺椁里，看到一具尸体，这使我们两人感到震惊。这具尸体是按照俄国仪式即将埋葬的，我这是第一次见到死人。

约翰尼还到我们家作过客，见到了我的双亲，我妈妈在隔年故世；我爸爸早就从我这儿听过不少约翰尼的事了。我带他去参观了爸爸的办公室，那是柯西加大街上我家的另外一部分房屋：

约翰尼在这以前，对我们家业已有所了解。我伯父的遗孀——我的伯母嫁给了匈牙利金融家阿帕德·普莱切。诺伊曼认识他家。阿帕德的兄弟雅诺什是爱因斯坦在柏林的医生。阿帕德是个财产无数的金融家，不过也是个相当有争议的人物。我伯母家底殷实，她是个卓越的女性。她是十五世纪著名的布拉格学者卡罗的后裔。多年之后，我与冯·卡曼去以色列的萨费特城参观，我们的向导，一个佩耳环的信东正教的犹太老人，带我们到一片古老的墓地参观卡罗墓。当我告诉他我和卡罗沾亲后，他双膝下跪，——这多花了我三倍的小费。普莱切家的人经常旅游，常常住在巴黎。我在1934年的旅途中去那里拜访了他们。我伯母的第一个丈夫、我的伯父米歇尔·乌拉姆埋葬在蒙特卡洛，伯母现在也已故世了，她葬在那片天主教墓地，安眠在一座巨大的大理石陵墓里。伯母卡罗与十六世纪布拉格著名的拉宾洛有直接亲属关系。根据传说，是拉宾·洛制造了戈利姆——世上的巨人，犹太人的保护者（有一次当我向诺伯特·维纳提到与戈利姆的这层联系时，

他说道：“这联系还在你们家里。”暗指我与洛斯·阿拉莫斯和氢弹的关系）。这就是我们家与各界的诸多联系。

有一个故事，我和约翰尼喜欢彼此谈论，不过我记不清是谁编的，是从那些富裕的叔伯们那里引来的一句话，他常常说，“一个人要是在瑞士没有存款，那他还够不上富裕。”

1938年夏天，这次是轮到冯·诺伊曼来邀请我去布达佩斯了。我坐途经克拉考的火车，直接到他家里（我想地址是埃伦纳·雅诺什大街16号）。他为我在匈牙利饭店订了一间房，这在当时是该城最高档的饭店。地处一条窄小街道的尽头，事实上，这条街是如此的狭窄，街头设有一个旋转平台；好让汽车转弯，它好象圆形机修房里为机车旋转的平台一样。

约翰尼带我参观布达佩斯。这是一座美丽的城市，议会大厦耸立，河上桥梁座座。在他家就餐后，我拜会了他父母。尔后去夜总会，在那儿讨论数学。那年约翰尼孑然一身，婚姻破裂了，玛丽埃塔留在美国。

第二天，我们坐在一个咖啡馆里，正说笑着，吃着，一个衣着优雅的女士从旁走过，约翰尼认出了她。她走进来，他们交谈了几句。她走后，他告诉我这是一位老朋友，新近刚刚离婚。我问他：“你干嘛不娶这位离异者？”或许是我这话在他心中产生了影响，第二年他们果真结了婚。她叫克拉拉·丹。后来我们成了至交。朋友们都叫她克拉莉，约翰尼和她在布达佩斯举行了婚礼，1939年夏秋之际，她移居普林斯顿。克拉莉是个性情多变的人，极端聪明，极其神经质，我常有这样的感觉，她感到周遭特别注意她，就因为她是著名的冯·诺伊曼的妻子。实际情况也不全然如此，从她自身来看，她是个非常风趣的人。然而由于有上述这些忧虑，她变得更为神经质。此前她已经结婚过两次（诺伊曼死后她又第四次嫁人）。她于

1963 年悲惨而神秘地死去。在参加了为诺贝尔奖获得者玛丽亚·迈耶举行的宴会后离去，被人发现淹死在加利福尼亚的海滩。

约翰尼还带我去景致怡人的利拉福特山地去拜访他以前的两位教授利奥波德·费耶和弗里德里希·里茨，他们两人都是研究傅里叶级数的先驱。利拉福特山地离布达佩斯大约一百公里，是一旅游胜地，有许多豪华的城堡般的大饭店。费耶和里茨习惯在那儿消夏。费耶曾经是约翰尼的老师。里茨是世上最优美的数学作家，以其精确、简炼而清晰的文笔著称。他是函数空间论的创始者之一，这是种在性质上属于几何学的分析学。他的“实变量的函数”一书已成为经典著作。我们安排去森林散步，那天早上，出发前约翰尼说须得等一下，到大师来了灵感再走。他这是指每日的生理必需品，不是精神上的，每天早饭前，须得啜上一点白兰地，这一天才能重新开始。我们的讨论妙极了，当然，不可避免地也谈到了世界局势和战争临近的可能性。

我乘火车从利拉福特回波兰，途经喀尔巴阡山。我要倒好几次火车，当坐着敞篷车时，我记着要把双腿荡在车的一边。喀尔巴阡山的两侧的整个区域，有属匈牙利的，有属捷克斯洛伐克的和波兰的，是许多犹太人的家乡。约翰尼常念叨，所有在一次大战前后涌现的匈牙利的著名犹太族科学家，艺术家和作家，都直接或简接地来自那些小小的喀尔巴阡聚集区，他们的物质条件改善后，就来到布达佩斯。物理学家 L.I 拉比就诞生在那片土地上，还是孩子时就被带到美国。去发现和解释这片土地上为什么催生了如此众多辉煌人物的因素，那是科学史学家们的事了。约翰尼常常认为，这是诸种文化因素巧合的结果，对此，他也讲不确切：对欧洲中部这块地

方的整个社会的外来压力，个人的极端不安全感，促使他们处于要么产生非凡人物，要么面临灭绝的境地。在我看来，这正是罗马诗人维吉尔描绘洪水的那幅画面：“在那巨大的旋涡中，只可见几个游水者。”这是经过智力的疯狂和严峻的奋斗而取胜的人们。关于这，我曾对约翰尼讲过一个逗趣的形象的故事，这故事他做了不少更改。犹太乡下的一个小孩，移居维也纳并成为成功的商人，后易名，到柏林他取得更大成功，有了更多财产。如今他到了巴黎，业绩更大，他又成为莫里斯·拉封丹男爵。

尤金·魏格纳是来自布达佩斯的著名的科学家之一。他和约翰尼是校友，曾在苏黎世共同学习过一段时间。关于那段日子，约翰尼向我说过一件趣闻。尤金和约翰尼想学打台球。他们来到一家有台球的咖啡馆，问那儿的台球能手侍者，可不可以教他们。侍者说道：“你们对自己的学习感兴趣吗？你们对姑娘们献殷吗？你们要是真心想学台球，你们就要把这两者都放弃掉。”约翰尼和魏格纳彼此商谈了几句，决定他们只能放弃其中的一个方面而不是全部。他们没能学成打台球。

冯·诺伊曼主要是位数学家。魏格纳主要是位物理学家，也是半个数学家，是数学的卓越的运用者，是物理中数学技巧的鉴赏家。这里我想补充说一下，他最近发表了一篇有趣的文章，论述数学在物理中始未料及的效用。冯·诺伊曼论述量子论基础的书，尽管叙述了数学在理论物理学中的直接运用，然而，哲学和心理学味道倒是更浓些。魏格纳对物理学曾作出诸多贡献，也许没有像爱因斯坦相对论思想那样杰出的成果，但是确有许多重要的专门性的技术工作，以及某些极为普遍的工作，如，量子物理学和基本粒子物理学中的非常基

本的群论原理。

冯·诺伊曼逝世时，魏格纳写了一篇优美感人的悼文，其中他描述到，约翰尼意识到死亡临近时，感到非常忧伤，因为，对于他来说实在难以想象他将停止思维。在魏格纳看来，冯·诺伊曼和思维是同义词。

在布达佩斯的拜访结束后，我该准备回哈佛了。我在波兰时的每年夏天，为了返回美国要申请访问学者签证，这都需要跑美国领事馆。终于，领事对我说：“为了避免每年夏天来此办新签证，你为什么不搞个移民签证？”很幸运我照此办了。只是过了不多几个月，要获得这样的签证就几乎是不可能了。

我曾有两次设法与约翰尼一道横渡大西洋。他与玛丽埃塔婚姻破裂的那年，我与他同赴欧洲。我们乘上“乔治亚克”号轮，一艘小型的丘纳德船，渡海花了一星期。约翰尼外出总是坐头等舱，我也陪他坐头等舱，而我平时大都坐便舱。我们象通常一样大谈数学。我们与一位名叫弗莱蒂的年青女子逗乐，我们发现她很迷人。与她相遇的第二天，我就问他，“你解决了弗莱蒂问题没有？”他喜欢玩文字游戏。在数学中，有个著名的帕莱蒂问题：在空间给定一条曲线，问题是要寻找一个曲面，使得该曲线是曲面的边线，并且要求这个曲面的面积最小。可以用肥皂泡来说明。如果你将一个封闭的金属线浸入肥皂溶液中，你就会在这曲线上得到一些漂亮的曲面。最早对此用数学公式表示并进行研究的是帕莱蒂。

1939年，我在协会的三年任期满期。由于我已超过年龄上限，很不幸我不能续任。多亏 G. D. 伯克霍夫，我才能以讲师的资格，在哈佛的数学系延长任期。长久呆下去的前景未必乐观，因为看来没有助理教授的空缺。尽管约翰尼为我

奔走，但由于德国和中欧的大批科学家的涌入，普林斯顿方面的情况也不见得妙。这样，我返回美国只有一个期限为一年多一些的已落实的工作，我弟弟亚当在这段时间里陪伴着我，他还不满 17 岁。有亚当要我照料，我油然产生一种责任感。我们的母亲在年前去世了，欧洲的岌岌危机感使父亲相信，亚当随我在美国更安全些。弟弟去申请签证时华沙的美国领事似乎有保留不肯签。只是在我证明了我住在美国并在那儿教书之后，他才同意给他一张学生签证。

父亲和叔叔齐蒙陪我们到格丁尼亚，这是波罗的海的一个波兰港口。在那儿把我们送上波兰轮贝特鲁号。这是我们最后一次看见他们。

我们是在海上，从船上的收音机里得知苏德条约。一听到这消息，我以一种无名的激动对亚当说：“波兰完了”。在船上休息厅里，我指着地图上贯穿波兰中部的一条线，对凶事作预言似地说：“波兰将会这样被瓜分。”我们都震惊万分而忧心重重。

第一夜的晚饭时，我猛然发现艾尔弗雷德·塔斯基在餐厅里。我决没想到他会在船上。塔斯基在华沙已是著名的逻辑学家和演讲者，他告诉我们他是去参加在剑桥举行的哲学和科学联合大会，这是他第一次去美国。我们同桌用餐，在一起度过了许多时间。我还保存着一张陈旧的在船舷上拍的照片。上面是亚当，塔斯基和我，我们身着晚礼服，正准备去过美国欢快的社会生活。他原打算只呆几周，随身只携带一小箱夏服。由于我们抵美后不久战争就爆发了，他发现自己滞留在美国，既没有钱，又没有工作，而他的家庭，妻子和两个年幼的孩子仍留在华沙。有一段日子，他处在朝不保夕的悲惨的境状之中。

亚当还是一个男孩，头一次离乡背井来到异地，当我们到达美国时他忧心重重，惴惴不安。约翰尼到船上来接我们，一见亚当，就用只有我才能听得见的声音问：“这小伙子是谁？”他以前没听我讲起过兄弟，因而很是诧异。我和弟弟相差十三岁，我们之间一点也不象。亚当比我高，身材笔直，一头金发，面色红润。我比他黑些，粗壮些。在外表上，他象我的叔伯，而我看上去象母亲。约翰尼在码头上显得异常激动。美国人对于时局，比我们在波兰时的看法，要清醒得多，现实得多。举例来说，当我在波兰到了该去办理离境手续时，由于我在波兰的部队里服役，因此首先必须取得部队的认可，才能离开这个国家。当时负责的军官只是漫不经心的问一下我为什么要到国外去，当我告诉他我已被美国聘用教书，他就不再问了。在波兰，人们一般还没有感到战争迫在眉睫，更多地只是感到危机状态的延续，象是以前慕尼黑的情景那样。

我们在纽约呆了几天，拜访了几位表兄弟，有画家齐格蒙·门克斯及其妻子，还有我们家的一位朋友，他是亚当的经济担保人，因为亚当所持的是学生签证。实际上我们的安排是，我弟弟每月通过我伯父在英国的银行，接受家里的支票。我们还见到了我的表兄弟安特齐的熟人洛布先生。当我打电话给他时，他问：“波兰会不会屈服？”我相当肯定地回答说：波兰决不会投降，而战争是不可避免的。

我把亚当留在纽约，与约翰尼一起去维布伦在缅因州的夏季别墅。虽然我们只离开两三天，亚当却因我把他留下而感到不高兴。在去维布伦家的路上，我们照例讨论一些数学问题，但更多的，我们是谈论欧洲将要发生的事情。我们俩都激动不安，忧心重重；我们探讨战争可能发生的种种途径，怎样爆发，在什么时间等。我们自己驾车返回纽约。这些，都发

生在八月份的最后几天里。

我和亚当住在哥伦比亚区的一家旅馆里，这是一个异常闷热潮湿的纽约的夜晚。我难以安寝。可能是凌晨的一、两点钟，电话铃响了。我头昏眼花，大汗涔涔，浑身不舒服，拿起话筒。就听到我的朋友拓扑学家惠脱特·赫尔维茨用忧郁而沙哑的声音，开始叙述战争已经打响那个令人恐怖的消息：“华沙被炸了，战争开始了”。我就是这样知道第二次世界大战的爆发的。他往下讲着从收音机里听到的消息，我打开了自己的收音机。亚当正睡着，我没有唤醒他。想到了早晨再找时间告诉他这消息。我们的父亲和妹妹都在波兰，还有许多亲戚也是。这一时刻，我猛然感到仿佛一道幕布切入我过去的生活，把它与我未来的生活割开了。从此往后，一切都带有和以往不同的色彩和意义了。

在去剑桥的路上，我陪亚当去位于普罗维登斯的布朗大学，为其作新生入学注册，并把他介绍给我的几个朋友，其中包括特玛金和他的儿子。亚当的英语相当好，留下他一个人在学校里，他似乎并不在乎。

我变得热衷于购买报纸，搜罗所有按小时编印的号外，每天要看上十来份报纸，搜寻有关里沃夫战争局势和战斗进程的消息。九月上旬的波士顿“环球”报上，我见到一幅大幅照片，亚当被布朗大学的其他年轻的新生围着。标题是：“担忧家中是否挨炸。”

亚当从一开始就表现得非常出色，几个月后他就免去学费。然而我们的经济状况仍然异常拮据。由于英国政府制止一切货币外流，我们原定的来自英语的收入被冻结了，我在哈佛当讲师的薪水难以维持我弟弟（因他持学生签证而不得工作）的学业。在前几次的往返中，我从未想到从波兰将资金

或是财产转移来美。现在再也无能为力了。我去找学院的主任，向他讲述我的境状。主任名叫弗格森，我担心有着这样一个苏格兰名字的人，会不会极其吝啬。还好，他不是这样的人。我告诉他，要是我不能从大学里得到些微帮助，我就只好抛开学术，另寻谋生手段了。他同情我，设法为我每年增加两、三百美元，这在当时对我真是个不小的帮助。

系务会议上的种种迹象表明，我推测我永久地呆在哈佛的机会甚是微小，我开始为谋求 1940 年的职务而四处奔走。在宾夕法尼亚州伯利恒的莱哈艾大学有个助理教授缺额，我收到他们的一封来信，邀我去面谈。我对于去伯利恒兴趣不大，但是伯克霍夫对我说：“斯坦，在这个国家里，要不从另一个地方得到帮助，你就别指望提薪或是加薪。说真的，到莱哈艾去面试吧。”我问：“届时我的课谁来代？”“我来代。”他说。我感到既窘迫又光荣，大教授伯克霍夫竟屈尊来代我的本科生的数学课。确实，他以常有的逗人的孩子气，想在学生面前显示他是谁，他给他们开的课复杂而高深，我后来得知，学生们并不怎么懂。

我到达伯利恒面谈时，那里笼罩着黄色的呛人的烟雾，一个不祥的开端。系主任带我参观了该系，并把我介绍给正在那儿的一位年轻教授。碰巧那是数值理论家 D. H. 雷默。我们走进他的办公室时，他正在批阅一大叠蓝皮本子，正当着系主任的面，对我说：“瞧我们都在干些什么！”这给我产生一种消极印象，并旋即把我带回到在波兰的、相同情境。当一个侍女或者某个女佣准备离开东家时，她总是把新来的接替者扯到一边，指点她这份活的那些令人讨厌的方面。这段时期，或许是我一生中最糟糕的低潮期，心身交瘁，经济窘迫。我的世界崩溃了。波兰复苏的前景暗淡，微乎其微。对于留在波兰

的家庭和朋友们的命运，我们梦魇般地担忧挂念。亚当也陷入沮丧之中，这更增添了我的忧虑。总是友好而乐于助人的L.G.亨德森，竭尽其力予我以道义上的帮助。1940年春法国沦陷时，局势变得如此暗淡，显得几乎已没有希望，绝望感吞噬着大洋此岸每一个来自欧洲的人。还有个担忧，随着德国军事上的胜利，他们的思想观念也强加于人们，在美国的生活将会大大改变，这里也可能增长对异族的仇恨和反对亲犹主义。

那段日子里，我住在“大使”旅馆四楼的一间小屋。五楼一套大公寓里住着戈尔弗雷德·诺思·怀特海一家，他们的四壁奇怪地被漆成黑色。我是在同事会的晚餐上认识怀特海的。怀特海和夫人举办了一个家庭周末会，邀我参加。他已上了年岁，但头脑却水晶般的清晰，敏锐而透彻，记性胜过许多较他年轻的人。我记得伦敦遭受轰炸时他们所表现的坚定和勇气。怀特海似乎从未丧失过希望，他相信最终会赢得战争，他将亲眼见到德国人被打败。

在怀特海家谈话的话题极其广泛。除了战争，还有哲学、科学，文学以及人。有次我们的话题落到伯特兰·罗素身上。他所在的这个国家正陷入极大困难。他与当时聘请他的费城百万富翁巴恩斯发生了争执，由于他关于性的观点和关于自由恋爱的演讲，他在市立学院遇到了麻烦。哈佛想请他，但由于正统的波士顿居民的抗议浪潮，邀请没能发出。我记得怀特海谈论的这一切，怀特海夫人还叫着：“噢，可怜的伯蒂！”我们同样地也谈论数学。一次，有人问：“怀特海教授，观念和事物哪个更重要？”“这个嘛，我说是关于事物的观念。”他不加思索地回答着。

我与另外一些波兰同乡共同度过许多时光，塔斯基，斯苔

芬·伯格曼及亚历山大·旺德赫尔，他们都在剑桥谋得职位。他们都异常的闷闷不乐，其中旺德赫尔最厉害。他永远有那么点“精神痛苦”。我们总是整日坐在我那开着的小收音机前，听取有关战争的消息。他常在我屋里一坐就几小时，我们用漱口杯喝白兰地。他是个有天赋的数学家，一个极端善良、和睦、聪慧的人，具有一副相当难以描述的头脑——这是一个数学批评家的头脑，而有点缺乏数学发明的头脑。这里我所指的不是缺乏天才。描述发明的才能是很难的，即使是很中等程度的发明才能也是很难的。此外，这种才能存在于一个连续的过程之中，受到“运气”的很大影响。世界上也许真有福气这种东西。那些在牌局上走运的人，或许对于以技巧起作用的游戏具有某种潜在的能力。这种能力就象物理学中的隐参数，不外露于表，故我称之为“福气”。人们常说，在科学上有些人是如此的幸运，致使人感到有第六感觉。旺德赫尔缺乏这种特殊的火花。

我记不清他最初是在什么时候，是怎样出现在这个国家的。在波士顿的塔夫特学院他有份临时工作。对于美国，他有着一般人的印象，抱怨，欣赏和赞美。我们就此作过深入的讨论。学生的表现，他既感到有趣又感到震惊。他对波兰正宗的礼仪习惯了，有一次在课上他被激怒了，一个学生向他叫道：“嘿！窗开啦，你关上好吗？”在波兰不这样对教授讲话。

他对荷兰数学家斯考顿的几何学很感兴趣，而在我看来则过于形式化和符号化了。其符号异常复杂，我对此感到滑稽。他们把一个几何对象看作仅仅是一个符号，一个字母，其四周是右、左、上下的标号——象是圣诞树上挂着的装饰。

自从我离开剑桥后，我们的联系逐渐失去了。后来我得知他自杀了。我对此有预感，因为他常常背诵一首诗，说的

是一个人用其领带将自己吊死。他寂然孤独，不少次向我诉说他的长相给他带来的不幸。他个子非常矮，有着一张聪慧的脸，但不是那种对女性有魅力的脸。他认为自己丑陋不堪，这使他烦恼。

数学在许多情况下是现实的避难所。数学家在其追求中找到自己的远离尘世的乐土和幸福。有些人对此如用药，象棋有时也起相似的作用。有些人在面临世俗的不幸时，就将自己沉浸 in 一种数学的自足之中（是有些人仅仅出于这一原因而从事数学研究）。然而人们决不可因此而断言这是唯一的理由。对于另一些数学家来说，数学是他们所能做的比别的更好的事情。

1940 学年年底前，伯克霍夫通知我威斯康辛大学可能有份缺额。他补充道：“你不应象那些欧洲难民那样，不顾一切地想呆在东海岸。象我以前那样，到麦迪逊找份工作。那所大学不错。我年轻时曾在那儿呆过。”我听从他的劝告，去达特茅斯参加美国数学协会的一个会议，以期见到马克·英格拉哈姆，他是威斯康辛大学数学系主任。当时，数学会议成了工作交易会，在这里可以见到系主任——真象是世袭的酋长，每人身边围着大批恳求者，一群群年轻的求职者。这种局面到了 50 年代后期和 60 年代初期完全改观了。一个手持博士证书刚刚离校的年轻人，常常被正在寻求年轻教授的系主任们围住。

在达特茅斯与会期间，我有一次戏剧性的经历。一天深夜我走进宿舍。屋里黑黢黢的，我想不开灯钻上床。一坐下，我听到的一声尖叫，一声呻吟。我的床上睡着另外一个人。我摸索到另张床。我床上的人问：“是乌拉姆博士吗？”我回答“是”。他立即说道：“给定如此这般的一个群，它是否具有这

种或那种特征呢？”我稍稍思忖后答道“会有的”。并给出大致的论证。“假如这个群是稠密的，那它就为真”“但是假如它不稠密，”他想继续讨论下去。由于时间已晚，我感到疲惫，于是好象是说了句：“要是它不稠密，那就让它滚蛋。”我中断了谈话，倒床就睡。

G. D. 伯克霍夫似乎喜欢并赞赏我的工作。我想我明白个中的可能原因。他喜欢我的自信，和我捍卫建基于集合论之上的现代数学而反对他的较为经典的方法时近乎冒失的大胆。他欣赏数学创造性中令人激动的方面。或许我的作为使他感觉到了他年轻时的样子。为了逗我发急，他会攻击他的儿子加勒特关于一般代数和关于结构的更为形式抽象的研究。我会粗暴地为之辩护。尔后他会微笑地对我说，他儿子工作的价值和创造性能得到赞赏，他感到很愉快。

在讲到一般的工作情景时，他常发些对外来者不太信任的言论。我想他是害怕自己在美国数学界无可争议的领导地位，会因诸如赫尔曼·外尔，雅克·阿达玛以及其他一些杰出人物的到来而受到削弱。他同样担心，欧洲难民的大量涌进，将会占据掉重要的学术职位，至少是在东海岸会这样。有人引用他曾说过这样的话：“美国数学家们再不当心的话，有可能去做砍柴担水的人。”他从未对我说过此话，但对于一些外国人的创造性，他确实常有微言慢语。他还主张，他们应该对自己的职位感到满意。客观地说，这是情由可原的，甚至是公平的。然而我却常会象一惯常那样发怒。或许是因为直到1940年以前，我的家境一直很好，从不用为经济状况操心，我能够不依赖于人而畅所欲言的缘故。一次，我曾回击他对外国人的攻击，责问道：“你在玩一个结果不取决于参与者的技巧，而取决于某种外在环境的游戏时，能找到什么愉快呢？你赢了

一付棋，是因为对方有求于你而不得不走软着，从中你得到什么乐趣呢？”这话可把他狠狠煞了一下。

但是，伯克霍夫还是帮我弄到了麦迪逊的工作。他为我向英格拉哈姆讲话。达特费斯会后，我收到麦迪逊的讲师职务的聘请。我年届而立，在美国和波兰数学界具有一定的名气，感到至少应提供我一个助理教授职务。但当时的情景是那样的反常，象雅克·阿达玛这样的、法国最著名的数学家，也只在纽约得到一讲师资格；还有塔斯基在伯克莱也只当讲师，我咽下自己的傲气，接受聘请。到该校去从经济上看不算坏，每年大约有二千三百美元。然而，离开哈佛，离开“文化的东部”到我相信是落后的文化荒漠的“中西部”去，我还是感到悲伤。说到在东海岸就意味着，有哈佛，或许还有耶鲁和普林斯顿，它们是仅有的文化之地。我相信，我对一无所知的麦迪逊，不啻是西伯利亚，我是被流放去的。但是，由于别无选择，我准备夏末离开剑桥，切齿抱定决心，忍过流放的岁月，等待战争的结束。

第 7 章

威 斯 康 辛 大 学 (1941—1943)

在去麦迪逊的路上，我途经芝加哥并在那儿换乘一辆小火车。火车沿途停靠几个小镇，其中有个叫做哈佛的。懊丧感紧紧揪着我，我感到命运向我开着一个残忍的玩笑。但是过不多久我的感觉就全然改变了。我一下子发现威斯康辛州具有重要的自由政治传统，著名的拉·福利特的影响，不仅留给了这座州府，同样也留给了这所学府。整个的外在印象，风景，湖泊，森林，建筑，城市的规模，一切都极可人意。起居条件令人出乎意料地舒适。在大学的俱乐部里，配给了我一间房间，我在那儿几乎立即遇到一些志趣相投，富于才智的人们，不仅仅有数学界和科学界的，也有搞人文科学的，房间不大，一个洗澡间，一铺床，一张书桌，几把椅子（我记得阿纳托尔·弗朗斯的一部小说里的主人公神父科伊纳特说过：“一个人的所有需要就是一张桌子和一铺床。桌子是用来读书和品尝美食，床是用来睡眠和作爱”）。楼下是些惬意的公共场所，图书馆，餐厅，甚至有一间拥有几张台球桌的健身房。

学校资金充裕，来源于州的各项基金。此外，还有一笔额外的收入，这儿先前的一位教授，发明了一种处理牛奶的特殊方法，其专利权现归校方所有。

约翰尼的朋友魏格纳是这里的物理教授。我有一封带给

著名物理学家格利高利·布赖特的介绍信，是哈佛的天文学家哈洛·沙普利帮我写的，在剑桥期间，我与他有过一些令人愉快的学术上的及个人间的交往。正是沙普利，以仙王座的发光周期为参照，发现了“宇宙的尺度。”我很快与那里的大多数数学家结交为友，其中不少是我的同龄人，如逻辑学家史蒂文·克林，O. J. 埃弗雷特唐纳德·海尔斯以及其他一些人。由于天性喜好交际，我喜欢住在大学俱乐部里，会会朋友，与有趣的同仁们同食共餐。

其中有一位叫瓦西列夫，来自俄国，是一位拜占庭史的专家，活脱脱的纳博科夫书中的人物。就餐时，他总是喝完一碗汤后要叫第二碗，并对我说：“美国人真有意思，纵使汤那么美味可口，他们也从想不到要第二碗。”他象许多俄国人一样爱好喝酒，衣兜里总揣着一小瓶伏特加。当时，他已年过六旬。大约两年后，美军将职员俱乐部辟为兵营，瓦西列夫和其他的居民只好另找房子。在一家私房他找到一个两套间，为这新得到的宽敞套房，他兴奋不已。“太棒了”，他嚷道：“你可以在这间房屋里睡觉，在那间房里干活啦。”也象小说中人物一样，他举办了一个场面热烈的庆贺宴会。

另一个有趣的人是英语文学教授，单身汉汉利。幸亏我的记忆力，使得我能引证拉丁语，谈论希腊和罗马文明，这就显然使其他领域的同事们感到我在数学以外还有广泛的兴趣，从而使得我们的交往非常愉快。汉利是个台球好手。尽管对我这方面的笨拙他感到相当气恼，却还硬是坚持要教我。我发现这一点是一非常美好的、非常美国化的品性——指导和教授别人的愿望。

这样，我发现麦迪逊远非我先前所担忧的那样是知识的荒漠，在自然科学的几个方面学校保持着优秀的传统。湖沼



由

数学

学是其突出的专长。湖沼学，即关于湖泊沼泽的科学，是由一位老教授发展起来的，我记不清他的名字了。有人告诉我，他常常说，每当他记住了一个学生的名字，他就会忘记一条鱼的名字。在威斯康辛大学，生物学，经济学，政治学也都是强项。经济学家塞利格·帕尔曼以及后来成为劳务关系专家而知名国内的内森·范辛格，当时在那儿都属著名教授行列。

象我这样的可以说不登大雅之堂的外国人，看来也很容易被接纳到学术团体中去，并很快与许多不同领域的教授们建立良好的关系。学术气氛轻松活跃。整体说来，这儿的教授没有架子，不象哈佛有的教授那样。相反，象是要与名牌老大学竞争似的，他们劲道十足地工作着，然而象“喔，对不起，我得去工作了”的情况却不及哈佛多见。

麦迪逊对于我来说极其重要是因为发生了另一件事。正是在那里，我与一位法国姑娘弗朗西斯·阿伦结了婚。她是交换留学生，以前我们曾在剑桥见过面。成家当然改变了我的生活方式，极大地影响了我的日常工作安排，我的世界观以及未来的计划。

诗人威廉·埃勒里·伦纳德，颀长的身材，硕大的脑袋，一头浓密的白发，他是教职员中最为有趣最富魅力的人物之一，为人极其怪癖。由于他的“爱旅行的上帝”一书，被认为对于火车有一种强烈的神经质的恐惧，这一点妨碍了他离麦迪逊的大学而他去。据传说他的薪水（对于一个正教授来说已是非常低了）从未加过，原因是她将永远不会离开。我感到这样的理由太可笑了。

在那时，许多大学里的系主任的办系宗旨，与其说是追求学术上和教育上的出色，毋宁说是为了良好的经济状况，为效率，因而办系更象是办企业。确实，我到达后不久，有人就指

出，我们校园的奇特的景致，也构成了我们的薪水中的一部分，使之比其他相当的大学的要稍微偏低些。我以此与一些年轻同事开玩笑说：我们每眺望一次这美丽的湖泊，就花去了我们的两块钱。在我所参加的最早的一次教职大会上，戴克斯特拉校长，他是个仪表堂堂并且非常善良的人，这样开始他的讲话：“今年诸位都将面临挑战。”对这话，我轻轻推推邻座低声说：“瞧着吧！这就是说我们都不会加薪啦。”果然不出所料，十分钟后戴克斯特拉谈到这方面的情况，我的邻座听后笑出了声音。

天文学家乔艾·斯特宾斯是麦迪逊的教授。我非常喜欢与他会面，在天文台里与他交谈。他极富幽默感，是个玩笑大师。一次，在一个晖映冬日的星期天，他驱车来到我们系，按着汽车嗽叭。我朝外看，见他在那儿问道：“你愿不愿和我一起去耶基斯天文台？天文协会今天在那儿有个会。”耶基斯离麦迪逊不远，驱车去那里大约两小时左右。我穿得暖暖的，跑下楼去。一路上，我们讨论着杂七杂八的问题。尔后，他逗笑地说：“你愿不愿意作次报告？”他说笑话，我也凑份，就回答说：“好吧，讲它五到十分钟。”很快，我开始思索对天文学家们在几分钟内我能说些什么。我记起，我曾经思考过数学上可以把天体的轨迹看成一运动的坐标系统，即假设观察者自身亦在运动的话，那么通过观察者的适当运动，可以使看来复杂的轨道变得简单些。我把这个一般问题称为“哥白尼问题”并就此谈了几分钟。这确实是个值得加以思考的问题，它也确实引出一些真正的拓扑学和测度论方面的问题，我从中取得了一点小小的结果。

在受聘的头一年，我的教学任务很轻，仅只十一学时的基础课程（考虑到我在从事研究撰写论文这事实），而另些讲师

则有十三到十六的课时。后来，又减少到每周九课时。对我来说，教这些基础课程根本不需要备课，只需偶尔瞄上一眼课本上标题的顺序，以便能按照大纲，不致过快或过慢。“教学负担”一词，从著名学者到管理工作者几乎每个人都挂在嘴边，在我看来，它不仅令人厌烦而且也无可奈何。它意谓着体力上的支出的疲惫，这是我一直害怕的两桩事，唯恐其干扰了我的思索和研究。我感激我们系主任英格拉哈姆，他理解我。他是个快活而使人愉快的人，常常在周末到职员俱乐部来看足球赛片子。他爱好苹果饼夹奶酪。在我懂得法国的这些一道道无穷无尽的花头景以前，他给我介绍威斯康辛的各种奶酪，这是该州的日常特产之一。

一般说来，教授数学与教授其它学科不同。象大多数数学家一样，我感到教数学不必多备课，因为在这门学科中，从这件事到那件事，几乎是不可避免的。在对程度比较高的听众的讲课中，在讨论会上，协会里，我都是讨论时下我头脑中正在思索的课题；这简直是一种意识流的手法。

据反映，我的讲课相当不错，这或许是因为我相信一个人应该把注意力集中到本课题的实质，而不应在某个水平上四面出击地教授的缘故。我喜欢突出重点，它的对立面，是讲些许次要的细节。我们记住一项证明，实则是通过记忆一系列令人愉快的和令人头痛的要点，即那些困难点和容易点而达到的。起头遇到一个困难，为此需花费一番心血，接着一切顺利过了一阵子，突然又冒出一个新的特别的花招，使人不得不也记住它。说起来倒真有点象是走迷宫，你要记住那些拐角。

当我在麦迪逊教微积分（这真是一件妙事），在黑板上解完一道时，一些学生总会说，“再做一道这样的题目！”我对此

感到诧异，他们竟不知怎样称呼这题目。不用说，这些学生成为不了职业数学家。

人们会疑惑，教授数学能有多大的意义。如果一个人对于数学上的东西，需要别人再三解释，不断帮助，那么这个人不会在数学上有所建树。同样，对于一个优秀学生，他实际并不需要一个教师，需要的只是示范和指导。对于学生，纵使高材生，我先验地抱悲观态度（尽管我记得哈佛的一些优秀生，我可以与他们作交谈并感到教学不仅仅是件毫无获致的事）。

总起来说，我虽然不愿花太多时间在教学上，然而我倒并不介意这样的教学。我所讨厌的是在固定的时间呆在指定的地方尽那种职守，使人不能感到完全自由。这是因为我的性格特别急躁。要是事先有了一个约会甚或一个宴会晚会，我会焦躁不耐。然而当我完全自由了的时候，我也会变得心神不宁，无所适从。

我曾经与我的朋友贾恩一卡洛·罗塔一起作过计算，在我们的一生中，包括高级研讨会在内，我们花在讲授上的时间不下于几千小时。假若我们能承认，在这个国度里平均每年的工作时间达到二千小时左右的话，那么，它占据我们醒着的时间中的比例相当大，虽然，这里面还包括不完全“醒着”的情况，因为教学有时是在恍恍惚惚状态下进行的。

我是在麦迪逊认识 O. J. 埃弗雷特的，他后来成为我亲密的合作者和好朋友。我们一见如故，亲密无间。尽管还年轻，他已经是个离奇古怪的人，风趣幽默，言词简练而好讽刺挖苦。他把整个身心全献给数学，这是他唯一的兴趣所在。在他身上我发现许多与我波兰的朋友梅休尔相象的地方，同样的语言机智妙语连珠。外形上他们也同样有点相象，瘦骨

嶙峋，身材不高。甚至他们的字迹也相似，同样的字体细小而整洁。埃弗雷特比我年轻几岁。我们合作攻有关“阶”的难题，即有关群元的阶问题。在我们的合作中，总是这样，我是乐观派，做些一般化的工作，有时甚至只是模糊的观念。他则提供证明中的严格而富独创性的细节，完成最后的构造。

我们关于有序群的论文，激起了一位妇女的想象力，她是战时一个军事组织的负责人。在一次会议上，我们听她讲述了其部队的活动，她称它们为“有序群。”

后来，我们又合写了一篇论射影代数的论文。我认为这是我们第一次尝试将数理逻辑代数化，这是超越所谓布尔或亚里士多德“存在”和“全称”基本运算之外的代数化，这样做的结果对于高等数学既必不可少又具有综合性。

1942年和1943年，我们两人都在海军部队上课。为了增加收入我们还为部队函授学校批改论文。弗朗西斯也在帮忙，她做得相当出色，批改基础算术和代数习题。每批改一篇作业，校方付三角五分，这样加起来数目也相当可观，差不多与大学的薪水相等。对此，该校管理部门进行干预，限定每人批改作业的数量。函授学校由该校数学系的一位老妇人负责。数学系的负责人是赫伯特·埃文斯教授，一个性格开朗令人愉快的人，我们结交为友。他是我所有认识的人中脾性最为和善的一个。

我和埃弗雷特在北大楼共事一间办公室，这是幢古老的建筑，位于半山坡上，是数学系的所在地。来自肯塔基大学的客座教授利昂·科恩与我们共事，合作发表了一些论文。我们三人整天地泡在办公室里，整幢大楼不时地回荡着我们的笑声。课余要批改学生作业，这是件我头痛的事，总是一拖再

拖。结果，我的办公桌上高高堆着成叠的未改作业本。我把新交来的从桌子的一端放起，另一端的只好宽容地跌进废纸篓里。有时可怜的学生弄不明白，我干嘛不还给他们作业。

午饭后我们打台球，或者说是学着打。汉利在这职员俱乐部的教练课，在我身上的收效微乎其微。北大楼办公室的那些趣事，学生会里的那些经常会议（学生会位于湖畔，是幢豪华的建筑）是我们在麦迪逊的生活中最为迷人的部分。忙中偷闲，加之一些小小刺激，在我们的智力活动中起着重要的作用。除了体力上得到惬意的调整外，它要比总会导致干巴巴讨论的研论会之类上的正式碰面常常更有价值。以这样的方式一定程度地取代了我在里沃夫咖啡馆的那些会谈，那是我离开波兰后一直流连难忘的。

埃弗雷特在整个战争期间都呆在麦迪逊。战后他赶来洛斯·阿拉莫斯与我共事，我们一同从事更多的研究，其中包括现在已众所周知的我们的合作项目和关于氢弹的研制工作。

埃弗雷特的头脑显示出一种可以说是无以复加的特质：持续性的思考。至少我是这样看的，我想许多数学家亦复如此，连续地或几乎是连续地思考一个小时，它的效率比两个半小时高。这正象攀缘滑坡，一旦半途停下，就易于滑回去。埃弗雷特和厄多斯都具有这种持久思考的品性。

系里还有唐纳德·海尔斯和多萝西·伯恩斯坦。海尔斯同样具有思索问题的恒久性，能对一个特殊的问题作连续而深入的思考。我们合写过几篇论文。伯恩斯坦是我班上的研究生。在我的测度理论课上，她热衷于记笔记，是个可信赖的能手，也是这门课的材料的组织者。她收集了大量资料，我们原打算合著一本书，却因1944年我离开麦迪逊而被打断，我们的

计划成了泡影。

一天，我的办公室里来了一位年轻而才华横溢的研究生，叫理查德·贝尔曼。他表示了想要跟我一起工作的愿望。我们不仅探讨数学，还探讨科学方法论。美国卷入战争时，他想返回东部——我想他是想回出生地纽约。他请我帮忙弄笔研究金或是一份工资，以便他在离开麦迪逊后能继续工作。我记起，在普林斯顿的莱夫谢茨有些新创立的为战争效力的科技企业。我就写信给他介绍贝尔曼，略施小计，说我有个非常能干的学生，他非常优秀，理应助他一大笔钱。我补充道，我怀疑普林斯顿能否支付得起这笔钱。这个激将法当然立即在莱夫谢茨身上生效，他提供贝尔曼一个职务。两年后，贝尔曼这小伙子突然出现在洛斯·阿拉莫斯，一袭军服，已是特别工程支队的成员，这支队伍是由入伍者中那些聪慧而富科学才能的人所组成，任务是技术性工作。

在与物理学家的交往，以及当格利高里·布赖特不在时我代他在物理讨论会上讲课中，我听说麦迪逊新近来了一位非常著名的法国物理学家莱昂·布里劳。我拜访了他，发现他的妻子斯泰弗是个波兰人，出生在卢兹市，那是个大型纺织制造业城。当斯泰弗还是个年轻学生就学巴黎时，他们就相识了。并在一次大战前结成伉俪。第二次世界大战爆发时，我记得他是法国广播公司的一位主任，为战争而尽各种义务。法国沦陷维希掌权之后，他瞅个机会逃了出来。他在量子论，统计力学以及固体物理学方面的工作，使他国际知名。事实上，他是固态理论的先驱者之一。（布里劳带着概念及另一些重要概念皆归因于他）。此外，他还是个著述甚丰和颇有成效的物理教科书和专著的作者。

布里芬夫人具有极高的艺术鉴赏力。早在廿年代，她就

用不多的钱，收购了许多作品。在麦迪逊，她自己也开始作画，用厚厚的油料画花，这全然是她本人所创立的风格。我和弗朗西斯结婚之日，布里芬夫妇邀我们去他们寓所做客，为我们举行了一个小小的但出人意料的招待会。在招待会上我们喝香槟，将斯泰弗做的令人难忘的饼一扫而光。斯泰弗·布里芬几乎不会说英语。到达这儿后的几个星期，她外出购物，发现这里的“厘米”——她是这样称呼我们的英寸的，几乎比法国的厘米长出约 2.5 倍。她的估算几乎是精确的，因为一英寸等于 2.54 厘米，而这结果，她只是通过看布料，窗帘和地毯的大小而得出的。在麦迪逊我们开始了亲密无间的交往，战后持续了好多年，直到几年前他们故世。

在进入我来到麦迪逊的第二年前，我被提升为助理教授，这一步给我以希望，使我对未来在物质方面有了信心。用我那微薄的薪水（一年约二千六百元）既要持家，又要资助我兄弟，真是困难重重。由于经济拮据，我经常造访职员信贷会，那儿的一位富于同情心的办事员，给我多达一百元的贷款，而要偿还这笔钱，我只有在几个月以后了。

两周一次的数学讨论会由我负责掌握，参加会议的有本地的和来访的数学家。我或许还可以补充说明一点：当时付给发言者的报酬令人难以置信的低，包括旅途费在内也只有大约 25 块钱。

讨论会的情景与我所熟悉的波兰的不同，在波兰，发言者可以有十到二十分钟的非正式谈话。而在麦迪逊他们则是一个小时的演讲。我们在里沃夫的数学会上的那种短短的讨论式谈话，与这种以介绍主要科研成果为内容的演讲之前，差别是很大的。诚然，后者的准备更加充分，然而这种更大的正规性，却把那种简练的相互交流中的自发性和激发性给扼杀了。

在这会上，我遇见了安特·韦尔，一位有天赋的法国数学家。战争初期他去了南美，因不堪忍受那儿的条件而来到美国。在莱哈艾找了一份工作。韦尔在代数几何和一般代数方面的重要贡献已使他国际知名。他在讨论会上谈的是他取得的最重要结果之一，关于有限特征域上的黎曼假设问题。黎曼假设对于外行是个不易解释的问题。它的重要性在于它在数论中的广泛应用。大约一百年来，它激发着许多最大数学家的兴趣，虽然在求其解过程中业已有相当进展，但是仍然未得到完全证明。

应我的邀请，我在哈佛时认识的朋友迪恩·蒙哥马利来我们的讨论班作报告。系里有个缺额，我试图说服他来我们学校，最年幼的两位教授英格拉哈姆和兰格也极力促成此事，但他还是去了耶鲁。以后他对我讲了耶鲁的气氛，在当时那儿的一些圈子极端保守。在与他的会面时，他被问及在他的学术行业中反对还是赞成耶稣，他是不是个自由主义分子。他的回答尽管在发问者看来都是“错”的，不过还是授予他一个职务。几年后他离开耶鲁去了普林斯顿研究院。

爱伦堡和厄多斯也是我们邀请到会的发言者。厄多斯是在我那个生活圈子中比我年轻的为数极少的数学家之一。他是个真正的神童，十八岁时就发表了关于数论和组合分析的第一个成果。

因是犹太人他被迫离开匈牙利，后来表明恰恰是这一点救了他的命。1941年时他才27岁，整天想家，郁郁不乐，一直担忧着留在匈牙利的母亲的命运。

他来麦迪逊的访问，开始了我们之间尽管间隙长久但却炽烈的友谊。由于经济状况实在“欠佳”——他常这样说，他打算延长访问期。到了1943年，他在普度大学得到一笔研究

金，他不再一文不名，甚至象他自己所称：“摆脱了债务”。在这一次及以后的来访中，我们在一起作了大量的工作。只是在读报纸和听收音机关于战争和政治分析的时候。我们的数学讨论才被打断。在去普度之前，他在普林斯顿呆了一年多，收入微薄仅够生计，后来连这也中断了。

厄多斯比中等身材还矮些，极其神经质而易激动。他当时比现今更为好动，几乎一直在跳上跳下挥舞胳膊。他的眼神显示出总沉缅在数学思考当中，打断这思考的，只有他的对世界事务，政治及人类一般事务的悲观论调，他对此看得很黑暗。头脑中如若出现了一些有趣的想法，他总会跳将起来，舞动双手，尔后重又坐下。在献身数学的强烈精神和持久思考问题上，他跟我的一些波兰朋友一样，几乎可以说，他更甚。他身上的癖好多得数不胜数，全部描写出来是不可能的。其中至今他仍有的一项是他有其独特的语言。诸如：“epsilon”*代表“孩子”，“奴隶”与“工头”代表丈夫和妻子，“籐笼”代表婚姻，“布道”代表演讲，以及另外许多现在数学界十分熟悉的代名词。在我们的合作所取得的成果中，直到今天尚有不少没有问世。

岁月的流逝并没有使厄多斯改变多少。他仍然全身心地沉浸在数学和数学家之中：如今年过六旬，他已发表过七百多篇论文。在关于他的许多说法中，有这样一句：“如果你不知道保罗·厄多斯的话，你就不是一个真正的数学家。”此外还有有名的厄多斯数，它代表任何一个数学家，在与厄多斯的合作之链中所处的地位。例如，“二”代表这样的人，他与厄多斯的是某些论文的合作者。大多数数学家通常都能找到与他的某种联系，不是在第一级次上就是在第二级次上。

* epsilon, 希腊语第五个字母“ε”“€”。又，数学上的小的正数。——译者注

厄多斯仍然手书简信。开头是：“假设 x 是那样。那么……”或者：“假设我有一系列数……”结尾前，他附上几笔个人见解，主要是关于上了年纪啦（他从三十岁起就这样写），或者，是有关同龄朋友的命运的悲观言论。然而他的信富于魅力，总带来新的数学信息。我们的通信往来开始于来麦迪逊之前，内容包括：经常地讨论找不到工作的青年数学家的艰辛生涯；讨论与各种官衙职员打交道的难处。这样称呼年轻的美国助理教授，“哎，他是个大亨，”当他这样称呼我的时候，我就引进一个更为细微的分类：大亨，小亨，大人物，小人物，有四种身份。1941 年我告诉他作为助理教授的我，至多算得上个“小亨”，这使他感到有趣，在谈话及通信中，他总是把这四者中的某个指派给我们的朋友。

我和冯·诺伊曼也不顾一切地保持通信，即是在那些日子里我们也谈论到数学，更多地是谈论发生在这世上的那些悲剧。在美国不少人宣扬孤立主义，广泛而明显的厌战情绪，使我产生一种交织着忿恨的失望感。在整体上，约翰尼比我更为悲观，更谙知美国的力量和其政策的长远目标。他已经是中国公民（不过我在当时不知道这点），为备战中的国家而积极工作。

在我们的数学通信中和在数学会议上的交谈中，我们关于数学的言谈从抽象变得更为实际，与物理学更为有关。目前，他正在撰写有关水动力学，空气动力学，震荡及爆炸中的紊流问题。

约翰尼与很多科学家共同磋商问题，他们中有诺伯特·维纳。诺伯特尽管是个和平主义者，可是为了处于战事中的美国，他必须尽他的那份重要的力。他象罗素一样，认为这是场“正义的战争”，一场必要的战争，人类的唯一希望寄托在美

国的参加和取胜上。然而与军务打交道，诺伯特感到困难；相反约翰尼却得心应手。

维纳在其自传里写道，他已经有过与我后来名之为蒙特·卡洛方法相似的想法。他语焉不详地说，当他告诉别人这想法时，发现是对牛弹琴，于是就放弃了这事；类似地，他对向量空间和巴拿赫函数空间的几何问题也失去了兴趣。事实上，他在自己的一本书里称这些向量空间（只与 Banach 一人名字有关）为 Banach-Wiener 空间。这一名称压根就没有“诞生”过。

一次大战期间，数学家们在经典力学，轨迹计算和内外弹道学方面做过大量的研究。这些研究在第二次世界大战开始时复又兴起，不过很快发现这并不是科学的研究的用力所在。水动力学和空气动力学方面的问题的研究变得更为需要和迫切，尤其是因为它们直接与战争中某些特殊问题有关。早在 1940 年，我从图书馆借到一本德国的弹道学教科书，研究发现它对四十年代的军事技术学没有多大价值。战争开始时世上还没有计算机。只是在哈佛大学，国际商用机器公司以及一、两个其他地方，有一些机械的替续器的雏形。

1941 年在麦迪逊，规定的时间一到我立即申请并加入了美国籍。我这样做是希望能更容易为战争效力。为过考试关，我学习了美国历史，宪法，背诵历届总统的名字，以及另一些可能会考到的问题。我记不清什么原因，本是我去芝加哥赴考的，主考官却来到麦迪逊我们系里。初步交谈后我注意他本人很可能是移民，或者是一位移民的儿子。他的外表很象犹太人，也许是太冒昧了，我问了他的出生地和背景。他似乎并不介意，回答说他的父母亲来自乌克兰。我马上感到窘迫，意识到这下成了我在考他了。

一拿到绿卡*后，我立即想志愿加入空军。我们大学里接到通知，空军需要志愿者。三十岁的人要做个战斗机驾驶员，我是太大了。但凭着我的数学知识我想是能够受训成为导航员的。我到离麦迪逊不远的一个招兵站作体格检查。体检由西海岸日本军医主持，他们是调配到这里的中西部军营的。由于体检要验血，我对自己开玩笑地说，我正在为保卫我的新国家而流血给日本人。当我因视力不合格而遭拒绝时，我感到失望。

在部队里教数学课在我看来似乎与战争相关不密。我想做更加直接有用的工作，能做更多贡献的工作。我想到了去加拿大，在那儿入伍。我记起1940年在剑桥与怀特海的一次交谈，提到他有亲戚是加拿大皇家空军的军官。于是，我给他写信，问他能否帮我为参战的加拿大效力。他回给我一封信，信上的话我一直铭记着。他说，纵然他代表我给加拿大的熟人写信，也决不会有任何结果的。

接着，洛斯·阿拉莫斯进入了我的生活画面。

* 即公民身份证。——译者注

第三篇 生活在物理学家中

第 8 章

洛斯·阿拉莫斯

(1943—1945)

1943年晚春，我写信给诺伊曼，谈到了参与战时工作的可能性。我知道他已经卷进去了，因为他的来信更多地发自华盛顿而不是普林斯顿。我不满意自己的教学职务。虽然我也搞了不少数学研究，写了论文，组织了交流，开设了与战争有关的课程，但我仍然感到这里在浪费时间。我感到自己可以为战争努力做更多的贡献。

一天约翰尼在回信中告诉我，一件很有意义的工作正在着手进行，但他还不能说明这里在什么地方。他说他将来普林斯顿经芝加哥到西部去，换车时可有二小时的空隙，故建议我到联合车站去与他会面。这是1943年初秋的事。

我如期前往，当然约翰尼也去了。引起我注意的是有二个看上去有点像“大猩猩”的人在保护着他。显然那是二个卫兵。这件事给我留下了印象。我确信他必定是一个重要人物。一个卫兵去办车票，我们则谈了起来。

约翰尼说，正在进行着一件非常激动人心的工作，而我可能正是它所需要的有用之才。他还是不能告诉我该处的地址，但他却是经常从普林斯顿到那儿去的。

我不知道为什么——纯属偶然，是难以置信的巧合，还是某种先见之明——总之我戏谑地回答道：“你知道，约翰尼，我对工程学或实验物理学不太内行，实际上我甚至不了解抽水马桶是怎么工作的，只知道它有某种自动触媒效应。”讲到这里我看到他态度微变，表情揶揄。只是到后来我才发现自动触媒这个词在使用时常与制造原子弹的计划联系在一起的。

还出现了另一个巧合。我说：“最近我看了一些论分枝过程的著作。”例如有一篇瑞典数学家写的关于过程方面的论文，在那种过程中粒子的裂变很象细菌的繁殖，它是概率过程的一种精致的理论，属于战前的工作。对于描述中子裂变的数学理论它也可能是有用的。这时他再一次盯着我看，疑惑不解，惊诧不已，相当尴尬地笑笑。

我偶而碰到过的威斯康辛的天文学家乔艾·斯特宾斯曾经告诉我说，正在进行的某项工程是与铀和从重元素中释放能量有关的。我怀疑是否是这个消息下意识地促使我作了以上的议论。

在这次车站会见中，约翰尼和我还谈到，学术界在战争努力所需要的工作的计划方面普遍缺乏想象力，特别是在对流体力学和气体力学的估价上。我提出了对某些主要成员的年龄的担忧（对我说来那时超过45岁的就显得是太老了）。约翰尼对此亦有同感。如往常一样，我们还是以笑解愁，说应该有人倡议一个“衰老”协会，由属意于战争工作，但又深受早衰或速衰之苦的那些科学家参加组成。

由于约翰尼除了说他将去西南部外，不能或不敢告诉我

他的行踪去址，我想起了一个古老的犹太故事。在俄国的列车上有二个犹太人。一个问道：“你到哪里去啊？”另一个回答说：“去基辅。”于是第一个说道：“你说谎，你告诉我你要到基辅去，但却希望我认为你要到奥得密去。可我知道你是要到基辅去，那你为什么要说谎呢？”我告诉约翰：“我知道你不能告诉我，但你说你准备到西南去是为了让我认为你将到东北去。可我知道你是要到西南去，那你为什么要说谎呢？”他大笑起来。我们还谈了一会儿战争形势，政策和一些海阔天空的事情，然后他的二位旅伴回来了，他就告别了。

我想在芝加哥我还见过他几次，那是在我接受政府邀请参加一项公开的计划以前，那个计划是一项重要的工作，而物理学对美国内政部是有用的，邀请信由著名物理学家汉斯·贝蒂签署。一起寄来的还有人事部门的一封信，详细罗列了任命，工资，出入手续程序，路程指南等各项细节。我怀着急切的心情立即接受了邀请。

那儿的薪金略高于我在大学里的工资，如果没有记错的话大约一年 5000 美元。已在那工作过的像贝蒂那样的专业物理学家，所得薪金也比大学里的要多一些。我后来知道，一位来自哈佛的化学家乔治·基斯塔科夫斯基在领取所谓天文数学般的工资 9000 或 10000 美元。

我把这个参加一项明显重要的战争计划的机会通知了学校并得到了在此期间允许离职的批准。

几星期前，我的一个学生琼·兴顿已到一个不知名的目的地去了。琼正在学习我开设的一门古典力学课程。一天她来到我在北厅的办公室，问我能否在学期结束前三到四周给她一次考试，以使她能参加某项战争工作，她拿出了英格拉哈姆教授（主席）的一封信，信中给我以那样做的授权。她是

一个好学生，一个相当古怪的女孩，一头金发，健壮、漂亮、她的舅舅是 G. I. 泰勒，一位英国物理学家。她也是 19 世纪著名的逻辑学家乔治·布尔的外孙女。我在信封的背面写了一些问题，琼拿了几张纸，带着笔记本坐在地上，写她的答卷。考试通过了，她则从麦迪逊消失了。

不久我熟悉的其他人士也一个接着一个不见了，当然也是没有讲明去向。这些人中有自助餐厅碰到的相识，有年轻的物理教授，也有大学毕业生，如大卫·弗里希和他的妻子罗丝（她是我的微积分班的毕业生），还有约瑟夫·麦吉本，迪克·塔什克等人。

我终于获悉我们将要到新墨西哥去，到一个离圣塔菲不远的地方去。我从来没有听说过新墨西哥，就到图书馆去借阅到新墨西哥的联邦导游手册。在封底的借阅卡上，我看到了琼·兴顿，大卫·弗里希，约瑟夫·麦吉本和其他那些人的名字，他们都已经神秘地消失，投入了悄悄地进行着的战事工作，而没有说明去向，我就这样简单而又出人意料地发现了他们的行踪。在战时要保持绝对的秘密和安全简直是不可能的呀。

这让我想起了另一个故事。我跟斯特宾斯很熟，在到洛斯·阿拉莫斯后约个把月，我写了封信给他。我没有讲我在哪儿，但提到了在一、二月份我曾经在地平线上看到了星，后来我想到作为一个天文学家，他可以轻易地推断出我们所在的纬度，因为这颗南半天空的星座在 38° 纬度线以外是看不见的。

订车票时所遇到的问题我就略而不谈了。但即使我拥有优先权，我们的出发还是拖延了一个月左右。在车上我只能给列车员一笔小费，以便为弗朗科斯搞到一个铺位，那时她已

经怀孕二个月了。这是我一生中的第一次，我想也是最后一次向某人“行贿”。

我们来到了一个遥远、偏僻、毫不引人注目的小站——新墨西哥的拉美。出乎意料的是在那儿接我们的竟是约翰·卡尔金，我所熟悉的一位数学家，数年前我在芝加哥大学遇到过他，以后又见过他好几次。卡尔金曾是约翰尼的助手，且与约翰尼一起去伦敦就空中投弹的模式与方法中的概率问题，参加过讨论，只是在几星期以前，他才参加了曼哈顿计划。他身材较高，面容清秀，与大多数数学家相比，更善于待人接物。听说我要来，他就从部队车库中借了辆车，开到车站接我们来了。

那里阳光灿烂，空气清寒，令人陶醉，即使地上积雪累累却还是感到十分暖和——与麦迪逊的严冬构成了有趣的对比，卡尔金驾车进入圣塔菲在拉·坊达旅馆停下。我们在酒吧间里的西班牙式餐桌边坐下就餐。在吃了一顿有趣的新墨西哥风味的午餐以后，我们走进了一幢平房的入口。这幢建筑座落在一条紧靠着中央广场的小街上。在一间布置质朴的房间里，一位面带笑容的中年妇女让我填了几张表，摇动了一架老式的台式机器的曲柄，把去洛斯·阿拉莫斯工程的通行证取给了我们。这间不起眼的小办公室就是去到巨大的洛斯·阿拉莫斯复合体的入口处，此情此景与英国的神秘的骑士传说十分相像，使我回忆起童年时代对这类故事的迷恋。

计划的工地在圣塔菲西北约 40 公里的地方。旅程是令人提心吊胆的，卡尔金要我们看看这儿的乡村景色，就决定抄近路——一条泥泞小道，穿过稀稀落落散布着的墨西哥人和印第安人村庄，到了一座狭窄的木桥上。

周围的环境富有浪漫色彩。我们向上走呀走，来到了一

个神奇的境界，到处是峭壁、松树、灌木。仰首眺望它就像是一片茂密的松林，在有刺的铁丝网篱笆中的一个岗门处，我们出示了通行证，然后一直往前开，到达了一个乱七八糟的建筑群，它是一批一层或二层的木结构房子座落在泥泞而狭窄的小路两旁。

分配给我们的是一幢池塘旁边的小木房（答应等新房子一造好，就给我们一套大些的住所）。然后我就跟着卡尔金对技术区进行首次参观。

我们进了一间办公室，在那里我惊奇地看到了约翰尼。他正在与一位身材中等，眉毛浓厚、表情严肃的人进行深谈。那个人在黑板前踱来踱去，稍微有点跛，这就是爱德华·特勒，约翰尼给我们作了介绍。

他们交谈的内容，我只能懂个大概。在黑板上有一些很长的公式，把我给吓住了。看到所有这些复杂的分析，我有点目瞪口呆，怕自己将无法作出任何贡献。但是，时间一天天消逝，出现的还是同样的那些方程，而并不是如我所想象的过几小时就会有所变化，我恢复了信心，重新出现了对这些理论工作能有所作为的希望。

他们谈话中的有些段落我是懂得的。一小时以后，约翰尼把我带到旁边，正式向我解释清楚了这个计划的本质及其目前所处于的阶段。洛斯·阿拉莫斯的工作只是二、三个月前才认真开展起来的，冯·诺伊曼看来确信它是十分重要的，并对制造原子弹这一事业的最终胜利信心十足，他告诉了我曾经加以考虑的各种可能性，同提炼可分裂物质有关的一系列问题，同钚有关的问题（即使最少量的这种物质在那时的洛斯·阿拉莫斯也还不存在）。我记得很清楚，大约在二个月以后，奥本海默手里拿着一个小试管，后面跟着维克多·韦斯科夫，

兴奋地奔出过道。在试管底部的是某种物质的神秘滴状物。一扇扇房门打开了，人们围集拢来，窃窃私语、激动异常、第一批钚刚在实验室获得。

不用说很快就遇到了威斯康辛的那大部分同事，他们先于我离开了麦迪逊。第一天我遇到了汉斯·贝蒂，我对他的比对特勒要了解得多一些。慢慢地我还认识了一大批理论和实验物理学家。我原先认识许多欧洲和美国的数学家，但物理学家却不多。

我懂得一点理论物理，对约翰尼说的我连抽水马桶的自动触媒作用都不懂的那番话，只不过是开个玩笑。当然，天文学是我的第一爱好，其次是物理和数学。在哈佛大学我还曾开设过古典力学的课程，但是抽象地了解物理学是一件事，实际处理关于实验数据的各种问题，如来自于洛斯·阿拉莫斯最新技术的那些，却完全是另一回事。

我发现最需要具备的能力是能对物理情景进行视觉的，甚或触觉的想象，而不只是对所面临的问题能作出逻辑的描述。

对物理问题的感觉与纯理论的数学思维是完全不同的，很难指明是哪一种想象能力，使得人们能够猜测或估计出物理现象的进程。看来在这方面能力较强的数学家为数极少。例如，约翰尼就几乎没有这种直觉，这种“穿透事物”的感觉。他不喜欢对给定的物理情景可能会产生什么反应作出猜测。他的记忆主要是听觉的而不是视觉的。

另一种看来十分重要的本领是能切实掌握几十个物理常量，不单是它们的数值，还要对它们的相对重要程度与相互关系能有真正的领会，也就是说要有一种能作出“评价”的直觉能力。

我当然知道一些常量的数值，像光速和别的3、4个基本的常量如普朗克常数 \hbar ，气态常数 R 等等。很快我就发现，如果某人对不多于一打的辐射与核常量能有真正的领会，那么在想象原子世界内部时他就几乎能够感触到它，在计算更为精确的关系之前，就能够立体地、定性地把握它的形象。

在洛斯·阿拉莫斯，物理学主要研究的是粒子堆中粒子之间的相互作用，相互碰撞，分裂，及有时产生出来的新粒子，十分奇怪的是，在实际工作问题中并未涉及很多量子理论的数学方面，虽然它存在于那些现象的本质之中。用得更多的是些比较古典的动力学——运动学、统计力学、大范围运动问题，流体力学，放射现象等等。事实上该项工作与量子理论相比，倒是像应用数学与抽象数学的关系。一个擅长于解微分方程或使用级数逼近的人，不一定必须懂得函数空间语言的基础理论，当然，较为基本的理解还是需要的。同样，在解释数据和样本数值等多种情况中，量子理论是必需要的。但是，在人们真正把握了中子与其他核子进行反应时所出现的各种情况的原理与事实以后，它就不会是决定性的了。

特勒，我预定在他的组内工作，在第一天就跟我谈了数学物理问题，谈了对以后称之为热核炸弹，而当时正在发展之中的“超级”炸弹的想法，这种理论工作是必不可少的一个环节。能够释放出巨大能量的那种热核反应的思想，当然是早已有之的。1930年，物理学家杰弗里·S·阿特金森和弗里茨·赫特门斯就在一系列论文中，讨论了它们在星际内部反应中的作用。我相信特勒，贝蒂，科诺宾斯基还有其他一些人，都确信可以通过使用铀裂变引爆来触发热核反应。

特勒问题是研究电子放射流的相互作用，它与热核反应的各种可能性问题关系较大，与洛斯·阿拉莫斯工作的主要

问题，裂变炸弹的提炼，关系要小一些。他猜测了一个能量转换公式，这个公式与关于能量转换比率的康普顿效应有关联。它十分简单，是从度量的基础上构筑的，且全凭他的个人直觉。他要我比较严格地把它推导出来。把这个式子给我的时候，前面没有任何的数值因子。这对我是十分新奇的。一、二天以后，我明确地问了他这一点，他回答说：“噢，这个因子应该是1”。

这是我一生中，在理论物理领域所处理的第一个技术问题。我试图用一种相当初等的观点去接近它。我读了一些统计力学和论放射域性质的论文，带着朴素的和常识性的运动学想法开始工作。我试用了某种算术方法，得到了一个与特勒的十分相像的公式，但前面有一个约等于4的数位因子作为转换比率。这是一件细小而又混乱的工作，爱德华并不满意我那十分初等的推导。

稍后我与特勒讨论了这项工作。一位较为专业的年轻的数学物理家亨利·赫维茨，参加了特勒的小组。在这种类型的问题中常要用到特殊函数，凭着在这方面的较好的数学技巧和经验，他得到了一个公式。公式中含有贝塞尔函数，比我的要更富有学术气味。事实上那个精确的数位因子与4相差不大。如果我没有记错的话，它是某个贝塞尔函数的根。

那时的想法是要继裂变炸弹以后，得到某种热核物质——氘——并使用一颗铀弹的爆炸来给它点火。怎样具体做到这一点是一个大问题，但考虑好要怎样安排才能真正进行点火而不使它爆裂后导致失败，却也不是一件容易的工作。此外，至少在理论上，还存在着爆炸过度的危险，存在着引爆整个大气层的危险！著名物理学家格利高里·布赖特对引爆大气层的机会进行了计算。在有人想到要把地球上的热核反应

搞得混乱不堪之前，这样的机会当然只能是零。

我想是贝蒂，与埃米尔·科诺宾斯基，一位著名的理论物理学家，提出用氚替代氘的。在给定的裂变炸弹的温度下，它是较易引爆的一种物质。从理论工作角度给出的这一工程方面的建议，来自于他在热核物理方面深邃的学识。

贝蒂是理论部门的头儿。实际上，正是他和罗伯特·F·贝彻尔在“现代”物理评论上的一系列论文，成了洛斯·阿拉莫斯的科学家们的“圣经”。在那些文章中包括了主要的理论思想和到那时为止的实验事实。贝蒂——因他对太阳和其他星球中能量产生的机械结构的早期发现（所谓的碳循环）现在是诺贝尔奖的获得者——在数学物理的技巧上是一位名家。如范曼曾指出的那样，在洛斯·阿拉莫斯，他做着严格而又确定的工作，就象是一艘旗舰，带领着由较小战舰组成的分舰队，一批年轻的实验理论工作者稳稳地驶向前进。他是那样的少数人物中的一位，对他们一开始我只是尊重，而随着时间的推移，不断产生了对他的爱戴和钦佩。

当我首次遇到特勒的时候，他显得年轻，热情，雄心勃勃，怀有着要在物理学方面做出成绩的不可抑制的感情。他热忱，愿与其他物理学家发展友谊。他有一幅善于批评的头脑，迅捷，敏感，有决断、有恒心。但是在洞察理论物理的基本本质方面，我感到他的感受力似乎有点不足。夸大一点说，他的才能更多地是在工程，结构和鉴定现有的方法方面。但是毫无疑问，他还是具有伟大的发明才能的。

特勒 因其在分子方面的工作而著名，但他自己可能认为这只是他的第二研究领域。加莫夫能够轻易地产生一些新的解法，但都没有可供他使用的技术武库，而特勒却容易解决这个问题，我想正是这一点使得特勒试图去超过他并进行更

深入的工作。

在氢弹工作的组织问题方面，与特勒在人际关系方面不太愉快，加莫夫后来告诉过我，按他的看法，在战前特勒的为人与现在不同，那时他乐意助人，温良谦恭，能够按别人的意图进行工作，而不坚持每件事情都要按他的意见办。加莫夫也说，在参加了洛斯·阿拉莫斯计划以后，他的性格发生了某种变化。

当然，由于他们的工作突然显示出不仅具有实际的重要性，而且有着世界范围的历史意义，再加上金钱收入的大幅度增加与物质环境的显著改善（这虽然较为次要，但却是十分明显的事），使得许多物理学家确实变得飘飘然起来。他们几乎成了像天生的象牙塔式的人物。这也许对某些主要人物之性格的改变是起着作用的。如奥本海默主任，这些对他那以后的活动、经历、思想和成为可能的智者的角色很有关系。像特勒一样，当与那些伟大的物理新理论的创始人相提并论时，奥本海默感到侷促不安。他可能比特勒更加敏捷，更有才华，但也许还是缺乏富有创见的，有决定意义的创造性火花，凭他那过人的才智，他一定自己也意识到了这一点。在理解问题的速度与评价才能方面，他可能超过了贝蒂和费米。

特勒希望在洛斯·阿拉莫斯的基本工作方面留下他个人的标记，首先是在他自己研究裂变炸弹的方式方面。他力促要搞较弱的爆炸，要稀释材料等等。不顾科诺宾斯基等人得出的此种计划前景暗淡的计算结果，他还是想方设法要大家接受他的那一套。这样与理论部门的领导贝蒂的合作就变得越来越困难了。

由于特勒与贝蒂之间的不和日趋频繁，越加尖锐，特勒威胁着要离开。奥本海默不愿意失去这样一位有才华的科学

家，就同意他和他的小组独立于计划的主线，在一个未来方向的领域进行工作。这就是特勒怎样把他们组织的理论工作集中到“超级”上去的缘由。科诺宾斯基，韦斯科夫，塞尔伯，理查德·范曼，威廉·拉里特和其他许多人都对这项工程作出过特殊的贡献，但正是特勒主持了这项工作，并在战争期间共同把它推向前进。

自费米到达以后，特勒小组就成为费米部门的一部分。费米对热核反应和氢弹可能性的理论工作很感兴趣。在战争结束时，他作了几个报告，把到那时为止的工作作了漂亮的总结——这大部分要归功于特勒及其小组所进行的研究。

但即使在那个时候，在原子弹取得成功以前，特勒的某些行动也已埋下了伏笔，导致在以后的所谓氢弹论争中，出现了许多不快事件，并浪费了大量的时间。

特勒小组由一批很有意思的年轻物理学家组成，有的甚至比特勒，科诺宾斯基和我都年轻。他们中间有 N·梅特鲁泡利斯，一位个性奇妙的希腊美国人；哈罗德和玛丽·阿戈一对急切且有才华的夫妇；荀·罗伯梅一位看上去相当能干的年轻妇女，还有一些人的名字我已记不起来了。

当然与其他小组的物理学家也有许多接触，因为那些物理学家与关于“超级”可能性的一些边缘问题有关。与他们的讨论甚为频繁，也十分愉快，且涉及到许多物理学的不同分支。人们可以听到对内向爆炸想法的各种赞成或反对的意见，这是一个新的想法，在许多办公室中就此进行着生动的辩论。那些讨论完全是公开的。对每个科学家都不需要掩盖任何东西。

向人们通报情况的较正规的方式是每周例会，会场是一个大车库，它也作为电影院用。谈话的内容包括整个实验室

工作的进展，以及计划所遇到的特殊问题。由奥本海默亲自主持。

至于我自己，在搞了爱德华的问题那个第一项工作以后，兴趣就转移到了另外的一些有关问题，其中之一是中子增殖的统计问题。从纯数学角度看来，我感到这个问题比较容易捉摸。就分枝模型与增殖模型的一些问题，我与大卫·霍金斯进行了讨论。我们写了一篇报告，研究了增殖分支过程，它有一些实际应用，并与用少量中子引爆炸弹的问题有关。斯坦利·弗伦克尔和范曼从工艺的角度，以较古典的方式对这个问题也进行了研究。我们的论文可认为是一门数学理论的开端，它是概率论的一个分支领域，即后来大家知道的分枝过程理论。

我也与冯·诺伊曼和卡尔金就流体力学问题，特别是那些与内向爆炸过程有关的问题进行了许多交谈。出乎意料的是我发现自己作为一个数学家的那种纯抽象思考的习惯，在处理那些比较实际，比较专门，且较易捉摸的问题时，立即发生了作用。我从来没有感觉到在纯数学的思维模式与物理的思维式之间，有过什么“缝隙”，但许多数学家却对此一再加以强调。适于智力分析的任何东西，我都觉得是适宜的。我并不是指的严格的思维与较模糊的“想象”之间的差别。即使对数学本身，也不完全是严格性的问题，在开始，更主要的是合理的直觉和想象。还有反复进行猜测的问题。总而言之，大多数的思维可以看成是对一系列进展的综合或者归纳。它按三段论方式进行，有时通过探索即可持续不断地步步深入，有时要按开始时不一定显示出来的某些方向前进（我把这称之为“勘探性的侦察”）并需要不断尝试各种可供替换的途径。这一切是五光十色，相当复杂的，很难用那种读者能够满意的方

式加以描述。但是我希望这种就科学思维问题进行的个人分析，能够成为本书的一个很有意思的部分。

我记得早在 1944 年与诺伊曼进行过一次长达数小时的讨论，谈到了计算内向爆炸过程的一些方法，这些方法比他和他的合作者原先设想的那个纲要要现实得多。流体力学问题易于表述，但很难计算，不仅仅在具体细节上，即使在数量的级别上亦是如此。

特别，如在确定同压缩与压力有关的某些数字的值时所遇到的那个问题，以及诸如此类的另一些问题。求得的这些数值，误差应该，比如说在 10% 以内，或者更精确一些，但是在原先的那个纲要中，所做的那些简化从本质上讲，将使它甚至不能够保证精确度在 2 或 3 之间。诺伊曼和其他数学物理学家所建议的，并想借助卡尔金之力得以实施的那些精致的捷径与理论的简化，在我看来都是不合适的。在这次讨论中，我强调了纯粹功利主义的想法认为必须通过简单的强行突破——比较实际的大量的数学计算——来对整个问题进行直接的摸索。在 1944 年那个时期，利用已有的计算能力，还无法达到必要的数学计算所需的那种精度。这是推动发展电子计算机的最重要原因之一。

在那些日子里，洛斯·阿拉莫斯生活中最吸引人的事情之一，就是在集会处与朋友们共进的顿顿午餐。在那里我惊奇地发现了并且逐渐地认识了许许多多我曾经说过的著名人物。

洛斯·阿拉莫斯年轻人很多。我那时 34 岁，但已算是比较大的了。那些年轻人的出众才华及其五花八门的专业领域，给我留下了特别深刻的印象。这似乎有点像在翻阅一册百科全书——一件我很喜欢做的事情，我与实验室周围的青

年科学家交谈时，常会产生同感。大体上讲，也可能提得不那么正确，他们在研究的深度上要比在广度上更擅长，更自如些。而那些年龄较大的科学家，他们中有许多是出生在欧洲的，则具有较广博的知识。但是科学已经变成如此的头绪繁多，专业化又取得了迅速的进展，要同时既掌握全局又了解全部细节就是极其困难的了。

年轻科学家们在他们自己的领域中，显示了很好的判断力，但一般说来，在他们的专业范围以外，进行思考时则往往踌躇不决。也许这是因为害怕不能够“绝对正确”。许多人表现出了一定的离经叛道的精神，不是在知识方面的，而是在哲学方面的，这也许要归功于美国人的态度的功利主义实质吧。

美国人著名的协作天才和合群精神也给我以很深的感触，这些品质与我在欧洲大陆所熟悉的，构成了多么鲜明的对比。我想当朱尔斯·维恩（法国作家 1828—1905）写到为组织他那“月球旅行”所必需的集体努力时，必已经预测到了这一点。为了能对共同事业作出贡献，这里的人们乐意承担次要的角色。这种合群工作的精神必然是 19 世纪生活的一大特征，并因此使美国有可能成为一个强大的工业帝国。在洛斯·阿拉莫斯，使人感到好笑的一个方面是对组织图表十分着迷。在会上理论性的交谈使听众感到很有兴趣，但每当出现一张组织图表时，我感到全体听众都因看到了某种具体且又明确的东西而兴致勃勃（如谁对谁负责等等）。组织性过去是，可能现在仍然是一种伟大的美国式才能，虽然在出现所谓的精神危机时，有一次我曾写过，与其说是精神危机还不如说，这是动向危机（一种事业、团结、共同精神、决心和互利合作方面的危机）。

为一般读者描述智力活动的风格、感受如某种科学“气

氛”是相当困难的。没有专门的英语词章可供此用。“气味”含有不那么令人愉快的蕴涵，“香味”又艺术气息太重，“气氛”有点神秘的超自然的意思。而那些青年科学家并没有什么神秘的味道，他们是有希望的年青人，而不是天才。在他们之中也许只有范曼有那么一点神秘的味道。

他比我小6到7岁，漂亮、聪明，古怪且又喜欢创新。我记得有一天贝蒂的笑声响彻整个过道，引得我跑出办公室要看看什么事情是如此可笑。在离贝蒂办公室之间门前不远处，正站着范曼，一边讲话一边做动作，他正在讲述自己破坏征兵体检的故事，一边重演他那现已十分出名的姿势：当医生请他伸出双手时，他把双手向前伸直，一只手掌向上，另一只手掌向下。医生说，“另一面”！他却保持双手不动。他在体检中的这一个或那一个细节在整层楼引起阵阵笑声。来到洛斯·阿拉莫斯的第一天或者是第二天，我就遇到了范曼，并向他谈到了我那惊讶的感觉： $E = mc^2$ ——在理论上我当然相信它，但总好象尚未确实感觉到——事实上竟是全部工作的基础，并将导致某种炸弹，进行着整个计划确实就是依赖着纸上的那么少的几个符号的，当爱因斯坦在战争前第一次谈到，放射现象显示了质量和能量的等价的时候，他没问道：“情况确实如此吗？”

我对范曼开玩笑说：“有一天人们将会发现，一立方毫米的真空真要值到一万美元——因为它等价于那么多的能量嘛。”他立即表示同意说：“对，但当然那将是纯净的真空！”确实，现在人们懂得了真空的极性。二个电子或二个质子之间的力不是 e^2/r^2 ，而是一个无穷级数，上述只是这的第一项，真相互作用，就像是二面几乎平行的镜子，反射出去，又反射回来，再反射出去，直至无穷。

写到这里又使我想起了有一次与费米一起，参观芝加哥

的回旋加速器时所产生的感觉。他领我到各处看了，又让我穿过一扇重得出奇的门，说：“如果你把你关上，它就会把你压扁成一张纸。”我们在二个磁板之间来回走动，我把手伸到口袋里去摸铅笔刀，有时我会这样去摆弄它的。突然当我碰到它时，它从我手中跳走了。真空的力量，这使我切身感觉到了“空间”的客观存在。

范曼对与物理无关的许多纯数学演算也很有兴趣。我记得他曾作过一次关于三角形数的有趣的讲话，并力图用他的幽默使大家高兴。与此同时，他却正在研究数学。看来他真是聪明过了头。这种奇特的兴趣又是多么的不合理呀。

一天他给我朗诵下面的句子：“我惊奇为什么我惊奇，我惊奇为什么我惊奇为什么我惊奇。我惊奇为什么我惊奇为什么我惊奇为什么”，以及诸如此类的东西。

这一切都取决于你把语调的重点放在哪里，不同的念法表达不同的意思。他令人惊叹地用了5、6种方式加以朗诵，每次都有不同的重点，确实是极富幽默感的。

在地理上，洛斯·阿拉莫斯由许多2—4间一套的建筑群构成，这些临时性的军队构筑在战后表明是十分牢固的，可以维持许多年。凭他那崇高的声誉，奥本海默坚持要依照地形外貌来构筑这些房子，要保留尽可能多的树木，而不要单调的长方形军营状建筑或者连队式小镇。它们是相当原始的，在厨房里装着烧煤的炉灶。人们抱怨住房设施不甚合意，主妇们则是牢骚满腹，怨言颇多。但是我感到总的说来洛斯·阿拉莫斯还是相当舒适的。在海拔7200英尺的高度，新墨西哥，特别是洛斯·阿拉莫斯的气候，在我曾经住过的那些地方中，是最好的一处。

普拉赞克，一位战后参加计划的物理学家，感到美国洛基

山以东地区总的说来在气候方面是不宜居住的。

对不习惯于夏日的潮湿炎热，冬天的刺骨寒冷的欧洲人来说，情况是如此。在剑桥我曾对我的朋友们说过，美国就像是神话中的小孩，出生时所有的仙女都带来了礼物，只有一位没有来。就是掌管气候的那位仙女。

到达洛斯·阿拉莫斯后不久，我遇到了大卫·霍金斯，来自贝克莱的一位年青哲学家。他是奥本海默亲自带来准备管理实验室行政事务的。我们立即相处得十分融洽。

霍金斯高个儿，蓝眼睛，一头金发，是新墨西哥早期移民的后裔。他的父亲贾奇·霍金斯法官，在本世纪初是位著名人物。他是特里特莱的一位律师，也是那里的一位地方官员，该地方在圣塔菲的铁路运行中地位重要。大卫是在该洲南部拉·卢茨的小村庄里长大的。我之所以提到这一点，是因为后来原子弹在阿拉玛哥达附近的沙漠中爆炸时，大卫就担心那令人致盲的闪光，高热和冲击波会对住在拉·卢茨的人民造成危险。那里住着他的姐姐一家，离试验地只有30到40公里。

霍金斯兴趣广泛，学识渊博，受过良好的教育，很有逻辑头脑。他不是从狭隘的专家角度，而是从一种更加一般的哲学观点来看待科学问题。更妙的是，他还是我所知道的最富才能的业余数学家。他告诉我在斯坦福，他听过奥斯本斯基上课，那是一个俄国保皇党，概率论和数论专家。但是他并没有受过广泛的数学训练。他有很好的数学素质与演算才能。在世界各地我所遇到过的非专业的数学家或物理学家中，他给人的印象最为深刻。

我们讨论了中子链式反应的问题以及分枝过程的概率问题。在1944年我们将这种过程称之为繁殖过程。

我对从一个中子产生的类似的分枝树问题很感兴趣，它可以繁殖成零（即那个中子因被吸收而消之），可以繁殖成1（只有它自身在继续），也可以繁殖成2或者3或者4（引起新中子的产生），每一种可能性都有确定的概率。这是一个单纯的特异问题，由裂变的未来进程和经过许多代以后，可能出现那些链等问题所引伸出来。

很早以前霍金斯和我就在摸索一种基本的方法，使之有助于从数学方面来研究那种分枝链。事实证明研究“繁殖”过程所需要的东西就是所谓特征函数。它是拉普拉斯发明的，对于随机变量的正规“加法”十分有效。后来我们发现，在我们之前，统计学家洛特卡就对这种效应进行过观察，但是，在函数的迭代运算或与该函数有关的算子运算（一种更一般的过程）的基础上建立起来的，这种过程的真正的理论，是由我们在洛斯阿拉莫斯，从一篇简短的报告开始的。在洛斯·阿拉莫斯，埃弗雷特与我合作以后，我们曾在战后的1947年，对这项工作进行了有力的推广和一般化。稍后尤金·魏格纳提出了优先权的问题。他急于表明，我们所做的工作要略早于著名数学家安德尔·N·科尔莫哥洛夫和其他一些俄国人，而有些捷克人也声称他们得到了类似的结果。

我喜欢霍金斯那广泛的好奇心，欣赏他对好几门科学理论所拥有的几乎是无与伦比的基础知识，不仅在物理学的基本概念方面，而且还有在生物学甚至是在经济学方面的基本知识。我欣赏他对原来称之为“信息论”的那门学科所抱有兴趣和真正的初创性工作，它是在维纳，特别是克劳德·申农对之加以形式化后才真正形成的。

大卫还把冯·诺伊曼和摩根斯顿的对策论思想应用于经济问题。

霍金斯写过几篇很有意义的论文，还有一本论述科学哲学、或更恰当地说是论述合理思维的优秀著作，其书名是“自然的语言”。

在洛斯·阿拉莫斯，霍金斯最早担任奥本海默办公室与军方之间的联络官。保密令解除后若干年，他写了二卷书，从洛斯·阿拉莫斯早期开始写起，直到战争结束时，那里的组织情况和科学史实。我不知道他曾有过的一段经历（同他谈话中他也没有提到），在30年代他曾在西海岸卷入过共产主义同情者小组。在麦卡锡时代以前及期间，这给他带来了许多麻烦，包括在华盛顿的一系列听证会。后来他被证明完全无罪后才解脱了出来。

他的妻子弗朗西斯是一位很有意思的妇女，与弗朗科斯相处融洽，过往甚密。1946年我在加利福尼亚患病期间，霍金斯夫妇替我们照顾了那时才18个月的我们的小女儿克莱尔帮了大忙。

战争结束后，霍金斯离开了洛斯·阿拉莫斯，在布尔德的克罗里达大学任哲学教授，直至今日。

洛斯·阿拉莫斯的社交生活与我曾居住或工作过的任何地方都大不相同。即使里沃夫也比不上洛斯·阿拉莫斯有如此频繁的接触。里沃夫的人口也是高度集中的，在那里数学家们和大学工作人员们交往频繁，且在餐厅和咖啡馆内一起度过了大量的时光。至于这儿因附近只此一村，地方不大且房屋邻近，情况就更加突出了。下班以后，访友的人群络绎不绝。使我感到新奇的是，在他们中间没有数学家（除了冯·诺伊曼和另外二、三位年青人外），都是一些物理学家，化学家和工程师，这些人在心理上与我们那些较为内向的数学家同行是完全不同的。物理学家们那各异的个性，丰富的内涵是很

有意思的，很值得人们观察。总的说来，理论工作者与实验工作者在气质上是很不相同的。

据说在弗劳·罗达人们可以看到多达 8 到 10 位诺贝尔奖金获得者在同时用餐（拉比，劳伦斯，费米，布洛赫，玻尔，查德威克和其他一些）。他们的兴趣非常广泛。因为物理学拥有比数学更多的确定且又明显的中心问题，分布在许多个几乎是彼此独立的思考领域。他们不仅在考虑主要问题：建造原子弹同与原子爆炸现象有关的各种物理问题——这是计划严格规定的工作，也在考虑许多更一般的问题：物理学的本质，物理学的未来，核实验对未来技术的影响以及对物理理论的未来发展的影响。此外，我记得在很多次餐后讨论中，还谈到了科学哲学的问题。当然还谈到了世界形势，从前线的逐日进展谈到未来几个月中对胜利前景的展望。

如此众多的有意思人物共同并发的智力品质及其持久的通力协作当然是无与伦比的。在整个科学史上，与这样的大规模集中，甚至是稍微接近一点的现象也从来没有发生过。与此同时，在剑桥与麻萨诸塞进行的雷达计划，倒是具有它的某些特征，但强度可差远了。也许那里更多地偏向于工艺学方面，并没有触及如此众多的物理学的基本问题。

哪些人是这奇特的相会中的佼佼者呢？冯·诺伊曼，费米，贝蒂，范曼，特勒，奥本海默，O. R. 弗里希，韦斯科夫，萨格雷和另外的一些人。我已经勾划过他们中间某些人的个性，下面要再描绘几位。

我第一次遇到费米，是在他到达洛斯·阿拉莫斯的时候，这是在我们去那里后几个月，芝加哥的加速器工程胜利完成以后。我记得在他到达之前，我与六、七个人坐在弗卢·罗达用餐，其中包括冯·诺伊曼和特勒，特勒说：“现在可以肯定费

米将于下星期到达。”我曾经听说，费米因其宣告的绝对正确无误而被称之为“教皇”。故我马上吟诵道：“Annuncio vobis gaudium maximum, papam habemus”，（当白色炊烟飘浮在梵蒂冈的烟囱上空，在附视圣彼得广场的阳台上，枢机主教们宣布要选举教皇。）上面这些话就是这种宣称的古典方式。约翰尼听懂了我的话，向大家作了解释。这一典故博得了全桌的掌声。

费米个子较矮，但十分结实，手足强壮有力，行动十分迅速。他的眼睛炯炯有神，但当考虑某个问题时，都会沉思地停滞不动。他的手指常会夹着铅笔或者滑尺，神经质地抖动。他通常显得十分幽默，嘴边总是挂着微笑。

他会用一种设问的方式来接待提问者。他的谈话包含有许多问题，而不是表达一系列的意见。但是他提问的方式使人能清楚地感到费米的信念或猜测是沿着什么途径进行的。他会试图用苏格拉底式的提问去阐明别人的思想，但要比柏拉图式的问题系列更为具体。

纯化普通意识可以看作为费米的思维特征。他意志坚强，善于自恃，坚韧不拔但并不顽固，随时随地在仔细地考察各种可能的细枝末节。他决不放过展现在面前的任何一个机会，他们往往是在科学工作的随意观察中，偶然出现的。

有一次我们谈到了另一位物理学家，他认为他的特点是系统化得过了头。但是他也告诉我，他喜欢有条不紊地系统化地开展工作，以使每件事情都被考虑进去。而同时他又决定，要他的门生每天至少花一小时时间，不受任何拘束地玄思苦索。我喜欢这个悖论，需要非系统的系统思维方式。在费米胸中，蕴藏着一整套重要（物理）规律和效应的心理图象，他也拥有良好的数学技巧，不过只在必要的时候使用。实际上，

他远远不只是一种技巧，而且是一种分析问题的方法，一种各个击破的方法。由于我们对于内省的知识有限，现时还无法解释这种现象。与其说它是“科学”还不如说这是一门“艺术”。我要说费米是极为理性的。让我解释我的意思：狭义相对论是奇异的，非理性的，看来与以前所知道的那些背景相悖。不存在通过同已有的思想进行类比而发展它的简单途径。可能费米将不会试图发展那样的一种变革。

我想他对重要事物具有一种超人的感觉，他并不轻视对那些所谓较小的问题所开展的工作，而同时，对于物理中的事物的重要性的次序保持着清醒的认识，这种品质在物理学中比在数学中更为重要，因为数学不如物理那样与“现实世界”那么独特地联系着。十分奇怪的是他是作为一个数学家而开始工作的。在他的第一批得到了优雅结果的论文中，有些是研究关于遍历性运动问题的。只要他愿意，他就有能力研究随便什么数学问题。出乎我意料的是，在一次散步时，他谈到了由统计力学所引出的一个数学问题，这个问题约翰·奥克斯泰勒和我已在1941年解决了。

十分明显，费米具有很强的意志力，他甚至能够控制自己冲动时的姿势，按照我们看法，他是在自觉地避免反复不定的拉丁式癖好，也许还在有意识地控制各种表情动作，避免发出惊叫声。但是恩里克的笑容却是十分自然的。

在所有的活动中——科学的或者是别的什么活动——他会给常识性的观点加上一种貌似合乎逻辑的古怪的幽默。例如在打网球时，如果他以4比6的局数输了，他就会说：“不能算数，因为差数小于各局数和的平方根。”（在统计中，这是纯粹随机波动的一种衡量尺度）。

他喜爱政治性的讨论，还喜欢预测未来，但并不十分认

真，他会要一群人写下他们认为将会发生的事情。然后将其封在一个信封里，到几个月后再打开，总的说来，他对长远的政治前景持十分悲观的看法，包括认为人类仍然是愚蠢的，总有一天要自己毁灭自己。

他还爱嘲弄人。我记得在嘲弄特勒时，他那些用语的意大利式的语尾变化。例如：“Edward—a how com—a the Hungarians have not—a invented anything?”（爱德华啊，这样的一个匈牙利人怎么会啊什么东西都没有啊发明出来呢？）萨格雷很喜欢周末到洛斯·阿拉莫斯山脉的溪流中去垂钓，有一次他正在详细解释这种艺术的微妙之处，说鳟鱼是很不容易抓到的。不会钓鱼的恩里克微笑着说：“噢，埃米我懂了，这是一场智斗呀！”

当与朋友们谈到他人的个性时，他尽力做到超然、客观，避免掺入任何个人主观的意见或者外在感受。他对自己充满自信。他知道自己感觉敏锐，运气不错，还有极佳的一般意识，丰富的数学技巧和广博的物理知识。

恩里克喜欢散步。好几次我们从洛斯·阿拉莫斯紧靠着峡谷二侧下坡，沿着溪流一直走到邦特里国家博物馆。这段路程有7到8公里，其间我们穿过溪流的次数不少于30次。这样的散步要持续好几个小时，当然还讨论了许多问题。

这里我还要提到自己的一个怪癖：我不喜欢上坡，但也不知道究竟是什么原因。有些人对我说，我是由于急躁而常会走得过快，并因此引起呼吸急促。在平地上散步，我确实毫不在乎，事实上我还很喜欢走下坡的路。多年前我买过一本德国的旅行指南，名字叫：“阿尔卑斯的一百段下坡道”。当然，是一个十分幽默的题目。

战后，在弗里茨勒斯峡谷那样的一次下坡远足中，我告诉

费米，在我高中毕业那一年，我是怎样阅读海森堡；薛定谔和德·布罗意论新量子理论著作的通俗报告的。我知道薛定谔方程的解给出了6位小数精度的氢弹的量级。我困惑那样一个人为的抽象方程怎么竟会有效到十万分之一这样的数量级的。尽管它具有通过类推法导出公式的表面形式，在我看来，这仍像是从虚无中得到的一个偏微分方程，我把这些对费米讲了，他立即回答道：“你知道，斯坦，那个方程并没有那么神。”

他继续说道，他希望在秋天于芝加哥大学开设的课程中，能够真正做到逻辑地引入和导出量子理论。显然他作了一番努力，但次年夏天他回洛斯·阿拉莫斯时告诉我：“在真正合理地引入量子理论这点上，我不能满意自己的工作。”他并不象某些人天真地认为的那样，仅仅是一些公理的问题。问题是在于为什么要这一些公理而不是其他的一些，任一可行的算法都能够公理化。怎样从历史的角度或从概念的角度引入，证明，合并或简化这些公理，怎样从实验的基础上构筑这些公理，这才是真正的问题所在。

冯·诺伊曼和费米在个性上是完全不同的。也许约翰尼的兴趣要比恩里克广泛一些。可以肯定，他对其他一些领域也有比较明显的兴趣。譬如说在古代史方面，费米对艺术从未显示过有什么兴趣或者爱好。我记得他从未与人讨论过音乐，绘画或者文学。现今的事务，政治是谈过的，历史则从来没有。但冯·诺伊曼却对二者都感兴趣。费米从不耽溺于引语或者典故，不管它是拉丁的还是其他的，虽然有时他喜欢作出简短而机智的表述，他不会在体育场所露面，不会在亚里士多德式的教育团体中出现，也不会显露出什么综合性的智力习性，他的最为显著的特点是他那拉丁式的简洁。冯·诺

伊曼却不会自觉地坚持简单化，相反，有时他还喜欢显示那机敏的复杂化。

在讲课或在向科学集会所作的报告中，他们显示了各自不同的风格。约翰尼毫不在意地显示自己的才气或其特殊的才能；而费米则恰恰相反，致力于追求极度的纯真，使他所讲的内容显得是那样的自然，直接、明快、清楚。学生在回家以后，往往无法再现费米对某些现象所作的那种简洁得惊人的解释，或是掌握他用来数学地处理某个物理问题的仿佛是十分简单的想法。反之，在冯·诺伊曼身上却显示了他逗留过的德国大学的影响。他竭力避免夸大其词，可是他的语言结构却可能是复杂的，虽然其完美的逻辑总是给他的用词以唯一合理的解释。

他们相互给对方以极高的评价。我记得有一次讨论到了费米曾考虑过的某个流体力学问题。冯·诺伊曼提出了一个需要应用某种形式数学技巧的思路。事后费米以赞赏的口吻告诉我说：“他真是一个行家啊，对吗！”至于冯·诺伊曼，他总是把成功的外部标志看得很重，费米获得的诺贝尔奖给了他很深的印象。有些人通过直觉得到了结果，有些人看来是出于幸运而获得了成功，对他们的这种能力，诺伊曼相当羡慕，非常欣赏，特别对费米显然是轻易地获得的基本物理发现，他的那种感觉就更强烈了。最后费米也许是下述意义上的最后一个全能物理学家了：他熟悉理论，在许多分校作出了开创性的工作，知道如何安排实验，甚至是亲自动手执行；他还是在理论与实验二方面都极其伟大的最后一位巨匠。

尼尔斯·玻尔，原子中量子化的电子轨道的发现者与量子理论的伟大先驱，在洛斯·阿拉莫斯也逗留过好几个月。那时他还不算太老。但对35岁的我说来，他好像要高出好几辈，

虽然年近60的玻尔无论在体力上还是在智力上，仍还精力充沛，富于生气。他在洛斯·阿拉莫斯山上散步，滑雪、远足。不知什么缘故，他看上去象是智慧的化身（是智慧，也许不是牛顿或爱因斯坦那种意义上的天才）。他知道那些是不应尝试的，知道不用到数学可以完成到何种地步。数学工作他是让给别人去做的。我很喜欢他这方面的巨大智慧。

没有遵照在表达对别人看法时所常有的谨慎态度，费米有一次评论说，在玻尔讲话时，他有时会给人一种基督教士在向群众播道祝贺的印象。这是一个反对偶像崇拜的宣称，因为有那么多的物理学家仍然处在玻尔的魅力影响之下。

他有他自己的某种才能，这才使他成为一位伟大的物理学家，但是按我的看法，他的有些学生几乎是被他那互补性哲学给搅浑了，例如“一个人可以这样说，但另一方面又可以……”或者“不能把你想要的东西说得太明白了”。没有像他那样出色的心智与直觉智慧的人们，就会被此引入迷途，丧失其理智思考或科学探索的正确性与尖锐性。但是他仍然拥有许多钦佩者。维克多·F·韦斯科夫就是其中之一。

在我看来，作为一种哲学指导路线，互补性基本上应是否定的。它只能起一种安慰的作用。除了哲学上的安慰作用外，它是否还有其他的积极作用，这是一个我感到困惑的问题。

玻尔的讲话很难理解，有关他的趣闻轶事也很多。大多数时间几乎不可能得到他的精确语句。有一天，一位青年物理学家鲁宾·谢尔被请到了公共通讯系统处。我在该处对他进行解释，每天按一定的时间间隔，各实验室会播放通告或者要求。最频繁地被叫到是J. J. 伽梯勒氏，他是一位采购员，是这里的万能先生。其他的一些呼唤是要求归还这样或那样的

器具，或者甚至是西尔斯·罗勃克目录。某天，在其他的一些宣告中，有一个是请鲁宾·谢尔到尼古拉斯·贝克办公室去的（尼古拉斯·贝克是玻尔为了安全原因而使用的假名。费米的假名是弗墨尔）。如鲁宾·谢尔在他的故事中所讲的，他走到了办公室，看见几位物理学家坐在周围，显然是在倾听玻尔的讲话，玻尔停下了，朝着谢尔的方向，咕噜了几个无法理解的句子，突然以几个非常清晰的词作为结束：“猜一猜是多少？”谢尔连问题中的一个字也没有听清，尴尬地涨红了脸，羞怯的摇摇头，继续保持沉默。过了一会儿，玻尔又以清楚的声音说：“ 10^{41} ”这时在场的每个人都大笑起来，到这天结束，谢尔还仍不知道这到底是怎么一回事。

另一个关于玻尔的故事显示了科学家们的心不在焉：在整个洛斯·阿拉莫斯大家都知道尼古拉斯·贝克就是尼尔斯·玻尔，无论如何在公开场合不能提到他的真名。在一次非正式的聚会中，韦斯科夫提到了“著名的玻尔原理”，“噢，对不起”，他呐呐道，“尼古拉斯·贝克原理！”这个安全裂口引起了哄堂大笑。

并不是所有的人都能自觉地注意保密。每一个科学家，不管是年老的还是年青的，在他的办公室里都有一个保险箱，用以放置秘密文件。事实上，该计划所拥有的保险箱要比在纽约的全体银行的还多。有一次在玻尔的办公室里，我看到他还在努力打开一个保险箱，相当简单的三个二位数字的组合，就可以打开那些保险箱。他试了又试，花了很长时间终于成功了，他拉出抽屉，高兴地赞叹道：“我看这一天可没白过！”范曼能够打开被主人忘记组合号码的那些保险箱，这可是完全真实的事情。他在外面听那些转动的喀喀声，有时他能猜到，象数学中的 π 和 e ，或光速 c 或普朗克常数 \hbar 等数中的

哪几个数学被保险箱主人选作了组合号码。

大约每周一次我们几个人会聚在一起打打扑克，这给反复交替的研究工作，学术讨论，晚间聚会，社交访问和宴会起了一种调剂作用。参加的有梅特鲁泡利斯，大卫，卡尔金，弗兰德斯，兰格，朗，科诺宾斯基，冯·诺伊曼（当他在那里时），基斯塔科夫斯基有时也来，还有特勒和其他一些人，我们打一些小小的赌注。游戏的质朴，随便的交谈讨论，穿插其间的粗言俗语，这种种冲刷着由于从事极为严肃和重要的公务，——那正是洛斯·阿拉莫斯需要存在的原因——而引起的疲劳，使我们得以摆脱麻木和呆板，重新恢复了生气。

在这样的游戏中，除非你对打牌本身甚感兴趣，而不是把它作为一种放松的手段，你是不可能打得很好的。冯·诺伊曼，特勒和我在叫牌或打牌时，会想到与此完全无关的事情，结果我们几乎总是输家，梅特鲁泡利斯有一次描述了他的一次了不起的胜利，他赢了冯·诺伊曼，对策论的一篇著名论文的作者，10块美元。他用其中的5块买了他的书，把另外5块塞在书的封面里作为胜利的象征。不是科学家或不是数学家就不大容易清楚地体会，一个人怎么可以在他的头脑中十分认真有效地做理论工作，而同时却在有板有眼地从事另一项比较平凡的工作。

广岛，抗战胜利日，洛斯阿拉莫斯的故事，这三者几乎在原子弹爆炸的同时，也在世界上爆炸了。对这个秘密的战时“计划”的报道塞满了报纸的版面，它的行政首脑们当然是非常引人注目的，在广岛事件以后发表的许多访问记中，有一篇说，E. O. 劳伦斯“谦虚地承认”，按访问者的说法是“他对原子弹负有比任何其他人都要多的责任”。其他一些人做的，或被报导说作了的那些类似的声明充斥了各种通讯手段。报导

说，奥本海默在原子弹初炸时发出了可怕的闪光以后，引用了的印度史诗中哈给瓦特·吉达的话来描述自己的感觉：“我脑中闪过了这样的想法，我已经成了黑暗的王子，宇宙的破坏者。”

当我在报纸上读到这条报导时，我脑中真的闪过了另外一个想法，想到了战前柏林一则“供膳”的故事。我立即把它告诉了约翰尼。在那时约翰尼正在我家吃饭，一群柏林寄宿生正围着一张桌子用餐，各人都自己动手取用他应有的一份。一个人正从盘中取走大部分的芦笋。这时另一个人站了起来，羞答答地说道：“对不起，戈德堡先生，我们也都喜欢芦笋啊！”于是“芦笋”这个词在我们的私人谈话中就成了一个代词密码，用以表示那些从科学工作或其他合作完成的功绩中，企图夸大自己的作用，摄取过份声誉的那些人。约翰尼很喜欢这个故事，以至在我们的富于幽默感的谈话中，想要发展这个主题。我们计划写一篇 20 卷的论文论“各个世纪的芦笋”。带着浓厚的德国风味，约翰尼将写“古代的芦笋”，而我写最后一卷“芦笋的来笼去脉”。后来，卡森·马克又在这些笑话上打下了他的印记，他作了一首歌“啊！我多爱芦笋”，并配上了当时流行歌曲的曲调。

但是象这一类轻松言行并不能缓解普遍存在着的一种预感，就要进入一个将被称为原子世纪的历史时代了。战争结束了，整个世界，整个国家都要重新加以组织。生活必将发生变化。

第 9 章

南加利福尼亚

(1945—1946)

战争结束了，世界从废墟中复苏，许多人离开了洛斯·阿拉莫斯，有的像汉斯·贝蒂那样回到了他们原先任教的大学，有的则奔赴新的学术岗位，像韦斯科夫去了麻省理工学院，特勒去了芝加哥。对于战时实验室的未来，政府还没有作出任何决定。

芝加哥大学已经采取步骤创造一个崭新的大型核物理中心。参加的有费米、特勒和来自曼哈顿区域计划的其他一些人员。在我看来最为出类拔萃的诺伊曼则认为，由于科学在赢得战争方面扮演了重要的角色，战后学术界将呈新貌，这在1939年以前是完全不可能想象的。

在个人生活方面，没有证据表明，我有任何近亲残存下来了（多年以后，才重又获知了两位表亲的消息。其中一位在法国，另一位在以色列）。弗兰科斯也已经失去了他那在奥斯威辛集中营的母亲。现在我们都是美国的公民了。合众国已成了我们的祖国，再也没有任何重回欧洲的念头了。但是战时工作结束以后，将要踏上何种岗位的问题却常在脑中盘旋。

我曾经给当时的校长兰格写过几封信，磋商重返麦迪逊的问题。他是一位正直且又开放的人物。当我询问到提升与保留职位的可能时，他用令人欣赏的直率语气答复道：“不必

转弯抹角，如果你不是外国人，那事情就将容易得多。你的前程也将能得到更快的发展。”既然看来在麦迪逊没有良好的机会，我就转向了别处。那是我麦迪逊的一位老朋友，唐纳德·海尔斯来信提供的。当时他正担任洛杉矶的南加利福尼亚大学的教授。海尔斯在那里甚有建树，他问我是否有兴趣以客座教授身份加盟，享受比麦迪逊略高一些的工资待遇。那个大学不大，在学术方面也并不太强，当然不是一个很有魅力的地方。但是他说，那儿的教授们正雄心勃勃地致力于提高它的学术声誉。我应邀于1945年8月飞抵洛杉矶访问。

这是我第一次见到那座城市。它给我留下了奇特的印象。在气候、建筑与其他各个方面，它都与我所知道的任何地方不同。我向诺伊曼谈了这个工作机会。他虽然感到奇怪，我会对这个相当一般的差使感到兴趣，但却并没有作出否定的反应。他表示尊重我的意愿。我觉得战后再在洛斯阿拉莫斯消磨时光是没有意义的，于是接受了南加利福尼亚大学的职位。

1945年9月初，我到洛杉矶寻找住房，准备从洛斯·阿拉莫斯迁往那里。在战争刚刚结束的那段时期，洛杉矶的住房情况不佳。由于我们没有汽车，要找的房子就只能在学校附近。我常常说，洛杉矶的任何两点，都至少有一个小时的汽车路程，真是一个“离散的”拓扑空间。我设法转租了一幢典型的洛杉矶小屋，为期一个学期。它座落在一条普通的街道上，街道两旁排列着细长的棕榈树。对我说来它还可以凑合，可弗兰科斯就感到那是非常寒怆的了。一时找不到更好的，无论如何，总算安顿下来了。我注意到每一次搬迁，我们的物质财富，衣服、书籍、家俱等等，都要在运行中减少。我常说它们每每减少到 $1/2$ ，就像在跃迁中粒子的热量按平均自由路程消

失那样。

在那个学年(1945—46)的第二学期，霍金斯的好朋友，哈尔和海蒂·布莱顿邀请我们住到他们的夏季别墅去。它位于新港海湾对面的巴尔波岛，四面环水，漂亮且又舒适。从大学近旁搬到那儿住，当然是一种令人惊叹的变化。可对我说来，要每天往返就显得稍远了些。于是平时我就住在大学宿舍附近的一座旅馆里，逢周末才回到岛上的家里。弗兰科斯带着我们的女儿克莱尔留在岛上。她是一年前在洛斯·阿拉莫斯出生的。

经历了洛斯阿拉莫斯高强度的科学活动后，我发现南加利福尼亚大学的学术气氛或多或少有点儿沉闷，或者说是处于低潮。每个人都怀着良好的意愿，但对“研究”却不是非常感兴趣。我迫不得已而函授的“教学负担”并不太重。无论如何，要不是我突然病倒的话，事情本来似乎还是有希望的。我参加芝加哥的一次数学会议后回到洛杉矶时，染上了重感冒。那天风雨交加，从公共汽车走回巴尔波家的途中，狂风几乎令我窒息。就在那天晚上，我头疼得厉害，在我的一生中，还从未经历过那样的头疼。这是一种全新的感觉，我曾经遭受过的最可怕的痛苦。它遍及全身，伴随着从胸骨部向上蔓延到下颌的一种麻木的感觉。我突然想到了柏拉图对苏格拉底的描述。在狱中他被迫服用了毒人参。狱卒扶着他行走，告诉他当麻木的感觉从脚底上升到头部时，他的末日就来临了。

弗兰科斯难以立即找到医师。因为她必须在深夜赶到海岛上。花了九牛二虎之力好不容易才请到的大夫，却没能发现我的毛病出在哪儿。他给了我一服吗啡，以缓解我的剧痛。第二天早上，我似乎觉得完全正常了，只是时而还有点虚弱与疲乏，还不能够清晰地表达自己的意思。尽管如此，我还是回

到了洛杉矶，并在学校上了课。第二天晚上，剧烈的头痛又出现了。当我想从旅馆的住房给弗兰科斯打电话时，我发现自己的说话含糊不清，几乎不能够组成完整的词句。我尽力想把意思讲清楚，可发出的却几乎都是些毫无意义的喃喃声。这是一种非常可怕的感觉。弗兰科斯被我电话中那一串串难以分辨的声音吓住了（我不知道，怎么还会记得家中的电话号码）。她给布莱顿挂了电话，请他们派医生给我看病。实际上来了两位医生，我那飘忽不定的症状使他们感到困惑。他们把我送到了山道斯医院。这是一种严重的脑病。它是我一生中最具毁灭性的经历。关于自己治疗状况的许多记忆是含糊混淆的。幸好有弗兰科斯事后告诉我的那些情况，我才能对这件事加以叙述。

对我作了种种化验，那持续了好几天。怀疑是脑炎、脊椎栓等等。那种脑炎十分奇特。医生怀疑有肿瘤，可能良性，也可能恶性。请来了库欣的神经外科学学生雷尼，计划在第二天进行一次手术。当然这一切那时我是完全不知道的。我只记得我曾设法转移护士的视线，请她看看窗外，以便自己可以读到病历卡。我看到在 O-3 那里打有注意的记号。我怀疑那是表示脑病第三期。在经历了这一切以后，我害怕极了，开始想到自己正在走向死亡。我考虑自己存活下来的机会小于一半。失语症依然存在。在我想说话的大部分时候，发出的只是毫无意义的噪音。我不知道为什么没有人想到，应该探测一下我是否能够以写代讲。

布莱顿提醒了弗兰科斯，她急忙从巴尔波乘出租汽车赶来，正好赶上看到我开始呕吐胆汁，脸色越来越苍白，直至失去知觉，她担忧我濒临死亡，向外科医生打了呼救的电话，并决定应该立即进行手术。很可能正是这个措施挽救了我的生

命。紧急手术缓解了压迫着我大脑的重压，那恰好是引起一切麻烦的根源。我依稀记得，在半昏迷状态下，自己的头发正被剃去，理发师（很可能是个波兰人）用波兰语说了几句话，我曾试图加以回答。我还记得自己在手术准备间短时恢复过知觉，怀疑自己是否已经置身于陈尸所了。我记得似乎还听到了打钻的声音。这个感觉实际上是真的。医生确实在我的头盖骨上钻了一个洞，施行某种抢救性的X光照射。外科医生做了锯开手术；但却并不确切知道应该在哪里进行，应该达到什么要求。他没有找到肿块，但确实见到了大脑患炎症，他告诉弗兰科斯，我的大脑呈明亮的粉红色，而不是正常情况下的灰色。那时青霉素刚发明不久，但他们却大手大脚地随意使用。在脑盖骨上留下了一个“窗口”，以减轻那引起各种令人惊奇的症状的压力。

手术后我还昏迷了好几天。当我终于醒来的时候，不但觉得好些了，而且还有一种舒服的感觉。医生们宣称我得救了。但还是告诫弗兰科斯要继续加以观察，注意有无性格改变或者麻烦重起的迹象。因为这些可以反映是否大脑受损或者存在着隐藏的肿块。我受到了更多的检查和化验，暂时诊断为是一种病毒性脑炎。虽然已经完全恢复了讲话能力，可对自己心理能力状态的不安感觉，仍然延续了很长一段时间。

一天早晨，外科医生问我 $13 + 8$ 等于什么。我感到困惑为什么要提出这类问题。我只是摇了摇头，而不作回答。他接着问我 20 的平方根是多少，我回答大约是 4.4 。他不动声色，又问道：“对吗？”我记得雷尼医生微笑着，显露出如释重负的感觉。我答道：“我不知道”。又一次，我正在抚摸着我那缠着一层又一层纱布的脑袋，医生斥责了我，说细菌会引起感

染。我向他表白，我碰的是另外一个地方。随后我记起了中子平均自由路程的概念，于是就问他是否知道，什么是细菌的平均自由路程。他不作正面回答，而代之以一个不登大雅之堂的笑话。说某人进了一间乡村茅厕，细菌怎样从溅起的脏水中跃出等等。护士们似乎还喜欢我，她们带给我各种信息，作各种各样的按摩和专门制作的食品。这些不仅对我的体力状况（那是出奇的好），而且对我的精神状况都有巨大的助益。

有许多朋友来看我。离开了卡塔林纳岛的 J·卡尔金到医院来了好几次。大学里的同事们也多次来探望。我还记得有数学家亚里士多德·D·迈克尔。他讲得那样的激动人心，我不知不觉地爬离了自己的病床。这可把他吓坏了。虽然我的半边身子还有点儿麻木，我还是设法回复到了原来的位置尼克·梅特鲁泡利斯特意从洛斯·阿拉莫斯赶来，他的来访使我非常高兴。我发现洛斯·阿拉莫斯的安全人员十分担心，怕我在昏迷或半昏迷状态会泄露原子秘密。还存在着这种病（它从未正式确诊过）是否可能由原子放射而引起的问题。但是在我的情况，那是完全不可能的。因为我从未接近过放射性材料，只是用纸和笔进行工作。大学的行政官员也访问了我。他们关心的似乎主要是我痊愈后是否有能力重返教职。大家对我的精神心理能力十分关注，担心是否可能完全复原。对此我也非常忧虑。自己的思维能力是否能完全恢复呢？这场病痛会不会在心智方面留下后遗症呢？显然，对我的职业来说，记忆的全部复原是绝为重要的。我确实担心，还可以想象出更加严重的状态。忧虑将干扰正常的逻辑思维进程。也许十分自然的是，在危难时刻，思维进程会受到抑制，并让位于直觉。但按我的看法，这种寓于神经与肌肉“贮存”之中的纯粹

直觉，为对付现代人所面临的复杂情景，却远不是足够的。有些类型的论证能力，在面临危险情景时，仍然是必不可少的。

我逐步恢复了力量和能力，几星期后被允许离开医院，并在大学里请了病假。

我还记得离院时的情景。当我病后第一次穿戴整齐，与弗兰科斯一起站在过道上准备离开时，厄多斯在大厅另一头出现了。他没有想到会看到我起来，他大喊道：“我很高兴你还活着。我曾经想过你将会死去，我将为你书写讣告和完成我们的共同论文。”他那兴高彩烈的情绪使我感到十分欣慰。但我也非常害怕，我的朋友们差点儿就以为我已经死了。

厄多斯随身带着个提包，在访问了南加利福尼亚后正准备离开。他没有先致问候，就说：“你正准备回家吗？好，我可以陪你一起走。”于是我们邀请他一同去巴尔波。他的陪伴使我非常高兴，弗兰科斯则多少有点儿顾忌，怕我大病刚愈会过分疲劳。

南加利福尼亚大学一位教数学的同事，驾车把我们送往巴尔波岛上布莱顿的房子。我的体力仍十分衰弱，头部也没有完全痊愈。我戴着一顶保护头盖骨的帽子，以防止感染，直到头发长出来为止。我记得在开始几天，沿着街区散步还有困难，但渐渐地力量恢复了，很快就可以每天在海岸上散步一公里。

在从医院回家的车上，厄多斯迫不及待地转入了一场数学讨论。我作了一些评述，他问了几个问题，我又作了解释。他说：“你跟以前完全一样了。”这是令人心安的话语。因为那时我还在反思，看看究竟忘却了哪些东西。说来奇怪，人们也许可以找回已被忘却了的内容。我们一回到家里，厄多斯就提议奕棋。我又一次陷入了两难的境地：我既想尝试，又怕

会忘了棋规和走子的步法。我们坐下来对局。在波兰时，我下的次数不少，懂得比他多些。经过努力我胜了这一盘。但是高兴之后，却出现了他可能有意让我的想法。他提出再来一盘。虽然感到相当疲倦，我还是同意了。并且又一次赢了。这时厄多斯说道：“停止吧，我累了。”从他说话的语气中我发现他刚才下得是认真的。

在随后的那些日子里，我们进行了越来越多的数学讨论，在海岸上漫步的距离也越来越长。有一次他停下来抱起一位很可爱的小孩子，用他那特别的表达方式说道：“看，斯丹！多好的一个 ϵ 。”一位漂亮的年轻妇女坐在近旁，显然是那孩子的母亲。于是我答道：“看看那位大写的 ϵ ”。这使他面红耳赤。在那段日子里，他很喜欢用那样的表达用语，如把上帝称作 SF（超级法西斯主义），称俄国为犹他（斯大林），称美国为山姆（山姆大叔）。所有这些都是他随时嘲笑的对象。

我的自信心逐渐地恢复了。但是每当出现一种新的情景，可以用它来考验自己那已经回复的思考能力的时候，我总要被疑惑与担心所困扰。例如，我接到一封数学学会的来信，询问是否愿意为“记事”杂志写一篇关于巴拿赫生平的纪念文章。他已于1945年初去世。这件事使我再度陷于沉思。它似乎是另一场小小的死亡之舞。自己刚刚从死神身边逃脱，却又要去为别人的逝世写东西。身边没有图书馆，我单凭记忆把它写成了。怀着焦虑送走了文章，担心自己写的内容是否过于单薄甚至是毫无意义的。编辑回信说，该文将于下一期发表。可我的得意心情马上又被怀疑所替代。因为据悉那类文章全将予以发表，而其中有几篇我个人对之的评价是并不甚高的。对于自己的思维是否完全复原，我依然没有把握。

在正常情况下，原始的或“基本的”思维，是对外部刺激的

反应或结果。但是一旦开始在系列中考察思维——我相信大脑在其中起着某种作用——那么某些部分是接受刺激的，其余的则作出反应等等。实际上它起着一种多重角色的作用。可在感觉上，它则表现为一种一维的、简单的时间系列。人们在大脑里清晰地感觉到了某些内容，对正在进行的过程，大脑起着一种总合其成的作用，但那个过程却可能由许多同时发生作用的多个部分所构成。很清楚，只有思维中的一维三段论推理链，才可以用言辞或书面进行交流。彭加勒（以后是卜里耶）尝试过对思维过程进行分析。当我回忆一个数学证明时，记得的似乎只是几个解题时感到兴奋或遇到过困难的突出之点。所谓容易的问题，是指由于它可以符合逻辑而又方便地重新加以组合，因而易于得到解决。我则愿意处理那些新颖、独特的材料。那不单是一个三段论推理链的问题。当还是一个孩童时，我就体会到了诗歌韵律的作用，它需要人们去寻找压韵的单词，迫使人们去发现未知。这就必定要有新奇的联想，并且几乎肯定会与常规的思维路线或者思维链相背离。说来奇怪，它已成为一种创造性的自动构架。我确信，这种创造的“习性”也存在于数学研究之中，并且我还可以指认出具有这种习性的人。当然，这样的创造过程，现在还没有完全被认识，也还未能清晰地加以阐述。所谓的灵感或者顿悟，实际上更多地是下意识作用的结果，是人们还未完全认识的大脑中某些通道的联结。

在我看来，良好的记忆似乎，至少对数学家和物理学家来说，是构成他们天才的重要因素。我们所称道的天才本身，在很大程度上依赖于使用记忆，适当地找出类似之处的能力。过去、现在和未来的联结，就如巴拿赫所说的，对于新思想的发展是最为基本的。

我继续思索记忆的本质，探索它是如何形成和组织的。虽然人们现在对它的生理和解剖基础还不那么清楚；对一个局部的暗示，对恢复暂时被忘却事物的记忆，会起到什么作用也并不明白，但仍然存在着某些理论，涉及到了记忆的物质方面。有些神经学家和生物学家说，它也许由脑中不断更新的思维流所组成，就如用水银箱中的声波建成的第一架计算机储存那样。另一些人则说，它存在于RNA分子的化学变化中。但是不管其结构如何，重要的问题是理解，它是如何作用于我们之记忆的。

经验似乎表明，感觉中的记忆是完善的。我们所经历的或想到的任何情景都被储存起来了。那只是通向记忆的意识通道，并且是局部的和因人而异的。某些经验表明，接触大脑中的一定部位，主体将可以唤起，甚至感觉到过去发生过的某种情景，就似置身于音乐会，确确实实地听到某种旋律那样。

记忆是怎样在人的有意识，或者是下意识的生活和思维中逐步建立起来的呢？我是这样猜测的。我们经历过的每一件事情，都被分类储存在不同部位的许多平行通道里，很像在不同的锥状物和杆状物上的冲击波所引起的可见形象。所有这些图象，与来自其他感觉的有关印象一起，被传递输送。每一个这样的群组被独立地储存起来，很可能是储存于分属各个范畴类目下的各个地址。这样在大脑视觉部位的，附有一批相关圈的某个分枝树上，就存在有某幅图象，以及与此有关的时间、原因、言语、声音等内容。如果不是这样，人们就不会有意识地去尝试，有时是成功地，回忆起某个已被忘却的名字。在计算机里，贮存中某个条目的地址一旦消去，就再也不可能重新得到它。我们能够，至少是有时能够，成功地进行回忆这一事实，意味着至少有一个“搜索组”，找到了该群组中某

个元素被贮存的地址。于是十分正常的，一旦姓记起来了，名字也就随即被回忆起来。

我进一步思考，气味的情况该如何呢？气味是我们感觉到的某种事物，它与声音和图象无关。我们不知道该怎样去唤起它。这里并没有可以看得见的接触。它是否与我那刺激贮存和关联的猜测相矛盾呢？我想起了鲁普斯特一则著名的小故事。在有关的许多文学作品中，对一种叫麦得灵的小糕点的气味和滋味，有过许多描述。当提到以前体验过的某种气味时，会突然唤起发生在多年前的、早已被忘却的某种情景，与它有关的地点、人物等等。因此这也许是有利于我之猜测的又一佐证。

对类比和联想的感觉是十分必要的，它决定着如何将印象集合正确地放置到分枝树的合适终点。也许这正是人在记忆方面的区别所在。有些人对各种各样的类比，感觉得多些，贮存得多些，联结得好些。某些类比在本质上是极其抽象的。我可以设想一幅具体的画面，或点和划的一个可见系列，它们能够唤起某种抽象的思维，而这种思维显然按某种神秘的编码，与该种画面或系列有着共同之处。所谓的数学才能，在一定范围内正是依赖于这种发现类比的能力。

据说有 75% 的人视觉记忆占优势，其他 25% 的人则听觉记忆占优势。我本人完全是视觉型的。当进行数学思维时，我看到的只是以符号画面形式出现的数学概念。它们在视觉上是可组合的，就如平面上各种点集的图象表示那样。当读到像“球的无限或集合的无限”这样的语句时，我就想象出这样一幅画面，一些几乎是真实的物体，变得越来越小，直至消失在远方。

很可能在人类思维对事物编码时，并不利用语言、三段论

或者某些符号。因为有许多人是形象地，而不是以语言文字进行思考的。存在着书写抽象思想的某些缩写方式，对于使用语言文学相互交流信息这种通常方式说来，这确乎是已经习惯的传统。人们可将其称之为“视觉算法”。

在大脑内部进行的逻辑过程本身，可能与某种带有符号图象的算子系列更为相似。它很象中国的文字或玛雅文化对事物的描述。不同的是其元素不象只是单词，而更象是某些有联系的句子，或一个一个的小故事。它们构成了某种有其自身规则的元逻辑或者超逻辑。

有许多记载涉及到同记忆有关的时间问题，与它的物理和数学意义之间的联系，不管它是古典的还是相对论的，其中我最感兴趣的段落却不是由物理学家、神经学家或者职业心理学家写就的。那是弗拉基米尔·诺勃科夫著作中的一些章节。在爱因斯坦传记中引用了他本人的某些说法。这些说法表明，这位伟大的物理学家，对人们生活在其中的时间，究竟意味着什么感到困惑不解。我们经历的只有现在，但在现实世界中，我们那永恒的与不可改变的世界却是四维的。

在康复期间，怀着对思维过程的思索与焦虑，我的体力逐渐得到了恢复。最令人感到欣慰的是，我收到了出席定于4月底在洛斯·阿拉莫斯举行的、一次秘密会议的请帖。对我来说，这是一个确实无疑的信号，显示了人们对我的智力恢复的信心。不能用电话或信件告诉我那次会议的议题。在那个时期保密空气相当浓厚。但是我已经正确地猜测到，它是为热核武器问题而举行的。

那次会议持续了好几天，许多朋友都出席了。有的作为正式成员参加会议，如弗伦克尔、梅特鲁泡利斯、特勒和我。另一些人则作为顾问，如诺伊曼。费米没有出席。讨论是积极

且富有探索性的。那是由弗伦克尔引起的。对于特勒在战时所首创的工作，他提出了某些算法。这些算法不够详细也不够完备，还需要使用计算机作进一步的工作（不是用 MANI-AO 计算机，而是用别的机器，在阿伯丁证明基点上进行运算）。这是沿那个方向进军的第一批问题。

该计划有希望取得成功这一前景引人注目。在一定程度上，它的成功甚至是有把握的。但是整个过程该如何开始，开始后又怎样成功地继续下去，却仍然还存在着许多问题。

（所有这些在以后兰特和赫尼危尔就有关计算机专利权有效性问题引起的诉讼中，具有重大的意义。申诉要点是这样的，计算机本来已经属于公开领域，然后由于联邦政府使用了它们，才使后来的专利保证趋于无效。我是因此于 1971 年被传作证的多名证人中的一位。）

我参加了整个洛斯·阿拉莫斯会议。这次会议持续了许多个小时，早晨和下午，可我高兴地发现，自己并不感到疲倦。

我没有忘记告诉约翰尼我自己的病况。我说：“我差点儿死去。”“我曾以为自己已经死了，只差一个零测度集合。”这个纯数学的玩笑逗乐了他。他笑着问道：“什么测度？”

爱德华·特勒和约翰尼经常在一起。我也常常参加他们的私下谈话。

在一次谈论中，讨论到了对气候施加影响的可能性。他们脑中想的是全球性的变化，而我则更倾向于地域性的干扰。例如我曾问过约翰尼，能否使用核爆炸使飓风转向，减弱或者消失。我设想的不是具对称性的点式引爆源，而是一条线上的多次爆炸。我论证道，飓风的威力和巨大能量位于空气团的顶端，而大气本身是在稳步且又缓慢地移动着的。我怀疑人

们是否一定不能够，即使是稍微地，改变缓慢移动着的整个气流的运行时间和轨道，从而使它避开各个居民区。当然这样的设想还存在着许多问题，面临着一些反对的意见。它的一个必要条件是要详细计算出空气团运行的轨道。而那样的计算能力，即便在目前也还不能达到。在以后的若干年中，约翰尼和我还曾偶而同一些流体力学家和气象学专家谈起过这个问题。

会议结束了，我又要回到洛杉矶去。登机后，二名联邦调查局的人员找到了我，他们出示了证件，要求检查行李。原来梅特鲁泡利斯和弗伦克尔机密报告的一份副本丢失了，他们怕我错拿了它。我们翻箱倒柜进行寻找，可我确实没有拿过。后来得知，出席那次会议的每个成员都被接触过了。当局非常紧张，因为这孕藏着严重的后果。很久以后，特勒在洛斯·阿拉莫斯保险柜的一批资料中，发现了这份丢失的文件。

我可以重返讲台的时刻迅速来到了。但我对洛杉矶的不适感觉却越来越强烈了。驱车驶过街道时，一辆救护车就会使我忆起日前的病痛。我对大学的感情也受到了这种基调的感染。我处于苦恼的境地，对学校面貌的变化缓慢也感到越来越不耐烦，它并没有从一所徒具虚名的高等学校，发展成为具有较高学术水平的真正的高等学府。在促进学术水平和增加设备设施方面，我与主任持不同的意见。我听说，他曾揶揄道，每当他看到我时，即使在很远的地方，他的心就会剧烈地跳动，生怕我会带给他扩建的新建议！

学校中最美好的地方是汉考克图书馆，它的外表给人留下深刻的印象，还拥有一批好书。它的建筑也比较内的其他设施要稍好一些。学校刚从波士顿得到一所古老的市图书馆。当我知道它拥有哪些藏书以后，曾把它与古老目录中那些毫

无价值的收藏相比较。这一带讽刺性的评述，可能不会提高我在学校中的声望。

虽然我有像唐纳特·海尔斯那样的朋友，在数学家、物理学家和化学家中间也结识了一批新交，可是由于期待摆脱的情绪日益强烈，我还是希望离开该地，洛杉矶的经历并不令人满意。

正在那时，我收到了一份电报，邀我重返洛斯·阿拉莫斯，接受更好的职位与更高的薪金。那是由鲍勃·里希特迈耶和梅特鲁泡利斯签署的，里希特迈耶已经成为那里的理论部门的负责人。

这份重返洛斯·阿拉莫斯的邀请，使我可以再物理学家中工作，再一次在新墨西哥那令人兴奋的气候中生活，对我说来真是一种巨大的解脱。我立即回答原则上对此感到兴趣，可当电报到达实验室时，它却被读作我对“首长”感到兴趣。

第 10 章

返回洛斯·阿拉莫斯

(1946—1949)

洛斯阿拉莫斯处于它历史上的最低点。但是回来以后，我发现有一批人已决定继续留在这里。政府也希望继续保持这里的实验室，并使它昌盛起来。该实验室准备继续用于研究和发展原子弹。

战后当然依然存在着可能爆发新战争和出现新一代武器的问题。我赞成继续采取高军备政策，以防被其他国家所压倒。约翰尼和其他一些人，对俄国人获得和发展核炸弹的能力，他们对西欧的意图感到忧心忡忡。那时他很带有鹰派味道（“鹰派”与“鸽派”这两个词当时还没有使用）。他是按照竞争、强权斗争、联合等古老的历史格式进行思考的。他比其他一些物理学家朋友，更倾向于美国控制下的和平。他早就预见到，军事问题的重点将从炸弹本身，它的体积和形状方面，转变到运载方式，也就是说转变到导弹方面来。

我个人则持中间立场，介于他和那些希望核武器国际化的物理学家之间。我认为，期望狼不吃羊羔，期望有意义的国际协议将长久发生作用，那都是些天真的想法。也不要期望人们对事物的态度或人的本性能在瞬间改变。我不相信那时提出的大西洋联盟的主意，感到对它所作的某些宣传过份富于幻想。在统一组织名义掩饰下的领导权，只会引起另一方的

恐惧，并对此作出新的歇斯底里的反应。但我却没有充分意识到核武器的重大意义，及它对世界历史进程将会产生的巨大影响。我只认为一枚那种炸弹的威力，可以相当于一千架飞机进行的一次空袭，却没有意识到它的威力还可以大大增强，还可以制造出成千上万枚那样的炸弹。我明白得太晚了。那时我毫不踌躇地回到实验室致力于发展原子弹的进一步研究。我把自己看成介于朴素的理想主义与极端的沙文主义之间。我顺应着自己的直觉（也许是缺乏直觉），主要对这项工作的科学方面感到兴趣。核物理学问题是非常有意义的，会导致发展物理学和天体物理学的新领域。我还意识到，继科学发现而来的技术发展是不可避免的。最后我确信，人类文明具有最根本的意义。原子能公约，其最终采纳的文本要比起初提出的建议好得多，在最初的建议中原子能的发展完全被置于纯军事的考虑之下。凭着直觉和感情，弗兰科斯从道德角度，提出了更强烈的怀疑。我也感觉到对一个科学家来说，偏离技术问题是不明智的。很可能这将使核武器被掌握在危险且又疯狂的反动派手中。另一方面，单是无限制地增加原子弹的数量这个想法本身，就将使一切都显得毫无意义。因为只要动用储存的一小部分，就将足以毁灭地球上一切的居民中心，即使假设大多数导弹没有达到目标，情况也仍然如此。我也不相信俄国会侵略西欧，而这一点恰恰是超限地重振军备所设想的理由之一。按照我的看法，就俄国的观点考虑，他们似乎不存在可能的优势。即使在波兰，俄国人要维持他们的霸权就还存在不少的麻烦。我也认为对他们来说，让西德共产主义化，不会给他们带来任何好处。相反，如果整个德国在共产主义下重新统一了，那就将对俄国构成巨大的威胁。一个统一的共产主义的德国，不可避免地会力图成为共

产主义世界的“老板”。

刚回到洛斯·阿拉莫斯时，我们分到了一套分开的战时住房，我们只在那里住了几个月。一直留在那里的卡尔金就住在街对面。霍金斯一家住得也很近，但打算很快搬走。如果说拿这里简朴的生活方式与洛杉矶娇柔做作的气氛相比较，是一种清新的变化的话，那么我们在洛斯·阿拉莫斯重新开始的生活，应该说是更为自然的。

一开始我还没有从重病中完全复原。回来后的头几个星期，在办公室工作2—3个小时，人就变得很疲劳。幸运的是，这种现象逐渐消失了。我开始觉得完全正常了。除此之外，这场疾病还是一场财政灾难。扣去健康保险，它还留给我大约5000美元的债务。当我在洛杉矶看来将要死去或者终身残废的时候，好几位洛斯阿拉莫斯的朋友，有的甚至还只是初交，都借钱给弗兰科斯。这使我们深为感动。我尽可能快地先归还这些债务，其余的则拖了好几年。

那时我的弟弟亚当，正以出色的成绩完成了他在哈佛大学的学业。他来洛斯阿拉莫斯访问了我们。受到战前就业机会稀少的经验局限，我对他找到工作的机会持悲观态度。当我问及他的计划时，他答道：“我当然要谋取一个教师职位。”我感到困惑。他一定从我的脸部表情看出了我的疑虑，因为我在他的眼中看到，他把我当作一个悲观的老古板。他是对的，因为他马上就在哈佛大学得到了一个教师职位，并且从此以后一直留在那里。他成了政府的一位著名教授，现在是俄国问题研究中心的主任。他还是一位多产的作家，成功地编著了多种共产主义历史的书籍，其中最著名的是列宁和斯大林的传记。

还在1948年，带浴缸的系列住房有一幢空余，我们就乘

机搬进去占了一翼，并一直住在那儿，直到 20 年后离开洛斯·阿拉莫斯。它由 5 到 6 幢一排的房子组成，从洛斯·阿拉莫斯还是农场学校时起，它就存在着了。这是仅有的带浴缸的几批房子。其他的建筑都只有淋浴设备。在战时它们是留给主任和其他贵宾的。费米、贝蒂、韦斯科夫和其他一些重要的科学家，都曾在普通的战时临时建筑中居住过。

接待要人和官方来宾的宾馆，已经重新修建过了。它正好就在我们住的那幢房子对面。地理位置的接近，给我们带来了很多好处。那些访问洛斯·阿拉莫斯的朋友和相识，距我们只几步之遥。过来访问一下，喝杯茶，吃些东西，或者在小庭院中消磨个把小时，都是十分方便的。弗兰科斯称我们的房子为附属旅舍。在对洛斯·阿拉莫斯的频频来访中，约翰尼和克拉莉特别喜欢住在距我家几个门面的一所小屋里。这种紧邻近舍的亲密环境，给我们在洛斯·阿拉莫斯的生活带来了许多乐趣。无穷无尽的科学、政治和私人的谈话在这里进行过。光那些内容就够写一整本书的。

里希特迈耶已经替代贝蒂当了理论部门的领导。贝蒂是替代普拉茨克的，他在战争结束后的头几个月里曾担任过那个职位。我在战时曾遇到过里希特迈耶，那时他在专利办公室工作，定期从华盛顿来洛斯阿拉莫斯访问。他瘦高个儿，热情友善，一看就知道是很有修养的。他对数学和数学物理的多个领域都有兴趣。后来我们知道他还很喜欢音乐，具有语言才能，精通多门外语，且技巧精湛。例如他十分擅长密码。但是他又十分矜持，虽然我们相处得相当融洽，可我发现要了解他的内心世界，仍是极其困难的。

诺里斯·布拉德伯里已替代奥本海默担任实验室主任。在战争时期我只与他有过短暂的接触。他乐观、正直、年青、

实事求是，勇于承担责任继续这项极端重要的工作。可即便如此，他还是发现做罗伯特·奥本海默的后任是很不容易的，因为后者正在逐渐变成一位传奇式的人物。

诺里斯被赋予全权，使计划摆脱日益加重的困境，并使之成为一个真正的“弹道”实验室。它很容易退化成为一个武器工厂，就像留在加里福尼亚沙漠的其他实验室那样。在他的领导下，实验室的业务和技术水平开始缓慢而又扎实地得到了提高。它成了由优秀科学家们执掌的一个稳固的永久性基地。还提出了许许多多有意义的科学问题和原子时代技术的各种奇异设想(现在，在哈罗德·阿格纽的指导下，这一倾向更加明显)。

诺里斯对劝说那些离开了的科学家们回归感到勉强。他认为他们自己应该意识到，他们的回归对国家和世界来说是多么的重要。结果虽然他有所希望，但却没有自己动手去邀请如费米、贝蒂或特勒那些人来进行访问。实际上，在他的同意下，发出这类邀请的任务后来落到了我、卡森·马克和里希特迈耶的身上。我做的这些工作，对于特勒回归洛斯·阿拉莫斯颇有助益。

实验室再一次开始扩展。意识到核能对于和平，核武器对于防卫的重要作用，它又一次成为国防事务中前景光明的重要场所。高级政府官员复又频频来访。詹姆士·菲斯克是我的朋友，哈佛的一位低年级同窗。他已经卷入了原子能的活动之中，并在贝尔电信研究实验室任高级职位。他也属于这些来访宾客之列。

在诺伊曼访问时，我们去到圣塔菲和附近的其他地方远足，经常在当地的西班牙-美国式的小饭馆用餐。

在去圣塔菲的路上，每当我们驶过一个称为托塔费的地

方（实际上与其说是一个地方，还不如说是一个名称），我就开始用拉丁文吟诵“*Toto, totare, totavi, totaum*”，而诺伊曼则加上某些将来式词句。这是我们的一种毫无实际含义的口头游戏。另一种孩提般的游戏是读出经过的路标。约翰尼常常用墨西哥口音把“Stop”唸成“Pots”，把“alto”唸成“otla”。

约翰尼和克拉莉在那条路上喜欢玩的另一种游戏是“黑弥撒”。黑弥撒是里奥格兰特盆地中的一个印第安路标。在进出洛斯·阿拉莫斯的道路上都可以看到它。第一个认出它的人呼叫“黑弥撒”以提醒其他人，并得到一点。每次旅行都继续这样的游戏，计分则按网球赛中局与盘的计分法。每次旅行他们似乎从来不会忘记分数到多少了。约翰尼总是喜欢这种简单的口头游戏，以松弛那高度集中的思维。

战后初期，原子能委员会就开始为它的官员和安全保卫人员，建造一幢精致的永久性建筑。在那更为舒适的新屋住人之前，约翰尼就注意到，这是政府行政部门多年来的传统。他决定把这幢建筑物称为“*El Palacio de Securita*”。这是西班牙语、拉丁语和意大利语的奇妙混合。为了给他助兴，我立即把一座新建的教堂称之为“*San Giovanni delle Bombe*”。

这大约是我们搞出“尼贝奇指数”的时候。乔尼曾经告诉过我一个小孩的故事。在第一次世界大战前的布达佩斯，一个孩子从学校回到家里，告诉他的父亲说在最后一次考试中他失败了。那父亲问道：“为什么？发生了什么事情？”孩子答道：“我们要写一篇短文，老师给了一个题目，奥匈帝国的过去、现在和将来。”父亲又问：“那你写了些什么呢？”孩子说：“我写尼贝奇，尼贝奇，尼贝奇。”他的父亲说：“那是对的啊，为什么你得了个F呢？”“我在拼尼贝奇时写了二个b。”这就

是孩子的回答。

这使我想起可以定义一个句子的尼贝奇指数，它表示尼贝奇这个词可以放置于该句子的次数，当然要使它仍然是适当的，不过根据尼贝奇所修饰词的不同，句子的意思会有不同的含义。例如，人们可以认为最完美的“尼贝奇了”的句子是笛卡尔的语句：Cogito, ergo, sum。因为人们可以说，Cogito尼贝奇，ergo, sum，或者Cogits ergo尼贝奇sum；或者Cogito, ergo sum尼贝奇。遗憾的是，我想到这个精巧的例子时，约翰尼已经过世了。约翰尼和我经常在数学交谈中，物理会议或者政治讨论中，使用这个指数。我们会轻轻地碰碰对方，悄悄地将一个特别的语句称之为“尼贝奇2”，并感到异常的得意。

现在，如果读者感到非常的疑惑，我将解释“尼贝奇”这个词。它是一个很难确切解释的犹他词语，含有怜悯、轻蔑、紧张、可笑等意思。

为了体会这个字的含义，可以想象一下在犹他学校上演的威廉·退尔的故事。有这样一个场面，威廉·退尔在暗处待机射击盖斯勒，一位演员用犹他语说道：“尼贝奇必定要经过这条街道的。”显然盖斯勒就是尼贝奇，因为他将被威廉·退尔所谋害。但是如果尼贝奇果真处在提到的那条街上，那么重音就要落在街道这个字上，以表明那不是一条泛指的街道。要欣赏这一点，可能需要有多年的功底。

回到洛斯·阿拉莫斯后几个月后，我邀请我的老朋友，在麦迪逊的同事埃弗雷特参加我所在的实验室。战时他一直留在麦迪逊。从通信中我知道他已对教学感到厌倦，所以建议他来访并重新进行合作。他是第一个，也是仅有的一一个，乘坐公共汽车来洛斯·阿拉莫斯进行正式会晤的人，因为该项目经

常为来访者支付火车或飞机费用。他的谦虚令人感动。会晤后不久，他带着妻儿搬到了洛斯·阿拉莫斯，再度继续我们在概率论和其他数学领域的合作。以后则携手进行氢弹的研制。

在麦迪逊他就不善社交而性喜孤独。随着岁月的流逝，他越来越像一个隐士了。在洛斯·阿拉莫斯初期，虽然他不愿与众人结交，但还有办法哄他到我家来，只要对他作出神圣的许诺，他来时不会有别人在场。可后来，连这一点都办不到了。现在人们可以看到他身影的仅有场所，就是他办公室中那间无窗的小室，或是优良的实验室图书馆的阅览桌旁。

实验室的一项例行公事，是准备月度进展报告。每个主要成员都必须递交关于他的工作情况，或者研究活动的一份简明摘要。我已经说过，埃弗雷特富有幽默感，在那些我们忙得不可开交的月份，他会在递交的报告中写上：“在上个月的进展报告上取得了巨大的进展”。

我回去后不久作了二次研讨班讲话，其中有一些很有意义的想法，这些想法后来成功地得到了进一步发展。一个是以后所谓的蒙特卡洛法。另一个讨论了流体动力学新计算方法的可能性。这二次讲话为概率论与连续介质力学应用领域里的重大活动奠定了基础。

流体力学计算要处理那样的问题，在解答时并不期望有确定的公式或者明确的古典解析解。我们可以将它们描述为一种使用虚构的“粒子”进行的一种“蛮力”运算，那种粒子实际上并不是流体的元素，而只是抽象的点。如果不是去考虑流体一个一个的物质点，那么这就成为使用一些无穷级数系数的问题了，在那里连续介质展开成为抽象的粒子，作为对流体进行总体的描述。整个运动被几个无穷级数所刻划，级数

的项越到后来就越不重要。要考虑的只是开头的那些项，这就把多变元的偏微分方程（或多变元的积分方程），变换为关于有限个抽象“粒子”的通常的，或完全的差分方程。若干年后，弗兰西斯·哈洛在洛斯·阿拉莫斯进行的工作，深化了这种方法，扩大了它的应用范围，将其应用于计算流体或压缩气体的运动。那些方法现在已广泛地在使用了。使用该种方法的可能性尚未穷尽，在计算空气运动、天气预报、天文物理问题、血浆物理问题和其他一些问题时，它们还可以起到重要的作用。

第二次讲话讨论了一类物理问题的概率演算。后来称之为蒙卡特洛方法的原始思想，是我在病中玩单人纸牌游戏时出现的。我注意到，在单人牌游戏（像开费尔德或其他的玩法，在那里玩牌者的个人技巧并不重要）中，要获得后面几张牌出现情况的可能估计，较为现实的方法是将牌一张一张地打出，或在整个过程中进行尝试，只注意依次出现的比例。反之，你要想计算组合的各种可能性，那是不现实的，因为此时计算量是按指数律增长的，故除了十分简单的情况以外，对它无法进行测算。对理性的或传统的思维范围来说，它给人一种十分有限的感觉，从心智角度看，如果不是使人觉得自卑的话，那也是令人感到惊奇的。当面临一个足够复杂的问题时，实际的样本，往往比对所有可能链的检验要更有效些。

这使我想起，对所有涉及事件分枝的过程，这个道理都同样是正确的，如在某些含铀和其他可裂元素的物质中，中子的产生和增殖过程等。在过程的每个阶段，有许多决定中子命运的可能性。在某一个角度，它可能分裂，可能改变速度，可能被吸收，可能通过核子靶的分裂，产生更多的中子等等。每种可能性的初等概率，在一定范围内，根据截面的知识，是逐个可

知的。问题在于，需要怎样去知道存在着的成千上万个子系列和分枝将产生的各种可能情况。人们可以给“期望值”写出微分方程或积分微分方程，但是要想求解这些方程，即使只是想得到解的某些性质的粗略估计，那就完全是另外一回事了。

思路是这样的，先着手处理几千个那种可能性。在每一阶段，利用具有适当概率的“随机数”，去选取事件的命运或类别，这里遵循的是某一条路线，而不是考虑所有的分枝。在检验了几千种情况的可能演变以后，人们将获得一种良好的样本，能对问题作出一个粗略答案。人们所需要的一切，就是拥有产生那种样本演变的手段。于是计算机就出场了。这里确实有一些适于机器运算的东西。

计算机源出于科学发展和技术发展的汇合点。一方面，是在数理逻辑、数学基础、对形式系统详尽研究等方面的工作。在这些领域，诺伊曼起着举足轻重的作用。另一方面，是电子技术发现方面的迅速进展，它使建造电子计算机成为可能。这一切反过来在运算速度方面，使数量级显著增加，远远超过了依赖于机械的运算机器，而这就产生了质变，并极大地改善与扩大了此种工具的使用前景。其结果现在是人所共知的了：在启发式研究，在交流信息，在使空间时代成为可能等各个方面，计算机开辟了一个新的时代。

在精确科学，在自然科学，在日常生活方面应用的数学是如此巨大，以致人们可以谈论“计算机和自动化时代”已经开始。

那时计算机还在初创阶段。我曾打趣地提议这样来进行蒙特卡洛演算，雇佣几百名来自台湾的中国人，将他们聚集在船上，坐着的每个人拿一把算盘或者只是纸和笔，随机数可以

通过某种实际的物理过程，譬如掷骰子得到。然后再由某个人把结果搜集起来，并把统计数字汇总成单一的答案。

冯·诺伊曼在电子计算机的研制中，起了主导作用。他是多种天才的独特结合。他的兴趣，他的性格特征，使他适于担任这样的角色。我怀念他的才能，他会不厌其烦地检查程序设计的细节，在把大型问题变换为便于计算机处理的形式时，会仔细地考察各个细节。对于数理逻辑系统的细节和形式系统理论结构的知识，他感觉灵敏，知识渊博。这就使他能够构思出各种灵巧的程序。而这正是他的巨大成就。通过适当的框图和程序，一大批各式各样的问题，可以在同一台固定联结的机器上进行计算了。而在他的发明之前，问题变更一次，人们就必须把原有线路拆掉一次，并重新连接接线板。

1946年在我们的一次谈话中，我向约翰尼提到了那个概率方案的可能性，这以后蒙特卡洛法与它的理论基础渐趋成形。那是我们驱车从洛斯阿拉莫斯去拉米时，在一辆政府汽车上进行的一次长时间讨论。整个旅途中我们谈个不停；我还记得那天在每个拐弯处或驶近某些岩石时，我说了那些话（提到这一点，是因为它表明了脑的记忆可能是列联存储的，就好似人们常常记得曾经读过的某些段落，是处于那页中的哪个部位，是在左页还是右页，是在上方还是下方等等那样）。这次谈话以后，我们一起发展了那种方法的数学理论。在我看来，蒙特卡洛这个名字本身，对这种方法的普及是十分有益的。之所以称它为蒙特卡洛，是由于涉及了随机元素，正由于随机数的产生，才能够作出合适的对策。

约翰尼立即看出了它的前景，虽然在讨论开始时，他产生过一定的怀疑。但我滔滔不绝地进行辩解，引证了统计估测，说明要得到具有一定概率的粗略结果，需要使用多么多的计

算机，他同意了，并以他敏捷的才智发明了多种技巧，以完善和加速这种技术。

蒙特卡洛法的一个特点是它从不给出一个精确的答案。它的结论常常是指出答案该是怎样的，可能会有怎么样的误差，将具有怎么样的概率，也就是说，其答案具有怎样的概率，且使误差只是一个很小很小的量。换句话说，它提供了问题解的一个估计值。

在整个美国，我作了多次报告以“宣传”这种方法。对该理论的兴趣日益增加，各种改进也迅速涌现。这里有一个我经常选用的，关于这种过程的一个简单实例。人们可能选定要计算一个区域的体积，该区域是由高维空间中的方程或不等式所定义的。古典方法是用点或“地址”的网络对它进行逼近，这就将涉及上亿个单元。与此不同，该方法可以只任意选取几千个点，并通过样本去获得所求值的概况。

第一个问题是关于产生随机数或伪随机数的。该方法要求在机器内部迅速产生这些数，且不得依赖于任何外部的物理装置。（从放射源或宇宙射线计数是可以的，但速度太慢。）除了在电子计算机上对物理过程进行数字的或“真实的”模拟以外，还开始发展一整套技巧，对数学方程进行研究。从表面看，这些方程似乎与概率过程，点扩散或链过程无关。问题是怎样将那些算子方程或者微分方程，变换成为一种可以给予概率解释的形式。这是蒙特卡洛方法问世后的一个主要论题。这方面的可能性还远远没有穷尽。我觉得在一定意义上，可以借用拉普拉斯的一句话。他认为概率论无非是应用于常识的微积分。蒙特卡洛则是应用于物理规律和物理过程之数学表示的一种常识。

更广泛地看，电子计算机正在改变技术的面貌。我们对

多种可能性进行了无穷无尽的讨论，但即使诺伊曼也不能够充分预见到它们对经济和技术的深远影响。在 1957 年他逝世时，计算机发展的那些方面还处在初级阶段，还远没有达到工业应用的程度。在 1946 年，我们确实很难想到 1970 年计算机将会成为一项年产值 500 亿美元的工业。

战争刚一结束，约翰尼和我就开始讨论试探式地应用计算机的可能性，以期能够洞察许多纯数学问题。通过例举和考察特殊数学对象的性质，人们可以期望得到线索，去解决在特例中处理过的一般命题。我记得在 1946 年我曾经提出，要对整数的元根进行大量的计算，使通过观察根的分布情况，可以得到关于它们特性及相互关系的足够统计资料，由此也许可以获知，该如何叙述和证明它们会具有的某些一般规律。到目前为止，这个特殊的程序获得了很大的进展，这是出乎我意料的。在使用计算机进行数学探索的工作中，我的主要伙伴是迈伦·斯坦因和罗伯特·施兰特。以后几年中，在一些已发表的论文中，我曾经用这种实验甚至仅仅是“观察”的方法，提出——在某些情况下是解答——了许多纯数学问题。爱因斯坦的思维实验是可能的，且在纯数学部分往往是有用的。我同保罗·斯坦因合写的一篇论文，为就“非线性问题”进行探索提出了纲要。现在在这个领域已经涌现了一大批文献。

很久以前，事实上是在称之为 MANIAC 的电子计算机在洛斯·阿拉莫斯投入运行后几个月，我与一批助手（保罗·斯坦因，马克·韦尔斯，詹姆士·基思特和威廉·沃尔登）就着手尝试对下棋进行机器编码。给出能使机器正确地按规则弈棋的编码，并不十分困难。真正的问题是在于，即使时至今日，没有人知道该怎样把以前对局的经验，和对棋形与棋位的一般识别放入存贮器。无论怎么说，使机器能击败业余级棋手

是可以做到的。我们发现，教会它按规则移动并对明显的威胁作出反应等等还是容易的，但机器下棋水平的高下差别却是巨大的。这种对局宜在不象6乘6棋盘上进行的那样（为了减少棋子移动间的时间间隔）。我们在“美国棋艺评述”上发表了一篇文章，并很快就被苏联的象棋杂志转载。斯坦因原先是位物理学家，后来转行到数学，成了我最亲密的合作者。

奇怪的是棋盘使我联想到东方地毯，联想到外行人不大可能理解的某些东西——非常复杂的不可测集合。我认为自己是一个公正的棋手。当我初到这个国家时，我与其他一些数学家用下棋来消除疲劳。在洛斯·阿拉莫斯的战后年代，朋友们和年轻的同行们组织了一个象棋俱乐部。我下了很多盘棋。在洛斯阿拉莫斯棋队我下第一盘棋，棋队曾好几次击败了圣塔菲，甚至也击败了阿布奎基的棋队，而他们的人口分别是洛斯·阿拉莫斯的3倍和15倍。

那是在1949年特勒回来以后，我战前曾在普林斯顿见到过的乔治·加莫夫来到洛斯阿拉莫斯作长期访问。他在座落于华盛顿的乔治·华盛顿大学工作，那时正好有一年的休假期。从外表看他给人以深刻的印象，6英呎3英吋高，1937年时是瘦高个儿（1949年时已是大个儿了），头发金黄，眼睛蓝澈，显得十分年轻，谈吐时还富有幽默感。他用碎步曳足而行，走法与众不同。他与一般学者风度的科学家形象很不符合，完全不是学院气派的标准类型。他对什么都感兴趣，是一个真正“三维”的人。他感情丰富，充满活力，喜欢丰盛的精良食品，爱听趣闻轶事，会无休无止地恶作剧。

我们立即就成了朋友，并进行了长时间的讨论。在一定程度上我们气质相近。他从我按标准线路对物理问题进行的思维（或不思维）方式中，发现了一些志趣相投之处。他喜欢从

许多不同的方向，以一种不显眼的、直接的、普通的方式去研究不同的问题。他谈了自己的许多事情。一般地说，就我所知他是一个利己主义者，但说来奇怪（因为这种双重特性是很少的），他同时又能完全避免伤害别人。

是他（还有爱德华·U·康登，几乎在同时独立地）在1928年的一篇关于放射性的理论文章中，开创了理论核物理学。在科学的研究中，多年来他一直专注于几个特定的问题，又一次地回到同样的论题。

有一次巴拿赫告诉我：“优秀的数学家在定理或理论之间看到了类似，卓越的数学家则从类似中间看到了类似。”加莫夫拥有这种才能，可以令人惊异地从物理理论的模型之间看出类似。我们要非常复杂地，也许是令人眼花缭乱地应用数学，以获得某些结果，而他却能够根据历史的甚至是艺术的对比，使用直觉图象和类比，得到有效的结论，这确实令人叹为观止。牢牢把握住课题的实质，是他工作中的另一个优秀品质。他从不让他的才能带他偏离研究课题的要害，去沉迷于不重要的细枝末节和表面技巧。沿着物理基础的根本线路，在宇宙学，在分子生物学的最新发现中，他的思想都起过重要的作用。在解释原子放射性衰变现象方面，他进行了开创性的工作。后来又提出了关于宇宙与银河系形成的爆炸起源理论，即“大爆炸理论”（他不喜欢这个术语）。当处于绝对温度 3° 左右时，射线要遍布整个宇宙的最新发现，看来有利于他在1948年作出的预言，射线是由约100亿年前的大爆炸残留下来的。而这个发现是在他1968年逝世以后才作出的。

加莫夫对生物领域完全是个门外汉（他的一些反对者几乎要指责他冒充内行）。但他却以他那奇异的直觉，正确地提出了生物密码是如何工作的某些看法。我认为是他第一个提

出，字母A、C、T、G表示的DNA的四个物质链，可被用来表达词，从这四个字母，可以怎样构筑出20或23种氨基酸，然后再把它们看作词，就可构成用以定义蛋白质结构的句。加莫夫的这种构思比任何人都出现得早。他甚至还考虑过用三个字母表达结构的正确方式（后来由克里克所发现）。起先他认为4个字母是必需的。他几乎从一开始就沿着正确的方向前进。

从他的工作中，包括他其他的种种卓越品质，人们也许可以看到业余研究在科学中起到重大作用的最近的一个楷模。

对自然界物质结构系统——无论是宏观还是微观——的强烈求知欲，指引着他在核物理与宇宙学领域的工作。

对像 c （光速）， h （普朗克常数）， G （引力常数）等基本物理常数的含义、根源、也许还有其时间可变性的探索，是他生命最后阶段主要思考与探求的课题。

尚未得到解答的那些重大问题，涉及到基本粒子的质量，涉及到一批数值，它们是核力、电动力和引力间的各种比值。加莫夫认为不应该作为初始事件的结果来提出这些数值，或许可以根据拓扑或数论的考虑，把它们推导出来。他相信理论的本原简明性，认为总有一天它将对那些数值作出解释。

歇洛克·福尔摩斯那顽皮的对手，小说中的法国侦探亚森·罗宾曾经说过：“你必须从正确的结局开始思考。”在这方面加莫夫具有特别的才能。他惯于使用模型和模拟；用数学的语言说，他是被同构和同态引导着前进的。对量子理论的深奥思想，对较易理解的古典物理各种结构的思想，进行了变换或变形，当然不只是通过简单的重复，而是引入了较高一级的时间变元，并再一次使用了专门的数学术语。

1954年，加莫夫和我正巧同时都在马萨诸塞的剑桥。我

告诉了他我关于进化问题和计算生命进化比例可能性的某些推测。一天他来看我，说道：“我们一起到马萨诸塞大医院去，那里有一个很有意义的生物研讨班。”我们乘他的车去。在路上我问他，预定谁在那儿做报告。他说，“你啊！”显然，他让那儿的教授们举办了个研讨班，并说我们俩将去报告那些推测。实际上，我们确实在那里讲了话。回来路上，我感叹地说：“想想吧，乔治，你和我竟去作生物学的报告！那么些人，那么些穿白大褂的医生——他们也许要准备给我们穿约束狂人的紧身衣了。”

在他生命的最后几个月中进行的那些谈话里，他常常回到正在考虑着的那个设想，它或许能够有助于拨开基本粒子和物理常数的迷津。去世前不久，他向他的妻子巴贝拉讲述了一次梦境。他描述道，他仿佛与牛顿和爱因斯坦那些伟大的亡灵聚在一起，并似乎真已作出了那样的发现，找到了终极科学真理的极端简明性。

与此同时，他对任何事物仍都要寻根刨底，缜密系统地参与各种世俗活动。我第一次遇到他时，我俩都是住在鲍尔德校园的教授。从那时起到他去世，我记得他总要收藏各种活动的照片或画片，并将它们放得井井有条，分别列入科学进展，假期旅游，与朋友讨论等栏目。他还喜欢搞照片剪接，把自己的作品与各种剪接镜头组合在一起。这些常被用作为科学发现的佐证或者讽喻。

他的作品很有特色，是各种思想的自然流露。表达简单明了，文笔流畅易懂，富有趣味，且又含意深刻。他善于写作，落笔很快，常常一挥而就。在他一页又一页的作品中，只有很少几行是亲笔改写过的。

他最近的论物理史和论物理学中的新思想等经典著

作，表明他对物理学家同行们毫无恶意，且持有相当宽容的态度。他只对伟大的成就，才给以应得的真诚赞扬。但他却决不妄加指责，也不点明哪些是平庸之笔。

他的科普作品受到了高度的赞扬。这些著作特色显著、深入浅出，免去了各种不必要的技术性细节，虽然那在他的研究工作中却真是很有名气的。

他为人正直，怎么想的就怎么写出来，体现了笛卡尔的箴言：“当思维分析复杂事物时，需把它分解成它的各个简单部分。”

具有出众的记忆力是加莫夫的另一个特点。这个特点也许难以直接观察，但却很易从他的谈话和创造性活动中体味出来。在饭后或在聚会时，他喜欢背诵俄国诗篇的大段摘录，以取悦斯拉夫血统的朋友们。他可以个把小时地引录普希金或莱蒙托夫的诗篇。他也喜欢引用俄国的格言谚语。

加莫夫富于机智，常常妙语连珠。他告诉我在第一次驱车来洛斯·阿拉莫斯那天，他注意到，“一旦谁穿过 Rio Grande，但尚未到达 Valle Grande，(Valle Grande 是洛斯·阿拉莫斯后面山脉中一块大面积的死火山)他就到了 Bomba Grande 的城区了。”

1949年我即将迎来40岁生日，它将作为我一生中的报警标志而来临。我把它视作为不吉利的，因为由此我将进入中年时代。当然人们对于年龄的感情是随时间而变化的。但是数学家们都有早期冒尖的声誉，许多数学家，包括我自己在内，都非常赞赏青年时代。对青年时代的这种希腊式强调，同样也是美国人的固定看法。从早期阅读中，我就十分钦佩阿贝尔，他是一位挪威籍的天才，在27岁时夭折。我同样赞赏伽罗华，他是代数和群论新思想的创造者，在21岁死于巴黎的一场

决斗。可中年人的即使最巨大的成就，也没有给我留下很深的印象。可悲之处当然是在于，当人们年龄增大时，就会倾向于用旧的方法去处理新的形势。自我禁锢抑制了创造性。我的朋友罗塔说，他认为抑止的是对事物的兴趣而不是创造性。我部分地同意这种说法。很可能它就像一场拳击赛，据说它不是因为反应缓慢或者较易疲劳才输了的。当拳击手开始思考他们该干什么的时候，他们就输拳了。因为反应应该是直觉的，是迅速自动的本能。

约翰尼常常说，一个数学家在 26 岁以后就开始走下坡路了。我遇到他时他刚超过那个年龄。随着时间的推移，他超越了这个界限，但总把自己说得比实际年龄略小一些（例如当接近 40 岁时，他说是 35 岁）。他这种自我模糊的态度是颇有特色的。他不愿意露出把自己也考虑在“内”的态势。他懂得自我标榜在别人看来是可笑的。他宁愿显得谦逊一些。而我却与他不同，总愿意夸耀自己，特别是像体育运动或在比赛中获胜那类细微的成绩。孩子们的夸耀是不加做作的。在古代文艺作品中，在著名的荷马史诗中，英雄们公开地炫耀他们那超凡的体力。科学家们则往往含蓄地进行，通过批评或缩小他人的成就来显露自己。

虽然年近 40，但在对以往所取得的成绩作了反思以后，我依然充满希望。今后还有许多工作可做。也许是因为我已经做了许多工作，也许是因为许多结果尚未成文，我感到自己还拥有许多的储备。由于这种乐观的天性，在我年过 60 的今天，此种看法依然如故。

第 11 章

“超 弹”

* (1949—1952)

在又一次到常去的东部旅行后，我回到洛斯·阿拉莫斯。这时我们的监测系统测出了俄国的原子弹爆炸。这个消息还没有公布。我刚着陆，几位来机场接我的朋友，梅特鲁泡利斯，卡尔金及其他一些人，就给我带来了几条消息：(a) 在昨晚的一场扑克牌游戏中，杰克赢了8个美元（按我们的下注，这是一个很大的数目）。(b) 俄国人已经起爆了一颗原子弹。我略加思索便答道，当然我相信(a)。(b)也肯定是事实。

约翰尼正在洛斯·阿拉莫斯，他和特勒化了不少时间讨论这一不吉利的事态发展。我参加了在宿舍区约翰尼住所的讨论。主要问题是“现在该怎么办？”我立即说道该着手推进“超级”的工作。特勒点头同意。不用说这也是他的想法。他们说他们已经讨论过该怎样去进行这项工作。第二天，特勒出发去华盛顿——或许是去看斯特劳斯上将；他是原子能委员会的成员——寻求他在那儿可能得到的政治支持。

斯特劳斯是原子能委员会的首任委员之一。他是犹太人。通过交谈我发现他有着犹太人的共同倾向，赞赏有成就的科学家，这使我感到高兴。对科学他有一种执着的欣赏，也许是因为他本人不是一位科学家的缘故吧。在该委员会早期，他致力于发展一种监测系统，以测定世界各地进行的核工

作情况。可以通过检测取自空气的大气样本，测定铀裂变时逸出的某些气体成分，来做到这一点。这一思想源出于芝加哥的一位物理化学家托尼·托凯维奇。我记得在战时的洛斯·阿拉莫斯，他提出了这一计划。当时我正好在场。

受到特勒和诺伊曼影响的斯特劳斯建议，对于杜鲁门总统命令全速研制氢弹的决定，到底起了多大的作用，我不得而知。

在这里一再反复强调的是，关于“超级”的工作，必须有效地、系统地开展起来。诺里斯·布拉德伯利受命分管理论研究。在俄国爆炸原子弹消息传来前约6个月，我曾对他说起，我有这样的印象，华盛顿的某些人并不想把这项工作继续下去。诺里斯回答道：“如果我听任在华盛顿的某个人或者某个政治指东道西，说哪些工作不应该做，那我就是该死的。”他讲这番话时那种微笑的神态，我还依然在目。这不是现在称为鹰派的那种感情，也不是出于政治或军事的考虑，而纯粹是由于对科学和技术的探索。

关于“超级”的理论工作，就如我所表明的那样，在“超级”会议之后一直在继续着。但我并不认为特勒想把详情公之与众。因为我感到特勒相信，也愿意被认为在这项工作中，他不仅是主要成员，而且是唯一的创始人、捍卫者和组织者。也许他在内心感到，与参加这项技术工作的其他科学家相比，作为实验室的负责人，布拉德伯利可能会就未来的热核炸弹接受主要的荣誉，就像奥本海默在原子弹的工作中那样。不过就实际情况而言，在美国热核爆炸繁重的研制工作中，特勒始终是最早的倡议者。

当然这只是我个人对事态进一步发展的原因解释。这可以从现存的文献资料得到证实，其中包括发表在“生活”杂志

上的那份众所周知的谢普利-布莱尔报告，它对于确立“特勒氢弹之父”的声誉起了很大的作用。他们的下一本，由于内容可信度差，后来受到了怀疑。

在杜鲁门对原子能委员会加速氢弹工作的指示宣布后不久，劳伦斯和卢斯·阿尔瓦雷斯从贝克莱到洛斯·阿拉莫斯进行了访问，开始同布拉德伯利，然后同加莫夫、特勒和我讨论了制造“超级”的可行性问题。这次访问对制定该项事业的政策很有影响。

在特勒所采取的第一批措施中，有一项是招募一位年轻的物理学家弗雷德里克·霍夫曼作他的助手。弗雷德里克在维也纳土生土长，战前，当他还是一个小孩的时候，他就到美国来了。他年轻、灵敏、勤奋、利索，但还算不上是一个真正天生的科学家。他成了一名打杂差的，各行各业的不管部长，进行交际，与官员接触，还有各式各样的其他任务，他带着爱德华的信件往返于华盛顿，同时也做一些技术工作。他是爱德华一位理想的伙伴。鉴于弗雷德里克的贡献，爱德华对他十分信任。所有这些贡献当然有助于确立他特勒的形象，作为该计划的不平凡的创始者、宣传者和执行者的形象。

第一个委员会建立起来了，以组织“超级”的所有工作，审核制造它的各种可能的计划。该委员会的工作由作为主席的特勒、加莫夫和我本人主持。

对于该怎样使用裂变炸弹引爆，以触发热炸反应，存在有好几个不同的建议。加莫夫的建议被称之为“猫尾巴”。另一个是爱德华原先提出的方案。加莫夫画了一幅幽默的漫画形象地表达了那各种各样的计划。在那画里，他紧紧抓住一条猫尾巴，我在向痰盂吐痰，特勒则戴着一条印地安大项链，按照加莫夫的说法，那是发源地的象征。发源地那个字的音他可

老是发不准。这幅漫画被收集在他自传的插画中。这本自传取名为“我的世界航线”，于1970年由维金出版社出版。

在委员会上加莫夫和我都显示了一定的思维独立性，但特勒对此却很不满意。毫不奇怪，初始的“超级”委员会很快就不复存在了。有一次加莫夫和我都不在镇上，特勒说服了布拉德伯利，解散了那个委员会，用另一个组织取而代之。加莫夫对此感到不快，我则泰然处之。但我还是写了封信给他，并且预言，由于爱德华的固执、独断独行和强烈的野心，更多的麻烦还在后面。这封信，同述及洛斯·阿拉莫斯工作的所有信件一样，也被“分类归档”了。我期望它仍然被留在某处的档案内，有朝一日可以被收到那段时期的某种文件汇编中去。另一封这类“轻率”的信件是我写给诺伊曼的。在那封信里，我嘲讽了爱德华的态度。那封信恰好被编入了原子能委员会正式史的第二卷“原子盾牌”。在那里我提到，我产生了一个好的想法，把它告诉了爱德华，我开玩笑地又加上了一句，由于爱德华非常喜欢这个想法，也许这意味着该计划就不可能得到实现了。

有时我尽可能详细地写出某类演算的纲要，它就成为诺伊曼在新建成的电子计算机上加以实施的工作基础。配合工作的则有搞程序设计的克拉莉和一对物理学家夫妇莎达和福斯特·埃文斯，他们是在战后才加入这一项目工作的。

在战时，或者说战争刚一结束，同我脑中设想的相比，梅特鲁泡利斯-弗伦克尔演算还只不过是一个粗略的计划。由于计算机在速度和贮存容量两方面都取得了巨大的进展，实现更加宏伟的演算就变得有可能了。设想中的步骤涉及次数多得惊人的算术运算。一天乔尼对我说：“这种计算需要的乘法次数，比全人类迄今为止曾执行过的总数还要多。”但当我

对全世界的学生在最近 50 年中算过的乘法次数，进行粗略估计时，我发现这个数字大得惊人。

我们面临的是曾经处理过的，运算量最大的问题。它比到那时为止用手摇计算机所曾进行过的任何天文运算都要大。需要可以得到的最先进的电子设备。那时诺伊曼的普林斯顿 MANIAC 正在运行，它的同类产品正在梅特鲁泡利斯的指导下，在洛斯阿拉莫斯建造。

特勒依然示意，要按他的原先计划引爆“超级”。所做的工作还远远不够。但他坚持要依他自己的特殊途径办。必须承认，我被他的固执激怒了。在与我的朋友埃弗雷特共事时，有一天我决定尝试一下图解式的实验性演算，它可以给出一种数量级，至少可以给出他的计划所希望的小数点位置估测。

在我们开始对热核反应过程（引燃氘或氚氘的混合物）进行演算之前，埃弗雷特和我已经就活性铀系集和中子增殖有关的概率问题做了许多工作。我们搞出了一个我们称之为增殖过程的理论（现在合适的名称为“分枝过程”）。大卫·霍金斯战时就分枝过程写过一份报告，这项工作遵循的想法就是由这份报告发展而来的，但已对它作了精心的加工，进行了深化与推广。霍金斯的报告和我的报告才只有几页。与埃弗雷特一起工作几个月的结果，被包含在三篇篇幅为一百多页的大型报告中。它们成为以后多项工作的基础，其中有些是后来由俄国和捷克的科学家们独立地完成的。

在实验室的正式组织中，我是 T-8 组的负责人，埃弗雷特是该组仅有的成员。日复一日，在与我毗邻的他的办公室里，我们做了许多其他的数学工作。它们与洛斯阿拉莫斯当时规划中的问题不一定有关系。我们还以数学的或其他的方

式讨论了宇宙(约翰尼的表达)。

现在每天花4到6小时,我们用计算尺、铅笔和纸进行工作,做频繁的数量估测,设法获得能处理整个问题的,更为迅速达到粗略的结果的方法。然而进展缓慢。通过猜测几何元素的数值,设想各种几何立体的交集,估测它们的体积,测算点逃逸的机会,我们完成了许多工作。我们一个小时又一个小时地反复进行这些工作,用普通计算尺演算,做了大量的各种各样的猜测。那是长期且又艰苦的工作,结果对原先“超级”计划的可行性,绘出了一幅令人沮丧的图景。爱德华原来对达到点燃“超级”初始条件的途径有所设想,但我们的演算却对这些设想的前景打了个巨大的问号。

我们研究的程序大致是这样的:每天早晨我尝试提出某些猜测,如猜测与动态聚合的纯几何性质有关的某些系数的值。那些聚合将对通过它们的中子和其他粒子产生影响,反过来又会引起更多的反应。通过对实际运行情况按步施行运算,那些猜测可以得到修正。读者应该注意,施行单个计算步骤所需的实际时间是很短的,每次少于一“雪克”,物质聚合所占的空间从线性度量看也是很小的。每一个步骤只需要一“雪克”的小部分。“雪克”是战时洛斯阿拉莫斯所取的名称,它表示一秒的 10^{-8} 这样一段时间间隔。另一个单位是称为“巴”的截面,它表示一平方厘米的 10^{-24} ,是一块非常小的面积。单个计算步骤的次数因此是很大的。我们的各种运算写满了一页又一页。这项工作的大部分是由埃弗雷特完成的。在这个过程中,他几乎把计算尺都用坏了。当经过几个月的工作,我们终于获得结果时,埃弗雷特开玩笑地说,政府为了表示感谢,至少可以给他买一把新的计算尺吧!我无法估计为了解决这个问题,到底花了多少工时。

为了书写报告，我们列出了支持过这项工作的专业计算机工作者的名单，其中包括约瑟芬·埃里奥特。甚至弗兰科斯也迫不得已地做了些工作，在台式计算机上啃下了次数多得不可胜数的算术运算。

整个过程持续了很长时间。在普林斯顿电子计算机的结果出来前几个月，这项工作终于完成了。氢弹发展的这个所谓的手工部分在许多正式的和一般的报告中都有叙述。它之所以能引起公众的注意，可能是因为“人机对抗”因素所具有的某些吸引力。

特勒正在尽力使一些物理学家对“超级项目”感到兴趣，布拉德伯利也已经把一些物理学家列入了参加这项工作的名单，随着我们的运算取得进展，它自然而然地在他们中间引起了注意。许多可尊敬的来访者周期性地出现，以考察这些演算进行的情况。约翰·惠勒第一次访问洛斯·阿拉莫斯也在这段时间之内。

有一天费米和拉比来到我们的办公室，我们向他们展示了获得的结果，这些结果表明该反应的进展并不太好。但那些结果只是指向性的，而不是完全肯定的，因为我们使用了粗略的估算和猜测，以替代大量的数值运算。

执行特勒原始想法的技术困难证明，一些物理学家从科学和政治角度提出的某些反对意见，也许还有大顾问委员会的不满情绪是有理由的。当这一点明显表现出来时，汉斯·贝蒂对整个项目重又感到兴趣，对洛斯·阿拉莫斯的访问也更频繁了。凭着他对数学物理出色的修养，解决核物理解析问题的高度才能，他提供的帮助是极有意义的。最后，是贝蒂第一次提出（德国的魏萨克也独立地得到了同样的结论），太阳内部的核反应是产生太阳能的根源，这样就可以解释太阳

和其他星球放射射线这一事实。已经发现他们原来设想的“碳反应机制”，并不是所有星球能源的唯一根源。

特勒是不会轻易承认我们的结论的。我获悉这个坏消息一度曾使他留下了失望的泪水。他觉得受到了很大的挫折。我从来没有见到他个人曾陷入过如此的境地。在那些日子里，他显得郁郁寡欢。对该氢弹方案的热心支持者也处于类似的情况。怀着压抑的心情，他周期地来到我们的办公室，力图发现错误以证明我们是不对的。有一次 he 说道：“这儿有一个错误，差一个 10^4 的因子。”这使埃弗雷特感到特别恼火。作为一位物理学家，他并不那么自信，但作为一位数学家，却完全有把握不出任何差错。他经常说：“我从不出错。”这确是事实，他从不用错符号或出现简单的数字错误，而这类错误数学家们是常会发生的。于是尽管爱德华尽了很大的努力，他还是得一次又一次地承认，是他的算术出了毛病。

诺伊曼-埃文斯演算的结果在普林斯顿的大型电子计算机上开始缓慢地显示出来了，它们全面地肯定我们的结论是正确的。在演算过程中，尽管起初有一些似乎甚有希望的“闪光”，但整个计划却开始慢慢冷下来了。每隔几天，约翰尼就得到一些结果，他快快地说：“冰块开始形成了。”

这是那些日子里可能进行的最好的理论计算。现有的一些常数的实验数值，必须在计算截面时用到，但由于它们不是完全有把握的，故整个项目就仍然存在着变化的可能。但不管如何，总还得寻找点火的替代途径，因为这是必不可少的。

约翰尼在感情上是倾向于建造氢弹的。他希望用这种或那种方式，可以找到一个好的方案，即使在数学演算对原来的途径给出否定结论的时候，他从来没有丧失过信心。

在这动荡不定的关键时期，我去普林斯顿访问了他。费

米正巧也在那里。这是一次短暂的访问。在约翰尼的家里，整个下午，晚餐期间，还有整个晚上，我们都用来讨论了它的前景。第二天我们同奥本海默谈了话。他已经知道了埃弗雷特和我所得到的结果。他似乎对遇到困难这个消息感到十分高兴。而同时诺伊曼则仍然在寻找各种途径，以挽救整个局面。约翰尼列出了一种流体力学演算的纲要，费米也同意了。他们估测了一种扩散速度，可那在我看来是太慢了。根据我在过去几个月工作的经验，我注意到他们错误地假设了液体氘的浓度为 1，而事实上它只是 1 的一个小分数。用一个单位的质量替代一个单位体积这样一个错误，使速度就要比实际上的小。约翰尼发现了这一点，惊叹道：“哦，我的天哪，事实上它比火车的速度还要快啊！”奥本海默向我眨眨眼，他为困难得到了证实而高兴，也对抓住了诺伊曼和费米犯了个小小的算术错误而感到满足。

我和埃弗雷特的演算涉及到爆炸的第一阶段，涉及到起爆的问题。整个情况的一个重要部分在正式文件中已有记载，它涉及到费米和我所做的某些更加基础的工作。继反应进程的第一批运算，还有它的增殖和爆炸问题。在无数次的共同讨论中，我们给出了增殖可能性的大致轮廓。当然假定使用某种方法（也许可用大剂量的氚的扩散）可以进行初始的起爆。这里我们又一次使用猜测，以替代大量困难而又细致的计算。要完成那些计算需要比那时存在的速度快得多的计算机。通过凭直觉的猜测和费米倡导的奇妙的简化，我们步步为营地向前推进，再一次完成了这项任务。

数字计算工作是在台式计算机上做的。工作中得到实验室计算小组提供的一批程序的支持。那个小组由一位十分幽默的纽约人马克斯·戈德斯坦管理。费米想鼓动组里的那些

女孩子应用计算尺，这使马克斯感到十分恼火。由于我们进行了大量的简化，机器的精度实际上不是很有保证的。但是马克斯坚持要按台式计算机使用的通常程序办。象费米做的那样，使用计算尺和对数表，确是不那么精确的，但是凭着他的那巨大的直觉力量，他能够判断出正确的、精确的数量，这当然是很有意义的。可那些进行计算的女孩子，既不懂物理也不懂一般的数学，在不知其所以然的情况下，不可能达到那种水平。因此在一定意义上，应该说马克斯坚持按标准程序进行的做法是正确的。

我特别记得那个程序员，她非常漂亮，很有禀赋。带着每天的计算结果，她来到我的办公室。那是许多张填满了各种数字的大开张纸。在裁剪得很低的西班牙上衣面前，她打开那些纸张，并发问道：“它们看上去怎么样？”我总赞叹道：“看上去非常好啊！”这使费米和那时在办公室里的其他成员感到十分快乐。

费米和我写了一份联合报告。恩里克十分仔细地检查了报告的结论。事实上，其中的一个结论表明，原计划的反应从本质上说是没有前途的。其中有这样的句子：“如果核反应的截面可设法扩大到原先设想的 2 到 3 倍，那么反应就会进行得比较顺利。”

我相信与费米合作进行的这项工作，要比与埃弗雷特共同进行的计算更加重要。事实证明它是热核爆炸的基础。费米对它的实现感到满意，也对它给出了那类爆炸的一个容积极限这一事实感到得意。他说道：“人们不可能糊里糊涂地让树长到天上去。”

无论是他战时的原始“超级”设计方案，还是以后一段时间里他和他的合作者搞的修正改进方案，情况都坏到了极

点。但这时的特勒无论在政治方面，还是在组织方面，都仍然非常活跃。

也许在我的建议提出以后，情况才有所变化。我想到了一种办法，通过反复实施某些安排，以使整个做法可得以实现。遗憾的是，这个想法，或者说涉及到的所有这些想法，目前仍然属于保密范畴，因此不能在这里加以叙述。

实验室的助理主任达罗尔·弗罗曼，曾经请教过许多人，对于整个超级计划还应该做些什么事情，从心理角度看，也许是他的那一个备忘录，触发我产生了那个想法。除对特勒所坚持的他自己那个方案提出异议外，我还写信给弗罗曼，说明应该不惜一切代价继续进行理论研究，一定要找到某种方式，可以释放出由热核反应产生的巨大能量。

收到回信后不久，我就想出了一种迭代方案。之后我把思路整理清楚，搞了一个半具体化的草案，就去找卡森·马克对方案进行讨论。马克那时是理论部门的头，负责进行支持特勒和惠勒特别小组的大量理论工作。当天下午，我还去看了诺里斯·布拉德伯利，并谈到了这个方案。他很快就理解了它的可行性，立即表示对实施这个方案很有兴趣。第二天早晨，我对特勒讲了。我和埃弗雷特的工作，得出了对他的计划说来是灾难性的否定结果。我们的关系似乎也有些紧张，但我并不认为因此他就对我怀有真正的敌意。爱德华立即审视了我的建议，起初踌躇不决，但几小时后就充满热情了。他不但从中看到了新奇的因素，而且发现了一种与它并行不悖的方案，一种我所表达方案的替代方案，也许比我的那个更加适用，更具一般意义。从那以后悲观情调消失了，重又充满了希望。后来我还去看过爱德华几次，每次讨论问题约一个半小时。我写了该建议的第一个草案，特勒作了些修改，补充了

一些内容。很快我们就写出了一个联合报告，其中包含了进行热核爆炸新可能性的第一份实施草案。在那些原则的基础上，我们搞了二个平行的方案。这份报告成了那项设计的理论基础，它导致了第一次成功的热核反应。在太平洋进行的那次试验称之为“麦克”。随之而来的是一系列紧张的活动。特勒在普林斯顿举行的一次大顾问委员会会议上，不失时机地阐述了这些思想，特别强调了该项报告的第二部分。由于这次会议标志着氢弹发展的一个转折点，因此是非常著名的。更详细的后继报告由特勒和霍夫曼执笔。一批新的物理学家被请到了洛斯·阿拉莫斯，满腔热情地开始了实验验证的工作。

约翰·惠勒来到新墨西哥帮助特勒。他还带来了他的几个得意门生，其中有肯·福特，以后我同他联合搞了一些与此无关的工作；有约翰·托尔，现在是设在石溪的纽约州立大学的主席，那时是一位很有前途的物理学家；有马歇尔·罗森布罗斯，战时，作为一个士兵已经在洛斯·阿拉莫斯；有T. 泰勒，他对原子裂变炸弹贡献了许多新的思想；有卓越的数学物理学家康拉德·朗麦；还有别的一些很有才气的年轻人。高强度、快节奏的工作继续进行着，好几个关于“麦克”的计划在我们那命运攸关的谈话后只几个月，就已准备就绪了。

惠勒在洛斯阿拉莫斯的那一年，就住在我们隔壁的一幢房子里。我们可以经常遇到他们。惠勒是一位很有意思的物理学家。在我的印象里，他在理论思想方面竭力追求标新立异，并不拘泥于已有的概念或现有的模式。有时他会想到听起来非常古怪的物理学或宇宙学设想。它们是如此怪诞，以至他的有些想法，在我看来似乎是缺乏常识的，或者是不可能进行实验的。但另一方面，泡利有一次曾经说过，海森堡提出

的某些思想还“不够奇特”。也许它们正属于这种情况。维特的巨大功绩，是对他广义相对论所做的工作，并将其应用到了如黑洞那样的极端情况。他还具有很强的教育才能。我认为在他的学生中间，费曼（Feynman）是最出色的。很久以前，他们就马赫原理的推广合写过一篇十分出色的论文。

尽管进行了大量卓越的实验和热核爆炸，特勒还是感到不满。他从事更多的活动，努力把更多的工作置于他的控制之下。他对洛斯·阿拉莫斯的管理工作方式，表示了极大的不满。但布拉德伯利和实验室的其他高级成员，却看不出还有什么别的途径，可以完成这些任务。裂缝越来越深，以至于特勒施加了所有他可能集结到的政治压力，以开办一个竞争实验室。由于他对刘易斯·斯特劳斯和在华盛顿的委员会拥有巨大的影响，他得到了在加里福尼亚的利物莫开办另一个实验室的基金和授权。而差不多在那个时候，“麦克”试验获得了成功。它当然比任何可能性都更有说服力。这样，洛斯·阿拉莫斯在没有他参加的情况下，继续建造第一颗氢弹。而那时利物莫提出的第一批设计中的许多项目，却进行得很不顺利。约翰尼清醒地意识到了两个实验室之间的这种感情。在太平洋验证基地进行的，利物莫核爆炸首次试验失败的消息传来后，他笑着对我说：“洛斯·阿拉莫斯的大街上，今天将会欢歌喜舞。”

有些人根据政治的、道义的或社会学的原因，激烈地反对氢弹。与那些人不同，我对从事纯粹的理论工作，从来没有产生过任何疑问。我并不认为尝试对物理现象进行计算有什么不道德的地方。不管是否值得，从根本上说，这是问题完全不同的两个方面。事实上，最严肃的历史、政治或社会问题的关键，与物理或技术问题本身，并没有什么干系。即使纯数学中

最简单的运算也可以产生出可怕的后果。如果不发明无限小运算，我们的大部分技术就不可能出现。难道我们可以因此说，微积分是坏的吗？

我认为人们不应该首先倡导会导致可怕后果的项目。但是一旦这样的可能性存在了，验明它们是否现实，是不是要更好一些呢？有一种相当夸张的看法认为，如果你自己不参加该项工作，那么它就根本不可能成功。我真诚地感到，让那些东西掌握在科学家手中，掌握在那些习惯于作出客观判断的人们手中，要比掌握在煽动家或好战主义者手中，甚至比掌握在怀有善意但对技术问题一窍不通的政治家手中，要安全得多。当我对引起的后果进行反思时，我觉得它们与那些已经出现的裂变炸弹所可能产生的后果，似乎并没有本质上的不同。在战后，大容量的原子弹可以制造出来这一点已经很清楚了，热核计划同样不是独一无二，可以例外的，迟早俄国人或别的什么人会发明与制造它们。尽管有来自双方的各种喧嚣与夸张，其政治含义仍然是不清楚的。单个的炸弹就足以摧毁最大的城市这一事实，会使爆发全力以赴的战争可能减少，考虑到已经存在的原子弹和它们那可怕的破坏力量，情况就更是如此。

在完成了这项理论工作以后，我回顾了自己已做过的工作，决定暂时改变一下环境。我接受了作为访问教授在哈佛工作一个学期的邀请。那是在1951年夏。费米一家住在我门双套房的另一半。我们经常相遇。9月份我正准备离开，忙于收拾行李，处理信件、书籍和论文，忘了去参加在布拉德伯利办公室举行的一次重要晚间会议。那次会议将对下一步的工作与试验作出规划。第二天早晨，我获悉那次会上，在特勒和皮拉德伯利之间出现了一场白热化的交锋。在场的其他

科学家发表了尖刻的评论，指责特勒那些十分粗暴的非难。当我向费米提到这些时，他以那通常的平静态度回答道：“你干嘛关心那些事情，后天你就准备离开了么。”我的一些朋友对他所显示的这种很有气度的超然态度，留下了很深的印象。拉比特别赞赏恩里克那合情合理的宁静风度。

奥本海默事件，它逐步发展成了激烈的氢弹辩论——虽然斯特劳斯和奥本海默的不和有其个人的，也许是度量狭窄的原因——对科学家们的心理和情绪是有重大影响的。

有一次我问约翰尼，他是否认为爱因斯坦会在奥本海默遇到麻烦时，对他进行庇护。约翰尼回答说他相信不会。他认为爱因斯坦对奥本海默的所作所为和对那个事件，确实怀有矛盾的感情。

要猜测其他的动机是困难的。它们可能是长期形成的信仰，政治立场甚或是所喜爱的科学思想或哲学思想所派生的结果。例如，我相信奥本海默反对发展氢弹的某些原因，可能不只是在道义、哲学或者人道方面的。我可能带有嘲笑的口吻说过：由于某位在发起一场革命（核能事件后被冠以犯罪的称号）时曾起过重要作用的人，并不以一种愉快的心情期待壮大这场革命，这使我受到震动。

阿纳托尔·弗朗斯告诉我，一天，在巴黎的公园中，他看到一位老人坐在长椅上读报，突然一群青年学生出现了，他们走在游行队伍中，喊着革命的口号。老人感到十分焦急，摇着他的手杖喊道：“保持秩序！警察！警察！走开！”弗朗斯认识老人，并且知道他过去曾经是一位著名的革命者。

奥本海默非常强壮，对事兴致勃勃；不过在某些方面他又十分忧郁，他提出的所谓中子星方面的理论研讨，是他对理论物理学的重大贡献，但是关于脉冲星，即一种快速旋转的中子

星的发现，直到他逝世若干年后才得到证实。

似乎对我来说，这是奥本海默的悲剧。他智力发达，接受力强，杰出的批判胜过于深刻的独创性。他被禁锢在自己编织的网格中，这种网格并非政治的而只是语言的。也许他过高地估价了自己的地位，把自己看成“黑暗的王子，宇宙的破坏者”。约翰尼常常说：“有些人总自认为忠于某件过错是犯罪。”

这些事件的许多说明已经发表了。有些是夸大的或缩小的；有些像原子能委员会的历史是客观的。但是，由于当事人从各种不同的角度看问题，当然不会有看法会完整无遗的。这是我作为生活在那个时代并且直接卷入其中的氢弹历史的自己的看法。

第 12 章

两位先驱者逝世

(1952—1957)

先和埃弗雷特、费米狂热地搞了“超弹”研究，继而离哈佛度假，假期结束回到哈佛与数学界的的老朋友们恢复交往之后，我的全部注意力就转向其他的和更加纯粹的科学问题。

计算机刚崭露头角。事实上洛斯·阿拉莫斯的数学分析数值积分器和计算机还只是雏形初具。而普林斯顿的冯·诺伊曼机由于在技术上和制造上遇到了困难，也推迟了该机的完善。洛斯·阿拉莫斯的样机要走运一点，因为它碰上了梅特鲁泡利斯小组里詹姆士·理查森工程师的一双巧手。

这些计算机一问世，费米凭着他的远见和直觉马上就意识到它们对理论物理学、天体物理学和经典物理学研究的重要性。我和费米深入地讨论了这一点，决定尝试系统地阐述一个易于描述的问题，它需要相当多的计算，不能用纸、笔或现有的机械计算机找到其解。仔细地推敲了几个可能的问题后，我们选定了一个典型的课题，即求解关于动力系统的大范围和长时期的行为的预测。那是一根两端固定的弹性弦，不仅受到通常的与形变成正比的弹性应力的作用，而且根据物理学还另有一项小小的非线性项。需要揭示的是那一非线性项，是如何在许许多多的振动周期之中逐渐改变众所周知的单一波型往复摆动的周期行为的。该弦上的其他振动波型是如何

变得更加重要的以及整个运动最后是如何——当时我们这样以为——热能化的。也许就和开始呈层流状态慢慢湍流得越来越厉害并将宏观运动转化成热的液体的行为相似。

约翰·帕斯塔，一位刚来的物理学家协助我们拟订流程框图，编写程序，并使它在数学分析数值积分器和计算机上实施。费米曾下过决心学会由自己给数学分析数值积分器和计算机编写程序。当时做这一工作比现在要困难得多。因为现在已经有一整套程序，有现成的程序可资利用，就连过程的连续运行也是自动的。然而，在计算机的早期阶段，为了编程序人们不得不去掌握许多计算机构造的细节。费米学得很快，并且还在向我传授，尽管当时我已懂得了不少足以应付诸如哪种问题可以上机求解，以及以步数计的求解时间和上机运行的基本步骤。

事实表明，我们的问题选得太巧妙了。计算结果在本质上，居然与熟知波动力学的费米所预期的大相径庭。原先的目标是想知道弦的最初的单一正弦波能（琴键作为一个单音被敲击），是以什么速率逐渐产生高频谐波的，弦的波形以及能量在越来越高的频带上的分布是如何最后变得“一片混沌”的。上述两种情况都没有出现。令我们十分惊讶的是该弦的能量开始只是在几个低频处流转，更令人瞠目的是在过了几百个通常的往复振动周期之后，该弦几乎完全回复到它起先的正弦波形的状态。

我知道，正如他自己所说，费米把这当作“一个小小的发现”。一年后当他被邀请去作吉布斯演讲（美国数学学会年会上一件极其荣耀之事）时，他曾打算谈及上述发现。会前他病了，他的演讲也就一直没有进行。但是，以费米、帕斯塔和我为作者的有关这一工作的报道，已发表在洛斯·阿拉莫斯的报

告上。

在此应当指出，在计算机上研究象弦那样的连续介质的运动时，要把弦假想为由有限质点组成——在我们的问题中，用 64 个质点或 128 个质点（取 2 的某次幂作为单元数，在计算机上更便于处理）。这些质点之间，不仅以与距离成正比的线性力联结，而且还另有一项微小的非线性二次项。然后，计算机就以较短的时间步长算出每个质点的运动。接着在下一个时间步长里算出每个质点的新位置，这需要重复许多次。用纸和笔是绝对无法完成这一数值计算的。可以毫不夸张地说用纸和笔计算需要几千年。想运用十九、二十世纪经典分析的数学技巧，去寻求一个封闭形的解析解也是完全无望的。

计算结果实在令人惊愕。很多人试图找出作为非线性振动庞大文献之发端的，这一周期性和规律性行为的原因。普林斯顿的物理学家马丁·克鲁斯卡尔，贝尔实验室的数学家诺曼·柴巴斯基曾就这一现象撰写过论文。随后的彼得·拉克斯则对非线性振动的理论做出了非凡的贡献。他们对这类问题均作了有趣的数学分析。数学家们都知道，由许多质点构成的动力系统的所谓彭加勒恢复，需要极为漫长的时间——达到天文数字——而上述方法能如此快地恢复初始状态，实在出人意料。

另一位洛斯·阿拉莫斯物理学家詹姆士·塔克很想知道，在接近恢复初始位置后，另一个周期是否以此为初始条件重新开始，以及在第二个“周期”之后系统的状况。和帕斯塔和梅特鲁泡利斯一起，詹姆士·塔克试了一次又一次。出乎意外的是系统的恢复相当精确。这一现象持续了六个或十二个“周期”之后，系统又开始向最初的状态更加靠近，从而出现

了某种类型的超周期。这一现象是极其独特的。

其他作者包括苏联的几位数学家也研究了这一问题，并撰写了论文。去年日本科学院请求我准许他们重印费米—帕斯塔—乌拉姆论文。我毫不迟疑地同意了。此后不久，整整一卷包括了许多其他作者研究这些现象的论文集问世了。

这里，我可以说约翰·帕斯塔是一位很有意思的人物。他是一位职业物理学家，曾在大萧条时期作为一名警察，在纽约市的一条巡逻线上度过好几年。他曾在洛斯·阿拉莫斯参加过我的小组。他少言寡语，但偶尔也讲些尖酸刻薄、幽默发噱的话语。他的见地、能力以及关于洛斯·阿拉莫斯方面的背景知识，给约翰尼留下了深刻的印象。约翰尼成为原子能委员会专员后，邀请他参加在华盛顿的原子能委员会。

至于詹姆士·塔克，他是战时随英国代表团来到洛斯·阿拉莫斯的英国物理学家。战后他曾返回牛津，以后又再次进入洛斯·阿拉莫斯的实验室。当时我们在获取非爆炸性聚变能量的方法方面共同协作，并在战时就此问题撰写了一份也许现在还是保密的联合报告。

作为一名颇为年轻的物理学家塔克，一度是后来成为邱吉尔科学顾问、彻韦尔勋爵林德曼的助手，他的这段经历，有不少妙趣横生、逗人发笑的轶事。他常常强有力地为彻韦尔辩护。他不时地提醒我朱尔斯·维恩和卡尔·梅曾描述过的英国人的古怪。身材高大、步履迟缓、动作笨拙的塔克，惹出过许多使朋友们兴高采烈的趣事。多年来塔克负责洛斯·阿拉莫斯的一项和平利用核聚变的计划。洛斯·阿拉莫斯的实验室现在仍然生气勃勃地致力于探索“和平地”从重氢的聚变中获取能量的方法。

还有一个费米想研究但我们从未很好地将之系统阐述和进行过工作的问题。一天，费米说：“作一些纯粹的运动学研究一定是很有趣的。设一根由许许多多的环构成的刚性的链，每个环相互之间都能自由地旋转。将链条扔到一张桌上，如果只是考虑初始能量和约束条件而不计外力作用，那么链条究竟会呈现出什么样的状态呢？”

在这些岁月里，我们和冯·诺伊曼开始一起度圣诞节。我们的女儿克莱尔还是个孩子，每逢圣诞之夜，约翰尼和克拉莉总是帮我们摆弄克莱尔的玩具。记得摆弄一个很大的硬纸玩具小屋，就会化去我们好几个小时。约翰尼，尤其是我并不善于根据说明如此这般地拆装这些小玩艺。直到现在我仍然不会根据书面说明去填写表格或装配部件。然而，约翰尼却又热衷于此。在普林斯顿他主动地紧紧把握住建造普林斯顿数学分析数值积分器和计算机的哪怕是最细小的枝节。据数学分析数值积分器和计算机的工程师比奇洛所述，约翰尼弄懂了所有的电子部件并监督它们的装配。当机器接近完工时，他自我嘲弄地对我说：“我实在不知道这玩艺会有什么用，不过在西藏，用它来每小时上亿次地译解“Om Mane Padme Hum”（啊，汝是荷花），一定会赢得称赞，它远较任何祈祷轮盘转动得快。

一九五〇年我们再一次一起过圣诞。为庆祝四十年代和本世纪上半叶的结束，弗朗科斯、克莱尔、我和冯·诺伊曼在墨西哥的伽依麦斯度短假。他们从普林斯顿驱车前往，我们约定在新墨西哥南部的洛斯·克鲁斯碰头并一起旅行。洛斯·克鲁斯有一座1890年建的老式妓院，战后被改造成旅馆，我们就住在那里。房间摆设具有当代风格，但每扇门上镂刻着一位姑娘的名字代替房间号码，如佳妮塔、罗西丽娅、玛

丽娅。门廊中间的天花板上悬挂着一个秋千，姑娘们显然要从内室阳台才能爬上去。对约翰尼和我这就象那著名的傅科摆。我和约翰尼俩纵情地以一个学术上的、妙用了两国语言然而又是不成体统的玩笑打趣。我好不容易才憋住没在这儿把那个玩笑写出来。

在驱车前往伽依麦斯的路上，我们闲谈着语言的产生。我们对西班牙语不甚了了，但我们猜想它是由英语单词加拉丁语词尾构成的，如玻璃英语是 glass，西班牙语是 el glaso。这一猜想对许多单词都成立，使我们感到极为惊讶和有趣。特瑞对墨西哥的介绍，尤其是墨西哥散文，也使我们度过了好些充满乐趣的时光。散文中有关令人心驰神往的索诺兰“天国丛林”一页，特别意味深长。当我们驾车穿越索诺兰时发现它不过是干沙地上一块糟透了的小树林。树林里也不曾居住着所谓“为数众多，形形色色的异国热带禽鸟”。“天国丛林”也因此而成为我们用来表示失望的谚语，每当我们获悉在数学上或物理上与我们的期望相去甚远的消息时，我们就会意地说它是“天国丛林”。

在苏联人造地球卫星发射之前，约 1951 或 1952 年，我在华盛顿参加了一次早期的洲际导弹火箭会议。在场的肯定不在二十人之下。加莫夫是重要的与会者之一。约翰尼和特勒也到会了。这是在五角大楼某个房间中举行的一次秘密会议。长桌上会议上约翰尼就坐在我的身旁。讨论中的一个问题是如何制导火箭。特勒建议采用通向目标的化学轨迹，加莫夫称之为“嗅”路。会上还有一些别的建议。我提出的是“弹道”火箭。如果需要，其轨迹可在路上校正多次。我记得约翰尼曾问我：“在发射时目标瞄准一些，不是一样或者更好吗？”我提醒他，高斯那有名的多次观测行星轨道计算的工作。他

很快地思考了几分钟，迅即得出了弹道校正方法确是更佳的方法的结论。

我当时还注意到当我提及弹道火箭时，某些人发出了扰乱的喧哗声，因而我猜想，在弹道火箭方面已开展了一些工作。那些人并不想透露所有正在进行的工作。况且与会者们允许接触机密的等级是不一样的。这还使我联想到似乎有很多人对冯·诺伊曼某种做法感到大惑不解。所涉及的是他和军方的关系。他似乎很羡慕那些陆海空将军，并和他们相处得很好。即使在他成为军方的官员、即原子能委员会专员之前，他就越来越多地花时间与军方商讨问题。有一次我问他：“这究竟是怎么回事，约翰尼，你对有时并不十分引人注目的相当小的官员似乎也印象深刻？”为了稍稍贬抑一下自己，我进而又说：能够给我留下深刻印象的是财富和影响力的象征，譬如，J·P·摩根 1936 年于哈佛一百周年庆典上，在校友行列中行进的景象。这之前，我在生活中曾遇见过许多杰出的、著名的科学家和艺术家。但摩根作为能行使巨大权力的亿万富翁的形象，实在使我敬畏。至于约翰尼对军方的迷恋，我相信总的来说，是由于他对握有权力的人的羡慕。对那些在默祷中度过自己生活的人来说这并非罕见。至少他羡慕那些能够左右事情的人物。此外我认为心肠软的约翰尼还暗中羡慕那些强硬和无情的人。他赞赏甚至妒忌那些在会上举足轻重的人，还妒忌那些侃侃而谈，影响听众思路，影响决策过程的人。他自己在委员会的会议上并不是一个坚定的、活跃的论辩者，常常向那些固执己见的人让步。总之，他宁愿避免争论。

当时，国防研究合同风行一时，甚至连数学家也常常拿到合同。约翰尼和我常对科学家们如何声称其建议于国家利益

有益而实际上只是为纯粹的科学好奇和撰写几篇论文所驱使评头论足。实用目标有时主要是托词而已。这使我回想起有个犹太人，在赎罪日想跨进犹太教堂的故事。他想进教堂坐到靠背长凳上，得先付钱。为了想溜进去，他对门卫说，他只想告诉里面的布拉姆先生他祖父病得厉害。但门卫将他拒之门外，对他说“你这个贼，你是想进来祈祷”。我和约翰尼以为这个故事是对上述情形的绝好描绘。

住在华盛顿的加莫夫，是海军研究实验室的顾问。我早期的华盛顿之行中，有一次就是为了和他磋商问题。他请我谈蒙特卡洛法，我们还讨论了陆战形势的模型化。他对此很感兴趣并在坦克战方面做了不少工作。例如他曾运用蒙特卡洛法于地形仿真，他还对地形图起了个“斯坦图”的绰号。

他和他第一个妻子罗住在郊区。他总是说：“让我们在切比谢夫见面吧”。当然他指的实际上是谢维切斯(切比谢夫是俄国的一位数学家，他就是这样发谢维切斯这个词的音的)。渐渐地他和罗在婚姻方面产生纠葛，最终分居并离婚了。不久，他移居宇宙俱乐部斯巴达式的环境里。那儿的唯一好处就是有大量的报纸和杂志。一天，我收到他的一封凄切的来信。他告诉我他正孤独地生活着，房子上还贴着“待售”的标记。

1954年费米夫妇在欧洲度过夏天。部分时间呆在临近查模尼克斯的列斯·豪恰的法国物理研究所，部分时间呆在意大利的瓦伦那。费米逝世后，瓦伦那建立了恩里克·费米研究所。现在该所还经常举办会议，探讨高能物理和粒子物理的前沿课题。在费米的晚年，这两个领域还只是刚刚起步。

如果我没记错的话，那年夏天费米申请了一项研究基金。

他没有得到，因而有些恼火。对我来说这太不可思议了。这就同政府使用他的同位素制造专利，而只给吝啬的补偿一事一样地令人难以置信。有一次他对我说，他曾相信他和他的协作者也许会从政府获得一千万美元。他们打算用这笔钱为意大利人到美国留学建立一笔基金。但他所说，直到那时，他们连一个子儿也没有拿到。最后终于进行了结算。如果我记得不错的话，那笔款是如此之少，以至于刚刚够付律师费用。

我们约定了在巴黎与费米会面。他们在那儿要逗留几天，然后一起分乘两辆轿车向南行驶。他们打算租一辆菲亚特，但在巴黎的菲亚特调度员出人意料地拨给他们一辆非常特别的八档速率的小车。我还记得，费米曾要我沿着码头和里伏利街区试开所有的速度。

恩里克的健康不佳。去年夏天在洛斯·阿拉莫斯，他妻子注意到他的胃口很坏。这使她开始担忧。和以往相比，他对他所喜爱的网球比赛以及平时练习，都显得精力不济。尚无其他症状，所以劳拉觉得这大概是由于他卷入了氢弹争论和奥本海默事件，以及他对世界政治形势所持怀疑主义和悲观主义态度而引起的。她希望夏天离家休假，会对他有好处。

费米夫妇的生活一向简朴而节约。在巴黎我们注意到他们不愿时常出入“上好”的价格昂贵的法国餐馆。那年夏天费米确实是食不甘味。我们没有劝说他住在一流旅馆里，尽管和我们相比，他们的支付能力要强得多。在我们的结伴短途旅行中，我们一起住在巴黎南面约 150 英哩的一个朴素的小旅店里。当时的情景仍历历在目。深夜，繁星满天。我们坐在一块紧挨着潺潺小溪的坡地上，谈论奥本海默事件。两幢

小屋之间架着一些电线，在我们交谈时，费米一直注视着一颗明亮的星星。他把头转来转去，避免让电线挡住视线，观察着星光闪烁的现象。

我们一致认为这次事件最终将降福于奥本海默。他将成为伟大的英雄。而那些指控他的人将遭到谴责。费米和冯·诺伊曼都既不是奥本海默的挚友，又不特别钦佩他，但在听证会上他们都完全站在奥本海默一边，针对指控进行辩护。费米对奥本海默的物理知识并无极深刻的印象，对其政治倾向亦有所保留。不过他觉得奥本海默受到了极不公平的对待。我们还谈论了爱德华·特勒的态度。接着我问费米如何看待未来。他突然注视了我一下，指着天空答道：“我不知道，我将从天上关注未来”。他是否已经有些预感，觉得自己病得很重呢？如果确实如此的话，那他还从未如此明确地承认过。这对我不啻晴天霹雳。特别是当我们讨论物理学的基础、粒子的秘密、介子的行为，以及他把对核结构的兴趣，转移到粒子物理学的所谓更基本的要素，他又重复了上面那句话时。他进而还说“我将会在天上知道”。第二天，我们分手了。费米向东而驶，去格伦诺贝尔和列斯·豪恰。我们、克莱尔和弗朗科斯的兄弟则往南，在靠近法兰西河边上的康纳斯度假。

夏末，当我们返回美国时，有消息说费米病得很重。一回芝加哥，马上就对他施行了一次探查手术，发现他患有已经扩散的食道癌和胃癌。他的一些朋友认为，他的癌症也许起因于早期和放射性物质打交道时没有严格遵守预防性措施。那时，我也拿不准我偶尔注意到的他狠狠吞咽的习惯是否就一直和他的身体不适有关，并且是一种有意识的自我控制。

他的病情发展很快，我到芝加哥去探望了他。我见他躺在医院里的病床上，手臂上的血管里插着几根管子。但他还

能谈话。他微笑着看我走进病房，说道：“斯坦，事情快到头了”。听到这句话，我心如刀绞的情形无法用语言来描述。我试图保持平静，勉强开了个玩笑，然后我们就许多话题谈了大约一个小时。他始终安详地谈着，在那种情形下确实具有超人的镇定。他提及前些天特勒探望了他。他还开玩笑地说，他曾经“试图拯救特勒的灵魂”。通常只能是教士去拯救即将死亡的人的灵魂。费米在此反其意而用之，暗指特勒和氢弹引起的群情哗然。也许他们的谈话产生了一些效果，费米去世后不久特勒发表了一篇题为“许多人的工作”的文章，为谢普利和布莱尔的论断定下了基调。在我拜访费米时，劳拉进来了。我对他们谈及家务时的若无其事深感惊讶。

我们继续交谈着。我记得他说他相信无论他还会活多久，他已经完成了他一生该做的工作的三分之二。他还接着说他对没有更多参与公共事务感到有点遗憾。听到他能象以前那样，站在客观的立场上，自我评价自身的活动使我感到吃惊。我又一次觉得，他以他自己纯粹的意志力达到了超客观的境界。

不知怎地，谈话转向医学的进展。他说：“噢，斯坦，你知道我度过这次难关的机会也许不是零，但是它小于百分之一”。我疑惑地注视着他，他继续说道：“我相信二十年左右将会找到癌症的化学疗法。我现在只能活二、三个月，假设均匀的概率分布，这两段时间之比是 100 比 1”。这就是他独特的量化方法。那怕对有些不可能量化的情形也是如此。接着我半认真地提出了一个问题，即人类能否在一千年内取得各种进步，从而能通过追踪后代基因、搜集所有特征，重新造出早先活着的人。费米肯定了我的想法，但他又补充道“记忆怎么办呢？怎样才能把成为某一个体的特殊本质的全部记忆再装进

脑袋呢？”这种讨论现在看起来是脱离现实的，甚至是不可思议的。将我们置身于这样一个话题部分地是我的过错。然而若从当时他对于自己、对死亡的超凡的超脱来看，这又是很自然的。以后我又探望了他一次，那次是和梅特鲁泡利斯一起去的。当我们步出他的房间时，我感动得热泪盈眶。只有柏拉图对苏格拉底之死的评述才适用于此情此景。我对尼克说“那是有史以来最为睿智者之死”。

费米不久就去世了。其后我途经芝加哥时拜访了劳拉，我把地址给了司机，告诉他这就是刚逝世的著名的意大利科学家遗孀的房子。那位司机恰巧也是意大利人，他从报上得知了消息。他坚决拒收我付的车费。直到我告诉他可以把钱捐赠慈善团体时他才把钱收下。

1954年，恰好在原子能委员会发出聘请之后，约翰尼接受专员职务之前，我们作了一次长谈。由于奥本海默事件影响，他对自己接受聘请颇有保留。他知道大多数科学家不喜欢安德米尔·斯特劳斯的行为，也不赞同特勒的极端观点。科学界一些更自由的人士，也不喜欢约翰尼实用主义的和亲军方的观点，总的来说他们并不赞赏他对原子能工作的协作，特别是他在洛斯·阿拉莫斯对原子弹、氢弹制造所作出的贡献。他还明白甚至他的普林斯顿的同事们也持有同样感情。他惧怕参加原子能委员会使这种感情变得更加强烈。由于他在奥本海默事件中，尽管不怎么喜欢奥本海默，但仍能以鲜明的客观性为其辩护，并作了正确的、令人鼓舞和明智的证词。然而这个事实也不会减弱上述感情。

约翰尼说，参加原子能委员会的决定，使他度过了许多不眠之夜。一天下午在弗里奥勒斯峡谷二小时的巡视中，他带着这一疑虑寻问我的感受。他开玩笑地说：“我将成为一名穿

制服的看门人”（法语里穿制服的看门人这个词指听差）。然而他对自己作为外国人，能被委以在指导许多科技领域方面具有巨大潜在影响的高级政府职位，感到自豪和得意。他意识到，这也许是一项对国家至关重要的活动。确实，以其无与伦比的智慧，在评判方案和发起新的计划方面他可以做大量有益的工作。作为他的一个朋友，并极力敦促他接受邀请的斯特劳斯，也有义务支持他的观点和想法。此外约翰尼总还有一点条顿人极易受官方影响的气质。无论如何，他的心灵倍受着折磨。一方面他希望能做些好的、有益的事并为此而感到自豪，另一方面他害怕在同事的心目中，把他看成为科学界的一小撮好战分子和追逐个人名利的人。接受原子能委员会专员职位，需要向普林斯顿研究院递辞呈，经济上亦要作出一些牺牲，我不知道斯特劳斯可能对他做出的承诺和施加的压力的细节。

后来我很疑惑，是否就是这一决定以及由此而给他带来的极度的苦恼和神经紧张，导致了不久以后他那致命的疾病的爆发。显然走这一步对他的身体确有影响，他脸色蜡黄，紧张过度。工作量也增加了不少。就我所知，以前他从来没有每天在同一个地方从早晨8点工作到下午5点，并且还要开几次会。无论他以前工作多么努力，然而时间总是由他自己安排的。在他成为专员一段时间以后，他的健康非常糟糕的第一个迹象出现了。

我认识他多年，他看上去总是非常健康。他只是偶尔犯感冒，他睡眠良好，工作卖力，能够毫不在乎地大吃大喝。我并不认为他是疑病症患者。相反除了感冒和牙痛外，他很少关注自己的身体状况，尽管他也曾向我出示过他和雅诺什·普莱士医生关于肾功能的一些通信。我们在弗里奥勒斯

峡谷时，曾多次在一起散步。有一次，当我们路经一颗被藤缠住的老树时，他说过：如果一个人被包围、跌进陷阱而不能自拔，那么，他一定会感到非常的恐惧呵。后来在他瘫痪时，我又想起了他的这句话。

我风闻到一些不怎么确切的消息，说他病了。我就此问特勒，他给了我含糊其词的答复，还说了些我弄不明白的事。我向乔治镇挂电话，克拉丽对我说了一个含蓄的小故事。我不由得怀疑事情已经非常糟了。后来才得知约翰尼曾专门嘱咐过她，不要让我知道他得了癌症。一天，他正坐在办公室里，肩膀上的阵阵剧痛使他几乎晕了过去。疼痛消失后，他去了在波士顿的麻省综合医院。从他的锁骨边拿掉了一块小小的肿瘤，大概已是第二期了。他很快就从这次外科手术中恢复过来，并且去洛斯·阿拉莫斯进行了最后一次访问。我仍然未被告知他的病情。

他来到了我们的住处，我注意到他有点病。他显然看上去有些出神和不安。带着一丝悲哀，他似乎在频频环顾周围，好象在想这也许是最后一次访问，要记住此景、此山，要记住这些他如此熟悉的并且使他常常度过有趣和愉快时光的地方。然而就在这同时，他仍然就他以专员身份呆在洛斯·阿拉莫斯开玩笑。他在那儿不光要思考科学事务，还要考虑非常无聊的行政上的杂事。镇上的拉比也插话说，这不再是什么学术访问而是一次巡视。他离开以前，弗朗科斯给他看了一张最近拍攝的克莱尔骑车的快照。他向弗朗科斯要走了照片。穿过花园回小旅馆，我通过窗口凝视着他。当时我深切地感到，他脑子里充满着忧郁和失望的思虑。

数星期后我去华盛顿时约翰尼带我去吃午饭。用餐时他告诉我医生发现他得了癌症。他还向我描述了是哪一类癌

症。这对我是一个可怕的打击。我告诉他我原先觉得事情有些不对，不过只是推测他患了糖尿病或心脏病。我转过脸去，不让他看出我是多么的心神不定。他还是注意到了，于是开始讲一个笑话。那是布达佩斯的一个妇女，其未婚女儿病了。她请了一个医生，医生说她女儿得了梅毒。“谢谢上帝”，那妇女答道：“我原来害怕是麻疹，它会传染给孩子”。在那次惹人注目的午餐中，他仍然表现出极大的意志力，毫无屈从认命的迹象。而我则心如刀绞，不知他能否再康复。

我在后来一次去华盛顿旅行时，上约翰尼家里拜访了他。他在乔治镇租的房子和他在普林斯顿的完全不同。这是一幢十七世纪荷兰式的小屋，象弗米尔油画中所描绘的，带有黑白砖块相间砌成的前庭。他依然在原子能委员会工作，但走路更加不便了。不久他就不得不坐上了轮椅。朋友们甚至连医生都疑惑，这是否部分地是由于心理上的原因。我从未搞清楚他得的到底是什么癌。我一直未了解全过程。我觉得很多人都不知道。克拉莉也从不愿多说。我只是听说那癌起始于前列腺，最后转移了，并导致他部分的瘫痪。

在他患病期间，约翰尼没有对我谈起他在洲际导弹委员会的重要工作。只是过后我才知道他是主席。该委员会被称为冯·诺伊曼委员会。在他病情越来越厉害时，有些会在他家里举行，后来又在伍德纳旅馆举行。为在华尔特·里德医院接受治疗，冯·诺伊曼搬进了离该医院更近的伍德纳旅馆。他谨慎地保密，直到最后，尽管我也许是他的最亲密的朋友之一。他也从不向我透露保密的或我并未介入其中的军事课题。我们通常交谈数学或他新近感兴趣的自动机理论。战前这方面的话题几乎还不存在交谈都是些零星的和肤浅的讨论。战后直到他患病之前，我们曾就这些问题讨论过多次。

我曾向他提出过我自己的关于由晶体状排列的细胞构成的自动机的设想。这个模型在阿瑟·伯克斯主编的《细胞自动机》一书，和伯克斯自己的关于自动机理论的书中得到了描述。当时人们以为在人的头颅这小小空间里有 10^{10} 个神经元。有些神经元伸出几百个突起，而在中心区域或许有上千个突起与其他神经元连系。我们向来对脑组织的复杂惊叹不已。现在已经发现每个神经元有数千个突起与其他神经元连系。有些区域中有五万甚至更多。当时以为每个神经元不过是个简单的“是”“非”触发器。现在人们知道神经元是功能众多的器官。冯·诺伊曼逝世后的十五年间，发现了更多的事实。整个构造更加令人惊讶、不可思议。约翰尼没有活着看到，在克里克和华生的细胞核 DNA 链的结构及其所蕴含的密码的工作之后的新进展。

很显然，约翰尼关于生物体和自动机未来理论的设想有其渊源，但他的较具体的想法，是在他搞电子计算机以后才逐渐产生出来的。我认为他推进电子计算机发展的动机之一，是出于他对神经系统和脑组织本身运转机制的强烈爱好。他逝世后，他的一些合作者收集了他的关于自动机理论概论的手稿。他身后出版的关于大脑的书仅仅是些他打算进一步考虑的轮廓。他过早的去世，使他只是浏览了一下这一前景广阔的领域，他几乎还没来得及跨入。分子生物学的巨大进展来得太晚了，他没能更多地了解它，也没能进入这一就我所知是如此强烈地吸引着他的领域。

另一推动他的缘由是对博奕理论的嗜好。这嗜好最初也许是独立的，以我之见，竞争、生存斗争、进化的一般理论，在不远的将来，会对现在所谓的生物进程是通过进化和“适者生存”的竞争而迈进的学说，提出一系列新的数学问题和新的思

维模式。在那一领域中，他的主要工作之一是，详尽阐述和创建博奕的概率论模型，特别是他对联合规则的研究。他和普林斯顿的经济学家奥斯卡·摩根斯顿在《博奕理论和经济行为》的不朽著作中阐发了这些思想。

自冯·诺伊曼去世十五年来，新发现的事实更加令人困惑。整个构造比那时更令人惊讶，不可思议。随着我们在解剖学和生理学方面的进展这种情形将愈益加强，导致新的数学研究领域的产生。

科学的复杂性日趋增长的过程正在持续。这种现象是永远继续下去，还是归真返璞，确是一个很大的问题。这也是世界之无限对有限问题的一部分。

在他生命的最后几个月里，约翰尼住进了华尔特·里德医院。他占用了为政府高级官员保留的一个很大的套房。1956年秋，我们又住到剑桥，我离洛斯·阿拉莫斯出来度假，作为麻省理工学院的一位访问教授。我设法去华盛顿探望了他几次。其中有一次我们又谈论起年龄。他对自己如果能活下来的话，究竟还能做多少独创性的和开创性的工作感到疑惑。我试着为他鼓气，告诉他至少还能再做百分之五十。

早在三年前，我们去芝加哥一所医院探望费米时，我们也谈论过同样的话题，真有点不可思议。费米安详地说他认为他已完成了他的绝大部分工作。差异有多大呀。至少这也是这两位巨人表达或抑制感情的方式不同。

就在这次探访中，我错跑到这个医院里同一楼面的另一端，走进了坐着两位军人的接待室。他们惊讶而疑惑地注视着我。我说我到这儿来探访一个朋友，他们露出了怀疑的神色，当我补充说“冯·诺伊曼博士”时，他们笑了。把我引到他住的房间。我刚跨进的是艾森豪威尔总统心脏病发作时住的

总统套房。我走进约翰尼房间后把这告诉了他。他听后很高兴，住在一个和美国总统套房相对称的位置，对他来讲是很有趣的。

在此几个月以前，斯特劳斯将军和我谈论起，如果约翰尼恢复健康得以出院，但仍不能重返原子能委员会时，他的生活该这样安排。通过新的环境使他振奋起来，或许还要向他提供一个非政府工作。这是我们的想法。尽管斯特劳斯不相信他不会完全康复，但仍想帮助他在加州大学洛杉矶分校获得特别教授的职位。这个前景多少转移了约翰尼的注意力并使他感到振奋。

他从不叫喊疼痛，但他对克拉莉的态度、言词、及关系都与前不同，事实上他整个心境，在他生命的最后时刻是令人心碎的。从某种意义上说，他已成了严格的天主教徒。一位祈祷的僧侣拜访并同他谈了话，其后他又请了一位耶稣会士。显然他在口头上、逻辑上想和别人讨论的与他对自己的内在想法和担忧之间有着巨大的差异。这可以从他的脸上看出来。约翰尼一向是个彻底的不可知论者，尽管他有时也流露出惊讶和神奇的感受。有一次当我在场时，克拉莉责备他对于自己在学术上的成就过于自信和骄傲时，他的回答是，相反，他对自然界的奇妙和大脑的进化充满了的赞美，与此相比，我们所做的是微不足道的。

那时，他病得很重，很重。我总是坐在身旁设法使他宽心。他对科学仍然有一些好奇心。他的记忆力时而显得还可以，偶尔是不可思议的好。我永远也不会忘记他去世前几天的一个情景。从他的一本翻烂了的修昔底德书中我用希腊语对他朗读一段他特别喜欢的亚丁人进攻梅洛斯的故事和佩里克莱的演说。他记得很牢，偶尔会纠正我的错误或发音。

1957年2月8日约翰尼在华尔特·里德医院逝世。在一个简朴的天主教仪式中他被葬于普林斯顿。斯特劳斯将军致简短的颂词。葬礼后，在他屋里有一个小小的聚会。几位数学家也参加了，其中有他的老朋友詹姆士·亚历山大，他刚从和我在洛杉矶患的差不多的病中恢复过来。还有数论学者埃脱·塞伯格、参与建造数学分析数值积分器和计算机的工程师刘易斯·A·德尔萨索以及在普林斯顿学院和他共事很长时间的秘书戈尔曼女士。他逝世后，弗朗科斯带着克莱尔到华盛顿与克拉莉一起度过了几天。克拉莉所喜爱的孩子的出现，有助于她暂时从约翰尼逝世前许多个月的折磨中摆脱出来。

冯·诺依曼的多才多艺令人瞩目。我认识好几位卓越的数学家。他们对其他学科的兴趣颇有局限，冯·诺伊曼则不然。

冯·诺伊曼作为一个数学家和科学家的名望和声誉在他逝世后与日俱增。他广泛的兴趣，他的科学事业，他的个性和他硕大无朋的脑袋正在变成传奇并远超过他对数学研究的直接影响。确实，在他的一生中，他已取得了巨大的声望和所有在数学世界能够给予的荣誉。但对他执微词的也还是大有人在。他并不完全是人们可称之为数学家的数学家。很早，当他注意数学的应用，或作为一个青年人写了一点有关量子理论问题的东西时，纯粹派就反对他在纯数学之外的兴趣。

至于我自己，决不会对他在希尔伯特空间和连续几何方面的工作，留下很深刻的印象。这是一个情趣的问题。在我自己很倾向纯粹派的时候，我曾善意地取笑过他。到了数学应用于牙科时，也许你才会罢休。

在他的众多兴趣中没有什么是微不足道的。他的高雅的

幽默使他始终站在数学大厦的某条切线上。从这方面讲他是独一无二的。他的全部智慧、他的广泛兴趣，他对短暂的技术工作和数学树之生命主线及其在人类思维中的作用之间的差异的绝对感受，也是独一无二的。

现在巴拿赫、费米、冯·诺伊曼都已去世了。这三位巨人的智慧，给我留下了最为深刻的印象。他们的逝世确实令人悲痛。

第四篇 最近十五年

第 13 章

政 府 科 学

(1957—1967)

近期的事情是比较难写的，事情的轮廓和前景还不清楚，很难辨别什么是有代表性的、重要的，什么是不足道的。因此我写近十五年来的事情时要跟前几章较为详尽的回忆和记叙有所不同，叙述的范围要小些，涉及的事和人也更是随意选择的。

我外出在麻省理工学院呆了一年，于 1957 年回到洛斯·阿拉莫斯以后，布拉德伯里要我接受一个新设置的实验室主任的研究顾问的职位。顾问共两名，另一名请了物理学家约翰·曼利，大战期间他曾在洛斯·阿拉莫斯担任过重要的行政职务。他在西雅图的华盛顿大学担任了一个长时期的教授以后，想回新墨西哥来。行政上，研究顾问是与室主任同级的，其职责是检查整个实验室各个部门的活动，包括理论部、物理部、化学部、冶金部、武器部、防护部、“罗佛”（核子火箭）部等。我俩尽力对实验室的各种项目都出点主意。这是艰巨

的、需要多方面能力的工作，跟许多人讨论他们的研究情况也扩大了我的兴趣范围。直到 1967 年离开洛斯·阿拉莫斯去波尔德的科罗里达大学数学系前我一直担任这个职务。

由于在洛斯·阿拉莫斯身处行政职位以及后来在波尔德担任数学系主任，我开始比较理解并且同情那些完全干行政工作的朋友和熟人了。以前我对于大多数系主任、院长、校长、所长什么的是抱着怀疑态度的。当然也有例外，其中之一就是 J·卡森·马克，四十年代中期以来洛斯·阿拉莫斯的理论部主任。马克是加拿大数学家，战争末期随英国访问团来到洛斯·阿拉莫斯，几年以后入了美国籍。在特勒的纠纷中他首当其冲，却显得异常冷静和现实。我认识的数学家里通晓物理和有关技术问题的极少，而他就是其中之一。他作为理论部的领导，是弃绝对计划性工作滥施压力、明智地管理科研团体的范例。他能激励对那些与实验室的任务只有间接关系的领域，进行自由的科学探索，比如他尽最大的可能支持理论物理和应用数学（顺便提一句，他还是我们扑克牌圈子的例行参加者，从 1945 年至今我还想不起他有哪一回拒绝参加或错过一局的。现在我们玩的次数少得多了，从一周一次到一月一次，如今则主要在我去洛斯·阿拉莫斯时才偶而玩一次了）。

经过战争，这一点已经很清楚了，即科学技术对于国计民生已成为至关重要的问题，西方世界的政府必须为之花上大量时间，付出巨额预算。为了军备竞赛和技术进步的需要，有名的科学家被邀入政府核心集团协助指导国家的科技活动。丘吉尔有了洛德·彻韦尔，戴高乐有了弗朗西斯·佩林；而美国则有了科技顾问委员会。从布什和科南特开始，奥本海默、冯·诺伊曼和其他许多人都成了政府的“贤达”。艾森豪威

尔、肯尼迪和约翰逊当政时期的政府科学达到了巅峰，委员会急剧增加，甚至也邀请了我。而以前我是向来拒绝涉足任何行政职位的，多年来我可以说我仅有的一次行政工作只是早年在哈佛时曾在同事会的品酒委员会干过。

由于我搞过氢弹，从约翰尼去世前几年，我就开始日甚一日地被卷入了一场莫名其妙的纠纷。这些事情正与政府科学以及与我作为各种宇航和空军委员会成员的工作有关。有一些圈子里的人也把我作为特勒的对手，我怀疑他们向我查询是把我当作一种筹码来使用。要我参与的政治活动有：就禁止核试验条约表态和在华盛顿为此作证。漫画家赫布洛克曾在《华盛顿邮报》上画了一幅说明特勒和我各自立场的漫画，其中幸而我是以“好伙计”的面目出现的。

由于我从不保存任何笔记或日记，所以对忙于科学技术活动的那些年头里的事件可能有时会弄错顺序，或者把人和事对错了号。

我很快注意到，华盛顿的那些委员会对新的想法往往很妒忌。它们的成员表现出一种众所周知的“非此地发明”综合症，为了既得利益而拒斥人家的建议和想法。这种情绪对于发展新项目的妨碍比担心其成本和耗资过多来得更大。他们的决定有时也显得是受命行事，而不是依据通常的学术竞争和对科学声誉的仰慕那样经过客观评价而作出的。我要不是上了年紀和有点儿玩世不恭，早就整个儿离开政府科学了。我记得在洛斯·阿拉莫斯，约翰尼有好几次谈到引进新东西是多么不容易。他说，你必须把每个“看门人”都说服。然而一旦什么东西被接受了，它就变为一种经典，要改变或者摆脱它就同样困难甚至不可能。国家的这种情况现在更糟了。部分原因是由于近来散布开来的对科学的价值和益处的怀疑

论，另外的原因是有一种与进取心、活力和协作精神、美国人的传统品质相去甚远的普遍消极性。

以核动力宇宙飞行器的思想在核能一成为现实时就诞生了。浓缩燃料的能量更大，用它可以推动载重极大的飞行器，进行壮伟的宇宙勘探航行甚至登月旅行，这个想法是很明白的。我记得范曼是战时洛斯·阿拉莫斯第一个谈到用原子反应堆来加热氢并排出高速气体的。简单算一算就知道这种方法比用化学反应产生高速气流的效率高。

我参加了两个这样的项目，一个以顾问身份出现，另一个则比较直接。第一个项目是罗佛计划，即制造一枚核反应器火箭，它比俄国人造卫星早好些年就已在洛斯·阿拉莫斯设计了，但资金非常有限。第二个项目是一架后来取名为奥里恩的宇宙飞行器。约在1955年埃弗雷德和我写过一篇文章论述用少量核燃料的连续爆炸来推进的宇宙飞行器，这个想法甚至还被美国原子能委员会以我们的名字授了专利。这个方法可以比罗佛的推动力大得多，它能使飞行器以高速高负荷航行，且有极佳的负荷与初始总重量的比，是进行宇宙勘探的非常有前途而又具高效率的途径。宇宙飞船可以运载成百上千的人。在基斯塔科夫斯基任艾森豪威尔总统的科学顾问时，我跟他说了这种可能性，但他的反应并不很热情。不过后来对于奥里恩还比较有兴趣。

1960年十一月约翰·肯尼迪当选后不久，我接到杰里^{*}·威斯纳从坎布里奇打来的一只电话。我在麻省理工学院任访问教授时就认识了他，彼此见过好几次，就科研项目、国家规划和教育等问题谈得很愉快。也谈到过特勒的纠纷。威斯

^{*} 杰罗姆的昵称。——译者注

纳对政治上的爱德华式的污点是很小心提防的。我接到这只电话并不太意外。我们谈了总有半个多小时，杰里告诉我肯尼迪总统已经指定他担任一个科学技术特别工作组的主席。他问我认为总统应当知道并为国家考虑哪些有关国计民生的重要科技项目，在这方面有些什么意见，我就问：“登月怎么样？”我料想其他许多人也作过同样的建议。于是，肯尼迪在就职演说中提出了将人送上月球的国家计划。我实实在在地涉足于宇航探索是从这次谈话才开始的。我成了威斯纳的科技顾问委员会的顾问，经常到华盛顿去。

战争刚结束后，新墨西哥的参议员，前杜鲁门总统的内阁成员克林顿·P·安德森成了利用核能的最有兴趣、有见识、有影响力和有力的支持者。在帮助洛斯·阿拉莫斯实验室和阿布奎那的有关大型设施——圣地亚实验室方面，他起了作用。

在安德森较早一次来洛斯·阿拉莫斯期间，由于他对我很信任并且——我感觉到——不仅在核能领域而且在宇航活动方面都很信赖我的主张，我和他熟悉起来。他好几次要我在国会就某些宇航方面的事务作证，诸如全美航空和宇航局的体制问题，它该是军队机构的一部分还是独立编制。

当决定要切实为罗佛计划干点事时，威斯纳任命了一个统管委员会去调查。我也是委员。我觉察到委员中的一些化学家对罗佛的价值和可行性有点怀疑，据我看来这也是因为担心它会跟已经上马的化学火箭推进系统相竞争。他们的一些讨论使我想起本世纪初“轻于空气”论者和“重于空气”论者间的争论，甚至更早些时候有关汽船与帆船的竞争。当然，委员会写了一份报告，将罗佛计划含糊地赞扬了一番，但打算让它成为一项没有实验经费和任何施工投资的纯理论研究，

实质是在事实上判了它的死刑。委员会成员中只有物理学家伯恩德·马赛厄斯与我为伍写了不同的意见。

安德森参议员是国会宇航委员会的主席，他知道我对于罗佛项目的立场。出于对委员会的心理和政治动机的反感以及对新技术和它对于国家的重要性深感关切，他有一天带我去副总统约翰逊的办公室，我们三个一起走到附近一所大楼去找威斯纳。约翰逊和安德森遇威斯纳改变科技顾问委员会在核推进问题上的态度，由于杰里和我是朋友，这样的会面倒让我有点窘了。他们二人支持我的观点，反对他的。最后我们少数派的主张终于获胜，罗佛计划得救了。洛斯·阿拉莫斯工程得到了拨款。这项冒险事业在那几年中极为成功。后来由于对宇航计划缩减经费而不幸再次下马。

我还被邀加入一个空军委员会研究类似的题目：宇航计划的一般问题及空军在其中的作用。委员会的主席是特雷弗·加德纳，以前艾森豪威尔任总统时期的空军部长助理。加德纳是个非常有趣的人，我很喜欢他，他茁壮强健，生气勃勃，旺盛的精力、丰富的想象力让我很有好感。我觉得我们意气很相投。

委员会原来就有一批科学和技术界的重要人士。委员会中其他数学家只有一位马克·卡克，他出席过几次会议。委员中的“大人物”里我记得的有哈罗德·布朗，利弗莫尔实验室的主任，后来的空军部长，查尔斯·汤斯，他因发明微波发射而得过诺贝尔奖；伯纳德·施里弗将军，他是经常来的。在冯·诺伊曼洲际导弹委员会当过约翰尼的副手的空军上校文斯·福特现在是加德纳的助手，他召集工作小组在洛斯·阿拉莫斯开会。这些会议有许多新兴的航空和宇航工业界人士参加。施里弗将军为首的空军导弹发射部的指挥所设在洛杉。

矶，有时我们就在那里开会。此外我们就在华盛顿碰头，在那里，施里弗将军、加德纳、福特和我在餐馆吃午饭时就彼此讨论如何规划探测宇宙，以及关于空军的宇宙研究这样更为广泛的问题。

较早的一次会议上，一些工业界人士提出回收火箭发动机的计划，经再生后重新使用，可以省钱。但我和其他一些人都认为，当务之急在于采取些重要措施把卫星发射出去，快点发射出去，而不是先考虑什么省钱。并且我觉得，助推器也就是引擎只占全部成本的一小部分，从利用用过的、可能已损坏的发动机着手是很蠢的，可以说是最下策。当提议者絮絮叨叨地谈着他们的看法，出示统计图表、曲线什么的时候，我跟加德纳咬耳朵说：“听起来就象在谈论求婚时一个避孕套须用两次。”他哈哈大笑起来。这句话被交头接耳地传给了桌子周围所有的人。很可能就是这句笑话替美国省下了数百万美元的经费，没有浪费在当时无意义和不现实的工作上。

加德纳委员会也讨论了奥里恩计划。据我的提议，特德*·泰勒当了奥里恩工作组的执行组长。从1957年开始，泰勒就把奥里恩作为他称之为与俄国人造卫星对着干的项目了。他在加州的雷约勒综合原子实验室组建了一个令人注目的年轻新秀的小组。物理学家弗里曼·戴森对此很感兴趣和热心，从普林斯顿来和泰勒一起干了一年。他在几年以后写了一篇很有说服力的文章，记述了这个项目以及它怎么被束之高阁的。这篇东西以“奥里恩的生与死”为题发表在巴黎《世界》报上。

加德纳委员会递交的报告到了华盛顿深宫的某个高层就不知怎么的没了下落。威斯纳不同意加德纳对于空军在宇航

* 西奥多的昵称。——译者注

计划中的作用的意见，华盛顿的某些人想方设法要埋葬这个报告，我估计肯尼迪总统根本没看到它。这件事至今对我还整个儿是个谜。加德纳委员会结束工作以后由一个相应的委员会的接替，它的成员中有些鹰派人物象特勒和大卫·格里格斯，以空袭东京而闻名的杜特利尔将军也是委员。

后来我与特雷弗·加德纳又有过更为私人性质的联系。他邀我加入他主持的加州海肯有限公司的顾问委员会，这家公司制造高度机密的军事装备，包括特种照相机，其他委员有福勒、劳里森、MIT的物理学家艾尔^{*}·希尔，巴洛马的天文学家杰西·格林斯坦。我知道在东海肯的威斯纳和他的小组与加州的加德纳在有关公司的财政问题上有严重分歧，显然他俩是几乎势不两立的。

有些人的确会觉得加德纳是个好争斗的人，因为他生性急躁，主张坚决。他政治上雄心勃勃（要是不死，他会想当国防部长的），但与肯尼迪政府的某些人有矛盾。他在肯尼迪遇刺前不久死于心脏病发作。是加德纳创建了冯·诺伊曼洲际导弹委员会，这对美国的宇航探索意义极为重大，我认为是它使得宇航探索切实开展起来。这件事以及加德纳的其他开创性工作对军队、对国家的重要性是怎么评价也不会过分的。

我在上述这些活动的同时继续干着自己的工作。费米死后，帕斯塔和我决定继续在电子计算机上就数学和物理问题进行探索性实验。我们觉得把经典力学与天文学问题结合起来有助于二个方面的研究：一个是星系或银河系中的大量粒子——称之为恒星——的运动；另一个是单个气团的演化历程，如何从原始状态由收缩开始演变，可能生成一个双星或聚星，然后可能发生越演越烈的核反应，耗尽自身的核物质而最

^{*} 艾伯特的昵称。——译者注

后坍缩。从那时起近二十年来对后面这个问题已作了许多计算，使得人们对天体物理学，以及关于恒星的宇宙演化方面的整个认识发生了变化。

我想用计算机进行的第一项这类性质的研究就是星系的问题了。我们取大量的质点代表星系中的恒星，实验的想法就是要看看在以千万年计的漫长时间跨度上，并且初始状态完全模拟实际的恒星运动时，球状星系将会怎样变化。这是表明这种探索的确可行的一次切实的开创性测算，在经典力学、子星系的形成以及收缩方面观测到了一些奇怪的意想不到的现象。我们将这些运动按比例加速拍成一部电影，显示了这些有趣的现象。这项工作使得贝克莱、法国和其他地方也开展了这一类研究。

我当时着手研究但尚未解决的另一个问题是想知道一个相对整个太阳系而言体积巨大、密度极低并有初始微扰的气团开始收缩时的情况，以及它将怎样收缩，最后怎样形成一个恒星？特别感兴趣的也是研究的实际目的是要知道它是否会形成和一次要花多少时间才能形成双星、三星或聚星。这方面兴趣至少是因为邻近我们的许多恒星都是双星，并且据近期的研究所知，每三个恒星中至少有一个是聚星的缘故。用硬碰硬的计算来推知形状不规则的气团的收缩过程是很妙的。除了这些问题以外，还有银河系——即亿万个恒星的集合——的形成和演变问题，在这方面天体物理学家也已经靠着计算机的帮助有了许多成果。

在进行那些天体物理学计算的同时，我开始不太熟练地研究起一些生物学问题来。分子生物学方面的新发现正在迅速涌现，读了这些以后，我对数学在生物学上所能起的一种概念性作用很感兴趣。如果能让让我对肯尼迪总统的一句名言作

个解释的话，我要解释的就是“不是数学能对生物学做些什么，而是生物学能对数学做些什么。”我相信，通过研究生命世界，将会提出新的数学模式、新的公理系统，当然还有新的数学结构系统。未来生命世界的组合排列会导致与今天人们所知道的东西，本质迥异的逻辑和数学。读者可以参阅我的一篇关于数学生物学的论文，由于太专门无法安排在此，已列于本书末的参考文献内。

在与詹姆士·塔克作了讨论以及我俩与从事实验工作的生物学家交谈以后，我在生物学方面的兴趣更为具体明确了。洛斯·阿拉莫斯常设着一个研究辐射的生物效应的部门。辐射的损害当然是进入核时代后最值得担心的大事之一。我和塔克、戈登·古尔德以及防护部的唐纳德·彼得森一起组织了一个讨论会，研究当今细胞生物学的问题和分子生物学的最新成果。我在那里的确知道了许多生物学的基本知识，如细胞的作用，它们的结构，等等。讨论会约有二十人参加，虽然只持续了二年，但它的影响很重要。参加者中的两人——洛斯·阿拉莫斯的物理学家沃尔特·戈德与乔治·贝尔都是极有才华和能力的那些方面最优秀的青年学者，目前正在从事许多生物学方面的研究。戈德从事生物数学领域的研究，贝尔已在免疫学方面有了一些新想法。科罗拉多来的特德·帕克也出席过讨论会并作过演讲。

我认识帕克是战后不久，我发现他有许多新思想，关于一般地研究细胞行为和分子生物学问题有许多有趣的实验上方法上的设想。我认为是特德·帕克的小组首先成功地在试管内保持了哺乳动物细胞的成活以至繁殖。我始终期待着能和他作讨论，是他安排我为科罗里达医学院生理系的教员和青年研究人员开讨论班，甚至进而委任我为医学院的一名专业

人员。我跟他说对这一门我是初学者、外行，冒充医生可是要抓起来的。

几乎每个月生物学上都有诱人的新发现。现在人们普遍认识到克里克和华生的发现在生物学研究的心理状态方面也同样开创了新纪元。几年前我在哈佛跟生物学家交谈时，只要试图问到或提出哪怕略带普遍性的陈述，就总会有反驳：“并非如此，因为这样那样的一种昆虫是个例外”，或者“如此这般的一种鱼就是两样的。”人们对任何事物的甚至只是稍具一般性的公式化都普遍地怀疑，至少是犹豫。自从发现 DNA 的作用、细胞复制和看来如此普遍适用的密码的机理以后，这种态度就有了急剧的改变。

这些年里，我不是一直呆在洛斯·阿拉莫斯，而是受聘先后在哈佛、麻省理工学院、雷约勒的加州大学、科罗里达大学任访问教授，还好多次访问了许多大学，出席科学会议，去了政府的或是企业的实验室，在那里作演讲，发表意见。后面那些活动被称为公务旅行。要是再加上我们从 1950 年以来一年一度在欧洲的休假（主要在法国，弗朗科斯在那里还有亲戚，而我有许多科学家朋友），那么我大概有百分之二十五的时间都不是在洛斯·阿拉莫斯度过的。

在那段时间里，我和维克多·韦斯科夫的友谊得到了发展。战时我在洛斯·阿拉莫斯就认识他，那时他代替贝蒂担任理论部的负责人。战争末期他离开洛斯·阿拉莫斯当了麻省理工学院的教授。我访问剑桥、哈佛和麻省理工学院期间，我们的友谊加深了。

大家通常称维克多为维基，维基是个理论物理学家，年轻时就因在量子论中辐射问题上的重要工作而出了名。他曾一度当过泡利的助手，也在哥本哈根那著名的尼尔斯·玻尔研

究所工作过。维基生于维也纳，我提到这一点是因为他身上体现出维也纳人气质的精华。下面的说法隐喻了这种气质：第一次世界大战后期，柏林人常说：“形势危急，但非无望”；而维也纳人则说：“形势无望，但非危急。”这种镇定自若的态度与最高度的智慧相结合，就使得维基不仅能对付行政管理学术事务上通常的麻烦——除了其他职务，他还是日内瓦附近的欧洲原子核研究中心的总负责人和麻省理工学院很大的物理系的主席——而且能一一克服更为深奥抽象的理论物理中智力上科学上的困难。我觉得他才智上的稳定性是由于对物理学发展历史的精神有真正的了解和感受，而这一点又是通过洞察、理解、比较和估价物理学理论基础中那些迅速变化着的观念才达到的。为便于不是专门研究物理的读者明白，我想再说上几句，即最近三十年左右是对益显奇妙的基本粒子和力场世界的解释千变万化的时期，许多实验结果至少在我看来几乎硬是一再使人怀疑刚建立起来的理论基础。一些极有才华的理论家就互相竞争，既有根据又机智地试图解释和整理那些不断变动的实验结果。虽然过分数学化的理论物理研究上有着这些混乱的同时仍不断有良好的进展，但也正需要维基这样的人（实际上这样的人也确是屈指可数的）去稳定这种变动，归纳出量子论思想新说法的要点，并能向物理学家们本人和一般公众作解释和说明。

他的一些半通俗的物理学著作极为有趣，在表达他的哲学和情节的人情味方面也很成功。他始终并仍然极为关注人的问题及世界事务。他为人和蔼可亲，跟每个人都合得来。还爱讲故事，有时候我们可以互相讲上一个小时关于犹太人的笑话。

当韦斯科夫在如今每年夏天仍去访问并作顾问的欧洲原

子核研究中心任职时，他在法国的边境一边，能远眺一幢朴素的夏季别墅。从欧洲原子核研究中心驱车二十分钟就能到达，夏天的大部分时间里他们家都是在那里度过的。最近几年我们在欧洲旅行时，几乎总要与韦斯科夫家一起在他们这个万赛西村的别墅小住。这个村子几千米外有个村子因伏尔泰住过多年而叫做费尔内——伏尔泰，于是我就同样地把万赛西叫做万赛西——韦斯科夫。维基很喜欢这个叫法，这样叫也很恰当，因为他在村里已经相当出名，人们都称他主任先生。农夫们看见他高高瘦瘦的身影款步穿过田园时，纷纷脱帽致意。

1960年，我的《数学上的未解决问题》一书出版了。而许多年前弗朗科斯问过斯坦豪斯，是什么使得人们把我看作比较好的数学家。斯坦豪斯应她的要求回答说：“世界上最能提问题的就是人。”显然我的声誉就象这句话所说的，是在于我能恰当地提出问题的能力。这本书也提到了我本人提出的未解决问题。

1960年后不久，这本书译成了俄文。俄国与西方之间没有版权协议，所以俄国人不付版税；不过一些西方作者在苏联期间发现他们可以因著作被译过而拿到一些钱。汉斯·贝蒂和鲍勃·里希特迈耶都拿到了赔偿。因此1966年在莫斯科出席一次国际数学会议时我想我也可以试试。由于俄语和波兰语很相近，我就到出版社去模仿着俄语谈了这件事。那里也和其他地方一样——尽是打字的姑娘、成堆的文稿和纸——一位上年纪的先生似乎懂了我的要求并问我怎么知道来找他们的，我说了我朋友们的名字。他走到里间去，一会儿又出来了。读者该知道俄语不象英语那样发H的音，他们念成G。比如希特勒念成基特勒^[1]，哈姆雷特念成盖姆雷特^[2]，

希尔伯特念成基尔伯特^[1]。那位先生笑容可掬地用俄语对我说：“请在明天带上您的护照再来，我们会给您”——我听见的好象是——“您的 gonorrhœa*”。当然他实际上说的是“gonorar”，就是“honorar”((对习俗上不取酬的工作的)酬金，或指版税)。我当时真想说：“不，谢谢”，不过我懂得他的意思。第二天我再去时，他给我一只装有三百卢布现金的信封。俄国是不允许携带卢布出境的，于是我就买了些纪念品、琥珀、皮帽子、书之类。但还剩一百卢布，我只好开了个邮政存款账户存入，俄国这种存款付息百分之一到二，这样我就成了个苏联资本家了。

六十年代初我认识了数学家贾恩一卡洛·罗塔，他比我小几乎四分之一世纪，无疑代表着下一代，甚至可能后几代，因为从学术上说，数学上的代沟在年龄相差仅几年的讲师与其学生间就可能存在。但我们的关系与年龄差别无关。罗塔自称深受我的影响，因此我在此暂且杜撰“影响者和受影响者”这两个词，罗塔是我最好的受影响者之一，而我把巴拿赫看成是对我的影响者。

罗塔对几个不同数学领域的感受力和对许多他博闻遍晓的研究课题的看法从一开始就令我动容。现在要找一个懂得数学发展来龙去脉的人是越来越难了——事实上在这专门化日趋提高的时代，近二十多年来就已经是这样了。

罗塔对一些久遭冷落的领域，象西尔威斯特、凯莱和其他人在经典不变理论方面的工作也有丰富的知识，令人难忘。他还设法把意大利几何学家的工作和古拉斯曼尼几何联系起来，并将这种始自上世纪的研究现代化了很大一部分，其方法也给我很深的印象。他的主要研究领域是组合分析，他也想

* 意为淋病。——译者注

对其中某些经典概念赋予新的意义，并使之适用于几何学。

我提议请罗塔作为顾问访问洛斯·阿拉莫斯，于是他就定期来访了。事实证明这在许多方面很有好处，比如数学分析，它对许多在电子计算机上实施的大型计算问题都很重要。

罗塔的个性跟我很合得来，由于全面的教养，对哲学的兴趣（他是埃德蒙·胡塞尔和马丁·海德格尔的著作的专家），尤其是对古典拉丁语和古代历史的知识，他填补了我心上因失去冯·诺伊曼而留下的空白。我们甚至常常竞相引用贺拉斯、奥维德和其他作者的话，兴致勃勃地互相炫耀博学。罗塔也是一位真正的美食家，极为嗜好美酒佳肴，特别是意大利式的，对烹制各式各样的菜出奇地拿手。他生于意大利，二次大战一结束就被带到南美，十八岁时来到美国。他是在美国完成的大学教育，但在服饰、口味和习惯上还保留着许多欧洲格调。他毕业于普林斯顿，现在是麻省理工学院的教授。

第 14 章

再 任 教 授 (1967—1972)

在洛斯阿拉莫斯的那些年里，我还是经常抽出时间从事学术活动。约从 1965 年起我开始对科罗里达大学进行更为正式的访问。1967 年我决定辞去洛斯·阿拉莫斯的工作，接受了波尔德的一个教授职位，这也是顺理成章的。我要去的也不是个不熟悉的陌生环境，相反，我是准备和几个要好的老朋友在一起，象大卫·霍金斯、鲍勃*·里希特迈耶和乔治·加莫夫，他们也打算住在科罗里达落基山。霍金斯战后离开洛斯·阿拉莫斯以后就在波尔德任哲学教授；里希特迈耶是理论部战后的负责人，卡森·马克的前任，他觉得波尔德空气新鲜，所以放弃了纽约库兰特研究所的职位；加莫夫早几年就是物理系的教授了。当时，科罗里达大学正在兴旺发达，尤其是在自然科学方面，数学系的规模和质量在急剧地扩大提高。波尔德离洛斯·阿拉莫斯也很近，白天驱车直达很方便，沿途景色壮丽。因此，我一方面仍作为洛斯·阿拉莫斯方面的顾问，常去那里，不过把工作重点从洛斯·阿拉莫斯移到了波尔德。

在波尔德，直到加莫夫 1968 年去世我跟他一直很熟。几年来他的身体很差，终生豪饮摧垮了他的肝脏。他对此很清

* 罗伯特的昵称。——译者注

楚，几次对我说过：“我的肝终于向我讨账了。”但他还是工作、著作直到生命的终结。在俄国式的葬礼上，他躺在敞开的棺材里，我忽然想到，他只是我生活见过的第二个死人，这对我感情上的震动虽然我还没来得及意识到，但当站起来唱赞美诗时我的两膝已经发软，不得不扶住栏杆才没有跌跪在地。

加莫夫的自传《我的世界之旅》选自他的部分手稿，在他去世后出版。

加莫夫和爱德华·康登这两个人同时独立地揭示了放射现象的机理（不过一个在俄国，一个在美国），而他们又一起在波尔德度过了生命的最后十年，彼此的住处相距不到一百码，这真是难以置信的巧合。尽管康登常常觉得他和他的合作者格尼都未能分享那份发现的荣誉是不合理的，他和加莫夫还是成了朋友。

康登是个了不起的人，照我看来他是传统的美国品质——朴实，极度正直，稳健、坦率，同时又很机敏——的最好代表。他的政治观点常常和我的吻合。他不喜欢尼克松，因为尼克松曾在非美活动委员会上逼得他辞去了标准局处长的职务。他进波尔德的物理系时已有心脏病，在1973年去世的前一年装了人工心脏瓣膜，这使得他在最后的几个月里精神还好，还算舒坦。

大学生活中较大的空闲就是放长假的时候，除了还有些课以外就没有什么规定的安排了。这时我就回到数学家和物理学家们的更为纯学术性的圈子里去。当时数学系在数学基础、集合论、逻辑和数论方面都有很出色的研究人员。其中有奥地利血统的沃尔夫冈·施密特，业务很强，很有独创。另一个是才华横溢的年轻波兰人简·米切尔斯基，斯坦豪斯的学生，我当系主任时请他担任过教授，我们在博奕论、组合、集合

论以及——在最后几年里——与研究神经系统有关的数学模式等问题上都合作过。米切尔斯基与罗塔以及一位洛斯阿拉莫斯的数学家威廉·拜尔搜集编辑了我的著作集的第一卷，由麻省理工学院出版社出版，书名是《集合，数，宇宙》。波尔德的数学系还有一些年轻人在分析和拓扑上很强。

1967年，大英百科全书的编辑请数学家马克·卡克和我写一篇长文，准备收入新版百科全书的一套特别附录中去。后来此文以《数学和逻辑》为题单独刊出。这篇文章很受好评，被译成法文、西班牙文、俄文、捷克文和日文。要说清这篇东西确切的适应程度倒是很难，我们把它写成半通俗的关于数学这个重大观念的现代思想和概貌，并不想让它的适应面太广，主要是给其他领域的科学家看的。

读者可能已经注意到，我的许多工作似乎都是跟别人合作的（正象这本书是跟弗朗科斯合作的一样）。其原因之一是我靠同别人交谈中受启发来刺激自己思考。另一个原因是我有众所周知的对细节不耐烦和对写好的东西就不想再看的脾气。看到自己的一篇论文发表了，我就有一种孩童般的心理，老是有那么点儿怀疑它可能错了吧，或者没有什么令人感兴趣的地方吧，于是匆匆一瞥就弃之一旁了。

马克·卡克也在里沃夫学习过，但由于他比我小几岁（我二十六岁时就离开了），所以我对他只是稍有印象。他告诉我他曾作为低年级学生参加过我的博士学位授予典礼，对此印象很深。他还说这些首次印象总未消逝，虽然我俩的年龄之比现在很接近一了，他还把我看作“前辈和长者”。他来美国比我晚二三年。我记得他在波兰时瘦小纤弱，但现在相当胖了。他来美二年后我曾同他这是怎么搞的，他以那特有的幽默感回答说，“兴旺发达嘛！”他机智灵敏，几乎总是很快活，这使他特

别容易同人合得来。

战后他来洛斯·阿拉莫斯访问，我们建立了科学上的合作和友谊。若干年后，他作为康奈尔大学教授，被聘为纽约洛克菲勒学院（现在是洛克菲勒大学）的数学教授。以前那里主要的和几乎唯一的研究科目只是生物学，而他和物理学家乔治·乌伦贝克在那里建立了数学和物理小组。

马克对于什么是纯粹数学的实际应用、它能有哪些应用理解深刻，感觉敏锐，有这种能力的数学家是极为少见的。他在这方面堪与冯·诺伊曼相比。他是斯坦豪斯最好的学生之一，还是大学生时他就与斯坦豪斯合作将傅里叶级数和傅里叶变换技术应用于概率论。他们联合发表了好几篇关于“独立函数”思想的论文。他与安东尼·齐格蒙一道，是这一领域当之无愧的代表人物，真正的专家。他在美国的工作成果丰硕，其中有将概率方法用于数论的有趣结果。由于渊博过人的知识，从某种意义来说，在选择既是问题的中心同时概念上又简明的科研论题的能力上，卡克作为数学家堪与作为物理学家的韦斯科夫和加莫夫相比。此外——这也许是有联系的——他们还都有这样一种能力，即能把最近期最现代的成果和技术以易于理解并且常常是很吸引人的方式介绍给广大科学爱好者。卡克是个极好的演说家，清楚，睿智，充满理性，很少鸡毛蒜皮的废话。

我这一代的数学家中有些对我青年时期的影响很大，梅休尔和博苏克就是其中的二位。梅休尔我前面已介绍过了。要说博苏克，是他给我阐明了几何直觉的本质和真正有意义的拓扑。我从他那里才搞明白想象中的 n 维空间的功用，这靠我自己是不行的。今天博苏克在华沙继续着他那富有想象力创造力的研究，他近年关于拓扑中的“形状”的理论日益显

示出其力量和应用性。他的基本兴趣跟我的非常接近。战后他来过美国，我也于1973年短期造访波兰时去华沙附近他的乡间宅第看了他，老友旧情得以重续。

回忆、反省，记叙起来可以没完没了。如果读者还在跟着我走的话，你们也许已经从我前面所讲的得出一种关于我的生活、那些年代和我认识的许多科学家的存在主义（这个词正时髦）图景了。我再加上一篇我和弗朗科斯结婚前赠给她的自我描述作为本章的结束。它是从法文译过来的，这是行文不太流畅的原因之一。

“S·乌拉姆先生的自我描述

“他的表情通常是古怪和爱嘲弄的，因为他事实上深深迷恋着所有那些荒唐可笑的东西。也许他有迅速认识和感觉到这些东西的本能，所以他的面部表情反映出这一点来就并不奇怪。

“他谈起话来没有一定之规，有时候很严肃，有时候挺随便，不过从不令人厌倦或故意卖弄。他只对于他所喜欢的人才想开开玩笑和闲扯。对于精确科学上的不同意见他是无疑和显然要争个明白的，除此之外就无所谓，你讲什么话题什么看法都行。

“他在数学研究上具有某种天资和灵敏，这使他早年成名。由于二十五岁之前一直致力工作，与世隔绝，他很晚才稍谙世故。不过绝非愚钝不化，因为他既不粗鲁，也不顽固。如果有时候得罪了别人，那是由于不小心和不知情。他说起话来既不殷勤也不优雅。要是他说了好话，那是因为他就是这么想的。因此他性格的本质是老实真诚的，有时候有点儿犟，不过从不真和人过不去。

“他缺乏耐心、性情急躁以致会有过激行为，任何顶着他

的劲儿和伤害他感情的东西都会使他不能自制。不过通常怒气发泄完了，这也就过去了。

“只要不觉得是有意要影响和驾驭他，他是很容易受影响和驾驭的。

“有些人认为他居心恶毒，因为他无情地嘲弄那些装腔作势的狂妄之辈。他的气质生来敏感，以致情绪脆弱，喜怒无常，这使他会在顷刻之间由兴高采烈变为郁郁寡欢。

“乌先生的言行遵循这么一条基本规律：会说许多傻话，很少写傻文章，从来不干傻事。”

弗朗科斯看了这篇自我描述，觉得跟她当时对我的了解很吻合，不过她对我的法语水平大感惊讶，直到看了最后这一段才明白了：

“现在我的行为要跟这段昨天偶然看到的东西所描述的有所不同了，因为，上文是从二百多年前达朗贝尔写给德·莱宾娜丝小姐的信上逐字逐句地摘下来的！”（达朗贝尔是有名的法国数学家，十八世纪百科全书派成员）弗朗科斯觉得非常滑稽。

从我摘下这一小段文字至今已三十多年过去了。我现在还要再说几句作为结尾，即我觉得自己没多大改变，不过有一个特点是达朗贝尔没有提到而我却具备的，这是一种对渴求的不耐烦。我一辈子都有这个毛病，以后的年月里或许还会更厉害（要是爱因斯坦或康托今天来这里讲课，我的反应会象个中学生那样自相矛盾——一方面想听到点什么，另一方面又想逃课）。作演讲、谈话或讨论我还是很乐意的，但要坐上几小时听别人讲我是越来越做不到了。我跟一些同事说，“我就象个年老的拳击手，揍人还行，再挨揍可受不了了。”这话逗得他们大笑不止。

第 15 章

关于数学和科学的随想

前面几章都是叙述我的“历险”和我所认识的科学家，本章的内容有点不一样。

这一章里我是想要集中、回顾、有时候是发挥一些在全书中很少提到的总的想法。我希望这些并不系统的想法对于读者认识科学的各个方面尤其是数学与其他科学的关系能再有一点启发。谈的只是“要点的要点”，至于具体细节，只能请读者去看我的一般科学著作了。

究竟什么是数学？许多人给它下了定义，但没有人能真正成功，定义和它本身总是不尽相符。粗略地说，人们知道数学是用模型、关系和运算来处理数和图形的，在形式上它包括公理、证明、引理、定理这些步骤，从阿基米德时代起就没变过，还知道数学是用来构成一切理性思维的基础的。

有些人会说，是外部世界使我们的思维——即人脑的运转——形成现在称之为逻辑的东西；另一些人——哲学家和科学家都可能——说，逻辑思维（思维过程？）是头脑的内部功能“独立”于外界作用而进化发展的产物。显然，数学是有二重性的。它似乎是这样一种语言，既是描述外部世界用的，又或许更是分析我们自身的。人脑这个器官有百多亿根神经，神经之间的连通物更多，在进化过程中，它肯定是由于许多外界事变的影响才从原始的神经系统变化发展而来的。

数学是确实存在的，因为事实上存在着命题和定理。它们陈述起来是很简单的，但证明就需要好几页纸来说明。没有人知道为什么应该是这样。许多这样的命题的简明性既有美学上的价值又有哲学上的意义。

在数学的整个发展过程中，它的美学意义具有压倒一切的重要性。一个定理是否有用倒没多大关系，重要的是它是否漂亮。不是数学家的人，即使是其他科学家，也很少能充分理解数学的美学价值，但一个数学家在这方面就决不会是外行。但是，也要从另一角度看到数学的可称为平常乏味的一面，这包括必须精雕细镂，每一步骤都要搞到严格可靠。数学上不是粗笔勾勒就能完事的，所有细节都得及时交代清楚。

庞加勒说过：“数学是一种无法用以表达不精确或含糊思想的语言。”我记得他是许多年前在圣路易斯一次论述世界科学的讲话中说的。他还描述了自己说英语而不说法语时的异样感觉，以此为例来说明语言对思维的影响。

我比较赞同他的说法。众所周知法语有一种明晰性，而其他语言就没有，我觉得在进行数学和科学写作时这就会造成差别。思想会被不同的表达方式所驾驭。用法语时，概括性充斥了头脑，促使我趋于扼要和简明；用英语时感受到的是实用观念；德语则容易让人感到有些什么深意而其实并不见得有那么回事。

波兰语和俄语适合于一种思想的酝酿和发展，就像茶越来越浓那样。斯拉夫语容易引起忧郁、深情、豪放，更富于心理意味而不是哲学意味；但并不象德语那样朦胧或耽于词藻，词和音节重重迭迭，有时并没多少关联的意思也被串到了一起。拉丁语又另有一功，它整齐有序，总是很清晰，词和词的分隔很清楚，不象德语中的词粘在一起，这二者的差别就好比

煮得好的米饭和煮过头的米饭。

总的来说，我本人对各种语言的感觉如下：讲德语时讲的一切都显得太过分，用英语则相反，感到没能充分表达。只有说法语觉得恰到好处，还有波兰语也是这样，因为是我的母语，觉得很自然。

一些法国数学家写东西往往风格很流畅，不去过多地陈述那些具体的定理，这比起现在的研究论文和著作的那种每页上满是符号公式的文体要舒服得多。一看见行文很少而只有公式和符号，我就会厌烦。看着那么些东西但不明白主要想说明什么，真是太吃力了。我怀疑有多少数学家会真正去阅读和喜欢这样的东西。

诚然，重要的然而不太顺畅和不那么漂亮的定理是有的，例如某些与偏微分方程有关的工作往往形式上文体上不大“优美”，但它可能很有“深度”，很可能包含着有待从物理上阐释的重要结论。

那么在今天人们如何去作价值评判？

从某种意义上说分析自己工作的动因和原由也是数学家的职责，但连他们都往往对自己不负责任，觉得自己的主要任务就是证明定理，至于对这些定理的重要性在哪里哪怕作一些简要说明也认为是不必要的。这样看来，要把美作为唯一的标准，不有点故弄玄虚吗？

我相信未来几十年中对于美的程度甚至在形式层次上都会有更多的理解。当然那时候评价标准可能又会有所变化，会有一种不可分析的高层次上的超级美。迄今为止，想要极为精确地刻划出数学的美学标准而提出的定义都显得太狭隘短浅。美的标准必须与关于外部世界的其他学说或人脑的发展过程联系起来考虑，除非是纯粹唯美的、就音乐那样的领域

来说的非常主观的东西。而且我相信就是音乐的本质也是可以分析的——当然仅仅是在某种程度上——至少从形式的标准来看，通过把类比的想法数学化就行。

一些多年没有解决的老问题正在处理。有些解决得很成功，另一些虽然解决了但可以说还留有争议。看来同样重要同样令人感兴趣的问题中这两种情况都有。但有一些甚至是著名的经典问题却是用相当特殊的方法解决的，以致这方面没有什么再可提可说的了。另一些不那么有名而得到直接解决的则引起了兴趣，那些方面成了热门，看来会开辟出新天地。

在出版物上，今天的数学家们几乎象被逼着似地要把他们获得结果的路子隐藏起来。死于二十岁的年轻法国天才埃瓦利斯特·伽罗华在那场致命的决斗前，写的最后一封信里着重指出了实际的发现过程和最终见诸铅字的证明是多么不同。这是值得再三强调的很重要的一点。

总的和一般地来说，工作着的数学家们对于独特成就和新理论的价值方面的的确都有上面所说的这种感觉。因此，即使还没有下定义，对于什么是数学给出的美感的确存在着某些客观的确定的东西，有时候它也是和数学在本身和其他科学分支中的有效性有关的。为什么数学对于描述物质世界那么有用，至少对我来说还是个哲学上的谜。尤金·魏格纳写过一篇极富魅力的文章谈论数学的这种“不可思议”的有效性，并以“数学的超乎理性的有效性”为题。

当然，数学是把所有理性思维形式化的一种很简明的方式。

由于做习题就象所有别的游戏一样能锻炼器官，所以数学在小学、中学和大学阶段都有明显的训练大脑的作用。我

说不出今天数学家的头脑是否比希腊时代的更敏锐些，不过从长期的进化过程来看肯定是这样的。我深信数学可能具有伟大的发生学作用，它可能是人脑臻于完善的很少方法之一。如果确是如此，那么对人类来说，是作为一整个群体还是只有一些个人进入自身命运的一个新纪元就是最为重要的了。数学可能是一条在物质上——从解剖学的意义而言——开发脑中新的连通线路的途径。它有使思维敏捷的作用，尽管它的文献资料爆炸般地剧增有点让人受不了。

每个形式体系，每个规则系统里都有某种戏法。犹太教法典甚至希伯莱神秘教义的有些东西看起来对智力没有什么益处，它们是符合某种语法规则的烹饪配方法的庞大集子，有的或许还有点想象力，有的就玄妙莫测，反正是相当随心所欲的。但许多世纪以来，千万个学者对这些著作进行了钻研、记录、分析和归类，这些工作可能就锻炼了人们的记忆力和推理能力。正象磨刀石可以磨刀一样，大脑可以在思考对象之钝物上磨砺得敏锐起来。各种方式的勤奋思索都有它的价值。

数学上有许多命题，就象那个叫做“费马大定理”的，似乎很特殊，与数论的主体无关。它们陈述起来很简单，却使得那些最了不起的天才想要证明它们的全部努力都付诸东流。这些命题激发了青年人才（包括我本人）去思考更为一般的问题。就费马问题来说，由于它本身的专业和自成一脉，在数学发展的最近三个世纪里已经导致了数学思想上颇有生命力的新概念的创立。尤其是代数结构中的所谓理想理论。数学史上有一系列这样的创造。

虚数和复数（遵循特殊的加法和乘法规则的实数对）的发明，开辟了一种可能性并最终导致了复变函数奇妙性质的发

现，这超出了它的直接目的和用途。这些解析函数（举几个最简单的为例： $Z = \sqrt{W}$, $Z = e^w$, $Z = \log W$ ）具有从很少的一般规则就可推出的简明而又意想不到的性质。它们的算法很方便实用，与几何实体的性质，还与看来那么熟悉的自然数即普通整数之谜都有相当深刻的联系。这就好象某个支配着我们的思想方式的无形世界，通过另一个我们也仅仅是大致意识到其法则以及事实的世界而变得可以朦朦胧胧地感觉到了。

有些表面上非常特殊的函数，象黎曼 Zeta 函数，与整数、素数的性质有那样深刻的联系，这种事实很难得到先验的和深刻的解释。这确实是至今还无法理解清楚的。这些数学上的实体，这些以无穷级数定义的特殊解析函数近来已以某种方式被推广到不同于复平面的空间，诸如代数曲面。它们反映了表面上各不相同的几种概念间的联系。看来也反映出（这里是作一个由这个词本身引起的比喻）另一种现实的曲面，即一种我们无法清楚地意识到的观念（以及观念的联系）中的黎曼曲面的存在性。

复数的解析函数的有些性质在流体动力学理论，如在描述象水之类的不可压缩流体方面，在电动力学和在量子论本身的基础方面对于物体的物理性质不仅仅是适用，而且有非常基本的联系。

可以创造一般的空间概念，它无疑是我们感觉到的物质空间的抽象，但既不完全受其规律支配，也非唯一地为其映象；它可以推广到 n 大于三的 n 维甚至直到无限多维空间；它至少作为一种语言在描述物理自身的基础上极为有效——这些都是人脑的能力所创造的奇迹吗？还是物质现实的本性所展现的呢？无限有着不同的等级和种类这一点究竟是发明还

是“发现”，这对于敏感善思的头脑不仅有哲学上的影响而且不止于此，还有显著的心理学影响。

说到数学当然还有其他科学——特别是物理——的奇异的魅力和神秘的吸引力，不妨注意一下经常发生的一种现象，即下象棋时水平不高的棋手甚至普通新手走出了很有深度的妙局。我经常注意不熟练的或棋艺平常的初学者。在约莫十五步以后看他们的盘面就常常会发现双方都有许多妙着可走，这大概总是出于偶然而不是事先构想好的。我就奇怪，撇开那甚至尚未看出这些妙着的幼稚棋手不谈，从这盘棋本身来说是怎么一步步走到这样极富艺术性和耐人寻味的局面的。我不知道“走”的游戏里是否也会有类似的情况。虽然由于对这种绝妙的游戏的门道我本人知之不多而无法判断，但我很想知道，一个内行面对游戏的一个局面是否就说得出这是偶然造成的还是那巧妙游戏的正常的合乎逻辑的发展。

在科学上，特别是数学上，某些算法似乎有类似的奇妙而有趣的现象。它们自身似乎有逐步展开的能力，就象求解问题的过程和观点的逐步发展形成，开始看来只是为特定目的而设计的工具会有一些预想不到、出乎意外的新用途。

顺便说起，我想起一个我不知道如何解答的小小哲学难题：假定在一种单人或两人玩的纸牌游戏过程中，玩牌者可以作弊一到二次。例如在坎菲尔德纸牌游戏里，如果有一次而且仅有一次，将牌面改换一二张牌，游戏或者说对策并没有被破坏。它还是一场数学意义上严格、完整的纸牌对策，不过是另一种纸牌对策而已，只是内容变得更丰富一点、更一般化。但要是取一个数学系统，一个公理系统并允许加入一二条错误的命题，结果马上就会是胡说八道，因为只要有一条假命题，就会要什么结果就推得出什么结果。这两者的区别在

哪里？也许就在于事实上只有游戏里可以允许某一类的举动，而数学上一旦引入一条错误命题就会马上得出“零等于一”这样的命题。因此必定有方法可以把数学对策加以推广，使得可以犯一些错误但不会得出绝对的胡说，而只是得到一个更广的系统。

霍金斯和我考虑过如下的有关问题，这是由“二十个问题”变化来的一个对策：一个人想好一个 1 和 1000 000（这个数正好是小于 2^{20} 的）之间的数，另一个人可以问最多 20 个问题，对每个问题第一个人只回答是或不是。很明显可以这样来猜到那个想好的数，即先问：这个数是在 1000 000 的前一半里吗？然后下个问题再用“一半”来缩小数的范围，这样问下去，最后在 $\log_2(1000 000)$ 次之内就能猜到这个数。现在假定答者可以说一到二次谎，这样要问几次才能得到正确答案？显然需要问 n 次以上才能在 2^n 个数里猜中一个，因为不知道什么时候说谎。这个问题没有得到一般的解决。

我在那本介绍未解决问题的书里说过，许多数学定理是可以 playised（一个希腊词，意思是“玩”、“作游戏”）的，就是说可以用对策论的语言表示出来。例如，可以建立这样一个相当一般的对策模式：

设 N 为一给定整数，两个对策参加者要建立 N 个字母的两个排列 (n_1, n_2, \dots, n_N) ，这由两个人按以下规则轮流着建立，第一个排列由第一人定 n_1 ，第二人定 n_2 ，第一人定 n_3 这样做下去，直到最后排成，然后进行第二个排列。如果由这两个排列能生成所有这样的排列的一个群，那么就算第一人赢，如不行则第二人赢。试问这个对策里谁有赢的策略？这只是一个例子，说明对于任何数学领域（这个例子是有限群论）都可以设计出导致其中纯数学问题和定理的类似对策的模

式。

也可以从另一角度提问题：如果每一步都是随机的，双方的机会如何？那么这就是一个与测度论、概率论和组合论都有关的综合问题了。对许多数学领域都可以有类似的过程。

集合论在十九世纪末引起了数学的革命。这是从乔治·康托证明了（即发现了）连续统不可数开始的。在他之前确有不少先驱思考过这些有关无限的逻辑问题，象魏尔斯特拉斯和波尔察诺，但第一个精确地研究了无限级的无疑是康托。他的研究是从讨论三角级数开始的，很快改变了数学的面貌和风味。这一思想与日俱增地渗透了整个数学领域，特别是最近有了在技术上出乎意料的复苏性的新进展，不仅是在其最抽象的形式上，而且是直接应用上。这是指它的拓扑表示、以最一般的形式出现的代数概念的表示，从波兰学派的工作中获得了推动力和方向，尤其是从里沃夫大学，那里对于可粗略地称为具有几何和代数精神的泛函分析的课题最有兴趣。

下面极简略地交代一下这方面主要工作的由来：继康托、法兰西学派的数学家波义尔、勒贝格和其他人之后，这方面研究的中心转移到了波兰。劳拉·费米曾在她《杰出的侨民》一书中对于美国竟有那么大一部分波兰数学家在这一领域贡献良多深表惊奇和赞赏，很多人来此整理和继续进行那方面的工作。与此同时，希尔伯特和其他德国数学家对分析的研究导致了无限维函数空间的一个简单的一般数学结构，后来也由波兰学派进一步发展。亦在此同时，摩尔、维布伦等人在美国的独立工作导致了几何与代数观点的汇合，以及数学的一种统一——当然只是从某种程度而言。

看来尽管数学研究课题的门类越来越多，越来越专门，但还是遵循着殊途同归的普遍潮流、路线和趋向。

少数掌握了一些新定义的人当然也能使得一些特殊领域的研究风靡一时以至压倒一切，这部分地也是因为赶时髦和绝对追随导师，一脉相承的缘故。刚到这个国家时我就觉得似乎对拓扑过分注意而颇为奇怪，现在我又感到对代数几何的研究可能太多了。

第二个划时代的里程碑是哥德尔的工作，而近来保罗·科恩得到的结果使之更为明确了。哥德尔是普林斯顿高级研究院的数理逻辑学家，他发现对于任何有限的甚至可数无限的数学公理系统而言，都会有某些有意义的命题可以在其中表示出来但却不可加以判定，也就是说，在系统内部将不能证明或否证这些命题的真实性。科恩则是敞开了大门允许接纳一整类新的无限公理。现在已经有数不胜数的结果可以说明我们对于无限的直觉是不完全的，这些结果将各种不同的无限概念带进了我们直觉中神秘的禁地。这将进而使数学基础方面的哲学观念发生改变，指明数学并非如通常认为的那样是个建立在不变的、唯一给定的法则之上的已完成体系，而是在不断生发展开。目前人们还没有很清醒地接受这个观点，但它指出了一条通向新观念的道路。数学在无限这个问题上的确繁荣多产，谁又说得出口今后五十年间我们对这个概念的看法会变得怎么样？当然，总会有些东西——即使不是今天意义上的公理；至少也会有新的规则或数学家之间关于建立新公设的一些约定，或不如称之为确定化的必需物；表达了一种绝对的思维上和结构上的自由，给出一个不可判定命题，就根本无法确立它是真或假。确实有些命题的不可判定性也可能是不可判定的，这会引起极大的哲学上的兴趣。

虽然对数学基础的兴趣象对集合论的兴趣一样最终会渗透了整个数学，但它在某种程度上也富于哲学意义。不过“基

础”这个词用得就不太恰当，从目前来看，这是个数学味道比较浓的专用词，当然只是基本如此。

数学观念和灵感有二个主要的来源——一方面，由外部现实即物质世界的影响而引起；另一方面，由人的生理或许基本上是脑的生理发展过程而引起。从一个不太明显和比较特殊的意义上说，这一点在今天和不久以后的计算机运用上已经和将会继续得到反映，有一个同态象。

即使最唯心的认为数学纯粹是人心的创造的观点也须得符合这样的事实：即几何定义和公理——实际上大多数数学概念都是如此——的选择是由外界刺激和对在“外部世界”里进行的观察实验的内省，通过我们的意识获得的印象的结果。例如，概率论就是由有关机会的游戏中的某些问题发展而来的。今天，有许多计算机是专为解决特定数学问题而设计的，靠它们就有希望大为广泛地进行思想实验，将经验理想化，并概括出更为抽象的思维模式。

对于自组织生物通过生命有机体的化学反应所进行的对策活动建立了模型来作实验，看来能从中抽象出新的数学模式。对生长模式的数学研究，对模拟生存竞争的几何形态间的此消彼长进行的计算机实验研究，这些都可能导致新的数学进展。可以同样地用“pazonomy”这样的名称去代表竞争反应的统一体，对生长和组织的发展中理论则可以叫做“auxiology”，它最终将包括数学本身的生长树。

数学性质按几何级数增长着，但至今提出来企图反映它们的数学模式还是极为简单粗略的（我自己的一个稚拙模型的介绍可见最近阿瑟·伯克斯主编的《细胞自动机理论》一书，伊利诺斯大学出版社出版）。

研究数论的英国数学家约翰·康韦曾经设计过一套特别

精巧的规则，叫做生命的康韦对策，是一种游戏或消遣娱乐，跟早期的掷骰子和纸牌游戏问题很象，它最终发展成了今天的概率论大厦，并且可能导致一种描述艾尔弗雷德·诺思·怀特海在其哲学里研究过的那种“过程”的博大精深的新理论。

于是对于需在极大数量的步骤或阶段内始终跟踪一个对策或竞争的实验来说，看来不仅是适宜使用计算机，而是绝对必要使用计算机。我相信跟踪那种过程所获得的经验，会从根本上促进在数学中最大限度地广义化、淡化甚至取代我们现在对形式公理方法的专注。

已经提到过保罗·科恩和其他人——彼得·诺维科夫、王浩、尤里·马提艾塞维克——最近在一些最基本的数学命题对于传统公理系统的独立性方面取得了成果，这些结果也说明了语用学方法的一种新作用。使用自动机有助于判明一个问题能否用现有的方法解决。

为了说明我们的思考过程，不妨考虑一个特殊的三维“小”问题为例：空间中给定了一条封闭曲线和一个形状固定的立体，要求使物体通过曲线。并没有明确的数学标准可以判定这是否做得到。要看看能否办到，只能靠旋转着、扭摆着、挤着去“试试”。在较高的维数例如五维上也可以有类似的问题。办法就是将它在计算机上建立模型，就各种可能的运动进行检验。也许在试了很多次以后，就会获得一种对此高维空间中动作自由度的感受和一种几乎是触觉那样的新的直觉。当然这是个很特殊的、并不重要的小例子，但是我觉得，利用这些新工具尤其是计算机，通过适当的实验方法建立并观察各种发展过程和演化进程，是的确能形成全新的想象的。

我觉得，正像电子计算机对于数理科学主要是物理、天文和化学已经发生了重大影响那样，它也将极大地影响纯数

学。

对未来数学面貌的这些猜测性的畅想，与不过四分之一世纪前的冯·诺伊曼和他的同时代人在科学发展中所起的作用相比，已经相去甚远。人类智力的有组织活动的发展速度，在计算机出现之后无疑会大大增长，而且发展方式似乎预示着我们的思维方式和生活方式将有本质的变化。正象尼尔斯·玻尔在一段半开玩笑的话里说过的，“要作预言本为不易，将来如何尤难估计。”但我认为数学的面貌会大大改变，一些相当剧烈的变化，会导致对公理化方法本身完全不同的观点。数学将日益由问题、由必需的约定或对普遍性问题的研究大纲组成，将不再有附加上去大批的特殊空间、特殊流形和这样那样的特殊映射的定义；不再有一类一类的新定理，而代之以大理论和大计划的概要或轮廓，定理证明的实际步骤留给学生甚至机器去做。这也许跟印象主义绘画与艰苦细致的早期绘画的差别差不多。不仅在定义的选择上，就是在对策的规则上，情况也可以是更为生气勃勃的和变化着的，而这个大对策的规则自古到今还没有改变过呢。

如果说这规则还没有变过，那么在我这个人的一生中，数学领域内已经发生了很大的变化了。十九世纪在物理、天文、化学，在力学、工程及所有其他技术学科中数学的应用是包括一切的。较近些时期，数学也被用于刻划其他科学的基础，所谓数学物理实际上是各门物理学的理论，它触及到象量子论和非常奇妙的四维时空连续统这些物理学最抽象的部分。这是二十世纪特有的情况。在短短的六十到一百年间，对数学思想的运用激增，种类之多令人难以置信。同时大大小小的数学客体可以说是爆炸式地被创造出来。急剧增长的还有那种“榨出最后一滴水”的倾向，即钻牛角尖式地去研究犹太教

法典似的细微末节。

几年前在普林斯顿，庆祝冯·诺伊曼计算机建成二十五周年大会上，我在讲话时忽然心血来潮，默默地估算起每年数学杂志上有多少定理发表来（指那些标明为“定理”的、发表在公认的数学杂志上的命题）。我很快地心算着，连自己也奇怪竟能在谈着完全不相干的事的同时，算出每年约有十万个定理。我马上转过话题，把这说了出来，听众不禁倒吸了一口冷气。读者可能会感兴趣的是，听众中有两个青年数学家第二天跑来跟我说，由于被这极大的数字所震动，他们在院图书馆作了一次系统详细的调查，将杂志种数乘以一年的期数，再乘上每期的页数和平均每页上的定理数，估计下来一年有近二十万条定理。这样一个巨大的数字无疑值得好好思考。人们如果承认数学的意义应该比游戏和智力测验大些，那么这就是一件令人担忧的事情了。危险显然在于数学本身将遭到割裂，分成互不相关的不同科学或许多联系松散的独立学科。我本人希望不要发生这种情况，因为如果定理多到让人无法概观，那么谁能来判断什么是“重要”的呢？这也是个保存资料、存储和检索科学成果的问题。而这现在成了个首要问题，没有人机对话，就无法找出最需要的东西。

要始终跟得上当代的成果，即使仅仅是那些突出的引人注意的成果，实际上也是不可能的。那种认为数学将作为一门统一的科学存在下去的观点与此怎么一致得起来呢？正象一个人不可能见过所有的美女或所有优美的艺术作品而最后只要了一个美人一样，可以说在数学上一个人是和他自己的小领域结婚的。正因为这样，数学研究的价值评判越来越困难，我们大多数人基本上成了技术师。年轻科学家所研究的数学客体的种类正指数倍地增长，也许，人们不应该把这种现

象称之为对思维的亵渎，不过它到有点象大自然造就了无数种不同的昆虫那样，使得世界丰富多彩。但是，多少总让人感到，这同我们对于科学的本质观念，即要去理解、缩写、概括、尤其是发展关于理智和自然现象的记号系统这一点有点背道而驰。

在科学发展上，只有那些出乎意料的东西、真正的新思想新概念对于年青心灵的震动，才会不可逆转地铸就一个人才。直到成年或老年，甚至已不大敏感或精疲力竭时，那意外的东西造成的好奇还会引起新的兴奋。用爱因斯坦的话说：“我们能体验到的最美的东西就是那神妙莫测的，这是所有真正的艺术和科学的源泉。”

数学产生出概念，它们将自己独立地生存发展。数学就这样创造了新的思维对象——可以叫做超现实。它们一旦诞生，就不再是哪个个人所能控制的，只有一类头脑，即永恒交替的数学家群体才能驾驭它们。

数学上的天才和智者很难定量地确定。我似乎觉得从碌碌之辈直到高斯、彭加勒和希尔伯特那样最高层次的人的过渡是几乎连续的。很大程度上不仅仅取决于脑。肯定有我所称的“内分泌因素”（由于找不到更合适的词）或品格特征：坚韧性、体魄，工作的意愿，有些人叫做“激情”的东西。这些在很大程度上取决于多半是儿童或少年时代造成的习惯，这里早期的偶然影响起很大作用。毫无疑问，那称为想象力和直觉的特质基本上由脑的生理结构特性决定，但通过经验导致一定的思考习惯和思考过程的方向后，脑的生理结构也是可以得到部分改善的。

是否愿意投身于未知和不熟悉的问题是因人而异的。数学家有截然不同的类型——一类喜欢进击现有的问题或者在

现成的基础上进行再建，另一类喜欢摸索新模式新路子。第一种人可能占大多数，约在百分之八十以上。年轻人想要成名就往往去攻一个前人已搞过但未解决的问题，这样，要是他运气好并且能力也行，那就会象个运动员那样打破记录，跳得比哪个前人都高。虽然通常有较大价值的是形成新的概念，但年轻人即使懂得其重要性和美学价值也往往不愿作此努力，因为不知道这新思想会不会被赏识。

我是那种不愿作改进和雕凿而喜欢开创新东西的。开创的基始越简单越“低”我越喜欢。我不记得用过什么复杂的定理去证明更复杂的定理（当然，这都是相对而言的，“太阳底下没有新东西”——一切都可以溯源至阿基米德甚至更早）。

我还相信一生中改换工作领域能够恢复活力。在一个小领域或狭范围的问题上搞得太久就会故步自封，阻碍获得新观点，使人变得迂腐。不幸的是，这种不利于数学创造性的情况并不少。

除了其壮观的前景、美学价值和对新现实的想象力以外，数学还有一种不太明显或者说不太有益的特性即能使人上瘾。这或许类似一些化学麻醉品的作用。哪怕最小的游戏题，一下子就看得出是浮浅或老一套的，也会有这种诱惑力，只要开始去解它就会被吸引住。我记得《数学月刊》有一次偶然刊登了一位法国几何学家送去的，关于在平面上排列圆、直线和三角形的极平常的问题，正象德国人所说是“次要的”。不过一旦开始去想怎么解法，这些图形就可能吸引住你，即使你始终明白答案是不会导致什么令人激动或较有普遍性的问题的。这很可以同我提到过的费马定理的情况对照一下，费马定理是导致创造了大批代数新概念的。二者的区别或许在于一般问题经过一定程度的努力后总是能解决的，而费马问

题却仍未解决，一直保持着诱惑力。不过这二种类型的数学好奇心都能让数学爱好者上瘾，因为想当数学家的人有分别感兴趣于普通枝节和最有感染的问题的。

过去总是有一些数学家能直接或间接地对其他人的工作提出具体意见或给予方向性的指导——象彭加勒、希尔伯特和魏尔。这一点在今天即使还不能说是做不到，但确是越来越难了。在世的数学家里，大概没有一位能看得懂今天全部文献了。

埃里克·坦普尔·贝尔三十多年前写的《数学的发展》这本书对数学史作了出色的概述（也许是对我它有所偏爱，因为，用 G·O·罗塔的话来说，尽管这本书篇幅不大而且写的时候我才二十八岁，它还是提到了我的工作。能在一部很简短的历史里被提到那是比在一部卷帙浩繁的历史里被提到，更会令人满意）。但有个出版家请魏尔写一部二十世纪数学史时他拒绝了，因为他觉得这件事是任何人单独都干不了的。

冯·诺伊曼倒可能很想写这样一部历史的，不过就是他在大约三十年前也跟我说过，他对数学的主要内容的了解还不到三分之一。有一次我根据他的提议，从各个领域选了一些估计他答不上来的问题编成一套博士考试式的试题考考他，结果确实有几个题目他答得不好，一个是微分几何方面的题，一个数论题和一个代数题（顺便插一句，这一点或许也能说明博士考试并没有什么永久的意义）。

至于我自己，我不能说对数学的技术详情知道得很多。我可能对它若干领域的要点，或许也可能只是对要点的要点比较敏感。能猜到或感觉到某些自己不甚了了的数学分支里，哪些问题象是新的，哪些是已知的还是未知的，这是做得到的。我觉得自己一定程度上有这种能力，往往说得出来一个定

理是已知的就是说已证明了的，还是未证的假说。这种感觉可以说来自命题中量词的排列方式、它的语气和音律。

可以作这样的一个比较：我记得住曲调，能相当准确地用口哨吹各种动听的曲子。但当我想发明一些“给人深刻印象”的新曲子时，就发觉自己相当无能，因为我哼出来的都是我听到过的调子的简单组合。这跟在数学方面的情况完全相反，在数学上我相信对某个问题只要稍稍“接触”过，我就能提出一些新东西。

数学研究上的协作是近几十年里逐渐形成的一种非常有意思的新现象。

在实验物理学上，当然需要研究人员分别在实验的不同部分操纵仪器、协同工作。现在每项实验实际上都是一整套技术工程，特别是大型装置，需要成百个工程师、专家负责制造和操作。这种现象对于理论物理也许并不明显，但在数学上却存在这种现象，而且意外地多见。我们都知道数学上的创造性工作需要高度集中精力和长时间持续不断的深刻思考。因此也常常由两个人分别研究不同的侧面，彼此注意着对方的动向，有时候合作发表一些论著。现在这已是惯常现象，甚至最深奥的数学问题也由二个或更多人一起工作来寻求证明，许多论文有二个有时候是三个以上的作者。彼此交流猜测和尝试性的路子也有助于探索的进展。交谈比写下每一步想法，那总要容易些，就象分析棋局似的。

将来可能会有大群数学家协同工作，得出既有重要价值，又漂亮而简明的结果。近年来已经由这种方式产生了一些成果。例如希尔伯特问题之一，即解丢番多方程的算法的存在性，实际上就是由美国的几位科学家解决的（当然并非同时并进，而是先后依次地），最后一步由年轻的俄国人尤里·马提

艾塞维克完成的。巴拿赫的一个老问题，即巴拿赫空间的同胚问题，也是由几个数学家解决的，它们分别在美国和波兰独立工作，但知道彼此的进展，他们的工作可以说是互为基础的。

“临界质量”这个名词在洛斯·阿拉莫斯制造原子弹的情况公开以后，开始流行起来，它是用来描述为获得成功而必须形成的科学家团体的最小容量。只要这个团体足够大，就能产生爆炸性的结果。临界质量一旦达到，由于相互促进，成果的增殖就会象中子的连锁反应那样成指数倍地扩大和加快。而未达到这个质量前，进展是渐变的、缓慢的和线性的。

在科学家工作习惯的其他方面，变化是比较慢的。今天科学象牙塔里的生活方式的特点是科学会议更多，参与政府工作更多。

不过象写信这样既简单又要紧的事情上也有很大变化。这在过去往往是一种艺术，不仅仅属于文学界的艺术。数学家写起信来是很长的，他们用普通手写体详细地交流数学思想，也谈私人琐事。而今由于秘书代劳的便利，反倒使那种私人间的交流成了难事，并且由于专业细节难于口授，一般说来科学家尤其是数学家之间通信少了。我保存着所有相识的科学家来过的信，前后时间跨度四十多年，从这些信里可以看出一个逐渐发生，并在战后加速了的变化过程，即从长的、私人交往式的、手写的信件日益变为公务式的、枯燥乏味的、打字的条子了。在我近年的通信往来中，只有两个人写信还是用普通手写体：乔治·加莫夫和保罗·厄多斯。

诺贝尔奖获得者物理学家杨振宁讲过一个故事，说明了现在数学家和物理学家在认知方面的关系：

一群人一天晚上来到某城，因为有衣服要洗，就上街去找洗衣店，找到一个橱窗里有“此处接收需洗衣物”招牌的地方，

其中一个人就问：“把我们的衣服给你们行吗？”店主说：“不，我们这里不洗衣服。”客人问：“怎么，你们橱窗里的招牌上不是写着吗？”回答是：“这里是造招牌的。”这就有点象数学家的情形，数学家是制作招牌或者说记号的，并且希望自己制作的记号能适合一切可能发生的情况。不过，物理学家也创立过许多数学思想。

对于数学中一些较具体的部分——例如概率论——物理学家爱因斯坦和斯莫洛科夫斯基甚至比数学家更早就开辟了某些新领域。信息论和信息的熵的概念及其在一般连续统中的地位是由物理学家利奥·西拉德和工程师克劳德·申农建立的，而不象人们所想象的是先由“纯”数学家提出。熵，这个分布性质是首创于热力学且应用于物理对象的概念。但是西拉德（极为概括地）及申农就一般数学系统定义了这一概念。的确，诺伯特·维纳对其创建也有贡献，后来杰出的数学家安德尔·科尔莫哥洛夫发展、推广了它，并且把它用于纯粹数学问题。

过去有些数学家，例如庞加勒，对物理也颇熟悉。希尔伯特似乎没有多少物理素质，不过写过一些关于物理学的研究方法及逻辑的重要论文。冯·诺伊曼对物理也很熟悉，但我认为他并无物理学家对于实验的直感和偏好。他对量子力学的基础感兴趣，只是因为它能数学化。其实刻划物理学理论的公理体系对于物理本身而言，正象语法之于文学的关系一样，不必把那种数学上的明晰性，作为物理学概念方面的至关重要的东西。

但另一方面，理论物理学上的许多机制和某些概念的渊源是来自纯数学的。由黎曼所预言的广义非欧几何对以后的物理学有重要意义，而它比广义相对论更早提出。希尔伯特

空间算子的定义和研究也在量子力学出现之前。再比如，早在任何人连做梦都不会想到可以用希尔伯特空间算子的谱表示解释实际的原子发射光谱的时候，数学家就在使用谱这个词了。

我常常迷惑不解的，是数学家为什么不把狭义相对论推广为多种不同类型的“特殊相对论”（不是如现在熟知的广义相对论）。我确信在一般的空间中还会有其他“相对性”，但数学家在这方面几乎没有作过任何尝试。洋洋洒洒的论文都只是局限在那些从普通几何推广而来的不包含时间因素的度量空间上。把时间和空间放到一起，数学家就成了门外汉！拓扑学家也还局限于空间，还没有考虑概括四维时空的概念。我觉得这从认识论和心理学上说都很难理解（我记得冯·丹齐克的一篇论文，他对时间拓扑的概念作了哲学思考，说它可能是个旋变量。我很赞赏这一点，不过对类时性空间显然还应该有许多更富想象力的工作可做）。

众所周知狭义相对论的假定是完全基于光速不变、与光源或观察者的运动无关这一事实的。从这一点出发就能得到所有那些结论，包括著名的公式 $E = mc^2$ 。而从数学上说，光锥面不变会导致洛伦兹变换群。那么，要是从数学上开个玩笑的话，数学家就可以类似地假设比如频率保持不变，或另外某一类简单的物理关系不变，通过逻辑推理就能看到在那样一幅并非“现实”的宇宙背景下会有什么结论。

今天的数学与十九世纪时期的完全不同，甚至 99% 的数学家对物理都并不理解了。物理学上有许多思想要求助于数学的启示——比如新的表达式，新的数学概念等。但我的意思不是要强调数学在物理上的作用，而是另一方面：物理学能促使新的数学概念形成。

与数学相反，在物理学方面，人们基本上能较紧地跟上当前所研究的东西，每个物理学家都能懂得大部分物理学的要点。现在，象基本粒子或物理时空的本性那样的基础问题，已为数极少了。

现今的理论物理研究，许多即使非常聪明机灵、技术上极为出色的年青人，基本思想也趋于保守，总的来说只在前人工作的基础上作了些小变动，在细节上精心处理，研究是沿着现存的路线进行。也许一般情况总是这样的，真正的新思想毕竟是罕见的。

现在有些青年物理学家朋友，把全部时间都花在寻找一些非常奇特的粒子上。有时候为了揶揄他们一下，也是半开玩笑地跟他们说，要想获得物理学基础和事物时空模式方面的新灵感的话，这可不一定是最好的办法。

当然，这不是、也不会被认为是很准确的说法。不过照我看来物理学的首要问题是，是否确实存在维数越来越降低的结构上的无限。如是这样，数学家就有必要去推算时空甚至其拓扑形式的变化范围是否越来越小。物理学的基础是原子结构或场结构，如果是场构成了最基本的实体，那么它的点就是真正数学上的点，是不可区分的。存在这样的可能性，世界的结构实际上有无限多的层次，而每个层次的本质又各不相同。这幅不可思议的诱人图景，现在不仅是哲学上的谜，而且还更是物理学上的谜了。最近的实验清楚地表明结构一层比一层复杂，一个简单的核子里可能有范曼所称的部分子。这些部分子可以是假想的夸克或其他结构。近期的理论不再企图用简单的夸克来解释实验模型，而必须有不同类型的色夸克的概念。或许我们已该得出这样一个观点了，即把结构的承继看作是无限延续的较为可取。

理论物理之所以行得通，是由于物体及其状态确实有许多等同物或接近等同物。如果把宇宙界定为只有一个（即使星系彼此确实很相似），从整体来说世界只是一个，那么那些关于作为整体的宇宙的问题也有不同的特性。只要向数量已经很大的物质里再多加入一点儿成分，稳定性就不能保证。我们无法对若干个宇宙作观察或实验。因此宇宙学与宇宙起源学的问题与即使最基本的物理问题的性质也就不同了。

如果这个宇宙中大量的点或点集、点群没有这种相似性或等同性，那就不会有科学，物理学也将无法想象。所有的单个质子看来都彼此相似，所有电子看来都相似，任何两个天体间的引力看来都相似，只取决于二者的距离和质量。因此，物理学的任务似乎尤其是要将存在的物群划分为实体，彼此同形或几乎同形的实体的例子是极多的。物理学的希望就在于，事实上人们能差不多重复物体的状态，即使不是精确重複，至少略加一些小变化，结果的差异也相对很小。物体是有 20 个还是 22 个不会使它们的状态有什么根本的改变。这是对于某种基本稳定性的信念！物理学的希望也多少在于通过某种合并或计算，以较简单的实体及各部分的等同性来描述物理现象。例如，至少直到最近，物理学家相信，许多点组成的整体的行为可以用二体的相互作用解释——就是说把任何两个物体间的位能加以合计。否则的话，要是每次增加一点儿物体整个系统的行为就要改变，那就没有物理科学了。这一点在物理教科书上都没有充分说明。

要是定义了两个代数结构之间的距离，并把证明一个命题或定理所需做的工作定义为能，人们就能把熵的概念与复杂性的概念联系起来。结果会说明在给定的系统中，为了证明如此这般的公式，需要多少多少步骤，所需的最少步骤可

以定义为类似于功或能那样的量。这个想法很值得考虑。要对此建立一套可行的理论就需要博学、想象力和多方面知识。即使对于目前已经建立的那部分物理学，也没有什么公理系统可言。

正如在纯数学中一样，在理论物理的进展上也可以看到两个主要趋势，一种是对“前所未有的，意料之外”的重大新思想的建立，另一种是对现有理论的重大综合，而这种综合对新概念来说只是在某种意义上的补充，甚至是对立方面的补充。它们只是不太明显地总结概括了以前的理论。我可以用实例进一步阐明这种区别如下：狭义相对论是一种直感上非常奇怪而神秘的观念，它涉及到一种几乎是非理性的见地。一组直感上很难置信的公理，基于如下实验事实：从固定的发射点发出光时，对于运动着的观察者来说光速不变，反之亦然；而当发射点离开或趋近观察者时，不论其相对速度如何，相对于观察者的光速还是不变。仅从这一点出发，就能建起一座巍峨的理论大厦，这个关于时空的物理理论体系导致了那么多惊人的一一如现在所知——和技术上影响重大的结论。

从某种意义上说量子论所涉及的情况也类似，它也包含一组非直觉的、出乎意想的观念。

麦克斯韦的电磁理论则是那种重大综合的一个例子。它是在一大批实验事实确立以后建立起来的，而这些实验事实即使对于其首批发现者来说或许也不是那么太意外。该理论用一组数学方程描述了这些观测事实，它是人类思想上给人印象最深的成就之一。从认识论上说，这个理论与可以说是较为出乎意想的相对论和量子论相比，是有本质区别的。至少我觉得是这样。

在天文学方面，最近观察到不同类型的恒星、恒星团、星

群、星系和一些奇怪的新天体，这形形色色的发现再次显示了宇宙的奇妙。那些奇怪的天体包括中子星、黑洞、非常奇特的至今不明性质的物质集合体和巨大的分子云，其中有些正在星际空间中“预构”。这再次显示了宇宙对于我们的观念来说是多么奇异。我们的这些观念也是通过以前的一系列观察，并且以先前的知识为标准而得出的。

在物理学方面，某些物理发现所导致的，那些较为技术性和实用性的成果，今天也往往会令人惊奇不止。例如，全息图概念的应用和发展，其实它的用途最初是非常令人困惑的。类似地，新的激光技术一般也使人极为震动。

近年来生物学方面的发现在认识论上又有不同的特点。它们为将来地球上生命存在方式的改变，开辟了奇妙的新前景，所以是革命性的、充满希望的。但它们所预示的将来生命排列规律的“简单合理性”又让我震惊。生命物质复制方式的发现，由克里克和华生的模型得出的全部结论，生物密码的本质以及如法国人说的“与此有关的一切”，都反而显示出一种很容易理解的、不需要物理基本知识就能知道其机理的，几乎十九世纪式的机械排列。要解释基本的分子反应现象，即这种排列的基础，量子理论是很重要的；但是从排列影响生命过程结构的方式来看，排列本身又似乎只是准机械或几乎准工程水平的。

人们要问，为什么是这样的？对于物质世界或许是生命世界或我们自身，对于我们思维的方式，我们的理解为什么似乎不是连续地进行或增长的？我们观察到的不是平稳增长的演化发展，而是一个个离散的量子阶梯。是不是世界那不可言喻的结构其实很简单，但要能意识到它和理解它，神经系统的机制却必须很复杂呢？我们的头脑及其全部神经和连接物

这一结构是个公认的非常复杂的排列，是不是它不最适合于直接描述宇宙？或许恰恰相反，是笛卡尔在他的《方法论》中所提出的，现实的客观基础非常复杂，是我们甚至还未想象到的，我们只能以我们那稚拙的方式，用简单步骤的不断近似去尽力探究它呢？

（关于将来数学对于生物学研究有哪些可能的作用，这方面更详尽的想法，请读者参阅我写的一篇题为“生物数学的一些观念及其前景”的文章。它的技术方面多少超出这里的一般性评述，但有兴趣的读者可能还是喜欢读的。）

在社会科学方面，据我这样一个外行看来，目前还没有什么称得上理论或深刻的学识的东西，这也许是因为我无知。不过我总有这样一种感觉，即只要注意市面，或者看看比方说《纽约时报》，就能在经济学上象大专家一样有眼光有学问了。因为我认为除了一些人人都能懂的常识，目前那些专家没有半点办法能创造出较大的经济或社会——政治奇迹。

如果有朝一日发现宇宙中——可能在远离太阳系千万光年以外——存在其他智能生物，那这一进展的影响将是我们所无法估量的，我认为它将比任何现有的宗教信仰都要大得多。完全有可能突然发现并破译了很久以前发出的电磁波。如有迹象或证据表明确有可能与之进行双向通讯的那种东西存在，那对人类将有极大的影响。这可能很快就会发生，它或者会引起极大恐慌，或者相反，造成新的信仰。

我们都读到过关于飞碟和其他不明飞行物的情况。在爱德华·U·康登指导下对这个问题作了彻底的研究。很容易证明了大多数情况要么是视觉上的幻象，要么是正常的大气现象。但还有一些是确有根据的令人大惑不解的UFO现象。例如威尔逊山的天文学家曾在散步时看见一个很奇怪的流星

状物，待回到天文台时又发现放射量达到峰值。也有一些飞行物，由飞机上的仪器和雷达同时示踪，也没有得到解释。

费米曾经问道：“众生何在？其他生命的踪迹何在？”

就我所见，未来十到十五年内将比任何别的因素更能改变世界的生活方式的是新的生物学。有些初看起来相当普通的发现已经对世界的组成发生了甚至比世界大战更大的影响了，比如新的药品，象青霉素和避孕药就从两个相反的方面改变了人口平衡。

我最近在一星期之内就听说了两项癌症研究上的重要成果，这足以说明生物科学进展速度之快。一项是密执安的一位科学家在人乳腺癌细胞里发现了一种病毒。另一项是在波尔德实际完成的实验，那里有一台极好的电子显微镜，用它搞成了一种惊人的新技术。基思·波特和他的同事们培养出了能取出细胞核的细胞，这些细胞核并未损伤，可以移植到其他已去核的细胞里，所以这实际上是细胞间核的交换。例如可以把一个癌细胞的核取出并放入正常细胞里，于是这新的细胞会变得正常起来。这是非常了不起的成就，它说明有些指令可能不是象通常所认为的来自细胞核，而是来自细胞质。

将来，影响地球上人类生活面貌和生活方式的，主要是食物生产和更换的新途径、它将比任何现在词义上的政治——社会——经济进展的影响都大得多。所有这些可能都是很显然的，但有时候很明显的事情，在实现以前还是有必要再三强调。世界将大为改观。

加莫夫的兴趣，冯·诺伊曼的远见，巴拿赫和费米的工作，与其他人的才华一起，都为扩展今日科学的范围、大大拓宽物理和数学的前景作出了贡献。各门科学这样偶然和侥幸的融合产生了那么多新面貌新成就，这真是奇迹啊！