



1994
\$100,143
18,240
18,383
25,678
15,801
41,479
19,521
(6,560)

13,537
15,380
4,171
10,278
23,177
14.82
15.57
15,531
0.256
0.000
52,951.70
11.1
11.1
11.1
11.1

残缺的记忆

WHAT LITTLE I REMEMBER

(英) 奥托·弗里希 著 张昭理 余学工 译

89

1460	0.2
1460	0.3
1460	0.31
1460	0.337
1460	0.375
1460	0.437
1460	0.500
1460	0.594
1460	0.613
1460	0.750
1460	0.844



Handwritten signature

译者的话

本书作者奥托·弗里希，剑桥大学教授，英国皇家学会会员，他参与了现代物理学的一些重大事件，特别是揭示了原子核的裂变（这是他发明的一个词）。他参加了研制第一个原子弹的工作，还看见了它在沙漠中“比一千个太阳还亮”的首次爆炸；这些经历使他接触到了像罗伯特·奥本海默、爱德华·泰勒、理查德·费曼和电子计算机之父约翰·冯·纽曼这样一些人物。他还遇到了那些作出了近代伟大发现的科学家：爱因斯坦、卢瑟福、尼尔斯·玻尔。这是一本有个性的回忆录，它精彩而幽默的描述，使得许多本世纪最重大的科学发现的背后的人物和事件增加了迷人的色彩。作为一名科学家，弗里希教授通过描绘他那精彩、愉快的生活和所经历的时代，比很多矫饰的作者揭示了更多关于科学的东西。他“极力回忆起来”的往事给人留下了深刻的印象。他喜欢讲故事。并且书中还安插了许多吸引人的照片和作者本人画的速写；这包括了他的许多同事，也几乎包括了那个时期的大多数杰出的核物理学家。

本书于1979年由英国剑桥大学出版社出版，1991年由英国剑桥的Canto出版社再版。这是一本值得一读的书，它的中译本希望会为广泛的中文读者所喜欢。

译者
1997年5月于武汉

前言

我写这本书的理由非常简单。我在 70 岁生日那天，数十名我教过的学生，有的携同妻子，在剑桥三一学院为我举行了一个晚宴。按照惯例我必须发表演讲，于是在短短的 20 分钟内，我简短地介绍了我的学术生涯，并讲述了许多轶事。后来，很多朋友，特别是我的女儿，都建议我把这些轶事写成书，于是我就着手这一工作。起初我只打算写一些故事，但零零散散不能有机地联系在一起。于是，我从我的父母开始，讲述了我的孩提时代、家庭的故事；接着回忆了其后的生涯，包括我所有能记起的轶事，特别是我所见过的一些伟人的趣事，例如爱因斯坦、斯特恩、玻尔等。

我没有收集作为一部优秀自传的全部素材，也没有记日记的习惯。我总是满足于生活在现实中，只记得住那些似乎值得追忆的事情。但最近这一功能也部分丧失了：当我企图追忆近期发生的事情的时候，却远不如旧时的事情那样记忆清晰。这并不奇怪，也促使我将回忆截止到 30 年前，我在剑桥定居的那段日子。那段时间其实也发生了很多有趣的事情：当佩鲁兹克里克、华生等人发表蛋白质分子及遗传基因的结构这一重大研究成果的时候，我正好在剑桥。惭愧的是对此我已记不起什么了，只记得那帮生物学家们常常把我的仪器借走几天不还，我当时为此非常恼怒。

当然，回忆不久前发生的事情是非常困难的：许多当事人都还健在，很可能被某件事情所触怒，因而越是接近现在的往事越难写，尽管作者可以向当事人作出解释（我曾尝试过）。在卡文迪什实验室的那段日子确实丰富多彩，但很多事情都已有报道，还有更多事情无疑将会报道出来。因此，对于我生活了近 30 年的剑桥生活只能简单提及我并不感觉太沮丧。

尽管我从不认为我的记忆是完整的，但我一贯坚信我的记忆是可靠的。不过，我也犯过尴尬的错误，最典型的一次是关于我 1957 年或 1958 年在康奈尔大学观看的一次管弦乐演出。我清楚地记得那次音乐会是由著名的克利夫兰管弦乐团演出的，几年以后当我找到当晚的节目单时，却发现是几个不同的管弦乐团共同演出的。出现这一差错是因为我坚信只有克利夫兰管弦乐团才能演奏出这么绝妙的音乐会。于是，我向所有那些指出我记忆错误的人道歉，并感谢他们纠正了我的记忆错误。尽管我试图每次以同一种方式讲述同一个故事，但仍有可能只记住了某件事的要旨而填充了错误的细节，特别是在相隔一段长时间后重述那件事时更容易犯这类错误。

我一直喜欢用铅笔勾画人物素描，这些像不是深思熟虑后的漫画，当然，我总是试图勾画出人物的特性——大鼻子或向后削的下巴——并稍稍采用一点夸张的手法。同样，当我描述在我生活中所遇见的了不起的人物时，尽管我只讲述几件趣事，也许是一些怪癖，但我并不是企图讽刺他们。如同铅笔素描一样，这只是一种技巧，用于微微夸张我所观察到的有趣的特征。

不要把这视为历史研究，描述我的一生所发生的事情可由擅长此道的人来做。正如我已经说过的，我总是生活在此时此地，几乎没有更广阔视野。本书的宗旨在于把我所遇到的人从我的琐碎的记忆中再现给生活。

O. R. F.

是我的父亲唤起了我对数学的兴趣——真正的数学，而不是算术。

维也纳 1904 ~ 1927

我的祖父莫里兹·弗里希，是波兰籍犹太人，原籍加利西亚，1877年定居维也纳，开了一间印刷作坊。他可算是印刷表格的发明人之一。那个时代，律师通常都要雇佣一个（或几个）文员按考究的铜版印刷格式准备好文件，文件开头通常为“兹有……同意……”等字样。莫里兹·弗里希将通用条款用铜版字体印刷出来，这样文员们就只需在合同上填上姓名、地址及其他具体条款即可。这项生意自然使他结识了许多律师，因而，毫不奇怪，1902年，他的儿子查士丁尼，娶了律师菲利普·梅特纳博士的女儿奥古丝特为妻。菲利普是一位国际象棋爱好者，且热衷于政治活动，在他家里我父亲遇到了不少后来在奥地利政治舞台上杰出的人物。后面我还要再细谈我的父亲。

我母亲是一位漂亮的黑发女郎，在8个孩子中排行老二。她是个钢琴神童，12岁就在舞台上和维也纳上层社交晚会上演奏，阿尔弗雷德·格仑弗尔德、埃米尔·冯·索尔及西奥多·雷切特兹基都是她的老师。她还学会作曲和指挥。有一个小故事：一次，当一位老师反复打断她的指挥时，她终于在绝望中转过身来，大声嚷道：“先生，如果你再打断我，我就把我自己扔进乐队里去！”乐队里{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0002-1.bmp}的小伙子们都叫起来：“快扔吧！”她在读书时就喜欢写一些朝气蓬勃的曲子——动人的赋格曲、交响乐片断等，但她作得最好的曲子是维也纳或法国轻音乐。她弟弟弗里兹替她的大部分曲子填了词，可惜手稿大部分都丢失了。由于曲子都没有打印，它们只能印在我的脑海里，除了我以外没有人演奏这些曲子。有一首小歌剧的片断幸存下来，我认为这首曲子某些方面可与弗兰兹·里昂或利奥·弗尔相比。

我母亲结婚后暂时放弃了钢琴演奏。由于要照顾我，又要服侍喜欢娱乐、花钱的父亲，因而感到不能抽出时间练琴。但不久后她又重操旧业，常常被人哄骗到钢琴前为客人们演奏，肖邦、特别是舒曼的曲子她弹得特别好。再后来，大约是1931年，她甚至企图恢复演奏生涯：她曾在奥地利电台演奏舒曼的协奏曲，但由于怯场，再没有试过。

她母亲下一个孩子（1878年）是莱丝·梅特纳。她受到两个姐{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0003-1.bmp}姐的照顾，但不得不帮着照顾后面5个弟妹，因而没有时间讲究穿戴打扮。她很早就对物理着了迷，并决定选择物理专业，但她父亲却安排她先拿一个法语教师文凭，这样必要时可以自己负担自己。那以后她才获准准备参加称为马塔腊（相当于英国的头等生）的考试，当时进入大学的资格考试。她只花了两年时间——一般人需要在中学学习8年——经过异常紧张的努力，就完成了马塔腊考试需要的科目。她的兄弟姐妹们总喜欢取笑她：“莱丝，你会不及格的，你只是敷衍了事而没有认真学习。”但是她没有失败，事实上，她是14名通过考试中的4名女生之一。

我对自己的童年记忆甚少。我似乎具备一点神童的气质，说话、阅读、算算术比大多数孩子都早些。据说我5岁时就能用心算做乘法，我自己当然不记得这些。1914年，我还不到10岁时，就进了中学，维也纳称之为大学预科。拉丁文是必修课，头4年希腊文也是必修课。我那时很喜欢拉丁文，

常读些塔西佗的作品作为消遣。我记得塔西佗是一个很好的随军记者，报道过朱利叶斯·凯撒在德国的烦恼。我的希腊语几乎不及格，但有时我很幸运。有一次我被老师点起来朗读并翻译一小段希腊课文，读完以后，我正在想这段课文究竟是什么意思，老师叫我停住，对班上的同学们说道：“同学们，这就是希腊文的朗读范例，只有理解了课文才会读得这么好。请坐，弗里希，不用翻译了。”

整体来讲，我对中学时代几乎没有多少记忆：第一次世界大战导致食物缺乏；对我的几个叔叔的担心（这是最糟的）；我无法为我的幼稚的实验购买所有的化学用品等等。其他事情则没有留下印象（我父亲当时身体不太好，不能做什么事）。我觉得我既不喜欢学校也不特别憎恨学校，只是在最后一年我变得有点不能忍受，想离开学校做点什么，12岁的时候我的数学天赋已变得明显，从那时起我再也没有被数学老师叫到黑板前，因为他相信我能通过所有的考试。在最后一年有一次我以一种隐蔽（但违规）的方式帮助班上的同学通过了毕业考试。

在一些枯燥无味的课堂上我常常在桌子下面与同坐的汉斯·布拉斯柯夫下国际象棋。棋子的移动标记在一小片纸上，纸很快就变得脏乱，上面尽是擦掉的痕迹和叉叉。有一次我正在认真思考下一步棋，并轻轻咬着含在嘴上的铅笔头，突然，铅笔头滑进我的嘴里落到食管里，想阻止也来不及。汉斯像平常一样泰然自若，只是把他的铅笔借给我用。我母亲知道后焦虑不安，带我去看医生，医生嘱咐我多吃泡菜和土豆泥，这样可使铅笔头在曲折的旅行中容易滑出来。几天以后，铅笔头终于排出来，磨短了些，短掉的铅笔芯在长长的旅途中划到了我的胃肠上。

我至今仍记得这件事主要是因为它几乎让我失去了参加爱因斯坦的讲座的机会，那晚我费了好大的工夫才说服我母亲，在铅笔头还没排出来的时候让我去。讲座在一个大礼堂举行，我既没看见爱因斯坦，也没听到很多内容，但这件事对我影响很大。不久后，我遇见了一个同样对爱因斯坦感兴趣的男孩，我们常在一起非常认真地研究他的狭义相对论理论的通俗解释。现在我已经忘了这个男孩的名字，也不知道他现在怎么样了。

就在我快毕业的时候，1922年，通货膨胀袭击了奥地利，虽然不像德国那样马克一个星期两次贬为半值，但也非常糟。我当时为一个同校学生补习了几个月的数学——我发明了一种记忆法，用几句口诀来表达，但必须用心学习才有效。这个学生的记忆力很好，这几句口诀最终帮助他通过了考试，成绩比我们预计的还要好。他的父母非常感激我，按预先商定的报酬加倍给我。我把挣来的钱在口袋里装了几星期，最后买了一支铅笔，非常普通的木质铅笔，这就是我几个月所挣来的一切。

我从来不擅长于体育运动或游戏，尽管我很灵敏，平衡功能也很好。我的一个癖好是两手放在裤袋里跳上一辆正在开的有轨电车，奇怪的是从来也没有出意外事故。我曾经试图参加滑雪，但终究没有足够的勇气和力量，只是偶尔在练习坡上滑一下，25年后我终于放弃了。

我参加的唯一运动是草地网球。在我快毕业的时候，我是一个俱乐部的几个成员之一。这个俱乐部是我们创办的，并且使我们有机会不用付钱就可以经常打网球。俱乐部的功能是从某一个大的俱乐部包租一个网球场一年，这样租金可以得到优惠。为了平衡支出，我们再把球场分租给其他人。通常我们在年末冬季举办一场舞会，这些租球场的人通常是在舞会上吸收的

新会员。为了举办这个舞会，我们奢侈地在维也纳帝国宫殿租一间小舞厅，在舞会上我们每一个人当然都尽量在小姐们面前加深印象，炫耀我们的网球技艺、从事崇高的网球运动的乐趣，我们还对任何不了解网球运动或不擅长网球运动的人提供免费服务（我通常每天早上7~8点钟“授课”）。当短短的几个小时的舞会快结束的时候，我们常常不光有了一批新成员的名单，甚至连基本时间表都确定了。

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0006-1.bmp}

有一次差一点出了差错：我穿戴得像查利·卓别林，长长的裤子，超短夹克，当然还有圆顶硬礼帽。礼帽太大，遮住了我的眼睛。这一角色大大束缚了我的风格，因为我不知道我该怎样说话，卓别林在当时的哑剧中是不说话的。舞会结束时，写有名单和基本时间表的清单找不到了。我们在口袋里、椅子下、角落里四处寻找，绝望地看着所有的努力全浪费了。最后我们沮丧地回家了。也许，通过电话联系，我们能艰难地在一周内重新列出清单。回家后当我脱下礼帽时一片纸掉出来了，它正是遗失的清单！原来为了使帽子不遮住我的眼睛，我把它塞进了帽子下。

我父亲聪明且知识丰富，作为一个社交积极分子和善于讲故事的人，他在维也纳知识圈中很有名气，满肚子犹太和其他幽默故事。他有超人的记忆力，经过几年的努力，独自完成了一套百科全书系列：《综合知识 A-B 问答》。在每一集 16 页的小册子上有 100 个问题和答案，标题诸如“拿破仑”、“北极”、“航空”、“玉石”等等。只有一个问题不得不由我来写（1935 年），题目是“原子”。

他的幽默很大程度上取决于双关语或有趣地曲解的引文，因此很难翻译成别国文字。但我可翻译一段听到的故事（显然故事发生时我不在场）：我的父母亲订婚的时候，当然不允许他们俩单独在一起，总有一个年长的陪伴妇人来保护女士的贞操。可是一个偶然的机，这个陪伴的妇人发慈悲，借口说长途攀登太疲劳，让这两个人单独到布拉格的一个塔上去游玩。当他们双双从塔上下来时，红光满面，兴高采烈，老妇人慈祥地问：“美丽吗？... ‘是的，’我父亲说，“我们俯瞰了整个布拉格。”

关于我父亲的童年我全然不知。他毕业于维也纳大学，得到法学博士学位。随后很短的一段时间内，他有一段很快乐的日子：在意大利旅行，帮旅馆绘画。无论什么时候当他看见一个有希望的旅馆时，就会坐下来聚精会神地画水彩素描。很快会有一位客人过来，随后就成为画的拥有者：当他极力赞扬这幅画时，我父亲会高兴地将画送给他，随后喝酒时他会指出旅馆可以把生意做得好得多，只要发一些有吸引力的简介，赞美其漂亮的自然环境及出色的烹饪，并复制旅馆的素描画来说明它的竞争力。当旅馆老板同意了他的意见但又不知该怎样做这件事时，我父亲会谦虚他说他碰巧知道一位印刷商可以做这件事。于是绘画被寄回家，简介也印好了，我父亲得到了一笔佣金，又可以旅行到下一家旅馆。

他对意大利的热爱促使他又去争取拿第二博士学位：艺术史。他认真研究了文艺复兴，许多好书仍在我们的书架上，成为他兴趣广泛的见证。特别是有关厄宾诺起源的工作，他的学位论文就是有关这一研究的。他的学位论文实际上是在他命运遭到不幸的时候写的：他自己的父亲破产了。

莫里兹·弗里希一直是一个慷慨的人，一直以他的大白胡子而骄傲（他的胡子早在 50 岁时就白了），从来没为钱操过心，钱似乎永远是够用的。他

会无偿地把钱送给任何需要的人。当他发现债权人越来越多，而他又无法还债时，这才大吃一惊。

我的父亲不得不收拾残局，这对他来说是令人敬畏的一课：绝不能对钱疏忽大意！在他以后的生活中，他花的每一便士都要记下来，有时会花上半个晚上来查出笔记本上的账与钱包里的钱之间的一个小小的差错。他还企图让我也这样做，但我从来也没养成这个习惯，仍然对钱很粗心大意。幸运的是，对我的不过分的需求来说，我挣的钱一直都足够我用。

我父亲并没有得到第二博士学位，他只是回来吸收了一些他不太喜欢的合伙人来拯救公司。我几乎不记得这些合伙人。我当时还只是个小孩，只是模糊地记得那些庞大的印刷机，那在当时是最先进的机器，当然按现在的标准非常落后。印刷厂离我家要坐很长时间的无轨电车，我很少去那儿。几年后我父亲与他的合伙人的分歧到了非分手不可的地步，我父亲转让了他的股份，但公司的商号仍叫弗里希，这后来使他有些窘迫，因为公司的部分生意是色情印刷品，且逐渐被人知晓。幸好我父亲的所有朋友都知道他已经退出公司很久了。

我对我们最初住的位于维也纳郊区的别墅已毫无记忆。当我还在学步的时候别墅就不得不卖掉了，我们搬进了市中心3楼的一套单元，房子坐落在维也纳人口很密的一个肮脏的街区。我的狭小的卧室架在一根轻柱子上；从房间里看不见青草、绿树，而最近的公园（不许践踏草地！）有1/4公里远。

随后我父亲受雇于维也纳最大的一家印刷出版公司（瓦尔德海姆·艾伯勒 A.G.），几年内提升为经理。但公司于1924年转手，我父亲不得不离开。在随后的12年中，他转换了很多种工作。1931年他与一位有前途的制图员和一位杰出的摄影师合办了一个广告公司。这是一个不稳定的生意，尽管他在广告牌及报纸上都刊登了广告标语，生计还是一般。所以，在1936年，他很高兴被一家出版公司聘为技术专家，这家公司的商号为柏门—费希尔，业主柏门博士，是德国一家大出版社的老板S·费希尔的女婿。柏门在自己的名字上加上了费希尔以加强他们间的联系。在他的作者名单上有德国最好的作者——托马斯·曼、弗兰兹·威弗尔、卡尔·苏尔克迈耶、斯忒藩·茨威格等等。那是一个工作的好地方。我父亲结合他印刷艺术的工作经验、对字体的全面知识以及敏锐的品味帮助柏门-费希尔生产出了独具风格的图书，大受欢迎。

我欠我父亲的太多，不仅仅是因为血缘关系。他结婚很早，在我的青少年时代他是我的好伙伴，我们常常在乡村散步，偶尔甚至到野外远足。我是一个敏感的孩子，有一次当他问我为什么我要摘掉蓟时，我哭了。他说，这些植物与我一样也有活下去的权利。春天一个暖和的傍晚，我从树枝上捕来一打昏昏欲睡的大甲虫，放进扭曲的纸锥里面。我父亲没有阻止我。回到家以后，我们看着那些棕色的甲虫醒过来，在温暖、光亮的房间里开始爬动。它们被困在毫无希望的境地中，不管哪一个甲虫爬远了，就会被别的甲虫勾回来。但最后有一个甲虫打算逃离出去，慢慢开始攀登光滑的纸坡。我们屏息看着它谨慎地前进，在其他5只爪子未抓牢之前，它绝不移动另一只勾住的爪子。几分钟后它才爬完2英寸路程到达边缘，然后休息了一会，张开翅膀，嗡嗡叫着从敞开的窗户飞出去了。我们觉得我们看见了一个英雄，摆脱了愚蠢的同伴，打开自己的生路，对抗严峻的形势，获得了自由。我没有受到很多有关人类的尊严和自由的训诫，但我什么也没说，从窗台上把其余甲

虫都放走了。

我父亲对于是非立场非常坚定。他不是习俗意义上的宗教信仰徒，实际上极力反对任何有组织的宗教。但根据他对生活的深刻的认识，他可以被称为佛教徒。实际上他也投入了很大的兴趣到佛教写作中。我记得有一次他使我大吃一惊：他对一个访客说我懂巴利语，但我根本不懂。随后他打开一份佛陀讲话的原文，这是那位访客带来的，指给我看其中一章的头三个字，问我这三个字的意思。他对我的判断很正确，我以前曾浏览过佛陀讲话的德译文，知道每一章的开头都是同样的词语，因此我信心十足地说：“Evamme sutam”的意思是“这我已听到了。”幸好访客没有进一步试探我对巴利语的知识。

是我父亲唤起了我对数学的兴趣——真正的数学，而不是算术。当我10岁的时候，他给我讲解了笛卡儿坐标：他在一张纸上画了两条正交的直线，告诉我怎样把两个数（坐标）赋给任意点，那就是把相对于垂直线的距离称为 x ，相对于水平线的距离称为 y 。这样，任何 x 与 y 之间的方程代表了一组点集，实际上是一条曲线。第二天我回来学习了圆的方程： $x^2+y^2=r^2$ （我承认我花了三个星期才列出一条直线的方程）。

我约12岁时他给我讲解了三角学。当他定义了正弦和余弦，期待着使我吃惊也写下了方程 $\sin^2x + \cos^2x = 1$ 时，我说：“噢，这是很明显的。”我现在仍然可以回忆得出他当时吃惊的表情。我告诉你这个小小的故事，不是为了自夸，而是指出我特殊的天资：反应快。我觉得我并没有多少全新的思想，但我常常能够很快找到逻辑联系，并进行下一步，通常会走在别人前面。

我的一个叔叔（鲁道夫·阿勒尔斯，哲学家，“维也纳圈”的会员）把我介绍给了奥尔加·罗思，一个很出色的妇人。她曾经是一个优秀的数学学生，几年前患上了可怕的头痛症伴随视力逐渐丧失。原来怀疑她有脑肿瘤，但双目失明以后头痛就停止了。她瞎着眼生活了多年，维也纳青年数学协会接纳她为一种公众的教母。他们读书给她听，当她要出去的时候为她带路；而她则给他们辅导数学。我们都对她用脑做相当复杂的计算的能力感到惊讶。她不需任何帮助就可以点燃烟斗，并且随后总是手拿着火柴不放，以确保她已安全地吹灭了火。

我被介绍给她的时候大约16岁，她教给我许多知识。那时我已用一个奇特的窍门算出了凹面镜的焦距，并为之兴奋，实际上我已经为我自己发现了微分学基础。在学校里教微积分前一年或更早她就教给我怎样系统地处理这类问题，并且更令人兴奋的是她教给了我思维方法。她还给我引进了四维几何的概念，以及一些困扰着我的概念。几个星期的时间，我就找出了所有的四维空间规则多面体的性质。最复杂的一个，包含120个五角十面体，花了几天的时间思考，然后两小时不间断地全神贯注地工作，这是第一次使我头痛的工作。进行空间想像对我来说并非易事——我的听觉思维较强，在我脑子里重复一段音乐较想像一个即使是熟悉的表面或景象容易很多——在那几个月里我对四维空间的入迷对我是极好的训练，后来一直到现在对我设计复杂的科学仪器都有帮助。我现在仍然思念奥尔加·罗思并感激她。

她的丈夫，奥托·罗思，由于在第一次世界大战刚结束时参加了一次流产的共产主义起义，正在监狱服役。后来他被释放回来，并带回了所有的书。他们找了一套大单元，起初把书放在一间房里，从房门一直摆到对面的墙边，随后他拿起锤子和钉子工作了几个星期，把所有的墙都罩上了书架。

我们学生则轮流将书归类上架，摆成前后二行。大多数书都是有关社会学和社会主义的，我从不明白它们之间的差别。

当我 1922 年进入维也纳大学时，我意识到周围还有几个数学天才，而且我开始感觉到也许我并不想毕生以铅笔和废纸篓作为我唯一的工具（当时没有人梦想过电脑）。我一直都喜欢小制作，因此我转将物理作为主修，数学作为辅修。实际上我几乎没读什么数学，以至于毕业考试差点不及格。幸好考官很有些聋，只要我看见他脸上有疑惑的表情，我就很小心地改变我说的话为几乎相反的意思。1926 年夏天我毕业得到哲学博士学位，那时我将近 22 岁。这很正常，在维也纳只需 4 年时间（经济方面只需 3 年！）就可得到博士学位。

毕业以后我有点闲着没事做。我原打算进入工业界，那时无线电电子管的制造技术正飞速发展，毫无疑问这一行业需要年轻的物理学家。但我从来也没进入那一行业，而是进了一家非正统的小公司。公司的老板是西格蒙德·斯特劳斯，奥地利发明家，曾经与泰利范肯一起共过事。他告诉我他已经获得了一些基础研究进展，如反馈、电阻—电容耦合等。他有很多设想，我的工作的一部分就是听他讲这些设想，淘汰没价值的部分；他对此脾气非常好，无论何时我向他解释为什么他的某一个设想无法实现时他总是说：“哦，对，你非常正确。现在让我们看。啊，我们应该这样做！”这时他又有了一个新的设想。他差不多每天都有上百个设想，可能只有一个能派上用场。但每天能产生一个有用的设想的确非常不错。公司生产的 X 射线剂量仪（用于测量 X 射线的强度）销往世界各国，需要精确剂量的 X 射线疗法迅速发展起来。

我在温室工作了一段时间，温室附属于他的别墅，由一层薄玻璃与其他部分隔开，冬天很冷。我在那儿生活在两种痛苦的交替中：煤气取暖器烧一段时间后就使我剧烈头痛，这是因为取暖器没有烟道，使房间内充满一氧化碳，当我不能再忍受头痛时我就关掉取暖器；半小时后头痛消失了，但我的脚尖却冻僵了，所以我不得不再将取暖器烧起来。这种状态持续了几个星期，似乎没有对我产生永久性的伤害。

大约一年以后，我在柏林找到一份工作，这使我非常惊喜。那是一次侥幸的成功：这一工作本来给了另一个求职人，但由于他一个有钱的姑姑突然死去，他去继承遗产因而退出了。随后他们把工作给了另一个人，但这人因某种原因不能上任。最后，不知为什么，我被提上候选人。当时莱丝·梅特纳住在柏林，他们征求了她的意见。“嗯，”她说，“我无法说出我真正的观点，他是我的侄子，我可能会有偏见。”他们强迫她回答，但她仍不表态。最后，有一个人问她：“告诉我，他是一个难相处的人吗？”在这一点上她发表了一点意见，说：“不，他不是一个人难相处的人。”因此我得到了那份工作，很大程度上可能归功于卡尔·普兹布拉姆教授的推荐，他曾经指导了我的博士学位研究工作。普兹布拉姆教授非常善良，深受人们的爱戴。很多年以后他结束了智慧的一生，享年 93 岁。

现在我们常常辩论应该建设多少个原子能发电站，然而令人难以置信的是，在上个世纪末很多权威科学家似乎并不相信原子的存在。

原子

现在我们常常辩论应该建设多少个原子能发电站，然而令人难以置信的是，在上个世纪末很多权威科学家似乎并不相信原子的存在。正如约翰·道尔顿 1800 年后不久所指出的，他们承认这一概念对于化学家解释他们的经验观察很有用。例如，对于给定的钙含量，纯大理石中氧原子（还有固定比例的碳原子）的含量正好是生石灰的 3 倍，这是有道理的：最小的粒子——大理石分子——相对于每一个钙原子有 3 个氧原子，而一个生石灰分子只含有一个氧原子。成百次观察结果都是如此，化学家们进行了艰苦的工作，也只能推断出那些假设的原子的相对重量。例如，一个钙原子重量是氧原子的 2.51 倍。19 世纪中期，很多原子的相对重量都测出来了，但原子的绝对重量的测量却毫无结果，只知道它们太小，看不见也不能单个测量。

19 世纪 60 年代中，几个科学家尝试了用不同的方法来估计原子的大小，但只得到类似的答案。从那时起，少数几个标新立异的物理学家开始认真地对付原子。但对于大约一亿分之一英寸尺度的东西人们希望了解什么呢？显然，它们似乎不会影响物体的整体行为，对于发明家和工程师来说，原子似乎是不相干的东西。

此外，我相信有一种心理障碍，产生于一种既得利益。由牛顿和莱布尼茨独立发明的一种新的数学方法，微积分，已经发展并完善起来。微积分使我们不仅能对事物进行计数（如羊或钱，属于算术的范畴）或计量（几何和代数），而且可以处理事物的逐渐变化：从行星的运动——当它们围绕着太阳旋转的时候不断地改变方向——到梁受载以后的弯曲。物理学家们感到欣喜若狂，因为他们解决某些理论问题的技能正在不断提高，例如，矩形或椭圆形弹性金属板的振动问题。如果这个盘是由数以百万计的原子组成的，人们就可能要发展新的更加复杂但并非明智的数学方法。为何要自寻烦恼呢？

但还有更烦恼的事情。如果物体是由原子组成的，不仅我们无限细分物体的自由受到限制，这些原子运动的自由度也得受限制，否则，即使是将任意一个物体的温度升高一个微小的量也需要无限大的能量。20 多年来，这些类似的谬误都被扫除在外，尽管它们满足已确认的物理定律。随后，正好在世纪转折之时（1900 年 12 月），最困难的问题，发光物体发射的光的问题，由一个保守的 40 岁的物理学家解决了。这个物理学家曾服务于德国行政机构，他当时只是企图将热理论整理得有序一些，由此他开始了自从伽利略以后最伟大的革命。

那位身不由己的变革者是马克斯·普朗克。他计算了一个发光物体发射各种颜色的光的速率，但他计算时只能假设光是以能量包的形式发射的，他称之为量子。这样一个量子所含的能量与光的波长有关，例如红光是蓝光的 2 倍，彩虹之间的其余颜色的光介于二者之间。为使这一理论与观察结果相符，他假设了一个新的物理常数，称为 h ，后被人称为普朗克常数。对于给定颜色的光波，每秒钟的振动次数（频率）乘以 h 被假定为一个量子的能量值。没有这一假定，计算结果毫无价值；而根据这一假定，计算结果与测量结果精确吻合。所以他

发表了她的“量子假设”，希望它能很快取代传统物理中的假说。

几年过去了，更多精确的实验与普朗克公式符合得更好，但却没有得到公认。那么该怎么办呢？正如一个同龄人所报道的，普朗克用一个不可理解的假设——光波由振动产生——“解释”了一个无法理解的现象。

要打破这一僵局需要爱因斯坦，爱因斯坦因此获得了1905年诺贝尔奖，而不是因为他在同一年发表的相对论理论。爱因斯坦当时在伯尔尼专利局工作，他的理论是利用业余时间创造的！这篇文章大多为数学推导，只有理论家对此感兴趣，但它表明普朗克的量子理论解决了菲利普·勒纳几年来无法解释的一些很不相关的实验。这一工作是支持普朗克理论的更有力的证据，并独立地给出了相同的 h 值，即普朗克常数。两只脚坚实地扎根于大地，普朗克智慧的结晶再也不被忽视了。

尽管又有几篇文章陆续发表出来推广爱因斯坦的论据，但又一个8年以后，一个丹麦的物理学家——尼尔斯·玻尔，通过他提出的原子模型，才打开了这一领域的闸门。这一模型几乎装饰在所有与原子有关的出版物上，你一定多次见过它：一个圆点被几个圆所包围，通常透视投影为几个相交的椭圆。尽管这一模型已经过时了半个世纪，但这些符号仍将长存，就像时间老人仍然用计时沙漏而不是手表来表示一样。

玻尔模型诞生于曼彻斯特，那时他正与欧内斯特·卢瑟福共事。卢瑟福是一个新西兰农夫的儿子，1908年获诺贝尔奖，1931年被封为贵族，6年后葬于威斯敏斯特教堂。他是一个充满活力的人，身材高大，身体强壮，探索欲强。1911年他从他的实验结果推断，在某种意义上，原子比以前想像的小得多，超过99.9%的重量集中于微小的中心核中，其余部分是空的，由几个电子巡逻。对卢瑟福来说，电子围绕着原子核转圈似乎很正常，就像行星围绕着太阳转一样。

这就是玻尔工作的起点。他认为为了保证相同种类的原子中电子占据相同的空间，必须满足稳定性原理。如果同一物质的原子有很多种形状和尺寸，我们就不可能得到形状规则的晶体。问题的关键在于普朗克的量子假设必须推广，以便确定电子运行轨道，就像在普朗克的工作中必须指定光量子的能量值一样。玻尔花了几个月的时间艰苦工作，来研究如何推广普朗克假设，以及从普朗克假设能够推论出什么。他首先对付氢原子，这是最轻的原子，只含有一个电子。当这一研究的第一篇文章于1913年7月发表时，它与如此多的观察现象相符，清楚地显示出其中蕴含的真理。当然，细节似乎不合理：为什么电子被限制在围绕着原子核的圆形轨道上，如玻尔所声称的？围绕着氢原子核是否有一系列同心轨道，使电子在上面运行？电子怎样从一外圈圆跃迁到内圈圆轨道上，从而像一个光量子那样向外释放剩余的能量？所有这些都与传统物理学完全不相容。

那么更复杂的原子如何呢？氢原子的2个电子是否围绕着相同的圆轨道互相追逐，使原子核在它们中间？或它们沿着同心圆的不同轨道运转？或它们沿着相交圆运转，且运转时间表能避免相互冲突？所有这些提议都不能符合全部观察现象。是否普朗克的结果现在碰到了原子警察，禁止它通行？

这种混乱状态逐渐变得有序，很大程度上归功于阿诺德·索末菲。他当时在慕尼黑大学教书，许多年轻的理论家都毕业于他的学校，后来成为杰出人物。这中间有维也纳奇才沃尔夫冈·泡利，我认识他很晚，后面将告诉你

更多他的故事。索末菲说：“我不能教他任何东西，在我的建议下，他正在写一本爱因斯坦的相对论理论的导论。”这一导论多年一直是最好的书。泡利由于1923年提出了“不相容原理”而广为人知，并为他赢得了——一个绰号叫“原子分房长官”。这一原理不允许多于2个电子生活在同一轨道，可能的轨道（现在包括一些椭圆轨道）由索末菲分了类，根据泡利的分房计划有序地占据空间——当你考虑有更多更多电子的原子时——{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0019-1.bmp}最终满足稳定性条件。稳定性条件是玻尔最初建立原子模型的原动力，也使原子为什么——且不论微小的原子核——总是占据同样的空间，为什么原子的化学性质不变，等等问题迎刃而解。在那些动荡的10年间取得了很多成就，我这里所记述的只是我所看到的精彩场面的最简略的缩写。我只要列出在那段时间对我们认识原子有重要贡献的物理学家（和化学家！）的名单就可以占满一页纸。其他人企图为此铺平道路——有些仅仅是弯路，其他的是死胡同——由此逐渐形成了量子理论的系统的方法。一个方法，而不是一幅图画。

今天我们再也不用问原子是怎么回事，只会问——对于可能发生的事情——当原子受到特定的影响，如光或热，磁场或电流等，我们将观察到什么。这些问题都可以由现代量子理论的方法来解决。但至于到底发生了什么……对于这个问题没有答案，这至少是一个大家都接受的观点。对于这个问题，玻尔已经指导了量子理论的发展。是德国的沃纳·海森伯在23岁时，建议理论家们应该放弃跟踪原子内电子运动的企图，因为这是无法观察到的，取而代之的应该努力找出观察到的现象之间的数学关联。他在哥廷根读书时的老师，马克斯·玻恩，曾教给年轻的天才们一些他试图重新发明的数学理论，他自己对这些公式的解释作出了重要贡献。是曾在哥本哈根与海森伯共事多年的尼尔斯·玻尔一直坚持努力弄懂海森伯的数学的真正含义，正是在他的影响下，海森伯才系统地阐述——并借助物理变量而不仅仅是数学变量——证明了测不准原理，从而闻名于世。

世界各国的物理学家都来到哥本哈根与尼尔斯·玻尔一同工作，传播他的思考方法。很自然地我也一样，在那里工作了5年。但我认为将哥本哈根学院视为纪念其创立者的基地是错误的。玻尔的论点被争论、批评了半个世纪，还没有替换理论能动摇它们。牛顿可能会被指责为抑制了光波理论的发展，其原因不仅仅是他声望崇高，且与他的长辈德国人克里斯琴·惠更斯的观点不同。将来是否会有对玻尔的类似指责？我很怀疑，但只有将来才知道。当然，原子物理学不是仅由理论家们创造出来的，需要观察结果来证明（或反驳）他们的理论，而提供观察结果是实验家们的工作。这种分工是较近的事，而在过去一个物理学家通常兼具数学头脑和实验技能来公式化或验证理论。也不总是如此：迈克尔·法拉第——一个没受过正规教育的举世闻名的伦敦人——就是一个出色的实验家，构想了电和磁场的新奇观点，但创立电磁场数学理论的是詹姆斯·克拉克·麦克斯韦——苏格兰人，剑桥卡文迪什实验室主任。从那以后，物理学家们趋向于更专业化：要么倾心于完成很困难的实验的技术，要么专注于精益求精的数学的技能。但偶尔也出现了全才，如恩里科·费米，意大利籍天才，1927年开始作为一个理论家闻名于世，他的中子实验结果使我们都非常惊奇，最后他成为第一个核反应堆的工程师。1942年12月2日，他第一次实现了受控自持链式核反应，从而成为原子时代的普罗米修斯。

但我们必须回到本世纪初，那时原子只是说说而已，含有我们无法解释的密码。往气体火焰上撒点食盐（或其他钠化合物，如小苏打），火焰主要呈黄色；而理化化合物会使火焰呈粉红色，如此等等。如果你用一个分光镜来观察火焰（一个玻璃棱镜前加一个缝隙），将看不到彩虹般的光谱，却看到几条不同颜色的线条。这些线条只有当原子被加热（如在火焰中）或电流（如在氖管中）“激活”时才看得见，而且每种原子有它独特的线条特征排列，即它独特的“线谱”，就像指纹一样，这是检测某种特殊的化学元素是否存在的一种简单方法。19世纪60年代当科学家们用这种方法发现在太阳甚至其他星球上有很多我们熟知的元素时非常兴奋，而且，有些物理学家认为这些线谱中含有原子结构的信息。但他们与早期埃及学家们处于类似的困境：面对着成千明确的但无法看懂的信息束手无策。

1885年发现了一个未必可能的特性，瑞士一个名叫乔汉·雅科比·巴耳末的数学教师夸口说，给定任意4个数，他可以找到一个公式来将这4个数联系起来。一个朋友给他氢原子的4个谱线的波长，令人惊奇的是巴耳末找到了一个非常简单的公式可以吻合测到的波长，精度不可思议。巴耳末发表了他的公式，但没人能找出它的物理意义，它一直只不过是个奇事。

但是尼尔斯·玻尔在他接纳普朗克的量子概念到原子结构的奋斗中，偶然发现巴耳末公式时，正如他后来所说的“每件事情都变得清楚起来”。在一个月內，他完成了关于氢原子的重要论文，巴耳末公式为其基础。类似于巴耳末公式的其他一些公式当时被含糊地应用于其他原子的光谱分析，现在这些公式已意义明确，并用于进一步推广量子理论。密码已被破译，原子结构正在被揭示。

普朗克仅仅假设光是以量子发射出去的，爱因斯坦则指出也必须以同样方式被吸收。一个光量子不能沿所有的方向传播，而必须作为电磁能的微小粒子在空间中传播，这种粒子很快被命名为光子。玻尔关于原子可看作为一个微小行星系统、只有某些允许的轨道的概念，后来被玻恩和海森伯进一步改进；再没有人能够确定固定的轨道，但现在计算出一个原子允许包含的能量是可能的，且任何能量的改变（除了碰撞以外）总是伴随着适当的光子的发射或吸收。10年内原子的线谱的大多数特性都得到良好的解释。

最后一个未解之谜是“精细结构”。利用改进的分光镜——放大倍数比以前要高得多——很多谱线证明为成对甚至成组出现，一组內的几条线非常靠近。而且，当激活的原子放在一个强磁场的两极之间时，那些谱线又会分裂。1896年德国人彼德·亨齐·塞曼发现，磁场的效应可由传统物理学解释，也可以由玻尔模型解释，但必须给量子警察另一个工作：保证电子轨道与磁力线保持特定的角度。这种被称为“空间量子化”的概念对许多物理学家来说都感到很奇怪，奥托·斯特恩（后来在法兰克福与马克斯·玻恩一起工作）决定用一个新的方法进行实验验证。我在汉堡与斯特恩共事三年，所以我可以告诉读者更多关于他的故事。他的实验以及许多其他事情由于灯泡制造者及整个人类的进步变为可能。

在普通空气中分子旅行不超过百万分之几英寸就会碰撞另一个分子，而在灯泡里白炽灯丝的热损失由于大部分空气被泵出减少到了最小。不过，即使在最好的“真空”里也存在亿万分子，但改进的泵可以使空气分子数减少到百万分之一或更少。1911年法国人路易斯·杜诺叶首次证明在这样的真空內分子可以旅行几英寸而不碰撞其他分子，但他没有再深入研究这一问

题。大约 1920 年奥托·斯特恩决定测量磁场对一道精细的银原子束的影响，方法是让热银原子蒸发时只能通过 2 个连续的精细孔。他与同事沃尔瑟·革拉赫一起完成了实验，发现正如他所预计的那样，没有磁场时，银原子束会在玻璃板上产生一小块深暗色的沉淀；当原子束通过刀刃状强磁铁时，根据经典物理学沉淀块应该扩大，银原子应该表现得像磁极方向随机的小磁铁，随机地被刀刃状磁铁吸引或排斥。但实际上形成了两块沉淀：量子警察履行了它的职责，分配了一半银原子取向为完全受磁铁的排斥，而另一半完全被磁铁所吸引，根本没有介于二者之间的取向。空间量子化理论被建立起来了，至今每个学生仍然要学习斯特恩—革拉赫实验。我有幸在 1930 年得到与奥托·斯特恩共事的机会，与他共事的 3 年是我一生中最快乐和最富有成果的日子。

斯特恩—革拉赫实验以及与谱线的精细结构相关之谜导致了原子理论发展的最后一个主要进展：电子不仅表现为像一个带负电的微小的球，它还会旋转，因而像一个磁铁。这一模型解释了精细结构的古怪行为，以及电子如何受电和磁场影响，它还解释了泡利的分房原则的奇异特征，即两个电子可以共用一个轨道：只有旋转方向相反时共用才有可能！

同时（1925 年）法国学生路易斯·德布罗意又提出了一个新观念：光，从 1800 年起就被认为是一种波现象，已由普朗克和爱因斯坦证明由“光子”组成，在空间旅行就像粒子；从 1897 年起就被认为是粒子的电子，也许某种意义上像波？这一猜想几年内得到了实验证明。但在这之前，奥地利人欧文·薛定谔建立了他的著名的方程，这一方程是基于德布罗意的观念，并对氢原子的能级给出了正确的结果，就像玻尔 1913 年对轨道量子化一样。下面是原子的一个模型，尽管很难想象：电子看起来更像脉动的云而不是沿轨道运行的微小行星，但对于喜欢模型化思维的人来说，这仍是我们所能提供的最好的模型。从数学上来讲，薛定谔方程被证明与海森伯方程等效，尽管看起来不同。今天我们有时用这一个方程，有时用另一个，取决于解决某一具体问题的需要。

薛定谔既有数学天赋，又极具魅力，可算得上是一个真正的哲学家。他的几本书，写得风格雅致，措辞巧妙，概念清晰，显示出他对基本问题的先见之明。但他的波动方程的巨大成功把他推进了物理学领域。他是唯一一个使我从板凳上跳起来对他大叫的老师，他会讲述某些与普通接受的理论相反的论点，如此生动而又令人信服，使我断定原来的理论一定错了。在夏天他讲课时经常敞开衬衣，有一次甚至穿着网球鞋，而那时柏林的教授们总的来说仍很讲究保持尊严。

一两年后，一个年轻的英国人保罗·狄拉克修正了薛定谔方程以便与爱因斯坦的相对论理论一致。这看起来似乎像纯数学练习，并用到了—些狄拉克自己发明的非正统的数学，但它非常成功：它可以解释谱线的精细结构及塞曼效应。事实上，它解释了为{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !08200110_0025-1.bmp}什么电子表现得像一个旋转球，且计算的旋转量及磁场强度与观测值一致，这是纯数学技巧作用的最好证明，也为后来的自信的数学物理学家做出了表率，总的来说非常成功，尽管很多实验物理学家回忆过去仿效那些数学家们的日子时都懊悔不已。但原子核又怎样？直到现在我所说的只涉及原子的外部，涉及电子所嬉戏的空间，而这是由每个原子中心的极小的内核所产生的电吸引力所控制的。超过 99.9% 的质量集中于原子核，有关原子核的

尺寸及在快速子弹攻击下的易伤性（原子裂变）的结果大多由卢瑟福及他的学生们所得到，其他物理学家也逐渐加入了这一研究。有关的故事我将在另一章中略述。

爱因斯坦特别能集中精力，我确信那是他成功的真正秘诀。

柏林 1927 ~ 1930

到达柏林时我有一段奇特的经历。没发生戏剧性事件，我也从没接近死神。当我清早离开车站时几乎还没有公共交通，我准备过马路，马上又跳回来，因为一辆出租车正对我使劲按喇叭。在奥地利汽车都是左行（直到 1930 年希特勒占领），而柏林交通是右行，所以我不得不小心。当我小心翼翼地横过马路后，却发现我必须再退回去乘一辆有轨电车到孔菲滕丹。我真笨，这个右行交通捉弄了我。

我在电车站稍等了一会，来了一辆电车，我从前门上去。我当时是唯一的乘客，就站在司机后面，望着两边飞逝过去的树丛。我听到后面的玻璃上的叩击声，便四处张望，发现售票员从一个几英寸大的滑动窗口要我买票。他对我讲的德语很烦（我对他的也是一样），但过了一会他听懂了我要到哪儿去。我买好了票，然后看见左边一条很长的阶地上，高高的楼房，式样讲究，大约建于 1900 年。

电车行驶时左右摇摆，我觉得不用扶手保持平衡很有趣，便向后退了一点，但没有真正倚靠在车门上。那种电车两边都有门，有一边的门可以移动供乘客上下。电车现在摇晃得厉害，我也随之{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0027-1.bmp}摇晃，以避免触到身后的车门。我可以听见后面嘈杂的车声，商人们坐在他们的大轿车上，超过了我们的电车，开往柏林的西头。为什么左边的门没有移动？我上车的时候它一定不在那儿？或……右行的交通是怎么回事？突然一身冷汗，我感到眩晕，紧紧抓住扶手，盯着呼啸超过我的汽车流，三辆车并排行驶。我一直就站在那里随车摇晃，背靠着其实不在那儿的门！

莱丝·梅特纳帮着我找住处。她住着一套很小的单元，我住不下，但她经常叫我去吃晚餐。通过她我认识了奥托·哈恩，她已经与他共事 20 多年，他们的合作后来闻名于世。合作产生了著名的科学发现：铀裂变——继之而来的是原子弹和原子能。当我想起哈恩时总感到一种快乐的激情，忆起他浓重的莱茵河畔的口音和自我不满的幽默感。他喜欢以古怪的切分音节奏用口哨吹奏贝多芬的小提琴协奏曲的最后一个乐章。“我吹得对吗？”当受到鼓励时，他会佯装天真地问。

我换了几次女房东，但总是在三姨附近，舒适的柏林近郊的一个叫达赫伦的地方。她工作在（随后也住在）凯瑟·威廉学院中的化学学院，做放射性研究。那时我对放射性几乎一无所知，只是在很久以后我才意识到 1927 年左右那时正发生着激动人心的事情，那时正好是中微子第一次提出之前，量子力学正开始征服原子物理。

每天早上我要乘很长一段路的公共汽车到 P.T.R.（物理技术研究所的简称，相当于英国的国家物理实验室或美国的标准局）。这是靠近柏林繁华中心的一幢大楼，里面进行着各种各样的工作。我在光学分部，顶头上司是卡尔·缪勒博士，一个很普通的名字。他身材高大，说话慢条斯理，性情温和，是我遇到的最爱摆弄小玩艺的人之一。他在业余时间发明了一种制作非常薄的金属膜的方法，像鼓膜一样只在边缘支撑，膜之薄（举例来说）可以透过 6 层重叠的膜来读报纸。它们是金子，但看上去像鬼一样的铜蜘蛛。他心脏

有点毛病，在病床上躺了一段时间，但即使在病床上——他妻子抱怨说——他还在继续摆弄他的烙铁。

我被受雇帮助他研究一种新的光强单位取代烛光，这是一种没有精确的科学定义的工作，其方法艾未尔·瓦尔堡提议过，随后他就从 P.T.R. 领导位置上退休了。这方法非常复杂，我不打算叙述它。事实上，缪勒有一个更直接且有希望的想法，但只要他那位年老的上司活着他就不能按他自己的想法来做，这对于他是一个很大的凌辱。3 年以后，我刚离职，瓦尔堡逝世，缪勒开始按他自己的想法工作。我不知道他的想法是否成功，但我知道现在的国际光强单位“新烛光”不是基于缪勒的想法。

我在 P.T.R. 工作期间，那里的一把手是著名的物理学家弗里德里希·帕邢，他温和而富有绅士风度。我很少见到他，他在原光谱学方面做出了出色的工作，氢原子光谱的红外线系列就是用他的名字命名的。关于他，我只听到过一个有趣的故事，故事似乎是这样的：他手下的一个科学家要求将他的蜂箱放在 P.T.R. 的屋顶平台上，帕邢考虑了一会儿后说：“不，我不能允许这样。如果开了这个先例，很快会有人在屋顶养鸡，随后还会有人要求放羊，在我们搞清我们在哪儿之前 P.T.R. 的屋顶上还可能会有牛。”这就是故事的结尾，我不知道后来蜜蜂是怎样安置的。

我通常在办公室呆到很晚，企图解决尚未成熟的问题，然后乘公共汽车回家。我的多数想法最后都不成功，但这是正常的。我们有一个餐厅，在那里我可以遇到几个在 P.T.R. 工作的人，但我不记得曾见过“发烧女郎”，这是十来个女孩的绰号，她们每天的工作是校定数千只门诊温度计，这是 P.T.R. 的工作之一。但我确实见过在隔壁工作的人，名叫沃尔瑟·博特（他在 1954 年获诺贝尔奖）。他在 1930 年发现一个重要的线索，这一线索导致 1932 年初发现了中子。我遇见他的原因是：他派他的一个技术员来告诉我不应在走廊上吹口哨，因为他正在对 α 粒子计数，口哨声干扰了他计数。那时我们还没有自动计数仪，有了计数仪，物理学家只需记下一个初始读数，几分钟或几小时以后，计数仪会告诉他多少粒子横向穿过了仪器，这期间他可以作别的事情。我常常吹奏巴赫之类的曲子，这使我偶尔有机会接触到室内音乐迷，但总的来说我演奏的勃兰登堡协奏曲不受欢迎。

音乐对我来说从童年起就很重要。我的母亲，正如我提到的，是一个钢琴手和钢琴教师，我大约 5 岁时她就开始教我。我来柏林演奏时，更热衷于装模作样比赛演奏技巧，喜欢炫耀地演奏肖邦的谐谑曲之类的作品，这对我来说太难了。莱丝·梅特纳加入了我的音乐活动，部分内容是我与她钢琴二重奏。她不是一个好的钢琴手，事实上，我从不知道家人以外有谁知道她会弹钢琴。但她学过识谱，我们常常一起慢慢地练习诸如贝多芬的七重奏和其他富有旋律性的曲子，以及节奏慢但能给我们享受的曲子。她将乐谱说明“快板但不过分”译为“快速，但不是阿姨”（“阿姨”等于德语“过分”）。她也带我去参加音乐会，由于她，我才第一次听到勃拉姆斯的交响曲，以及许多古典室内音乐，这无疑比我在维也纳大开了眼界。我在维也纳听过母亲演奏，但很少去听音乐会。1927 年我离开维也纳时无线电收音机还未普及。

孩提时代我不喜欢音乐会，很可能是因为“音乐咖啡”的环境：典型的三人乐队演奏流行曲目，在嘈杂、充满烟雾的房间内，人们一边聊天一边喝着咖啡。后来，有一天（我可能已 15 岁）我母亲说服我到圣·斯蒂芬大教堂去听一个作曲家演奏，这个作曲家写了一些指法练习曲，叫《二部创意曲》，

我预计是一些单调的风琴演奏与歌唱。我仍记得当意识到——在听了几个小节后——J.S. 巴赫的圣马太受难曲非常出色时的激动之情，这是我孩提时代所记得的几个片断之一，我被挤在一个巨大的凹形柱子里，第二小节的升 F 调撕裂了我的心。那以后我开始去听音乐会，但我从不去听歌剧。

我在 P.T.R. 工作时，主要的学术活动是大学每周的学术讨论会。我们得意地坐在主要是诺贝尔奖获得者的前排座位上，这里面有马克斯·普朗克，高个子，清瘦带着贵族的相貌，其面容后来印在德国 2 马克的钱币上，因而很快为世人所知，比其他任何科学家都出名。他从不屈服于他所创立的量子理论，理论各部分之间的不确定性及非因果性与他有序的大脑的基本原则不相符。

爱因斯坦偶尔也在那里，但他旅行了好长一段时间，又生了一场大病。他也认为量子理论不完整。我只见过他一次，在大学招待厅里，当时莱丝·梅特纳突然拦住我说：“爱因斯坦在这儿，让我介绍给你。”我急忙把一堆书从右臂转到左臂，脱掉手套，这时爱因{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0031-1.bmp}斯坦正伸着手耐心地等待着，典型地不拘礼节，表面上看很放松，当时我没觉察到他压力相当大。他被千百万不懂得他的理论的人崇拜为偶像，也遭到一些他的同事的恶意攻击，其原因都是相同的，并越来越带着反犹太人的味道。他一直在联系国外的邀请，但他的朋友们，特别是马克斯·普朗克以及在 1914 年说服他来柏林的沃尔瑟·能斯脱，热情地恳求他别离开他们。还有一些充分认识到他是最伟大的物理学家的人也挽留他，最后他在 1932 年还是离开了柏林，刚好在希特勒统治之前。

他在晚年总穿一件高领套衫。事实上，他痛恨所有的礼节形式，由于这一原因——我听人说——他没呆在英国，在希特勒上台后，却取而代之去了美国。为了对他的到来表示热烈的欢迎，他的英国朋友们多次邀请他参加晚会，晚会上每个人都穿着燕尾服或晚礼服，由穿制服的服务员服务上菜。爱因斯坦感到他不可能生活在必须遵守如此多种礼节的国家，所以所有那些殷勤完全被自我击败了。

爱因斯坦特别能集中精力，我确信那是他成功的真正秘诀：他可以连续数小时以我们大多数人一次只能坚持几秒钟的程度完全集中精力。有一次在布拉格他约了一个朋友见面，那位朋友忘了约会时间，迟到了两小时。当他匆忙赶到约会地点时爱因斯坦正坐在桥的栏杆上，他的道歉被爱因斯坦的回答拦住了：“一点没关系，别着急，我在这儿可以和在任何地方一样思考问题。”

下面的故事是加布里勒·拉伯告诉我的。她是一个作家、哲学家、教师，大约于 1964 年 80 岁时死于心甘情愿的贫困之中（像第欧根尼一样），离剑桥不远。年轻时她有足够的钱走遍全德国，在各种各样的大学里学习。据她说，她在读书时有一次钦佩地对爱因斯坦说：“你有一副多么敏捷的头脑啊，爱因斯坦教授！当时那些生气勃勃的年轻人在学术讨论会上报告某些崭新的理论时，你怎么立刻就指出那些理论的弱点呢？”爱因斯坦回答道：“我亲爱的姑娘，我是骗人的，我对这些理论知道得一清二楚，我自己已经考虑过它们，所以我确切地知道它们的症结在哪里！”

另一个故事（我记不得谁告诉我的）讲的是有一次爱因斯坦在现在的东德的一个镇上，参加德国物理学会的一次会议时所讲的一些新概念。他讲完

以后，会议主席尊重地邀请大家提问，大厅后面的一位年轻人站起来开始以蹩脚的德文和非常奇怪的方式提问。他说了一些类似于下面的话：“爱因斯坦所告诉我们的并不是很愚蠢，但第二个问题不是严格地从第一个问题而来，这需要一个假设，没被证明的假设，而且它不应该具有恒定的形式……”大厅里所有的人都转过身来盯着这位莽撞的年轻人，只有爱因斯坦除外，他正面对着黑板思考，很快他转过身说道：“后面那年轻人说得完全正确，你可以忘掉我今天告诉你的每一件事！”顺便提一下，那位年轻人是列夫·达维多维奇·朗道，他后来成为苏联一流的理论物理学家。

爱因斯坦谦逊和心甘情愿承认错误的事例很多。有一次，当一位同事提醒他说，他讲了一些与三周前大不一样的话，爱因斯坦反驳道：“你认为上帝会在意我三周前说的话吗？”在他给马克斯·玻恩的一封信中他承认在他的某一个计算中犯了一个大错，并说“只有死神能帮助抵抗出错”。

能斯脱是另一位前排就坐的科学家，通常讲完以后他要揉揉他的脚——由于他很矮，几乎看不出来——挥舞双手，用他那粗老的声音说道：“但那只是我40年前所说的！”学生们认为这很可笑，但他40年前可能确实说过。物理学最伟大的定律之一，热力学第三定律就是他发现的。在本世纪早期他对凯瑟有很大的影响，实际上，科学研究实验里著名的链，称为凯瑟·威廉·格泽尔沙特链就是他的主意。他发明的新型电灯在被钨丝灯取代之前作为财产卖掉了。他经常表现出的朴素的天真气容易使人误解。他买了房地产，一直到死都过得很舒适，除了1922年无法控制的通货膨胀，在那几个月里马克值一星期减半两次。

能斯脱不仅在科学领域，而且在技术领域也做出了大量而持久的贡献。现代干电池和燃料电池就是基于他及他的学校的电化学研究，尽管留传下来许多恶意的故事，我们不能忘记他是本世纪上半世纪的科学带头人之一。

加斯特·赫兹，著名的亨利·赫兹（他1887年发现了电磁波）的大侄子，是一秃头。他的头像一个抛光的台球闪闪发光，据说使黑暗的教室发亮，无法使用投影仪。他有异常顽皮的幽默感，有时到哈恩和莱丝·梅特纳工作的实验室和化学家们一起喝茶。有一次他把茶推到一边说道：“我已经被那玩艺儿喂饱了，给我酒精。”并要一个学生从架子上递给他一瓶纯酒精。莱丝·梅特纳吓坏了。

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0034-1.bmp} “赫兹，你不能喝那，那是纯毒品。”赫兹不听劝告，给他自己倒了一杯，喝下去，结果没有任何不适反应。原来他事先已要那个学生将瓶子里灌满了水。

我在P.T.R.工作了3年，最后一年我还在柏林大学物理系兼职，在彼得·普林申手下干活。其由来是这样的：根据量子理论，原子通常在旋转（像一个旋转球），部分归功于电子沿着圆周轨道运动，部分归功于它们沿着自己的轴旋转。当一个原子发出一个光量子时这种旋转角动量就发生变化。我一直在考虑一种方法，像手推车轮一样通过围绕着一个垂直于它的运动的轴旋转使光量子将额外的动量带走。光量子的这种运动在理论上还没有地位，所以我非常兴奋，想通过实验来证实，如果成功的话，将使物理学大变革。莱丝·梅特纳带我去见普林申（她与他很熟），他同意我晚上在他的实验室进行这一研究。

我需要做的第一件事是找一把万能钥匙。看起来物理系的所有钥匙很久以前就不见了，每一个学生都用一把万能钥匙进自己的房间，必要时也可以

进别的房间。我仍然记得当我在一个五金店要买一把万能钥匙时所得到的可疑的目光！但随后一位学生给我看了一把万能钥匙是怎样的，我就着手用硬钢丝锻造了一把，非常成功。我从不加入学生们看谁能以最快的速度开最困难的门的比赛，但我无疑学会了在几秒钟内开我自己的房间，除了有一次当我度假回来后花了5分钟开我的门——有人塞了一个小装置进去使它能够留下盗贼的证据（也许我已丢掉了我真正的手艺）。

实验结果非常肯定地否定了我的假设。后来当我与詹姆斯·弗兰克讨论此事的时候他指出了我的问题出在哪儿，我为自己没有预先发现这一点而感到有点羞愧（但事先我还没有与任何一位理论物理学家讨论过我的实验）。我的文章已经写好，最好的办法是加上弗兰克的解释作为脚注。整个事情使我与普林申经常接触，当我在P.T.R.的研究经费用完以后，他给了我一个职位。我为他做的第一件工作是非常实际的：物理系成立多年以来用了很多水银，在使用时很多水银溢出来了，藏在楼板下的缝隙里。由于刚刚认识到水银蒸气是剧毒性的，显然需要有一种装置能很快测出房间的空气中水银蒸气的含量。普林申已经研究出这一仪器应该怎样做——它与水银蒸气对紫外线的吸收有关——我做出了他要的仪器。仪器很有效，不幸的是它对无害化学品如苯的蒸发也很敏感，所以这不是一个无条件的成功。但我学到了很多技术，后来普林申给了我一个科学性更浓的工作。由于我们密切合作进行了这一研究，后来一起发表了其成果。

我们的合作是在普林申的房间进行的。他在房间里用赤裸的铜线将电流从一端传到另一端，当我指出这很危险时，他耸耸肩说：“你只需要注意就行。”尽管如果谁粗心大意的话，事故就很容易发生，但就我所知，还没有人在那里触电而死。实际上我相信在实验室里，在人们认为安全的地方比人们知道应该小心的地方更容易发生不幸的事件，从来如此！

希特勒的种族歧视法律通过后，我的上司非常震惊地发现我是犹太人……那艘小船带着我和几箱衣物离开了德国。

汉堡 1930 ~ 1933

1930年我在汉堡找到了一个工作——一个真正的工作，而不是基金，对我来说这是第一次。我猜普林申花了很大力气推荐我；至少我知道几个月后他很热情地推荐了一个学生，但加了一句“尽管不是另一个弗里希”。莱丝·梅特纳听到这一事情后如此高兴，以致于冒着使我变得更加骄傲自大的危险告诉我此事。一只脚终于踏上了学术的阶梯！我的上司将是奥托·斯特恩教授，由于经典的斯特恩—革拉赫实验而出名，我为能有机会在这位杰出的物理学家手下工作而感到激动不已。我的职位将是德语所称的助手，一种高等级的技术员。我从来未在汉堡教过课，斯特恩正准备要求学校允许我教课时，由于希特勒的原因我们俩都不得不离开。我的工作协助斯特恩做一些测量，随后设计一些在我们的研究中需要的仪器。

我对实验室的第一个回忆是站在犹如森林般的一大堆玻璃面前，这是玻璃吹制工人最可怕的事情。由玻璃吹制而成的管、球、柱以及水银泵加上成打的活塞连接得对我来说只不过像篱笆上的细枝。在那里我看见斯特恩和他的主要助手伊曼纽·伊斯特曼似乎随意地开、关活塞，关掉这一个，几秒钟后又打开另一个，等等，这一工作似乎持续了半小时。我觉得学这个简直就像一个不懂音乐的人要学弹琴一样，但实际上只需要几个星期就通了。哪些活塞该开、关，而开、关的顺序是怎样的，事情变得很明显。

伊斯特曼使我确信差错的确发生过，实际上有两个基本的“实验”物理学家是不能经常做的：一是企图经过一个封闭的活塞来泵空气，另一个是当某一个通往外界空气的活塞开着时企图产生真空。实际上我们很少犯这种错误。

几个月后伊斯特曼休年假去了。我取代了他的位置成为斯特恩的主要助手。斯特恩很有点笨手笨脚，而且他有一只手总是夹着一支雪茄（除非雪茄在他嘴里），所以他不愿意搬动任何摔得坏的仪器，这种事总是留给他的助手们。我仍然记得当什么东西摇摇欲坠时他的所作所为：他绝不会试着接住它，而是举起双手做出放弃和等待的手势。他对我解释说：“让东西自由落下比试图接住对它的损伤还小一些。”

但在更高的层次上，斯特恩是一个超级实验员。使用新的仪器时他绝不留下任何隐患，所有的问题都事先解决了，每一步骤的细节也都仔细进行了检查。例如：斯特恩会计算他预计得到的射束强度是多少，即使那是非常冗长乏味的计算，他也总是亲自做。他不能准确地计算出强度，但如果实际强度下降超过30%，他就觉得一定有什么事情出了差错，必须追查出错之处。我还从未见过有人对他的仪器保持如此严密的控制，这无疑使人获益。作为一条准则，我们所做的实验如此困难，世界上再没有别人作此企图。这创造了一种奇特的松弛气氛。有一次我们发现了一种无法理解的引人注目的现象，就把它搁置了一年，希望在我们决定发表这一结果之前能够思考出一种解释（几年以后一个英国理论家解释了这一成果）。我们从没有这种想法：任何人都可以做同样的实验，以鞭策我们得到那一重要的结果。

通常我们的实验需要同时控制一系列问题，因此我们两人坐在控制器旁

并密切合作是非常重要的。有一次一位来访者评论需要如此多的控制时，斯特恩答道：“是的，很可惜我们几百万年前就失去了能抓东西的尾巴，它们现在会很有用。”于是访客回答道：“这不会对你有帮助，斯特恩，你将只会把你的仪器做得更复杂！”

我必须告诉你一点我们当时做的事情。在任何气体中（例如空气）分子总是四处碰撞，空气中的某一分子在撞到另一分子之前只会在不到毫米量级的距离内走直线。大气压下的空气分子远不是很拥挤。在大约 100 年前已经能够用泵从一个容器中抽掉几乎所有的空气只留下百万分之一，在这样的一个粗糙的“真空”里一个空气分子在下次碰撞前大约能旅行半英寸。在上世纪末本世纪初——很大程度上是由于早期的电灯泡需要更好的真空——真空泵进一步得到改善，气体分子从而有可能有几英寸的自由行程。1911 年一个法国的物理学家路易斯·杜诺叶，在实验室能够使较窄的分子束（他用的是钠原子）通过一个抽空的容器，每一个原子可以自由直线旅行几英寸，即他的玻璃管的长度。但他没有意识到这些“分子束”对研究单一分子的各种性质是非常有效的研究工具。

斯特恩，受雇于法兰克福的一位理论物理学家，第一个开始实验测量气体分子的平均速度，后来又通过适当形状的磁铁测量了它们在磁场中的偏转，以研究它们的磁性质。磁铁装置是由他的同事沃尔瑟·革拉赫设计的，这就是使他们双双出名的斯特恩—革拉赫实验。实验证实了由当时还相当新的量子理论得出的一些难以置信的结论。他意识到他可以用这种方法研究很多其他现象，当他坐上汉堡大学物理化学系的教授交椅后，就着手了这些研究。他所领导的这一研究发表了一系列文章，文章题目为 U.Z.M.1 至 U.Z.M.30，用的德语短语（`Untersuchungen zur Molekularstrahlungsmethode`）的缩写，意思是分子束研究，在 U.Z.M.NO.1（1926）中他概述了研究程序，这一程序他实际上在以后的 7 年中运用很多，直到希特勒上台。他的惊人的预见能力使他能实际策划所有的可行而重要的实验。他乃被誉为伟大的分子束之祖，现在，我也成了分子束之祖之一，分子束之祖还有其他几个学生，他们在传播那个通用的研究技术的作用方面作出了重要贡献。直到现在这几乎仍是一件“家事”，几乎每一位从事分子束研究的人都可以将他的“家谱”追溯到斯特恩。

让我来描述一个我所参加的斯特恩实验。早在 1927 年，德布罗意提出的一束电子束的行为就像一列波的观点就已得到证实，其方法是让电子束撞击一个晶体的表面，结果电子束沿着某些固定的方向被反弹回来，从这一“衍射”计算出的电子的波长与德布罗意公式非常吻合。但是由几部分组成的一束原子或分子是否也会产生衍射？斯特恩和他的合作者伊曼纽·伊斯特曼已经找到了也会产生衍射的明显的迹象，但斯特恩要对这一工作得出精确的结果，当伊斯特曼休年假时他就要我参加了进来。

我们用的氦原子或氢分子从一个喷嘴出来进入我们的真空，其速度约每秒一英里。为了选择特定速度的原子，我们照搬了法国人阿曼德·斐索的方法，他用此方法在 1849 年测量了光的速度。我们对射束进行了“切割”，其方法是让射束通过一个旋转金属盘的边缘，金属盘已事先艰难地切割了 400 条径向缝。当每一道缝通过射束时，一部分原子就从缝隙穿过去，穿过去的原子在几英寸的地方又遇到了另一个同轴的旋转盘，这时只有那些具有期望的速度的原子刚好准时到达能够遇到一个缝隙，然后通过去的原子撞到一个

晶体上，有些被反射回来（像从一个镜子表面反射一样），其他的被衍射。我们可以用一个精密的可移动的射束探测器测量衍射角（我很想介绍探测器，但我还是作罢）。

当斯特恩用我们的测量结果计算射束的波长时，与德布罗意公式仅差 3%，大多数物理学家都会对此结果感到满意，但斯特恩不！他所设计的仪器的精度应该为 1%，一定是什么地方有问题，他说。我们花了几天时间测量所有的尺寸，全部正确。最后，带着最后一线希望，斯特恩要我检查是否真的有 400 道缝隙，经过几个小时计数和重计数，不可思议的结果是毫无疑问的：切割缝隙的精密的机床出了故障，缝隙有 408 条！这抵消了我们 2% 的误差，剩下了 1%，斯特恩是可以接受的。

我们通常一起去吃午餐，其中有斯特恩和他的 4 个助手，还有物理系的其他几个人。斯特恩很富有，喜欢吃好的；我们也喜欢吃好的，但必须便宜。在一段时间内我们会吃得很便宜，直到斯特恩说服我们说这种食物不值得吃，他已经找到了另一个地方，东西好吃得多，只稍微贵一点。过一段时间以后，又有某一个年轻人说在那里吃饭他负担不起，他找到了一个餐馆，东西几乎一样好吃，但便宜得多。斯特恩对所有这些脾气都很好。总而言之，他的好脾气和对朋友的友好是他最突出的个性。他中等个子，圆圆胖胖的，黑色鬃发，头顶头发稀少，大鼻子、长下巴，相貌本身并不吸引人，但快乐的笑容和从他的眼中闪出的智慧使他很有魅力。午餐的话题要么是物理，要么是电影。斯特恩几乎每天晚上去看电影，有时一天看两场不同的电影。他常常抱怨说汉堡没有任何一家报纸聘他为电影评论家。他认为他可以把电影拍得好得多，而且他不会索取任何报酬，因为他不需要钱。无论如何他也要去看电影！所以，无论何时我们问斯特恩应该看什么电影时，他会高兴地微笑着坐回他的椅子上，开始对上映的哪部电影好、哪部不好进行分析。希特勒上台后斯特恩离开了德国移居美国，最后他在加利福尼亚的伯克利退休，在那里他生活到 80 多岁高龄，有一次做心脏手术差点送命。最后当死神找到他时，很恰当地是在电影院。

斯特恩不喜欢工作到夜晚，通常我们在 6 点钟结束。但偶尔当测量进行得很顺利时，斯特恩会继续进行，如果工作时间超过了 7 点钟斯特恩准会带我出去吃晚餐。他通常带我到汉堡某一个最高档的餐馆去吃饭，特别是一个叫哈拉利的餐馆。有一次我记得与传奇人物沃尔夫冈·泡利一起进餐，泡利刚好从苏黎世访问回来。泡利是一个丰满的年轻人，只比我大几岁，但已经很出名。当他还是一名大学生时，就写出了有关爱因斯坦的相对论理论的最优秀的论文（且多年一直领先），并为奠定量子力学基础作出了大量贡献。他有一个奇怪的习惯，总是前后摇动，不仅坐着时摇动，走路时也摇动。由于这种摇动与他的腿不合拍，他的行走不大稳定：有几步他会走得很快，然后摇动会妨碍他的腿的运动，因而后面跟着几步又很慢。

泡利对他的合作者的粗鲁被理所当然地认为是他的性格的一部分，没有人会在工作出错被泡利当众骂为无能的白痴时被激怒。即便是尼尔斯·玻尔，通常受到稍微礼貌一点的待遇，也逃脱不了泡利的挖苦，就像这封给玻尔太太的信的语言亦如此：“……你两周之前写信给我说尼尔斯将在星期四答复我的信，但你没说哪个星期四。不过，本星期任何其他日子给我答复将会同样受欢迎……”

如果取笑是一种友谊的象征的话，那么实际上斯特恩和泡利是极好的朋

友。泡利取笑斯特恩时没有任何怜悯，我还记得第一次斯特恩带我和泡利去哈拉利餐馆的情景。泡利告诉斯特恩说他这样做仅仅是出于一个富人的内疚心，这种内疚是他企图通过毫无意义地浪费金钱来招待他的不那么富有的朋友来消除的。他在讽刺人方面表达力很强，而且比斯特恩快得多，而斯特恩仅仅用他那温和的方式抿着嘴笑，并不真地试图防卫。

对泡利有一个奇怪的传说，被称为泡利效应的是一种会造成伤害的狠毒的眼光。据说当泡利在实验室附近任何地方出现时，就会发生一件可怕的事情：仪器摔成碎片或发生爆炸等等。有一个故事宣称，在哥廷根工作的詹姆斯·弗兰克有一天早上来到实验室，发现冷却水中断了，泵爆炸了，玻璃片满地都是，一种绝对可怕的景象。弗兰克当时的反应是发了一份电报：“泡利，昨天晚上你在哪里？”回答是“从苏黎世到柏林的旅途中”（火车经过哥廷根）。当然，那个故事我一句也不信，但它是一个典型的传说。一次在汉堡，泡利被邀请访问天文台，接到邀请后最初他谢绝说：“不，不，望远镜很贵。”天文学家们微笑着，并让他相信泡利效应在天文台无效。泡利进入圆顶屋后出现了一声震耳欲聋的咔嚓声，当大家从惊愕中恢复过来时，发现有一个望远镜上的大铸铁盖掉下来了，落在钢筋混凝土地上。

再讲一个故事。我正在实验室与我们的吹玻璃工人一起工作，我坐在地板上，拿着玻璃制品的一部分，这个工人正准备用他的吹管将它焊接到仪器的其余部分上，这是一种非常精密的操作。正当这时门开了，泡利向里面看着。我紧绷着我的神经，但什么事也没发生。

汉堡是我吹口哨的习惯得益的一个地方。有一次我正在化学实验室吹我最喜欢的勃兰登堡协奏曲，一个化学家转过身来问我：“你拉小提琴吗？”我拉得不好，但我说：“是的。”他邀我与他和他的朋友们一起拉，由此我与几位朋友协作了很长一段时间，大约每周与他们一起演奏一次室内音乐，有时是小提琴，有时是钢琴。这样我与一位最有趣的人交上了好朋友，他就是建筑师奥托·斯佐梅耶。他可能是我认识的最多才多艺的人：他是一位很成功的建筑师，制作了不少给人印象深刻的雕塑，干过快速素描和剪影的工作（实际上，他告诉我有一段时间他以做肖像剪影为生，带着黑纸和剪刀，从一个小酒店走到另一个），此外他还会演奏几种乐器。他与我们合作时演奏的是大提琴，但我知道他也会演奏风琴和巴松管。他在数学和天文学方面也很有造诣，在这两方面他都可以公开讲演得很出色。他还会写很漂亮的小诗。他是德国南部巴伐利亚人，说话带着巴伐利亚口音，我听起来觉得很亲切，它使我想起了我的祖国奥地利，与巴伐利亚口音比较，汉堡口音要呆硬一些。他与女人打交道特别成功，尽管他身材矮小，且由于他的腿有一只短些，走路一瘸一拐。

有一个故事值得在这里重述：他为一个客户设计了一个很大的自承屋顶，但建筑监察员拒绝这一方案，他说大屋顶必须有柱子，把斯佐梅耶的静力计算结果搁置在一边。因此，方案被改变了，当大楼建好后接受检查时，屋顶下确有几个大柱子。但当监察员走了以后，柱子被移开，打烂，扔进了垃圾箱。原来这是些卡纸板做的伪装柱子。

有时，当我们情绪高昂，演奏室内音乐到深夜结束时，我们会全部挤进他的小车，驱车到里珀班，这是汉堡的红灯区。没有任何不道德的意图，而是因为斯佐梅耶在以肖像剪影为生时认识这里很多有趣的人物，如酒吧间老板，各类表演者，他们白天在这里工作。我们会从一个地方走到另一个地方，

与很多人闲聊，如经常出入这里的人、姑娘们、酒吧间老板等，有时我们会得到免费饮料，直到凌晨4点。那个时间所有的酒吧都要关门了，还好有另外的地方开门，那里有美味的鸡汤供应，大家认为鸡汤适合于醒酒用。最后，斯佐梅耶会把我们全部一一送回家。

有一次快近午夜时，我供认我将要过28岁生日，因此我们演奏了莫扎特的弦乐四重奏作品575号，这是一首特别欢乐的曲子，在生日时我们总要演奏这首曲子。随后我们决定按惯例到里珀班去庆祝。斯佐梅耶随后告诉我说早上他必须离开，到丹麦边境去接他的妻子和姨子，问我是否愿意同去？那天当把其他人一一送回家后，他把我带到他的公寓，我们喝了一些咖啡，早上7点出发。我的一个建筑师朋友也一同去，他们俩轮流驾驶，每50公里换一次人。斯佐梅耶不驾车时睡觉鼾声很大。大约三四个小时以后我们到达他妻子和姨子等待的地方，她们带了三个大衣箱，一条更大的狗。他们全都挤进了车子，我们往家开。这一次沿着日德兰半岛的波罗的海边行驶。在靠近基尔的一个地方有一个车胎漏气，旅行变成了一件可怕的事情，备用胎根本不行，每隔半小时我们就不得不停车用手泵充气。我们到汉堡时已是晚上11点，我最后倒在床上时已近午夜。但我早上7点又到了网球场，因为我已经答应了我的同伴。

我从来没有政治意识。在维也纳时我曾在很短一段时间里参加了一个学生政治组织，但我仅仅在文娱委员会服务，帮助安排舞会。有几次当我参加政治讨论时我只是在想他们多么荒谬可笑。组织内的成员互相谈话非常严肃。与其他组织的代表团会晤也是工作之一，我从不认真看待此事。有一次我们几十人站了一个小时，等待一个德国代表团，他的火车晚点了。他到了以后顺序走到我们面前，喀嚓一声立正，摇着手说“勃克”（他的名字）。这对我产生了催眠效应，当他走到我面前时我也回答“勃克”而不是“弗里希”，他对我们俩同姓名没有任何评论，也许他觉得这样有损尊严。

在汉堡我30岁刚出头时，对普遍的危机气氛丝毫不在意。带着挖苦的微笑我观看着政府的重复变化，以及关于兴登堡愚蠢行为的很多笑料。兴登堡是著名的将军，曾是德国总统。当一个叫阿道夫·希特勒的会员发表演讲并开始一个政党时我丝毫没注意。即使当他被选为首相时我也只是耸耸肩，我想没有什么吃的东西比它煮时更烫，他不会比他们前辈更坏。

显然我错了，很快就清楚了：他的反犹太主义不仅仅是演讲，当他的种族歧视法律通过后，斯特恩非常震惊地发现我是犹太人，他自己也是。他的4个合作者中的另两个也是。他必须离开，我们三人也一样。他的手下人中只有一个——弗里德里希·克劳尔——是雅利安人，可以保留大学的职位。事实上汉堡的大学——由于保留着一个自由汉沙城的传统——很不愿意执行种族歧视法律，直到几个月后其他的大学都听从命令以后我才被解雇。起初我仍寄希望于我也许能继续得到我已获得的（在斯特恩鼓动下申请到的）洛克菲勒基金会的研究基金，这样我可以在罗马工作一年，这是我非常渴望得到的一个机会。在罗马，恩里科·费米创建了一个科学研究中心，这个中心由于他本人的才华以及他招募了一批聪明人而迅速闻名。但是洛克菲勒研究基金给我的条件是我必须有一个永久性的工作职位，这样可以返回岗位。希特勒的种族歧视法生效后洛克菲勒基金会遗憾地通知我在这种情况下他们不能再给我提供基金，我必须找其他的事做。我至今还记得斯特恩怎样到德国以外为他的合作者们找工作。他自己没问题，他有私有财产，而且他很出名，

找工作没有任何困难。实际上他不久后就去了匹兹堡的卡内基学院，并带了伊斯特曼去。我的另一位非雅利安族同事罗伯特·斯诺曼去了英格兰，我最后一次见到他时他是伯明翰大学的讲师。

在 1933 年那个决定命运的夏天斯特恩去了巴黎，并说他将努力在镭学院给我找一个工作，玛丽·居里是那里的院长。几个星期以后他回来时告诉我说居里夫人无法给我提供一个职位，但他已说服伦敦的帕特里克·布莱克特给我提供一个职位，新设立的学术资助评议会（后来更名为科学知识保护协会）将给我每年 250 英镑的资助，在当时是足够多的了。

那几个月，从我知道我必须离开到我真的离开，是一段奇特的日子。尽管有诸多不确定因素，我仍然安排完成一项研究。文章题目为 U.Z ? M.NO.30，是这一系列的最后一篇文章。我测量了钠原子在发射它的特征黄色光的量子时弹回的速度（大约 1 英寸/秒），这是光量子的粒子特性的直接证明。

扰乱人心的谣传非常盛行，我的一些犹太朋友警告我说晚上不要出去，因为有犹太人晚上在黑暗处被打。我还记得有一天晚上我回家时听到很快的脚步声从空空的街上传来，我当时还以为是那些反犹太人的畜生冲上来了。突然奔跑起来马上就会暴露我自己，所以我仍保持着我的速度，尽管脚步声很快越来越近，最后在我旁边停下来。一个粗壮的身着制服的军人脱掉了他的帽子非常礼貌地向我致意，他是我的房东太太的儿子。他给我解释说他是不得已参加这个辅助军事组织的，否则他就不被允许继续他的法律学习。有很多像他这样的人并不喜欢纳粹组织，但不得不加入它。

有关集中营、犹太教堂被烧、严刑拷打的一系列故事，被德国报纸坚决否认，斥为德国的敌人的“恐怖宣传”。我的一些朋友告诉我说这些故事是真的，实际上事实要更坏。但我当时不相信德国会变得这么快，这么恐怖，所有的报纸会如此一致地撒谎。

1933 年夏天尼尔斯·玻尔邀请我去哥本哈根参加他的夏季例会，他提议利用这次会议进行劳务介绍，可能可以帮助那些不得不离开德国的物理学家在海外找到工作。我还记得当我乘火车从柏林北上时，对面坐着一个黑皮肤年轻人，我认为他是意大利人。过了一会，我拿出一本埃德加·华莱士写的犯罪小说来阅读，以便拾起我贫乏的英语知识。我是在 12 岁时马马虎虎学了一点英语，但从没用过。我拿书的时候对面那位男子说：“你是位物理学家？”我吃惊地问道：“为什么你这样认为？”他说：“你读埃德加·华莱士 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0048-1.bmp} 的书。”假设只有物理学家才读埃德加·华莱士的书无疑是错误的；但他是对的，我是个物理学家。这更使我相信，能够从错误的假设得出正确的结论的人才是真正的好科学家。

这位男子是霍米·丁·芭哈，出生于印度一个富裕的祆教徒家庭。他面目清秀，曾在剑桥学习，讲一口无懈可击的英语，后来当我到哥本哈根来居住时我们成了好朋友。他向我介绍贝多芬晚期的四重奏，而我却抱怨说他的留声机转得太快，播出来的调不对，他因此被激怒。芭哈还是一个有才华的画家和一流的物理学家。但有一次当他要我教他怎样使用盖革计数器时我觉得很有趣，原因是他第二星期就要乘船去印度，准备测量宇宙射线随纬度的变化。我告诉他一个想当面包师的男孩的故事：这个男孩必须做 3 年的学徒，第一年为师母跑腿，第二年清洁烤炉，第三年才学习怎样烤面包。他笑了，

领会了我的意思。后来他成为印度原子能委员会的主席，不幸在一次飞机坠入一个山腰后很快死去。

夏季例会开得很混乱，会上我被要求作一个报告，报告我与斯特恩所做的工作。我还记得我的粉笔是怎样老是吱吱尖叫，无论我怎样握它，最后保罗·厄任费斯脱——著名的德国物理学家，量子理论的创始人之一——对我叫道：“弗里希，如果你不学会让粉笔不叫的话，你永远不能成为一个教授。”我不好意思说阻止粉笔尖叫的简单窍门对我没起作用：所有的人都是将粉笔一分为二，这样将吱吱声推向了超声区，就再也听不见了。

在哥本哈根我第一次听到这种说法：烧毁德国国会的那场火不是由被指控的共产分子范德拉伯放的，而是纳粹分子蓄意放的，目的是唤起民众反对共产主义。这一说法最初使我大吃一惊，但后来觉得似乎有道理。我回到汉堡以后，一个仍在系里的同事克劳尔请我在他的住所吃饭，想知道海外的人是如何谈论这场火的。尽管克劳尔已经变成一名纳粹分子，但他从没因为反犹太方针影响我们的友谊。他身材细长，很活跃，是柔道俱乐部的会员，曾用他的独木舟沿着易北河旅行，从波希米亚一直到汉堡。他偶尔会用独木舟带我出去玩，有一次当我横渡近1英里宽的易北河时他耐心地荡桨陪伴在我身边。他还没想好应该怎样称他的独木舟，也许是“原子”，他说，当我建议称“偶极子”（一种两端电荷相反的装置）时他脸红了。战争以后当我回来时发现他结婚了。

盘问那场火灾时我企图保持我的沉默，转而谈论其他事情。但由于他坚持，我告诉了他人们认为那场火是纳粹分子出于政治原因放的，他被震惊了：“但是有谁会想到这样的事情是像希特勒或戈林这样的人做的；只要看看他们的脸！”我个人并不认为希特勒和戈林的面孔能激起对他们的善行的信任，但我仍旧保持沉默，这事就没再讨论。克劳尔一直保持友好、帮助的态度，直到最后，使我很容易地离境，并找了一艘去伦敦的小船，一个单人舱。

在1933年10月一个刮风的日子，那艘小船带着我和几箱衣物离开了德国。当小船穿过北海时左右摇晃、前后颠簸，我的箱子在舱里前后滑动，我则努力使自己支撑在铺位上，无法入睡。进入泰晤士河后小船才平静下来，我能够坐在甲板上望着平坦的景色。然后当我们停泊在靠近格林威治的地方时才看见船坞附近的景色和伦敦城。我必须等待移民官员上船来，当我出示我的护照时他问我：“你得到了工作许可吗？如果你想在英国找到一个工作就必须有工作许可。”“我没有工作。”我回答道，“我有一个基金。”“一个基金是一个工作的高级名称，你必须得到一个工作许可。”“但我怎样才能得到呢？”我问他。“你给船员两先令半硬币叫他上岸去给你的教授打电话，看他怎么做。”这很诱人。不到两小时移民官员带着他的印章回来了，准备放我入境。

那是 19 世纪最激动人心的发现：一些科学家在努力地寻找除了放电以外的能发出具有穿透力射线的放射源。

原子核

原子并不小，尽管它大约比你能在光学显微镜下看到的微生物还要小大约一千倍。一架“离子显微镜”能清晰地展现出一枚锋利针尖上原子美丽的规则排列的图案。但原子核却真的很小。试想一下，一个比原子小一千倍的东西还没有小到原子核的大小，大约还要再小 20 倍左右。如果一个原子被放大到一辆公共汽车的大小，原子核大约像这个字母 i 上的小点。

太多的事情出于偶然，甚至在科学领域里也一样。一些科学家将装有感光板的盒子放在放电真空管附近，当他们发现感光板变得模糊了，就把它换一个地方保存，因而错过了发现 X 射线的机会。伦琴则更留心一些；他认识到放电过程发出了不可见而能够穿过像纸板或人体的射线。经过几个星期紧张地研究，他刚好在 1896 年圣诞节前发表了他惊人的结果。

那是 19 世纪最激动人心的发现 报纸的舆论却主要是关心这种轻率的射线可能会冒犯庄重的女士！其他一些科学家一直在努力寻找除了放电以外的能发出具有穿透力射线的放射源。在众多值得怀疑的声明中，巴黎的贝克勒耳的发现站住了脚：铀及其化合物具有“放射性”。它们像是永不枯竭似的发出类似 X 射线的射线。这些射线能穿过不透明的物体，使感光板变暗，并让电荷通过空气。

当时也在巴黎的皮埃尔·居里和玛丽·居里证实了以上的发现，并发现铀矿渣的放射性比铀矿里所有成分的放射性还要大；于是他们开始寻找并终于找到了（普通化学方法无法测量的）微量放射性物质。他们将其命名为钋（以纪念玛丽·居里的祖国波兰）和镭。其他一些人加入了工作，几年中又发现了十几种其他的放射性物质。

同时，放射线看起来不止一种。最具穿透力的一种，如 X 射线一样能穿透厚金属板的，被称为 α 射线；β 射线也能穿透薄的金属板并能被磁场偏转，与汤姆逊 1897 年建立的放电过程中产生的电子非常像。最没有穿透力的一种，γ 射线，能被几英寸厚的空气或一张纸挡住。但卢瑟福对它们却有独特的兴趣，因为它们被一个磁场偏转到了完全相反的方向。这说明它们带正电荷并被假设为失去了一个或两个电子的原子。到了 1908 年卢瑟福明确地证明

γ 射线是放射性原子中发出的并失去了两个电子的氦原子，它以每秒几千公里的速度运动。但他并不知道氦原子最多只有两个电子可以失去，γ 射线实际上是以每秒几千公里速度运动的氦原子核。

所有这些射线在黑暗中都能产生化学微光。1903 年（在两个地方同时）发现 γ 射线使锌的硫化物不仅产生了微光，简直就是在闪火花，这能说服最后一个仍怀疑原子是真实的人（就像平静的湖面上自然激溅的水花能说服一个多疑的渔夫一样）。

希望能看到原子的强烈愿望导致了闪烁镜的产生，那是由一块倍数很大的放大透镜、一层锌的硫化物和微量的钋组成的玩意儿。

但对于卢瑟福来说，它意味着更多的东西：通过计数单个的闪光（智慧的闪光），也就是计数单个的组成 γ 射线的“α 粒子”，他把整个研究课题

放到了定量的基础上。他还研究了 α 粒子穿过金属薄片而受到的随机偏转，他想通过这种途径了解关于金属原子结构的一些东西。绝大部分的粒子受到很小的偏转，这与当时原子结构的理论吻合；但有极少数的一些粒子被强烈地偏转了，有的超过了 90 度。这对卢瑟福来说（他也是这样说的），就好像对着一张纸开炮而炮弹被反弹回来一样奇怪。

好几天他一直喃喃自语说，在那些原子中一定有一些强得难以置信的力。当时普遍认为原子是一团混合的正电荷，电子镶嵌其中，就像布丁里的葡萄干一样。这种原子不会使 α 粒子绝大部分几乎没有偏转地通过而使很少的一些被强烈地弹回；这个过程中电子非常轻，可以简单地不予考虑。

事后诸葛亮当然会认为这很简单。原子不是布丁那样，而几乎是空的，它的几乎全部质量都集中在中心一个非常小的体积里。这个原子核必须带正电荷以抵消电子所带的负电荷。 α 粒子（它本身是氦原子核）穿过原子时通常与原子有一定的距离，仅仅受到很小的偏转；但偶然的一个 α 粒子会有极少的机会几乎正对着原子核运动，它将受到强烈的电排斥力，在很接近时可能达到一磅左右，对一个非常轻的粒子来说这是一个大得惊人的力，足以使它停下来并被反弹回去。卢瑟福做了一个很简单的计算来算出会有多少 α 粒子被偏转得超过给定的角度，当用闪光点的计数来验证计算结果时，二者很一致；新的原子模型与实验事实非常吻合。

当时，我已经知道了玻尔如何将普朗克的量子理论运用到环绕在原子核周围的电子上，也知道了通过许多人的研究证明了原子是不可分的；总之，电子是在我们称为原子的巨大的空的体积中（与原子核相比而言）占据它们的位置。卢瑟福认为对原子核本身的研究是下一代科学家的事，但他仍渴望一试，而且他也有一些线索。

一个重要的线索来自新的放射物质。放射性元素使化学家们很困惑：它们太多以至于无法放入已建立得很好的元素表中，有一些表现出完全相同的行为而且无法用化学手段区分。到了 1913 年，由英国化学家索迪提出的一个假设已开始发展起来，他创造了一个新词“同位素”来区分那些在化学上相同但具有不同放射特性（或具有不同原子量）的物质。同时，物理学家指出一些普通的元素如氯或铜，实际上是两种或更多不同原子量的原子的混合物，也就是说，两种或更多同位素的混合物。

这些结论惊人地支持了一个有百年历史的观点。这个观点认为所有不同的原子是由氢原子牢固结合成的一团，并且用化学方法无法破坏它。这个观点被提出来是因为在原子量刚建立时，许多原子的原子量几乎是整数。但遗憾的是有一些不是，所以这种观点看来是错的。现在，那些例外的原子被看作是两种或更多同位素的混合物，比如氯元素包括两种原子，原子量分别是 35 和 37，以 3 比 1 的比率混合。这样就能解释化学家们发现的原子量为 35.5 的氯元素。这种观点很早就被提出，但现在有了证据：让离子流高速通过有磁场的真空，离子流会因为离子质量的不同而被分为几束，这样就可以测量它们的质量。“质谱仪”很快发展起来并能给出非常精确的结果。

到了 1911 年，这个观点被理所当然地接受了：实际上原子所有的质量集中在原子核；最轻的原子核，氢原子核，则是一块基石，因此它被赋予了一个特殊的名字“质子”（希腊文中的“第一”）。原子量则被假定为某一给定同位素中质子的个数。但是这样就会使原子核所带正电荷两倍于卢瑟福的测量结果，于是必须假设原子核中含有电子以中和多余的正电荷。例如氯的

两种同位素，较轻的原子核中含有 35 个质子和 18 个电子；较重的原子核中含有 37 个质子和 20 个电子，两种同位素同样带有 17 个单位电荷。这样才能使元素周期表上的第 17 号元素氯的两种同位素具有相同的化学性质。

这只是研究原子核结构的开始，它的大小仍是未知数，正如 19 世纪中叶的化学家们清楚地知道一些分子的结构但不知道它们的大小。卢瑟福有很好的证据说明 α 粒子只是被金箔和银箔中的电排斥力反弹回来的而并没有接触到原子核本身。这样，原子核必定小于某一大小。但他无法指出到底小多少。

1914 ~ 1918 年，世界大战使他中断了研究。德国潜艇试图围困英国逼其投降，卢瑟福则和其他人一起把时间花在了研究水下监听系统上。快到战争结束他才重新研究他热爱的 α 粒子，在 α 粒子穿过氮气的时候他偶然观察到了快质子。显然，氮核微弱的排斥力（与金核或银核相比）不足以防止偶然的碰撞。这说明氮核至少包含质子；碰撞的频率给出了原子核大小的一些信息。而且质子比释放它们的 α 粒子更具有穿透力。就像一记轻敲激发了一个缠紧的弹簧一样。报纸上登着“原子被分开了”，能量从原子核中被释放出来了。有人计算说如果一盎司的氮原子核的能量被利用起来，足够使“玛丽皇后号”横渡好几次大西洋。

但有一点障碍：没有人能将 α 粒子瞄准氮核，绝大部分 α 粒子错过氮核把能量耗在撞开电子而变成没有用的氢原子。爱因斯坦坦把这称为“像在黑暗中打麻雀”。每次撞击能释放出几倍于子弹的能量，但如果要浪费成千上万的子弹才能产生一次撞击，那又有什么用呢？

不管怎样，这是一个重要的线索，其他地方的物理学家开始重复和扩展卢瑟福的实验。和预期的一样，只有轻核在 α 粒子的轰击下才产生质子，重核的排斥力太强使碰撞不能发生。实验设备很简单：一个 α 粒子源，比如一薄层钋（它是十分理想的，因为它几乎不发出其他任何射线），一层希望被轰击的元素（或合适的化合物），一层锌的硫化物和一个大倍数的放大透镜用来观察闪光，还需要一些能插入粒子运动路径的云母或金属箔以测量粒子的穿透力。

但闪光很难观察。首先一个人必须呆在完全黑暗中半个小时使他的眼睛变得十分敏感；如果它们来得太频繁（超过每分钟 50 次），眼睛还是会漏掉一些闪光；如果少于每分钟一到两次，则还会“杜撰”出一些闪光。照这个速率需要很长时间才能得到很好的统计资料，并且主观误差会十分严重。在维也纳的物理系的学生必须轮流计数闪光次数，我不知道我是如何逃脱这个命运的。在黑暗中，心理因素与生理因素同样重要。为了得到没有偏见的结果，学生们并不知道他们在计数什么！但这并不起作用。他们发现主管们对大数目的报告比较满意。在“我们能做得比英国人好”的气氛中论文被发表了，这些论文使得维也纳成为了核物理学的“魔窟”。很明显，我们需要一个客观、快速和值得信赖的计数仪器。

方法就在手边：放射电子管已经出现（部分原因是 1914 ~ 1918 年战争中来自军方的兴趣）并被逐渐改良。在 20 世纪早期它们还发出很多噪声（不规则输出）而且绝缘不够好。当一个 α 粒子或一个质子在“离子室”中穿过两个电极（带相反电荷的金属片）时会产生微弱的电流脉冲。到了 1930 年，精选出来的电子管已经能放大这样的电脉冲。空气（如同其他气体）是很好的绝缘体；但一个 α 粒子或快质子会把挡在它路上的电子撞开，暂时留下一些

离子（带电荷的原子和分子）的径迹，它们被电极吸引而产生一个非常短暂的电脉冲。电脉冲被电子管放大后就能被一个计数器（很像出租车上的计价器）记录下来。

这些技术上的成就是决定性的。到了 30 年代中期，每分钟上千次计数变得非常普通，以前要做几年的工作现在只要几个星期了。并且从离子室中脉冲的大小能估计出由每个粒子产生的离子的个数，因此可估算出它的能量。

开始时，计数射线（快电子）是不可能的。它们也留下暂时的离子径迹，但却稀一些，长得多；它们产生的闪光会非常弥漫而无法观察。盖革早在 1909 年就在卢瑟福的实验室里研究电子计数器。回到德国后，他改进了“盖革计数器”，使之能产生并记录一个很小的放电，甚至当一个粒子经过时只产生几个离子。那是一个很简单的装置，一个抽成真空的试管，沿它的轴心有一根带正电的导线。很快，这种装置被很多实验室采用。对公众来说，它成为了“原子”（原子核）物理学家的标志，就像鹅毛笔是作家的标志一样（尽管大部分作家打字或使用磁带记录机）。今天，虽然盖革计数器仍然存在于一些学校的实验室，但它与鹅毛笔一样不属于这个时代了。现在我们用敏感的光电管来计数射线产生的闪光，更加快速和可靠。喔，我已经走在我的故事的前面了。

在那时，物理学家们惊讶地注意到一些轻的元素，尤其是铍（一种轻的、坚硬的、有银色光泽的金属），显然无法被分开；至少它们在受到粒子轰击时没有发出质子。玻特在 1930 年发现它们发出微弱的但具有很强穿透力的射线，这种射线被假设成“强”射线，也就是波长很短因此能量很大的 X 射线。在巴黎，依伦（玛丽·居里的女儿）和她的丈夫约里奥测量了各种不同的物质对来自铍的奇怪射线的阻挡能力，他们惊讶地发现石蜡具有相反的能力：穿过石蜡的射线变得更强烈了！

约里奥夫妇在猜测这其中的原因。石蜡含有很多的氢，显然，这种射线能撞击氢核（质子）使其高速运动；这些石蜡中出现的快质子在空气中产生更多的离子，使放射性看起来更强些。巴黎小组用威尔逊云室看出快质子确实来自于石蜡；但他们仍然认为“铍射线”是射线。有些理论家认为这种实验结果是错误的而对居里实验室不太重视。

但是，从 1919 年开始就在剑桥的卡文迪许实验室的卢瑟福，对来自巴黎的结果感到很兴奋。像卢瑟福早在 1920 年怀疑的那样，它们可能是“中子”（不带电荷的质子）吗？为找到这样的粒子，他们做了一些不成功的尝试。这种粒子被期望能穿过几英寸厚的固体物质，因为它们不带电荷，不用考虑会遇到的电子，而只会被偶尔遇到的原子核拦截下来；正如铍“射线”表现出来的那样！于是，在剑桥的物理学家开始寻找中子。合适的工具很有效：查德威克利用离子室能测量出各种不同的核（例如氮核和氧核）被铍射线撞击而高速运动后会产生多少离子。通过这个方法他证明了这种“射线”的确是具有与质子一样重量并不带电荷的高速粒子。

我听说后来卢瑟福遇到约里奥时间问他：“你是否认识到你已经找到了我在 1920 年的演讲中讨论的中子？”约里奥回答说：“我从没读过你的演讲，我认为那只是一般的演说术的表演，没有什么新观点。”他犯了多么严重的错误啊！但在两年后他挽回了自己的错误，他和他的妻子发现了人工放射性。卢瑟福（他本人也承认）因为错误的道路而错过了这个发现。

中子被从原子核中撞击出来使它看起来是存在于原子核中的。实际上，

再也不需要原子核中包含电子的假设了（这种假设与量子理论很难调和）。一个原子核，比如同位素氯 35，应由 17 个质子和 18 个中子组成，而一个氯 37 原子核则多包含 2 个中子。这种简单的模型现在已经被广泛地接受了。

但是关于 β 射线，就是某些放射性物质发出来的快电子，又是怎样一回事呢？它们难道不能证明原子核中包含电子吗？也许一个中子（像卢瑟福猜测的那样）是一个质子和一个电子靠得很近的联合体？这种说法似乎很有道理，直到 1932 年，带正电的电子被发现（很快它被称为正电子）。也许，一个质子可能是一个中子和一个正电子靠得很近的联合体？我们不能同时采用这两种说法！海森伯提出，我们应把中子和质子看成是同一个实体（被称为核子）的两种不同状态。自然界中发出 β 射线的原子核中含有太多的中子（或者，太多的处于中子状态的核子），所以它们趋向于把一个中子变成一个质子以保持平衡。当然，一个额外的正电荷不会无中生有，而必须被一个相等的负电荷以 β 电子的方式从原子核中放出来以达到平衡。1934 年发现的“人工”放射性核具有的中子太少而不是太多；它们将质子转换为中子，同时产生正电子以补偿电荷的变化。

正电子的发现是一个错综复杂的故事。1911 年威尔逊对形成他家乡云雾的小水滴很感兴趣，他发现离子（带电荷的原子和分子）趋向于吸引水分而形成小水滴。他在几分之一秒内突然膨胀一个装有潮湿空气的容器，使得空气中的水分过饱和，这样在有离子通过时会产生小水滴。原子核分裂时产生的快 β 粒子穿过这样的“云室”（或“威耳逊云室”）时，它们产生的离子径迹会变成可见的小水滴的径迹。

开始看上去，它像一个轰动一时而很快就被遗忘的事件：一个使得在显微镜下不可见的、快速的粒子变为可见的方法，就像高空飞行的飞机被它的蒸汽径迹显露出来一样。这项技术很复杂，在它首次鼓舞人心后便被遗忘了十几年。但逐渐地，随着更多的物理学家掌握了怎样使它可靠地工作，云室找到了它的位置。当大数目的闪光被计数时，离子室和盖革计数器有一点像回答许多问题的游戏；要得到一份有意义的信息，你必须提出非常大量的问题，而你要对这些问题回答“是”或“不是”。但云室一次成功的膨胀就会立刻告诉你在云室中发生了什么，并有着明白的、有时是惊人的细节。非常值得去建造一个这样十分复杂和精致的仪器，并且花去几分钟或更多的时间等待扰动平息后以进行下一次膨胀。云室越来越多地显示事情是怎样进行的。同时，计数装置仍然在使用，因为，当一个事件被理解后，需要收集大量的数据进行统计。

本世纪早期，已经知道在没有任何辐射时仍有一些离子被形成。奥地利人亥斯把他的装置放在一个气球里，他发现高度越高，产生的离子越多。逐渐有证据表明，无论白天或黑夜，都有来自外层空间的“宇宙射线”。在 20 年代晚期，云室记录了一条偶然的轨迹，显然是由一个快电子造成的。将云室放入磁场，就会得到弯曲的轨迹，因为形成轨迹的粒子被磁场偏转了。轨迹弯曲的方向可以说明粒子带的是正电还是负电，有一些粒子看起来是带正电的；但也有可能是普通的电子以相反的方向运动。这是轨迹无法告诉我们的。

1933 年加利福尼亚的安德逊拍下了无疑是带正电的电子的轨迹；他能说明这一点是因为他在云室中放置的一块铅板减弱了穿过它的电子的能量，这使它后面的轨迹十分弯曲；电子经过什么方向进来的疑问就不再存在了。很

快，伦敦的布莱克特拍下了一束轨迹，有的向右偏有的向左，这很明确地说明从云室壁同时发出了带正电和带负电的电子。

奇怪的事并不是发现了正电子而是它们没有及时被认可：它们的确曾被拍摄下来，但在每个分立的事例中，这些证据被认为是没有说服力的。实际上，早在 1928 年的狄拉克的理论中就预言了正电子的存在；但大部分试验者对这个“数学上的推测”并没有足够重视。我们的试验物理学家实在是太谨慎了，甚至很难说服他们相信就在他们鼻子底下的东西！

那些年我对德国只有一些肤浅的认识，但至少我知道了德国式的生活方式不是唯一的。

伦敦 1933 ~ 1934

我现在在英格兰。我认为这块歌德曾赞赏过的土地整个地被超人所占据着。一些事情看来证实了我的看法。我记得曾非常欣赏马路工人一成不变地穿好外套才开始吃他们的三明治，这与我听说的“穿好衣服才就餐”是一致的（真正的原因可能是当时已是十月，他们感到很冷）。我的老板是一个给人印象深刻并有吸引力的人：有一副严肃外表的高个子，每天早上我到实验室的时候他都会与我握手问候。我过了几个星期才知道，按英国的惯例是不这样做的；布莱克特希望我感觉像是在家里一样。他后来成为皇家学会的主席，逝世时已是布莱克特爵士。在 1933 年他是卑克贝克学院物理系的主任，学院位于伦敦法定区靠近菲特街的一幢高大的老房子里。那是一个工人们晚上来上课的学院，物理系在顶楼和地下室都有实验室，在白天，整个学院都被物理系用来作研究。我努力使自己能在 35 秒内跑上四层楼，在 25 秒内跑下来。在布莱克特的成员中几乎没有英国人，实际上，几乎没有哪两个人有相同的国籍，我们把自己戏称为“国际联盟”。我们对英国的烹调术没有什么印象，特别是那些散发出强烈的煎羊肉气味的便宜餐馆，但是我也不会像我的朋友豪特曼斯走得那么远，他曾在 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0064-1.bmp} 公开场合说，英国人是依靠羊毛工业的残渣生活的可怜民族！但我们很喜欢法国和意大利餐馆，我们中的十几个或我们全部都经常去那里。当我们在街上分手时，十几个人在街上互相握手告别，有时我感觉本地人租用阳台可能是为了观赏我们分手时的盛大场面。我们都忙着学习英语，我记得在我们到达半年后，有一次很偶然地测试出了我们自己的词汇量。我们拿出一本简明牛津字典，随意挑出一页，读出上面所有的单词，然后看我们能说出多少个单词的意思。令我惊讶的是，我们所有的人几乎都能说出一半单词的意思，而那本字典收录了大约 5 万个单词。我们很高兴地推论出我们每个人都掌握了大约 2.5 万个英语单词；我们认为这是六个月学习的一个不坏的记录。

我曾在柏林遇到过豪特曼斯，但在伦敦，他的敏锐给我留下了更深刻的印象。他有一半犹太血统并且是一个共产主义者，刚从盖世太保手中艰难地逃脱出来。他的父亲曾是荷兰人，但他对来自母亲的犹太血统感到很自豪。他用“当你们的祖先还生活在树上时，我的祖先已经在伪造支票了”来还击反犹太者的言论。他的 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0065-1.bmp} 头脑中充满了闪光的思想，并对量子理论有非常深刻的理解，他是首先将它运用到原子核上的人之一。

他在英国天主之声实验室里工作，试图证实爱因斯坦在 1909 年作出的一个预言：光线穿过包含合适的被激发原子的气体后，不会减弱反而会加强。可能他忘了给他的仪器带来玫瑰花（他说他做重要实验时就这样做），以至于它们无法顺利地工作；一个很贵的变压器烧坏了，而他的老板不给他换新的。如果他的实验能成功的话，激光的发明会提早 20 年。

在英国一年以后，他达到了自己的目标：去了苏联。但他却成了斯大林大清洗的一个牺牲品，在监狱里呆了两年。他的妻子和两个小孩成功地逃到了美国。1939 年希特勒与斯大林签署的临时条约中包括交换犯人，于是豪特

曼斯又落到了盖世太保的手中。在诺贝尔奖获得者劳埃的干预下，他获得了自由。劳埃是很少的几位有声望和勇气站出来反对纳粹的德国科学家之一。在与成功的发明家阿登尼共事过一段时间后，豪特曼斯几乎又回到了学术生涯。后来，他在瑞士的伯尔尼大学获得了一个教授的职位；我永远也不会明白迟钝的瑞士人是如何与有奇怪特性的他相处的。

他是一个连续不断的吸烟者，在一次不严重的事故被送往医院后，他被确定患有肺癌。他去世时只有 62 岁。他的最大的一部分仪器在顶楼布莱克特的实验室里，那就是他发明和建造的触发式云室，很多情况下，这是他工作的中心。关于“宇宙射线”有很多有趣的事情，我们知道它包含很多快速的粒子，但很少有哪一次云室的膨胀能显示出任何一个快速的粒子。现在布莱克特找到了方法，使得能拍下一个粒子的照片：在它穿过云室之前，要先穿过一个或几个盖革计数器来触发云室的膨胀，于是它的轨迹照片也就被拍了下来。这些轨迹大大增加了我们照片的数目，并显示了许多有趣的事情，也使布莱克特和他的同事有了许多重要的发现。

云室位于实验室的中央，大约有一个不错的庭院那么大。让人紧张的是，你永远不知道什么时候有一个宇宙粒子会把它触发，然后它就会像一门大炮一样“砰”的一声发动起来。于是我们尽量努力做自己的工作，并神经质地期待着在下一个小时里不知什么时候会被吓倒。当这种事情发生时，我们“国际联盟”的瑞士成员赫作格就会跳起来，把拍下了触发仪器的那个东西的相片底板取下来，把底板交给志愿帮助我们的他的年轻妻子，然后她就消失在暗室中。大约十分钟后，她又出现了，我们都围上去看我们逮住了什么鱼。有一次她没有很快出来，也没有人注意到，突然，她的丈夫大叫：“她怎么了？我 20 分钟前给她的底板！”话没说完就冲进暗室，怀疑他妻子晕倒了。不一会儿他们同时出来了，他的妻子大笑不已。那天剩下的时间里，他的妻子不断地以此取笑说：“多好的丈夫啊！居然让我死在那儿 20 分钟！”

有一次，布莱克特给了我和赫作格两张票，是星期五晚上听卢瑟福爵士在皇家研究所作的报告。我们工作到了该去听报告的时间，于是我们穿着平时在实验室里穿的破旧的棕色外套就去了那里。到了之后我们看见穿着燕尾服的绅士和穿着长裙的女士走下汽车，步入灯火通明的门厅。我们看了一会儿，赫作格说：“随便你怎么做，我反正是进不去了。”我比较有勇气一点；我走向一位收票员并问他：“我这样可以进去吗？”这个收票员把我从头到脚看了一遍然后说：“只要你自己不介意！”我几乎从来都没有听到过如此简洁和精彩的话；我第一次认识到了穿晚礼服不是一种义务而是一种特权！我们还是走了进去，尽情地享受卢瑟福的报告，他以伟大的风格阐述了原子被（在剑桥首次建造而后运往伦敦的）高压装置所分裂。大厅里还有一个像我们这样穿着的人，正努力想把自己藏在柱子后面。

布莱克特分配给我的工作是去找到正负电子湮灭时可能会发出的 X 射线，可是没有结果。不只一个而是两个法国人将我们难倒了，他们立刻为各种细节争吵不休。我很高兴从中抽出身来去干一些我自己的事：做一个云室，使它的敏感时间不只是几分之一秒，而是更长的时间（一秒或更多），可以一个接一个地观察轨迹，这样就不再需要布莱克特那复杂的触发云室系统而获得一些有用的信息。通过缓慢地膨胀云室中的气体，我得到了超过一秒的敏感时间。此时的云室非常美观而且易于操作，但这对研究工作并没有什么帮助，它从来就没有被理解为一台展示装置。于是我最后可能无所事事，但

让我感到意外惊喜的是：法国人发现了“人工辐射”，我努力使自己成为支持它的人之一。

1933年，普遍认为只存在十几种具有放射性的元素（原子核不稳定的元素），并且它们都是已知的。但到了1934年的1月，约里奥和他的妻子依伦（玛丽·居里的女儿），发现了铝在受到射线的轰击后发出正电子。他们用一个盖革计数器来测量那些正电子，并不断地抱怨计数器不能正常工作：当把射线源移开后，它还以递减的速率计数几分钟。他们徒劳地更换了一个计数器。但当铝被移开后，计数器立刻停止了计数。这完全不是计数器的问题，因为铝在受到了粒子的轰击后，没有立刻发出正电子，而是耽搁了几分钟。也就是说，粒子的撞击使铝核变成了有几分钟寿命的放射性核。

约里奥和居里在1934年1月中旬发表了他们的研究结果，产生了巨大的反响。显然，在其他很多场合下，粒子的撞击也能把稳定的核变成不稳定的核，许多人开始用粒子轰击各种元素。我觉得我是做得比较好的一个。为了显示出寿命比较短的产生物，我用从羊毛制品那里得到的零件，做了一个装置，它能把一个样品在几分之一秒内从粒子源下移开，使它避免照到射线。几天内，我在两种元素上有了结果（其中没有一种寿命短到需要我的装置），布莱克特确信我的工作已完成，需要立刻发表。我尽快地写出了关于实验结果的文章。他打电话给《自然》杂志的编辑，同时让我带着我的文章去那里。结果，六天之后论文就发表了，我认为这是一个世界记录。

可能就在那时，尼尔斯·玻尔访问了布莱克特。我在哥本哈根当然见过他，但当时有非常多的人在那里，我几乎没有和他说几句话。那时，布莱克特可能对玻尔说我的奖学金在10月就要用光了，并劝他说，我在哥本哈根会有用。这纯粹是猜测。我知道的是见面后玻尔走上前来，揪住我外套上的一颗扣子对我说：“你必须到哥本哈根来和我们一起工作。我们喜欢能真正操作假想实验的人！”他暗示了我曾在汉堡与斯特恩一起工作时做过的一个实验，它以前被认为只能在假想中实现。玻尔的来访，他和蔼的言语，令人印象深刻的善良的脸庞，使我非常振奋。于是我写信给我的母亲说，你再也不用为我担心了，万能的上帝揪住我的外套上的一颗扣子并和蔼地对我说话。

当我继续留在伦敦时，我原先对英国夸张的敬意变得完全相反了。比如，伦敦的大街（像牛津街）非常狭窄，超车几乎是不可能的；长串的汽车被偶然出现的马车的速度控制着，以葬礼行进的速度前进。居民们又怎么能忍受，这个城市居然有由十几个公共汽车公司组成的公交系统，拥有各种形状、颜色、大小的公共汽车，大部分的上层车厢还暴露在风雨中；公共汽车站牌根本不会告诉你什么车会在这里停，什么车不停。我和我的同事艾能伯格一起外出，省去了我不少麻烦。他跛得很厉害，只要他举起他的手杖，任何一辆车都会停下来，让他和我上去。

在德国住了6年，使我知道了人应该前后一致、周全地思考问题。我花了一些时间来思考这一团糟的好处，特别是公共汽车司机对我跛足朋友的好心是一个极好的例证。我逐渐领悟了每种人的品质都像奖章一样有两面：德国式的前后一致和周到把“精确和无情”印在了它的正面；同样，英国式的混乱和无秩序则意味着适应性和人性。

另外一件事使我迷惑，至少对我来说是事实。我的英国同事对他们狭窄的专业之外的物理学了解非常少。另一方面，他们对政治、文艺和体育的了解比他们的德国同事要多得多。我开始认识到，仅具有像物理（或其他学科）

这样一门专业的周全的知识，而不懂政治和人类行为，会使一般的德国人无法避开像国家主义这样邪恶的思想。有一次，布吕在卑克贝克学院作了一个题为“生命边缘”的报告，我以为报告者（我当时并不知道是谁）会讲一些科学领域的事情，可能与介于无机物和有机生物间的大分子有关。但完全不是那回事：令我非常惊讶的是他说的竟然是要学生不要学得太刻苦！一个学生不应该把他所有的时间都用来学习他的专业，他应该留一些时间记录他身边发生的一些事情。让我非常迷惑的是这种建议竟被认为是非常必要的；我觉得学生会变成心不在焉的傻瓜，而我的意见是应该鼓励学生努力学习他们的课程。但这个报告显然认为相反的观点也是必要的，以防止他们变得思想狭隘。

对呆在英国的这一年我记不得太多了。我记得有一次坐火车去南安普敦作一次两天的远足。那次很愉快，但我不知道我在寻找什么，我所看到的尽是一些无生气的山水，不时有一些令人愉快的峭壁。后来我决定到更远的地方去并向鄢德米耳的一个女房东预订了房间，那里是有名的湖区。它看上去非常像奥地利的湖区，它因不断地下雨而闻名。四天后，我返回了伦敦，因为那里的雨总是不停。但我的女房东坚持认为既然我预订了一个星期，所以我应该付一个星期的食宿费。

卑克贝克学院的工作环境也使我大吃一惊。我在和斯特恩一起工作时，有两个一流的工程师和一个不错的吹玻璃工人供我们支配，并且有最新的仪器和材料供我们使用，那把我宠坏了。我记得从英国写信回家说，仪器是用很多零件拼凑起来的，以至于几个星期以后，我都不敢去要求一根 18 英寸长的橡皮管！羊毛制品的存在救了我。那时没有一样东西超过 6 便士，不可否认，一双袜子会卖一先令；但豪特曼斯有一次坚持要买一只袜子，他解释说，这是送给一个只有一条腿的人的礼物。我们几乎能买那里的所有东西。有一次我买了一件女式的黑色内衣，这是以最简单的方法来获得光滑的黑色纤维来做我的云室的衬里。我没有勇气向实验室报销这笔特殊的花费。

工作室里也有两名工程师，他们大部分时间在聊天而不是在工作；他们的头儿是一个年长一些的工程师，他生命中的主要工作是防止科学家们用光他的螺丝钉。每当我们向他要螺丝钉的时候，他就他的抽屉里搜寻，他的抽屉里有几百个螺丝钉，大部分是弯的或锈的。聪明的螺丝钉分类法将我击败了；也许是出自于 19 世纪制造业者对于这样的混乱再也无法忍受而产生的冲动，有一天，他将他的工作室中所有的螺丝钉收集起来，按照大小、型号分门别类。另外一件让我们的总工程师烦恼的事是借工具（可能是有原因的）。他挂了一张巨大的纸，上面写着“请用后归还工具”，我们的“国际联盟”在它的下面把这句话翻译成了书写者熟悉的各种语言，一会儿，就写了十几种语言在上面。当我五年后回到那里时，我发现纸上已变成了几十种语言，很多是一些无法理解的符号如乌尔都语和阿拉伯语。但战争结束后，我问起那张纸时，我被告知：“喔，它太脏了，我们把它扔掉了。”我一直认为这是一件遗憾的事情。

我还注意到，大部分与我说话的人（不是外国人）不说英语。他们说伦敦话。在一次我偶然被邀请参加的舞会上，我问一位女士，哪里可以学到伦敦话，她被吓着了，而我看不出来为什么。我感觉到我能被邀请，大部分的原因是因为他们必须对外国人友好一些。总之，这不是他们的错，他们没有不幸地出生在大不列颠以外的地方。我对大量自发的友好表示感到非常惊

讶，特别是在列车车厢里完全陌生的人有跟我搭话的习惯。谈话总是从一些与天气有关的话题开始的，豪特曼斯总坚持认为英国人直到最近才有了像天气这样的东西，要不然它不会成为如此流行的话题。不久以后，我认识到谈论天气作为话题是一个非常好的社交发明，一个人可以用同样无趣的回答中止谈话或将它变成谈论板球、政治或歌剧。

那些年我对英国只有一些肤浅的认识，但至少我知道了德国式的生活方式不是唯一的。因为要去丹麦了，我很兴奋。尽管我不知道我期待着什么。不管怎样，我觉得我在英国的停留会成为一段插曲。我了结了我的工作，打点好行装就出发了。我又一次穿越了北海，但这一次我搭乘了有规律地在哈惠奇和埃斯伯格之间航行的渡船。我们没有遇上大风但遇上了雾。我们不得不在死静的海面上等待了好几个小时，船长才敢把船驶入了埃斯伯格港（那时还没有雷达！）。从那里又坐了一次火车，两次渡船，才到了哥本哈根。

一个科学家必须像一个孩子一样地好奇。要成为一个成功的科学家，必须保持这种孩提时的天性。

丹麦 1934 ~ 1939 : 1

尼尔斯·玻尔的研究所也是国际化的，但却是完全不同的形式。它是世界理论物理学家的麦加圣地。那里有很多外国人，但在不断地更换；许多人只是暂时的来访者，他们参加一两次研讨会或报告就消失了。我最早听到的报告是伽莫夫作的。我小心地询问，这位著名的苏联物理学家会说什么语言，回答是：“丹麦语，不用担心，你会听懂他的。”怎么可能呢？我刚到丹麦才几天。我甚至还没有开始我的丹麦语课。但我同样明白了伽莫夫的话；他在他的丹麦语里混进了英语和德语单词，还加了一些动作和有趣的图。他真的知道如何愉快地交流，就像任何人都会看懂他那本《托普金先生》一样，在那本书里，他用一种不太精确但十分有趣的方式向一些物理学的门外汉解释了许多神秘的物理知识。另一个与我比较亲密的人是普雷则克，一个有语言天赋的波西米亚人。后来我得知他从捷克斯洛伐克来，曾在维也纳学习过并曾到过整个欧洲。我认为在我离开哥本哈根的时候他已经能流利或不太流利地说十种语言，甚至还会说许多俏皮话。当我遇到他的时候，他接受了耶路撒冷大学的理论物理教授的职位正准备离开一小段时间。收拾他的行李是非常烦心的零碎活，他要我陪着他，以免他会睡着了。他不停地说着话，而我坐在一旁无聊地翻看那些还没有收拾起来的书。突然他大叫一声并举起了一张纸：那是柏林大学图书馆的一张 100 德国马克的押金收据，他几乎完全忘记了押金的事。而现在他可以在经过柏林的时候把它取出来了。这个意外的惊喜值得庆祝一下，我们找来了漱口杯，用它来喝白兰地。庆祝仪式结束后，那张纸居然已经不见了，于是普雷则克把行李又打开，漫无目的地寻找起来。最后他又找到它了，他把那张纸拿到我鼻子面前，这样如果它再一次不见了，至少有一个证人证明这一切不是一场梦。

他的行李收拾了好几天，当他离开的日子逐渐临近，他也慢慢变得急躁起来。最后一个晚上，我们一起力图将他剩下的东西塞进一个大衣箱里，我清楚地记得一床大鸭绒被总是露出一角来，而其他的三床已经被塞了进去。中途，他突然离开我和大衣箱，开始对他的一位来帮忙的丹麦朋友口授一封信，那封信包括对搬运工的指示，如何处理他各种各样的行李，哪些要运到以色列，哪些要保存起来，以后再运或留待他回丹麦。在火车出发前十分钟，我们才冲下楼把行李箱和衣箱塞进一辆出租车里，告诉司机立刻开往火车站。

那次，普雷则克如有神助般地赶上了火车。他保证说，以后再也不会这样了，至少要在开车前十分钟到达车站。我们比火车应该开车的时间晚到了一分钟；普雷则克跟在提着他的箱子气喘吁吁的搬运工后面跑进了火车站。看起来没有希望了；但火车还在那儿！卧铺车厢的乘务员注意到他的一个乘客没有上车，于是让列车等了两分钟；所以普雷则克终于赶上了。

后来，他在以色列和我经常联系，学校方面坚持要他用希伯来语作报告，而他并没有学过。开始，他拒绝了这一要求。他们给了他一年时间学习希伯来语（此外，他还学习了阿拉伯语）。一年后，他还是不愿意用希伯来语演讲（他觉得希伯来语无法满足现代物理学的要求）。而他们仍然坚持要求他这

么做。后来，他拍了一份电报“永远与犹太人绝交了”，然后回到了丹麦。

在实验室中普遍使用的语言是英语，一般的丹麦人都懂英语，何况是科学家们。不管怎样，我还是要学习丹麦语。我找到了一个老师，她是一位 80 岁的很有魅力的老太太。她每周教我三次，很有耐心而且讲得非常清楚。没过几个星期，我的丹麦语表面上已经说得很流利了，我的一个朋友说：“弗里希实际上只懂 20 个丹麦单词的意思，但他却把它们用得好像他懂非常多似的。”到达 4 个月后，我作了第一次研讨会发言，在提问之前，一切都进行得非常顺利；尽管我能模仿地说丹麦语，但我发现几乎不能理解它。甚至在五年之后，我已经能自如地说丹麦语了，但我经常不明白两个学生之间在谈论什么。

我认为丹麦语一定是从海边的渔夫们互相叫喊中发展起来的，那种情况下，辅音是听不见的。平常说的丹麦语几乎不包含辅音，就像一长串的元音，中间因喉头的偶然停顿而被分隔开来。不要认为我是在轻视丹麦语。它很柔软，很简单，并且有许多有力的成语是我在其他的语言中没有见过的。如果它被清晰地说出来，它是我见过的最好的、最令人印象深刻的语言。尽管它与另外两种主要的斯堪的纳维亚语言（挪威语和瑞典语）有联系，但它更柔和和舒缓一些。我一直感觉丹麦人是斯堪的纳维亚的奥地利人。

理论物理研究所当时有一个平的屋顶，我们经常在上面散步和谈论问题。那是一个阳光充足的地方，可以看见研究所后面的公园（后来它被遮盖起来，成了福利社）。一天，我们吃惊地看见普雷则克从小窗户里爬出来，跳到阳台上，脸上带着恶作剧的笑容，他把他身后厕所的插销给插上了。有人建议把他再从窗户里塞回去，但因为不太现实而被否定了。有好几天，我们只好到楼下去上厕所，但那是一个令人讨厌的地方。最后，一位瑞士的登山运动员站出来了，他叫布洛赫，也是一位杰出的理论物理学家。他痛苦地让他强壮的身躯穿过了小窗户才把门给打开了。

在另一个场合，普雷则克遭受了没有预料到的失败。我们在环绕哥本哈根的一个湖边散步，那是一个半圆形的人工湖，是在几个世纪以前哥本哈根周围的沼泽干涸时建造起来的。当我们抱怨本来可以穿过去的地方，现在却要走大约四分之一英里才能到下一条公路时，普雷则克开玩笑地说：“肯定有人可以游过去。”这个挑战被卡西米尔接受了，他是一个年轻的荷兰人，后来成了飞利浦研究实验室的主任。卡西米尔赌 20 瑞典元（那时大约相当于 1 英镑）说他可以游过去，普雷则克打赌说他不行，当时也在场的卡西米尔夫人给了她丈夫鼓励。卡西米尔接受了这个打赌后，他严肃地脱下他的外套交给了他的妻子，他妻子没有表示任何反对。而后他下水并游过去。我们都到了另一边最近的公路处与他会合。在那里，他拿回了他的衣服，伸手接过了赢来的 20 瑞典元，并花了其中的一部分乘出租车回到他的住处。第二天，他短暂地访问这 {ewc MV IMAGE, MV IMAGE, !08200110_0077-1.bmp} 里之后回荷兰。我们到车站送他，我们注意到他穿着晚礼服，显然那是他唯一干的衣服。

为什么科学家们喜欢浪费他们的时间做一些孩童般的恶作剧呢？他们都是近 30 岁的成年人，都是取得了一定科学成就并有一定声望的人。怎么解释这些孩童般的行为？我想科学家一定有与孩子们一样的好奇心。要成为一个成功的科学家，必须保持这种孩提时的天性，也许要保持就算这样一个天性也不是那么容易的。一个科学家必须像一个孩子一样地好奇；也许很好理解他没有保持另外一些孩童的特征。

开始，我的工作不是那么令人振奋。我还是继续做我在伦敦布莱克特那里进行的工作，寻找受到射线轰击后的新的放射性元素。我幸运地又找到了两种。但是，我想使自己变得更有用一些：我改进了放大器和盖革计数器。它们被其他科学家用来对放射性物质进行其他的研究，有些计数器有意地用薄金属管做成，它们在车床上被弄得很薄，抽成真空后用来做成计数器。此时，它们几乎承受不了大气的压力，于是便发生了一次（至少对旁观者来说）非常滑稽的事故。玻尔年轻的时候曾做过实验工作，但后来几乎完全把时间用在理论研究和管理方面，他似乎很遗憾无法抽出时间来再做实验工作。他喜欢跑到实验室去看我们。一天，他说：“能让我发挥一点作用吗？我并不像看上去的那么笨拙。”在我们警告他之前，他伸手拿起一个薄壁的计数器，立刻它在一声清脆的响声中被弄碎了。玻尔把它扔下，就好像它烫了他的手指头一样，然后尴尬地走了出去。他怎么会知道那个计数器即使在轻微的触碰下也会被弄碎呢？

1934年是物理学上值得纪念的一年。人工放射性被发现了，它吹响了嘹亮的号角。我们中的许多人（包括我自己）也跳上了这辆花车。几周内，一个到过意大利的人在伦敦告诉我，费米不准备（像我们一样）用 α 粒子而是用中子去轰击各种元素。这使我非常迷惑，因为中子非常稀少：你必须浪费成千上万的 α 粒子去轰击铍才能产生一个中子。用这么昂贵的子弹意味着什么呢？我没有立刻想到（像费米曾说的那样）这些昂贵的子弹却是非常有效的：一个中子最后肯定能击中一个原子核，因为它既不会被原子核所带的正电荷所排斥，也不会被固体中的电子所干扰，而这些都会使 α 粒子在几分之一毫米内被阻挡住，使它在它的行程中很少有机会撞上原子核。

当中子在1932年被发现时，费米以他那战略家的眼光认识到，使用这种新的粒子来做实验一定会处于非常有利的地位。于是他开始组织一批由青年物理学家组成的队伍，它们中的一些人被送到国外熟悉多种技术（赛格勒是其中一个，在汉堡我曾和他工作过一段时间）。当人工放射性被发现时，费米已经准备好了。他的论文在几个月内就发表了。那篇论文是令人激动的：实际上他轰击的所有元素都表现出放射性。有一些产生两种或更多种不同的放射性产物，每种都有它各自独有的衰减速率。

一个轻核被中子撞击后，经常会发出一个 α 粒子（氦核）和一个质子（氢核），变成一个不同（少一些）电量的核，并具有不同的化学性质；那些通常具有放射性的核会被费米小组中的化学家轻易地从被轰击的物质中分离出来。而重核则不断地吞食中子，然后变成原来元素的一个变种（重同位素），在化学上与原来元素分辨不开，但经常由于其放射性而显露出来。

开始，费米在他方便的随便什么桌子上把他的放射源（一个一英寸大小的蒸发器上面放有一些镭的化合物与铍粉的混合物）靠近他想轰击的东西。但结果是非常奇怪的，木头桌子表现出来的放射性比金属或矿石还要强。他猜想可能是木头里有氢原子；一个中子被氢原子核反弹回来（就像台球被另一个台球弹回来）而失去大部分速度，这样，慢中子可能更有效。于是他用中子轰击被（含有大量氢原子的）石蜡包围的混合物元素，他吃惊地发现有的样品的放射性增大了数百倍。

费米与里塞卡杂志订了一个协议，费米将他最新的结果送到他们那里，而他们必须毫不耽搁地发表出来；这个协议对双方都有好处，因为许多国外的研究所都决心捐款给这个至今很少有人知道的杂志。当普雷则克不在的时

候，我就成了唯一能懂意大利语的人，每当新的一期里塞卡杂志到来的时候，我就被一群人围在中间来翻译费米最新的发现。那是多么激动人心的时刻呀！

费米的实验中缺少一组元素，它们被称为稀有元素，大约有十几种，化学性质非常相近，很难区分开来；那时只有很少几个化学家有它们的样品。赫维希，著名的匈牙利化学家，是使用同位素的先锋。他在玻尔的研究所工作，一家德国的化工厂给了他一整套这些元素的氧化物。那家工厂原生产这些东西是在电灯代替汽灯以前做汽灯罩用的。我们让他的一个合作者，名叫列维的年轻女士，将这些样品一个接一个地暴露在中子下几个小时，然后用盖革计数器去探测每个样品。

我的盖革计数器有效地和放大器以及其他一些必须的仪器一起工作。它很容易靠近一个被列维小组用放射源处理过的样品。她每隔一定时间去读一次计数。通过这种方法，我们就能推断每种物质的半衰期（样品的放射性衰减到原来的一半所需的时间），还可以知道中子作用于这种特殊元素的效率。它们大部分产生很小的效果，几乎测量不到，但有一些产生了较强的放射性。我们把每个样品都测量一遍后，赫维希记下简短的结果然后去发表。但送出之前，他又（为了保险起见）要求列维重新测了一遍。有一种元素，镅，第一次测量时，它几乎没有什么反应。第二次也一样。但有一次正好到了我们吃饭的时候，我们把它放在那里就出去吃饭了。当我们吃完饭回来时，立刻发现计数器计数速率有些快了，所以我们让它继续下去。渐渐地，越来越多的人进来并观看这个奇怪的现象：随着时间的流逝，它的放射性不仅没有减弱反而越来越强了。

在我们认识到究竟是怎么回事之前，我们发明了许多荒唐的理论来解释它。实际上，镅的样品具有的放射性太强了，使得计数器根本忙不过来，而以非常慢的速率在计数，就像根本没有什么辐射一样。几小时以后，辐射衰减到计数器能以它最大的速率（大致一分钟几百次）计数时，才以我们都知道的半衰期的方式递减。事后，我们有些后怕。我们差一点就错过了发现一个如此强烈的人工放射物质，同时也是一个有用的中子探测器的机会。

对原子核的研究，同时还以另外一种方式进行着。那就是光谱学。原始的分光镜所显示出来的光谱线看上去是一些简单的直线束：它们有着精细结构和超精细结构，这对研究原子核的自旋和磁场的作用很有帮助。这项工作由一个丹麦的实验家雷斯穆逊和他的合作者在进行着。他们其中的一个是一个坦诚开朗的德国科学家，他有一位文静而有吸引力的妻子，他的名字叫考非耳蒙，所以他的妻子叫做考非耳蒙太太。

这个小组系统地研究所有能获得的同位素，每一组光谱的分析要花上大约几个星期。有人曾事先询问考非耳蒙太太，正在被分析的原子核会有什么样的自旋，这成了当时的一个笑话。尽管她并不是一个物理学家，但她神奇地几乎总能猜对。实际上，我们中的有些人说，去询问她是一个研究原子核自旋的简单而靠得住的方法。考非耳蒙小提琴拉得很好，我们经常聚在一起演奏音乐。

玻尔 50 岁了，正处在他的脑力和体力的顶峰。他体重很重，但当他一步跨两级台阶、大踏步地上楼时，我们这些年轻人都有些跟不上他。他还能在乒乓球方面击败我们。在小图书馆里有一个球桌，读者们好像并不介意偶尔有人在那里玩一玩。他年轻的时候，和他弟弟一样，是一个活跃的足球运动

者。他弟弟哈拉耳德是一个著名的数学家。哈拉耳德的球踢得还好些，曾一度是丹麦国家队的队员。每当一个他学生时代的人提及他年轻时的数学天才时，他就会说：“我算不了什么，你应该见一见我的哥哥尼尔斯。”

在外表上玻尔像一个农民，有一双多毛的手、大大的脑袋和浓密的眉毛。我还记得，透过他的眼睛，人们会被他的思想力量所抓住；而在他脸上会出现微笑，使一切又变成了玩笑。他是一个划船运动员，他到挪威的山峰上去滑雪，我还曾经见过他挥舞着一把长柄的伐木斧，非常精确有力地伐倒树木。他经常骑着自行车外出。有一次，他从苏联访问回来时，忘记了自行车的开锁密码。他只记得少数的几个杠杆推进去或拉出来，我们中的一些人见过他开锁，记得另外一些杠杆。我们把记忆都收集起来，经过紧张的半个小时，终于对上了密码，于是，玻尔这才能骑着他的车回家去。

晚上，我们经常去他的家里，那是丹麦科学院给他终身享用的荣誉之屋。那个屋子原是嘉士伯啤酒厂的创始人雅可布森在上个世纪建造的一个小宫殿。玻尔的妻子玛格丽特以她谦逊的效率、忠实的魅力与和蔼主持着晚餐。饭后，我们围坐在玻尔身旁，有些人就坐在他脚边的地板上，看着他装上第一斗烟并听他说些什么。他的嗓音柔和，带有丹麦口音，我们一直无法确定他讲的到底是英语还是德语；他两种语言都说得很流利并不停地在它们之间换来换去。这时，我感到苏格拉底又复活了，用他柔和的方式对我们诘难，把每次谈论提升到一个更高的境界，把我们的智慧给激发出来。这些智慧是我们拥有的，但我们自己并不知道我们拥有它。我们讨论的范围从宗教到种族，从政治到现代艺术。我不是说玻尔总是对的，但他总是能激发思考并永远不会让人感到平淡无趣。当我骑车穿过哥本哈根的道路回家时，我还常常陶醉在这种柏拉图似的交谈中。

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !08200110_0083-1.bmp}也许除了爱因斯坦之外，再没有其他同时代的科学家，不仅仅是在物理学的范围内，能如此强烈地影响我们的思维。我提到过他的原子模型，那使他在1913年立即出了名；电子像行星一样绕着原子核旋转，只能处于一些容许的轨道上，或吸收或发出射线而从一个轨道跳到另一个。这个图像当时是惊人的、不正统的。很有一些物理学家，我在汉堡的老板斯特恩也在其中，曾发誓说如果这种废话是真实的话，他们将放弃物理学（没有哪个照做了）。

玻尔本人十分清楚这个模型是很粗糙的；它描述原子就像用铅笔素描来描绘一个活生生的人一样。但他也知道得到一个更好的图像非常困难。设想一下，你要观察一个非常胆小的、只在夜间活动的动物。你可能拍到闪光灯照亮它的照片，但闪光灯会使它逃向安全的地方。同样，你能拍下原子的闪光照片，但闪光会使电子飞不见了。你可能为了避免惊动小动物而用微弱的光或它们看不见的红外光。但对原子来讲，这是不可能的：观察电子的位置至少需要一个量子的辐射，实际上，一个量子的X射线就足够将电子撞出原子。

红外光子要柔和一些，能够用来测量电子的速度，很像警察用雷达探测汽车的速度；但由于红外光子的波长太长，而只能告诉我们电子的粗略位置。如果你想同时测量电子的速度和位置，按照海森伯的测不准原理，这两者都会变得不确定。

玻尔认为这是他称之为并协性的一个特例：原子系统具有一些共轭量（像位置和速度），每一对共轭量中的每一个能被单独精确地测量出来，但不能

同时精确地将两个测量出来。并且，玻尔认为，并协性也适用于原子物理以外，并使我们更深地理解物质与生命、肉体和精神、或正义与仁慈之间的关系。我只能懂一点皮毛，但我认为它们非常重要并在今后的几十年里会有所收获。这有一点像画布的两面都画了画，在同一时刻，你只能看到其中的一面。

玻尔从不在琐碎的事情上浪费时间。有一次，我造访了他在海边的乡村小屋。我带去了一个数学问题，那是一个我无法解决的，一些智力杂志想要发表的问题。玻尔开始就说这是非常不重要的琐事，但马上又温和地安慰我。他处理这个问题就像一只猫在玩弄一只小田鼠一样。几分钟内他就搞清楚了问题的基本情况并找到了最佳的解决途径。然后，他就把它放在一边，问题的结果不再使他感兴趣。

但当他遇到一个真正的问题，一个严肃的物理学问题，他会非常投入。我一直感觉他像在表观上空无一物的空间中一只只有经验的蜘蛛，他确切地知道每个论点的“丝”上能承受多少重量。当他研究这些领域时，就变得很有信心，语言也富有活力并充满了想像力。我记得有一次，当长时间地讨论完量子理论的一些基本问题后，一个来访者说“思考这些问题真让我感到头晕”。玻尔立刻回答他说：“但……但……如果有任何人说他能一点都不头晕地思考量子理论，那他根本不懂这个理论的最基本的东西！”他从来不相信纯粹的、正规的或数学式的论点。“不，不！”他会说，“你不是在思考，只是变得有逻辑性了。”

另一个我必须谈到的科学家是弗兰克。我已经简短地提到他是梅特纳的终身好友。他还和赫兹一起因为用速度可调的中子激发稳定状态的原子而获诺贝尔奖。他从哥廷根来到哥本哈根。因为他是犹太人，参加过第一次世界大战，根据当时种族法，他可以免于受迫害，但要他生活在一个迫害犹太人的社会制度中是不可能的。他有非常英俊的外表，他很和蔼并对你的问题总是很有耐心，这使我立刻感觉他十分可爱。

在哥本哈根他不很愉快。尽管他很努力地学习，他的语言总是过不了关。当一个丹麦邮递员按了门铃并用丹麦语对他说了几句话后，发生了一个滑稽的小插曲。他听懂了邮递员的话并回答了，但当他看到那个人茫然的神色，就知道自己说的不是丹麦语而是英语。他又试着说了两遍，后来他说：“说出来的还是英语！”他在工作上也不顺心。他因为对原子和分子的研究而闻名，他对那个领域的实验有神奇的感觉。但到了哥本哈根之后，他发现我们都忙着研究核物理，而中子是探测原子核的极有希望的工具。于是他决心投入到中子的研究中，而我们也尽力地帮助他。有一次，{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0086-1.bmp}我跟他开玩笑说，你不久就会发现锐线系，就像你 1913 年发现原子的锐线系一样。但他悲伤地摇摇头说：“不，不，那种事情只会发生一次，原子核很不相同。”但他错了：就在一年之后，原子核的锐线系被发现了，就在他发现的原子的锐线系的附近。但用的方法完全不同。

弗兰克认识到跟在别人后面研究中子是错误的，于是他就放弃了；他认为在他这个年纪最好还是不要改变自己的研究领域。他去了芝加哥重新开始了他对分子的研究，特别是对极为复杂的叶绿素（它使植物叶子呈绿色）利用阳光将碳水化合物转化为有机分子的机制。这个问题很合他的胃口；他揭示了这个机制（植物生命所依赖）的基本原理，从而打开了通向一个更广阔

和多彩的有机世界的大门。

有一次我告诉他一个我的疯狂想法：通过云室可以观测到反中子。那时反中子还是一个纯属猜测中的东西。让我大吃一惊的是，几天后，当我和他去进午餐时，弗兰克提出了一个与我的想法完全相同的实验设想。我没有说什么。我想，可能他自己独立地思考过这个问题，我也不敢确定是否我曾把我的想法告诉过他。几小时后，他走到我面前对我说：“听着，弗里希，难道不是你建议的那个实验吗？如果是那样，为什么你不提醒我，为什么你不说：弗兰克，这是我的想法，这是我告诉你的！”没有多少教授会如此坦率地向一个年轻得多的人承认他的心不在焉。

1945年，弗兰克在一个更广泛的范围内为人所知，他率领一批芝加哥大学的科学家敦促美国政府不要对日本使用原子弹，而可以在一个荒凉的或无人居住的小岛上展示它的威力。当然美国政府有自己的理由拒绝了 this 提议，但“弗兰克报告”会流传下来，表明弗兰克不仅是一个伟大的科学家而且是人类利益的忠实捍卫者。

希特勒占领了奥地利，于是突然不是奥地利人了，我再也没有成为奥地利人……但我绝不愿意成为希特勒的臣民。

丹麦 1934 ~ 1939 : 2

1935年10月7日，我们隆重地庆祝玻尔的50岁生日。上午在大演讲厅的祝词揭开了庆祝的序幕，我早早地到了那里，但发现已经没有位置坐了。我走到后排靠在一个桌子旁：但一会儿所有站的地方也被挤满了。于是我爬到桌上盘腿坐在上面。开始感觉还不错，可盘腿坐在一个木头条上使我感到越来越痛苦。在接下来的两个小时里我又无法出去，因为人挤得满满的而致祝词也没有暂停时间。

晚上，在荣誉之屋举行了盛大的宴会。宴会上有很多人发言，他们谈论各种有关玻尔的回忆，关于远足或讨论问题，关于航行或其他冒险，晚餐进行得非常缓慢。每道菜上来后就有好几个发言，直到11点，晚餐还没有结束。第二天早上，玻尔夫人通知实验室说任何人只要愿意都可以去那里帮忙将昨晚剩下的东西吃完。赫维希利用玻尔生日的机会，献给他一份丹麦人民的厚礼。他筹集了10万丹麦元，买了半克镭送给玻尔。有了镭，就可以做成中子源，利用它，科学家们就可以做许多重要的实验；大部分物理学家用不了的中子，被赫维希自己利用起来，他用它们来制造放射性的磷，作为生物实验中的追踪元素。他创造了这种方法并取得了很多成就。

为了使镭成为一个有效的中子源，它必须与铍混合。我们有几块厚的铍，这是一种很硬、很脆的银色金属，我们要在瓷的研钵中把它研磨碎。今天，有更多方便的方法做到这一点，也更安全些。现在我们已知道大约1000个人中就有一个对铍高度过敏，只要吸入了微量的铍的粉末就会死亡。现在想起来有些后怕，那种事情当时很可能在哥本哈根发生。我被安排将那些铍的厚块研磨成粉末。我弄到了十几个杵和研钵，并让几乎实验室的每一个人都轮流来研磨它。经过几百个人几个小时的工作后，这种坚硬的金属铍被研磨成了真正细小的粉末（奇怪的是，它看起来却非常黑）；幸运的是，实验室里没有人对铍过敏。然后这些粉末与镭盐的溶液混合，让混合溶液蒸发干，我想，是赫维希亲自做这项工作的。

混合物被分装在几个带长柄的封闭小蒸发皿里，然后它会安静地呆在一个有一加仑容积的玻璃烧瓶中央，里面充满了二硫化碳。用这种方式，大部分的中子有很多机会撞击一个硫的原子并产生赫维希实验所需要的磷的放射性同位素。烧瓶通常放在研究所的一个井的底部，每隔两个星期取出来一次。把镭从里面拿出来，剩下的液体被蒸馏以浓缩放射性磷。二硫化碳有爆炸性，所以蒸馏通常以适当的温度进行几小时，一般是没有危险的。但是有一次，当我经过化学实验室的时候，管理蒸馏的女孩从屋里冲了出来，剧烈地咳嗽着并大叫“着火啦！”烧着的二硫化碳产生了令人窒息的二氧化硫的火焰。我屏住呼吸进去看了一下，巨大的蓝色火苗从裂开的烧瓶的颈部直冲屋顶；几秒钟后，我憋不住了，赶紧离开了房子。紧接着，赫维希也来了，他勇敢地用一条湿毛巾扑打瓶顶周围，希望能压制住火焰，但结果是，瓶顶破得更厉害，火势也更加猛烈。

援救人员和我们工作室的头儿阿尔森先生也来了。他是跑来的，和他一起来的还有一个人工作室的人员，他手里拿着一个二氧化碳的圆筒连着一个橡

皮管。阿尔森用它对着火焰喷，希望能将火扑灭，但火焰摇摆地升腾起来就像一条狂怒的火蛇。突然，他来了灵感！他把橡皮管塞进烧瓶的颈部，于是火焰立刻就停住了。我至今还记得，阿尔森得意洋洋地压住橡皮管，好像在担心烧瓶又重新会窜出火焰。

阿尔森先生是一位矮小的、枯槁的人，但是一个非常好的工程师。他是一个聪明和有创造力的人。他的古怪之一是他的裤子，他把它叫做打雷裤，因为每当他走近盖革计数器时，咔咔的计数就开始了。那条裤子在很多年以前被溅上了一些镭的溶液，他不愿意把它们弄掉。看来它们对他的健康没有什么坏处。

另外一次事故使一瓶二硫化碳成了一个威胁。一个女孩拿着新充好的瓶子从螺旋形的楼梯走下井底，那里保存着镭。这个井很多年以前就被抽干了，并做了防水处理以使它保持干燥；它的底在很深的地下，那里有一个自由振动的地方用来放摄谱仪，那是一种很精密的仪器，现在已经不大用了。不知怎么，在井底瓶子不小心滑落被打碎了。二硫化物立刻开始挥发，女孩赶紧跑上铁楼梯逃离有毒和易燃气体的追逐。我被叫来看该怎么办，我小心地屏住呼吸走下楼梯。走了一半，我的眼睛感觉刺痛，这样我知道井里一半已充满了很浓的二硫化碳与空气的混合气体，很容易爆炸。我又开始往上爬，心里想着会不会我的鞋子与楼梯砰出一个火花来，产生一个爆炸，把我掀上屋顶。我们的下一个反应是如何有效地将井里的蒸气弄出来。唯一安全的办法是用我们的大真空泵把蒸气给吸出来，然后通过一个窗户排放到空气中，风会把它吹散。但这要花很多个小时。我的卧室在研究所的顶屋，大约正好在井的上面，我冒着生命危险上床睡觉了。到了第二天早上，我还在那儿，而危险已过去了。

通常讨论新实验新问题的研讨会只有一个很简短的通知，消息很快便在几分钟里传遍了实验室，大家很快就都坐在报告厅里猜测谁会发言，会讲些什么。那是非常随便的场合，我记得有一次，当年轻的苏联物理学家朗道（我在前面提到过他，在爱因斯坦的一次演讲后表示不满）坐在长凳上，谈话谈得累了，就躺了下来。在那种姿势下，他还在继续对玻尔做着手势并与他讨论。玻尔则弯下腰急切地想说服他认识到自己是错的。他们两人都没有意识到这是不寻常的、在听众面前讨论科学问题的方式。经过在德国六年非常传统的气氛，我用了一些时间才能适应在哥本哈根理论物理研究所里的这种随便的习惯。在这里，评价一个人是看他清晰、正确地思考问题的能力。我认为玻尔太礼貌了，以至于从不对任何人说“你说的是废话”，但我们很快发现，当他说“非常非常有趣”时就代表这个意思了。

时不时，有消息说有的实验结果和我们已知的相矛盾。这些矛盾是必须被打倒的敌人，为了对付它们，玻尔会使出他全部的精力。有时，最终是那些实验错了，每个人都松了一口气。但另外有些时候，玻尔在某一天更高兴地告诉我们，是他犯了错误，当有人找到了正确理解问题的途径时，矛盾消失了。他从不迟疑地承认他错了。对他来说，这仅仅意味着对问题理解得更好了，是这个令他更高兴的吗？

我们有了中子源，这样我们就可以重复并扩展某些费米在罗马做过的实验，有些结果使我们有些不解。特别是他发现慢中子对有些原子核比快中子有效得多。实际上，整个中子被俘获的图像就很令人费解。按照当时对原子核的了解，中子应从原子核身边经过，只有很少的机会与它相碰。美国的贝

特已经尝试计算出这个机会有多大。我记得 1935 年一次研讨会，有人做关于他的计算的报告。玻尔不时地插话，我带着一点怒气地想，他为什么不让 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0092-1.bmp} 发言的人把话说完。突然，在他某一句话说到一半时，他停住了并坐了下来，脸色很难看。他病了吗？但他又突然站了起来，脸上带着歉意的微笑说：“现在我懂了。”

在那个值得纪念的几秒钟里形成的概念，后来被称为“复合原子核”。玻尔已认识到，当一个中子进入原子核后，立刻与里面的一个中子或一个质子相撞，然后那些核子会马上与其他的核子轮流撞击，于是中子的能量会很快地消散并分散到各个粒子上。有人也许会说，原子核变热了。然后经过很长的一段时间（实际上只有几分之一秒，但拿原子核的时间来看却是很长的），其中一个中子偶然具有了足够的能量而逃逸出去。如果在这段时间里，一些能量以量子（高能光子）的形式被释放了的话，就不会再剩下足够的能量，而中子就被友好地留下了。也就是说，原子核像烧红的铁棒一样，可以用辐射来进行冷却，然后就冷到不可能发出一个中子了。但这是一个相对较长的时间，根据不确定原理，复合核被容许占据明确限定的一些能态，费米的实验已经为这个说法提供了一些证据。弗兰克是最先证明原子有分立态的人，可他不希望在原子核中见到这种能态；但玻尔的观点使这种能态的存在变得有希望了。

那时，我对这些还不大懂，但普雷则克懂。他说服我加入他，于是我们一起测量了金、镉、硼和它们的各种混合物对慢中子的吸收。普雷则克需要一层非常厚的金，他灵机一动，找来一些诺贝尔奖章，这些奖章是在纳粹上台时，玻尔的德国朋友留在哥本哈根以便安全保存的。这些在其他方面没有什么用的金板被我们用来作科学实验，使我们感到非常满意！顺便说一下，奖章有一次更危险。那是在纳粹占领丹麦后，赫维希把它们溶解在一瓶酸里面；其他不少瓶子里装着有难闻气味的化学物质。战后，它们又被从溶液里置换出来，瑞典人又把它们重新铸造成奖章。

我和普雷则克的合作工作显示出金有很强的“反应”，他倾向于吸收能量非常低的中子，只有几个电子伏特，比原来期望的要小几千倍；镉也是如此。但这正好是玻尔的“复合原子核”的想法所需要的；你可以想象当他知道了我们的结果之后有多么的高兴，他敦促我们尽快把它发表出来。但这并不那么容易。普雷则克和我对如何表达我们的结果有不同的看法，又因为他只在夜间活动，我们只好在夜间写；大部分的最终讨论是在我极困倦的情况下进行的。但经过几个紧张的夜晚，我们终于达成了一致，把它完成了，虽然普雷则克还有一些微弱的抗议。我早上 4 点亲自把它送到附近的邮局以免再有什么变动。普雷则克提议说我们应打电话给玻尔，而玻尔已经去和国王共进晚餐了；他在电话本里寻找皇宫的号码，我说玻尔可能回家了，他才作罢。

我和普雷则克的合作非常自然，他知道应该去测什么，而我有仪器设备，特别是工作可靠的盖革计数器能测量他辐射处理过的任何样品。问题是我们在不同的时间里活动。我一般早上 8 点钟起床，而普雷则克经常到中午才出现在实验室里，打着哈欠，揉着眼睛。另一方面，我在午夜以前就上床睡觉，而普雷则克要工作到凌晨三四点。

赫维希经常失眠，晚上跑到实验室来。有一天，他用他浓重的匈牙利腔对我说：“弗里希，几乎任何时候我在实验室里都可以见到你，你从来不睡

觉吗？”于是，我解释说，我留在实验室里是陪普雷则克，通常到凌晨三四点钟，直到确信他把镭放回瓶子里，关掉计数器，我才去睡觉。赫维希沉思的脸上带着如梦的神情开始对我讲一个故事：当我还是一个孩子的时候住在一个村庄里，有一次他们捉住了一只失去母亲的小野猪，于是他们把野猪和家里养的小猪放在一起，希望它们能和睦相处；但不行。野猪习惯于夜间活动，整夜不停地翻弄，把家猪弄醒；而家猪也不让野猪白天睡觉。所以，几个星期后，两只猪都死了。

很自然地，我把普雷则克和这个悲惨的故事联系起来，他很快得到“野猪”的称号，就像给他的荣誉一样。他还极力否认他正在做真正的实验这一事实。有一次，我指出，他穿着实验室的工作服使任何人都很清楚他早就是一个实验者了，他马上就把衣服脱了下来。另一方面，他也不承认自己是一个理论家，他说：“我是一个实验者，或者说我曾经是。我停止工作后，人们又说我是一个理论家。”这是一个颠倒的大话，因为，实际上他工作非常勤奋并在理论物理学方面作出了重要的贡献，尽管他没有规则的工作时间。

普雷则克不是一个很整洁的人（除了他我又能攻击谁呢？）。有一次，他几乎绝望了，因为他从玻尔那里借来的一篇文章找不到了。他发动我们都去找这个东西，他起誓说，如果找到论文的话，他要变成最整洁的人。我们中的一些人坚持要他把誓言写到黑板上让大家都看见，普雷则克把它不仅用英语写到了黑板上，还附带用了苏联的西里尔文、希伯莱文和阿拉伯文。他写完后，论文立刻就出现了。尽管普雷则克努力遵守自己的诺言，但我不能说我在他身上发现了任何的变化。有一次，外面下着大雨，我把我的帽子借给了他，但第二天或第三天，他还是没有把帽子带回来。他说他不知道把帽子放到哪里去了并提出要给我赔偿。“那么，”我说，“我买那顶帽子的时候花了两英镑，但我已经戴了很多年了。”普雷则克拿出钱包，递给我相当于两英镑的钱说：“我又不是旧货商。”

随着历史进程的发展，有些事情也降临到我的头上，虽然身为一个处在世界闻名的象牙塔里的科学家，也不能幸免。希特勒占领了奥地利，于是我突然不是奥地利人了；我再也没有成为奥地利人。我报告了警察局，他们告诉我必须申请一个德国护照。这是不可能的，我绝不愿意成为希特勒的臣民之一。我很担心丹麦人是否会同意更新我的许可证，以前是每年更新一次，我记起来现在变成了每年更换两次。我不知道玻尔是否愿出来为在他研究所工作的难民（我显然不是唯一的一个）说话。

实际上，在奥地利被占领前，我已经和一个瘦长的美国物理学家拉斯勒特预定了一次假期旅行。他花了好几个月时间安静地学习丹麦语，但在实验室里他从不用它。在大部分时间里，他都斜靠在椅子上，脚放在桌子上，腿上放着一块黑板，不停地一个接着一个地画着我们正在建造的回旋加速器的组成部分。他是从劳伦斯那里借来的，劳伦斯在他位于加利福尼亚的实验室里已建成了第一个回旋加速器。无论如何，我们计划到瑞典和挪威作一次小旅行，那里的语言和丹麦差别不大。

丹麦被占领时，我们正好出发。我的奥地利护照已经没有什么用了，幸亏我的丹麦语还不错，说服了瑞典移民局的官员让我入境了。他建议我们在进入挪威之前与挪威领事谈一谈。这花了我们两天时间，因为我们到达时是星期六。但是，我们在那里遇到了一些朋友，一起度过了愉快的周末。星期一，挪威的官员很合作，让我们继续我们的旅行。因为他见我们都有回程票，

愿意相信我们真的会返回丹麦。我们的列车正好在中部山区开向挪威的一个城镇贝尔根，它位于非常北的地方。列车缓慢地开向分水岭，我们感到有必要在这阳光灿烂的可爱群山中呆上几个小时。我们临时作出了决定，带着我们少量的行李，就跳下了火车；列车走后，我们打听何时再会有车，回答是“在 24 小时之内”。

这样，我们要在这里停留一天，正好在分水岭的顶上；柔和的、阳光灿烂的天气让位给了风雪，而当时是 6 月，我们没有穿外套。离车站半英里远的一个旅店，因为不是滑雪季节而关了门。幸运的是我们说服了一个看门人将门打开，给了我们一间有两张床的房间。我们在里面度过了大部分时间，因为外面太冷了。第二天，当我们又坐上火车时，别提我们有多高兴了。

我们晚了三天才到贝尔根。因为拉斯勒特觉得他必须回去工作，我们看了看车票后，只好难过地决定放弃大部分著名的美景，如著名的哈丹根狭湾。而且我们必须多花些钱乘飞机从贝尔根到斯塔宛格，那是另外一个不太漂亮的狭湾。那是我第一次坐飞机，但很失望，就像坐在嘈杂的乡间公共汽车里一样。飞机里坐满了挪威的农民，但从我的左边可以看见冰雪覆盖的山峰。到了斯塔宛格，我们按照已买好的票坐上汽车开往挪威的最北端。经过几小时的急转弯之后，我们几乎立刻就上了船。我们已精疲力竭并有些晕船。我们穿过卡特夹特返回丹麦。那是我所经过的风浪最大的航行了，整个晚上我们都感到恶心呕吐。甚至当我们踏上了坚实的大地，还感觉大地在摇晃，波浪冲击着岩石的突出部分，就像大炮里打出的玫瑰花一样，溅起几百英尺高的浪花。我们在我的一个丹麦同事安德逊的家里休息，但拉斯勒特坚持要乘第二天的车回哥本哈根，而我很懒，在这个令人愉快的家里多呆了两三天，在草地上打滚，和他两个可爱的孩子玩耍。

希特勒占领了芬兰，甚至连我都认识到整个欧洲的平衡已经被打破了；我们不能指望操纵在别人手里的和平还能维持很久，希特勒迟早是要占领丹麦的，而我就会下油锅了。普雷则克冷淡他说：“为什么希特勒要占领丹麦？他可以打电话来嘛，是吗？”这是一个残酷的玩笑，但离事实不太远；当纳粹最终侵入丹麦的时候，军事抵抗在几个小时内就崩溃了。在 1939 年的早些时候，恶兆就已经摆在大家面前了。

从那时起，每当有英国的来客，我就开始探听是否能在英国找到工作。在那里我才能真正逃离被投入集中营的危险，甚至能有机会向残害人类的行为进行反击。那时我还在哥本哈根继续我的工作，但已经有些心不在焉。我觉得开心的、有成果的时期已经结束了，现在无论我干什么都不可能完成。但是，传来了非常惊人的消息：铀的裂变被发现了。

原子核的裂变展示出了一条使原子核释放出巨大隐藏能量的途径，也是产生原子弹和原子能的途径。

原子核能

我说过原子核的质量是氢核质量的倍数吗？这并不完全对：大部分要轻百分之一，就在这里隐藏着核能（通常叫“原子能”）的秘密。当质子聚在一起形成较轻的原子核后，它们的联合质量减轻了 M ，而很大的能量 E 被释放出来了，它们之间的关系可以写成爱因斯坦方程 $E = Mc^2$ 。其中因子 c^2 （光速的平方）是一个很大的数，所以很微小的质量对应非常巨大的能量：例如一个指甲的质量相当于一个小镇一天消耗的能量。

能量有各种单位：电表上的度（千瓦时），煤气表上的立方米，诸如此类的。这些都是和日常生活相适应的单位，对单个的原子核来讲，实在是太大了。它们使用的单位一般是百万电子伏特。这是一个电子（或质子）被一百万伏特的电压所加速后得到的运动能量。一个典型的粒子的能量约为 $5 \sim 10$ 百万电子伏特（Mev）；每秒大约需要几百万倍于这样的能量才能使一只手表不停地走动。

20 世纪 30 年代，曾通过测量原子核裂变中释放出来的粒子（如质子）的能量来检验爱因斯坦方程。两个原子核相互撞击后核子重新组合产生两个新的原子核；当它们都是自然界中已知的元素时就可以比较它们碰撞前后的质量，并检验质量差与释放的能量的关系。质谱仪被用来做这个实验，它很快就精确地证明了爱因斯坦方程是正确的，误差在几分之一百万电子伏特内；只要产生的原子核是稳定的，就能用质谱仪测量，结果都是肯定的。当产生了不稳定的原子核时，它会不断地放射粒子以使它又重新变成稳定原子核，这样就必须将它放射出的粒子考虑进去。不久，出现了几百个实实在在的测量队伍组成的网络，他们互相检验结果。这样，上百个同位素的质量被精确地测定了。

这种质量所对应的能量告诉我们什么呢？好的，至少告诉了我们一件事，即为什么太阳能不停地燃烧。如果你冲进被你叫做太阳的、并非由特别纯的氢所构成的白热的大球，你会发现随着你靠近中心，温度和压强会急剧地升高，太阳中心的温度约有 1000 万度。在如此高温下，氢核运动得非常快（约每秒 500 公里）。这样，它们能不顾它们之间的排斥力而时常撞在一起。还有一些微量的其他元素，使发生的事情复杂起来；后来我在洛斯·阿拉莫斯遇到的贝特首先详细地研究出这个过程可能的机制。长话短说，其结论主要是，氢核相撞后，氦核形成了。一个氦核由四个氢核（其中两个变成了中子）形成，每一个氢核在这一过程中放出 7Mev 的能量。这种“原子火”产生的能量是普通“化学火”（例如氢气与氧气混合燃烧）所产生的能量的几百万倍。尽管维持太阳燃烧所耗费的氢是惊人的：大约每秒 10 亿吨！但太阳是巨大的：在地球成为固体后的 40 亿年中，太阳才用了它所有氢的几分之一。

当继续产生一些更重的核，能量仍被释放出来，但却少得多。耗尽了氢的恒星变得不稳定。这样就生出了许多关于新星、超新星、脉冲星诸如此类的引人入胜的问题。我已是如履薄冰了，让我们回到实地上来吧。

我们有一些简单的线索。轻核含有同样多的中子和质子。原{ewc
MV IMAGE, MV IMAGE, !08200110_0100-1.bmp}因是泡利不相容原理的另一种形

式：两个质子自旋相反，与也是这样的两个中子能占据同一个量子态。第一个这样的大家庭就是氦核，尽管在地球上很少，但在太阳和其他的恒星上却非常的普遍。但是为什么重核含的中子比质子多一些呢？为什么中子对质子的比例在铜里是 1.2 : 1，在碘里是 1.4 : 1，在铀里是 1.6 : 1 呢？这是因为质子是一个不好的俱乐部会员：它带有电荷，相互排斥；如果把它们中的一些变为中子，重核会更加稳定，尽管这样会使它们占据一个高一些的量子态。正如我前面提到过的，当原子核含有过多或过少的质子，它在一段时间后会放出一个电子或正电子来进行自我调节。

但是在最重的核里面，虽然中子对质子的比例已经达到极限，质子仍然受到猛烈的相互排斥力。那么，为什么它们没有被挤出来呢？质子相互排斥，而中子（不带电荷）不会受电磁力影响。是引力吗？可它比电磁力小几百万倍。

今天我们知道，当两个核子靠得很近时，它们之间的吸引力非常强烈。我们没有什么特殊的名字赋予这种吸引力，而简单地称之为“核力”。它非常有些像胶，而我们认为我们知道一些胶的性质。这种力只在同一原子核的核子之间起作用，当两个核子相撞时是个例外。

但是最重的核在卸下它们的一些讨厌的包袱时耍了花招。两个质子和两个中子会聚在一起成为一个小家庭；在获得 28Mev 的能量以后（就像太阳燃烧的那个过程一样！）才被批准外出。在经典力学中，这个过程是不可能的；就像一个爬山运动员想爬出一座火山，却没有带足够的干粮一样。它们会发现在它们到达边缘并克服其他核子的吸引力之前，能量就耗尽了。

经典物理学家对此十分执拗，但量子力学的定律则比较宽容一些。他们容许原子级的爬山运动员在火山壁上开个隧道，许多物理学家很喜欢这么比喻。或许你会猜测两个电子和两个质子通过海森伯测不准原理先借一些能量，使它离开原子核变成氦核，在新生成的 α 粒子受原先的核的排斥力而快速地逃离火山外壁之后再归还这部分能量。但是这种贷款在数不清的几十亿次申请中才会批准一次；也就是说 α 粒子在任何一次裂变时逃逸的可能性是非常小的并依赖于原子核的状态。考登（美国）、顾维（英国）和苏联的伽莫夫在 1926 年通过薛定谔的波动方程计算出了这个可能性的大小。

直到 1938 年，还没有人能想象原子核在质子相互排斥下会以其他的方式裂变，也就是分裂为几乎相等的两半。仅仅是机缘巧合我才与“原子核裂变”的发现联系起来，原子核的裂变展示出了 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0102-1.bmp} 一条使原子核释放出巨大隐藏能量的途径，也是产生原子弹和原子能的途径。

奥地利的被占领改变了我的姨妈梅特纳，使一个奥地利的物理学家变成了一个德国人。她曾因在德国多年的工作而很有名，但现在她很害怕因为是犹太人的后裔而被打发掉。并且，还有一种谣传，科学家不会被允许离开德国；于是在她的荷兰朋友们的帮助下，她被劝说（可能是被迫）匆忙地离开了德国。到了秋天，她接受了到斯德哥尔摩的席波安领导的诺贝尔研究所工作的邀请。我曾有与她在柏林共庆圣诞的习惯；这一次，他被瑞典朋友邀请到一个小镇去过圣诞节，她叫我也到那里去。这是我一生中最值得纪念的邀请。

让我先来说明一下。梅特纳曾在柏林与化学家哈恩共事了约 30 年，在最近 3 年中，他们用中子轰击铀并研究生成的放射性产物。首先这样做的费米

认为他造出了“超铀”元素，也就是原子序数在铀（已知的最重元素）之后的元素，作为化学家的哈恩则很高兴他又有一种新的元素来研究了。但梅特纳发现要解释为什么会生成很多的产物是非常困难的，当有些产物（在巴黎）被发现显然比铀要轻，事情就变得更复杂了。就在梅特纳离开德国之前，哈恩已证实的确如此，并且有三种产物的化学行为很像镭。很难理解在中子的轰击下是如何产生镭的（原子序数比铀少4），梅特纳写信请求哈恩在把事情完全弄清楚之前不要发表结果。于是哈恩和他的同事，化学家斯特劳斯曼，决心做实验进一步证实那些产物的确有与镭一样的化学性质。

当我和这个小镇度过一夜之后走出我的旅馆房间，我发现梅特纳正在读一封哈恩寄来的信，一副很担心的样子。我想告诉她我正计划做的新实验，她根本不听；我只好看了看这封信。哈恩和斯特劳斯曼发现那三种产物不是镭；实际上他们无法把它们与钡区分开来，这些钡是他们加进去帮助分离产物的。他们犹豫地、不情愿地得到了结论，产物是钡的同位素。

这只是一个错误吗？不，梅特纳说，哈恩是一个非常优秀的化学家。但钡是如何从镭里面形成的呢？从来没有发现比质子或氦核（ α 粒子）更大的碎片从原子核中放射出来，同时发出大量的没有用的能量。而铀核被切开也是不可能的。一个原子核不像一个脆的固体能被切开或打碎；伽莫夫早些时候就已提出来，玻尔也曾讨论过，原子核更像一个液滴。也许，一个液滴被拉长时会缓慢地分成两半，但接着就紧缩了，即使被破坏也不会再分成两半了。我们知道有一种很强的力阻止分裂的发生，就是液滴的表面张力倾向于阻止液滴被分为两小部分。但原子核与液滴有一个重要的区别：它们带电，可以抵销表面张力。

认识到这一点后，我们就坐在一个树干上（大部分的讨论是在我们穿过雪中的树林时进行的。我穿着滑雪靴，而梅特纳说她不穿也能走得很快），在小纸片上计算起来。铀核所带的电量完全可以抵销表面张力；这样铀核就像一个左右摇摆、不稳定的小滴，一{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0104-1.bmp}个小的扰动，比如单个中子的撞击，就会使它分裂。

但这又有另外一个困难。在分裂后，两部分会因为相互间的排斥力而高速反向运动，这需要很多能量，大约200MeV；能量从哪来呢？幸运的是梅特纳记得那个计算原子核质量的经验公式并算出来新生成的两个原子核的质量之和比铀原子核的质量要轻大约五分之一一个质子的质量。每当质量消失时，能量就出现了，按照爱因斯坦的质能公式 $E = Mc^2$ ，五分之一一个质子的质量刚好等于200MeV。这就是能量的来源，一切都吻合了！

几天之后我有些激动地回到哥本哈根。我把我的怀疑（当时它的确不大像真实的）告诉了正准备去美国的玻尔。他只给了我几分钟时间；我刚开始跟他讲，他就拍着自己的前额说：“我们曾多么愚蠢呀！但这相当精彩！他就应该是这样子！你和梅特纳写了论文吗？”“还没有，”我回答，“但马上就会写。”玻尔答应在论文发表之前他什么也不会说，然后就出发赶他的船去了。

梅特纳当时已回到了斯德哥尔摩，论文是在几次长途电话中作好的。我问一个和赫维希一起工作的美国生物学家，他们是怎么称呼一个细胞分成两个的过程的？“裂变。”他说。于是我在论文中用到了“原子核裂变”这个词。普雷则克怀疑我是否能做一些实验显示这些铀的高速运动的碎片。奇怪

的是我竟然未曾想到这一点，此时我立刻开始了实验。实验（真的很简单）在两天内做出来了，我作了简短的记录，把它和我与梅特纳在电话中作好的论文一同寄给了《自然》杂志。这一次没有布莱克特的催促，五个星期之后，论文才被登出来。

同时，哈恩和斯特劳斯曼的论文到达了美国，好几个小组在几个小时内做了我在普雷则克提醒下做的同样实验。几天后，玻尔知道了我的实验，他不是从我这里知道的（在我准备花钱拍一个越洋电报前，想多得到一些结果！），而是从他儿子汉斯那里得到的。我曾与汉斯偶尔提到了我的工作。玻尔发来了大量电报，询问我实验细节及进一步可能的实验，并努力说服记者们，这决定性的实验是在哥本哈根的弗里希先于美国人做出来的。这可能是为什么报上说我是他的女婿（尽管他根本没有女儿，我当时也没有结婚）的原因吧（报上登了好几次）。我能了解这是怎么回事：一个记者问：“玻尔博士，你怎么知道的呢？”玻尔说：“我儿子（son）写信告诉我的。”记者心想：“他的儿子，为什么姓弗里希？一定是女婿（son-in-law）。”

在美国一片骚动时，我们继续地在哥本哈根安静地工作。梅特纳感到可能哈恩认为是“超铀”物质的大部分放射性物质也是裂变的产物！一两个月后，她来到了哥本哈根，我们用一种叫“放射性反冲”的技术证实了以上看法，放射性反冲技术是她在30年前首次使用的。一些超铀元素也被生成了，这一点被加利福尼亚的麦克米伦证实了，他使用了一种比哈恩和梅特纳更加灵敏的技术。

在这个激动人心的时刻里，我们忽略了一件事：链式反应。这是我的一个丹麦同事缪勒首先对我提出的，他说，裂变的每个碎片（新生成的两个原子核）可能会有多余的能量放出一到两个中子；这些中子可能又引起另一次裂变而产生更多的中子。在这个链式反应中，中子会成倍地增加就像草地上的野兔子一样！我的第一反应是，如果这样的话，地球上就不会有铀矿残留到今天，它们会因为中子爆炸式地成倍增加而被用光。但我发现我的观点太狭隘了；铀矿里含有的其他元素会把中子吸收掉，而薄的地层会使大部分中子逃逸掉。缪勒的话展开了一幅激动人心的画面，只要弄到足够多的纯铀（要小心操作！）就可以启动一个可以控制的链式反应，使原子核驯服地放出大规模的能量。不久我发现，很多人也独立地产生了这种想法。当然，原子弹（没有控制的链式反应）的幽灵也同样存在；不管怎样，在短时间内，它还不会对我们构成威胁。这种自得的情绪建立在玻尔一个微妙的但似乎很有道理的观点之上。

在一篇与美国的惠勒合作的论文中，玻尔下结论说，大部分裂变放射出来的中子太慢不足以引起主要的同位素铀 238 发生裂变。但慢中子却能使铀的稀有同位素铀 235 发生裂变。如果他是对的，那么我们使天然铀产生链式反应的唯一机会是使中子慢下来，使它对铀 235 的作用增加。但如果这样的话，是不可能得到猛烈爆炸的；减慢中子要花去一些时间，尽管如果快中子仍然成倍增加，那最多（至少！）会使整个系统热起来并使自己消散，而只有非常少的一部分核能被释放出来。

这些都是对的，原子能反应堆完全按照玻尔预见的步骤被建立起来。他唯一没有预见的是联盟国的科学家们由于害怕希特勒先造出这种毁灭性的武器而产生的狂热的创造力。到了那时，已经知道有两种方法产生核爆炸：通过很容易分裂的铀的同位素铀 235 或在原子能反应堆中产生的新元素钚的

分裂得到。我已走到我的故事的前面了。

我经常被问到，那时为什么我不悄悄地放弃我的研究，为什么要进行一项一旦成功就会制造出具有无与伦比威力的武器的研究？

伯明翰 1939 ~ 1940

我同丹麦的分别，一点也没有传奇色彩。我收到一封马克·奥利范特写来的信，他是伯明翰大学物理系的主任，邀请我暑假到他那里去，去后再讨论如何安排我。在几个月以前，当他访问丹麦的时候我向他讲述了我的担忧。于是我收拾好了两件简单的行李，像一个观光者一样，乘坐车船前往英国。奥利范特给我一种很有信心和镇定的感觉：只要有他在场，你就会感到任何事都不会出错，该办的事一定会被完成得井井有条。让我用一个例子来说明这一点吧。有一次，在茶室里，我们都站在那里谈论物理问题，奥利范特放下他的茶杯然后说：“我们在这里的确需要一块黑板，我们讨论时不能没有它。”接着他转向他的一个助手，要他去找一个没有用的黑板来。几分钟后，助手回来了，说已找到了一块，但太大了，不能从楼梯上来。“不用担心，”奥利范特说，“我们可以把它从窗户里弄进来。”他叫几个人去找滑车和工具，这几个人找到后爬上屋顶，把它固定好然后把黑板从一个窗户里提升起来，然后从茶室的窗户里弄了进来，不到半个小时，我们就有一块黑板了。在其他地方，这可能需要好几天的计划最后还是纸上谈兵。我在伯明翰的第一个星期是愉快的。在炎热的夏天，我花了{ewc
MVIMAGE,MVIMAGE,!08200110_0109-1.bmp}大部分时间躺在太阳下面：这里没有什么其他的事可做。奥利范特让我做助理讲师，但这是暑假，根本就没有课。国际局势动荡不安，每一天，任何事情都有可能发生；没有必要急着回丹麦。我想我们都能想象出韦尔的书《将发生的事》中的景象；飞机编队投下成千上万的炸弹，就在一天的时间里，楼房倒塌，数百万的人离乡背井，而且很可能会出现不宣而战。

事情并没有那么坏，但形势一天天恶化。希特勒收到了最后通牒，要求他要么从波兰撤军，要么考虑准备同英国打仗。我们怀着非常庄严的心情围坐在收音机旁，听里面说，最后期限已过，战争开始了。但过了相当长的一段时间，也没有房屋倒塌，没有呼啸的炸弹。希特勒很清楚，我们不可能制止他进军波兰，在他转向西方以前，他要继续做他的事。这些都是历史，我不想再写它了，其他人已经写得比我好多了。

有一段时间我住在大学旁边的一位房东老太太那里；那里提供早餐和住处，我在其他地方吃另外两顿饭。冬天非常寒冷，有几个星期温度在冰点以下，甚至有时候降到华氏零度，也就是 - 18：这在英国很不平常，尽管我在德国曾经历过比这更冷的气候。这里下了非常多的雪，每天早上我穿过前门的小花园，雪已堆到了我的腰部。

奥利范特分配给我的工作是非正式的。他给初学者作即席的随便的讲演，依靠他的技巧，他能没有多少准备地把事情说得头头是道。但他也知道，有些学生不错并需要更深入的知识。于是在他第一次演讲的末尾，他说：“如果有人还比较迷惑或想提问题，在 3 号教室的弗里希博士会帮助你们！”

那些时间非常热闹，正对我的胃口。通常我会发现有 20 多个学生，为了使气氛随便。我走进去坐在讲台上的凳子上，晃着我的腿说：“现在有人开始对我发难吗？”一般会有一小段时间的沉默，接着他们就抢着发言了。我

记得有一次，一个女孩问了第一个问题“跟我们讲讲粘滞性”。“关于粘滞性的什么问题？”我问。“关于粘滞性的所有问题。”她说。这个要求太高了，但我尽力使他们能理解在奥利范特的课上记的笔记。

那些天里，有大量与原子核裂变有关的令人兴奋的问题。但我们没有足够的装备去开展这项工作；在伯明翰没有回旋加速器。而且奥利范特已决定主要把精力集中在天线定位器（后来被称为雷达）的开发上：也就是一项通过从一个物体（比如说是敌人的飞机）身上反射回来的短波长的无线电波来探测它的方向和距离的技术。这项工作是保密的，而我们外国人（那里有几个）是不容许参与的，甚至不容许知道在干什么。这秘密在很大程度上有些像猜字游戏。我记得在喝茶的时候，奥利范特会无意地走近我的同事佩尔斯，一流的数学物理学家，然后说：“如果你碰到的一个问题是解一个半球形真空导体的麦克斯韦方程，你能解出来吗？”佩尔斯会说：“嗯，这是一个有趣的问题，我要想一想。”至此，佩尔斯已知道了这和雷达所需要的波长非常短的电磁波有关，而奥利范特也知道佩尔斯已知道了。我想，佩尔斯也知道奥利范特知道 he 知道了。但他们俩都不说，就好像是一个纯粹的学术问题突然被奥利范特遇上了，而他拿来对佩尔斯提出挑战，也许是为了试试他作为数学物理学家的能力。我没有数学天赋，于是就算在那么有限的范围内我也不能参与这项工作。

无论如何，我当然要做一些研究工作，自然地，我想找到一个合适的有关核裂变的问题。一个紧迫的问题是玻尔的看法到底对不对，是否观测到的由慢中子引起的裂变不是铀 238，而是稀有一百多倍的铀 235。用唯一可行的方案去验证它，必须有改变了这两种同位素比例的铀样品。于是我开始阅读与分离同位素有关的书，有一种方法看来很简单，我觉得只要从系里全部用来发展雷达也不富裕的物资中弄出一点点，我就可以做出一个那样的装置。

这种分离方法是由德国人克劳修斯发明的，只需要一根直立的长试管，中心有一根电热丝。这个试管用来装需要分离的同位素的化合物。克劳修斯的理论（已经被实验证实）告诉我们，含有大量轻的同位素的物质集中在试管上端，含有重同位素的则在下面。理论极简单。

经过几个星期对高难数学问题的钻研，我开始对这个理论熟悉起来：我知道了，如果要使装置达到最高的效率，最好不要用细金属丝而用粗的金属棒，或者在试管中放一些电热元素。这样一个玻璃试管是一个玻璃工为我做的，我想试验一下这个方法，于是第一次试管里只有空气。如果成功的话，轻一些的氮会在顶部，而重一些的氧会在底部（当然，有一些简单得多的办法可把它们分开，这只是试一试这个试管）。

但我的工作进行得很慢。那个玻璃工被雷达的工作给占用了，只能分给我很少的时间。而奥利范特曾向我保证说我没有被忽视。工作地方也是一个问题，所有的实验室都被用来研制雷达了。但是我找到了一个不用的小教室，我被允许在那里建立我的实验设施。

当这一切在进行时，我没有想到我被邀请为化学学会写一篇论文，作为他们的年度进展报告。我准备在我的卧室（起居室）里写。煤气取暖器整天开着，白天的温度可以升到华氏 42（6 ），但到了晚上，我床边的杯子里的水都结了冰。我所能做的是把一把椅子放在非常靠近煤气取暖器的地方，穿上我的冬服，把打字机放在我的腿上。这样我就全方位地被保护起来。煤

气取暖器的辐射刺激着我的血液涌向头部，我的论文按时完成了。

当然，论文是有一部分提到了核裂变，这在当时还鲜为人知：它提到了激动人心的链式反应的可能性，但也提到了玻尔一再保证真正强烈的爆炸不会被制造出来，就算把铀聚集起来使它产生一个增长的链式反应。玻尔说，从铀裂变过程产生出来的中子太慢，不足以引起铀的较普遍的同位素铀 238 的裂变而被它吸收。只有一小部分中子被轻一些的铀 235 俘获，放出更多的中子，但不足以产生链式反应。

把中子的速度降低能使引起裂变的中子的效率提高，法国和美国都在做实验看慢中子是否能产生一个自给的链式反应。在当时，这仍是一个悬而未决的问题。但就算这是可能的，玻尔指出，使中子减速需要很长的时间，这样一个链式反应只能以缓慢的速度进行。这会是一个产生能源的方法，但不会是一个有效的炸弹。最坏的情况是，这些物质的温度会升得很高，被融化，一些蒸发掉，反应会因中子的逃逸而停下来，只能释放出铀里面的原子能的极少的一部分。这个结果不会比点燃同样质量的老式火药更好。我感到一定是这样的，当玻尔提出他的理由，我们大多数人都是这样想的。我很自然地把它放到了我的文章里，及时地送出并发表了。

人们曾经常问我，那是不是有意的伪装。我保证不是的。我真的相信我所写的，认为原子弹是不可能的。但写完那篇文章之后，我想，假设我的克劳修斯试管工作正常，一个人用大量这样的试管制造足够的铀 235，在不需要慢中子的情况下，使得爆炸式的链式反应成为可能，那么需要多少这种同位素呢？我用一个算式得到了一个估算值，这个算式是法国理论家普尔林得出来的，并得到佩尔斯的改进。当然我不知道裂变中子会多么强烈地与铀 235 发生反应，但一个似乎合理的估算给出了需要铀 235 的质量。出乎我们意料的是，数字比我们预计的小得多，它不是以吨计算的，而是小到一两磅。

当然我立刻和佩尔斯讨论了这个结果。我在克劳修斯等式的帮助下算出了我的分离系统的可能效率，使我们得到结论说，有一万个类似的试管，一个人可以在不太长的几个星期的时间内制造出一磅的铀 235。在那个时刻，我们瞪着对方，心中意识到原子弹终究是可能的。

我经常被问到，那时为什么我不悄悄地放弃我的研究。为什么要进行一项一旦成功就会制造出具有无与伦比威力的武器，一个具有这个世界从未见过的破坏力的武器的研究？答案很简单。我们处在战争时期，而这种思想原则上是明显的，非常可能一些德国科学家也产生了这种思想而把原子弹制造了出来。当时的一个德国科学家赫兹（他喜欢喝一大杯“纯”酒精），是首先分离同位素（氘而不是铀）的人之一，分离同位素的可能性在物理学界已经广为人知。于是我和佩尔斯跑去把这一切告诉奥利范特。他要求我们把所有的东西都写下来，并把我们的报告送给了梯扎德，他为政府就与战争有关的问题作顾问。这个报告几个星期内被送出，它在使英国政府严肃看待原子弹问题上起了决定性的作用；它曾被讨论过，参加的主要成员有乔治·汤姆逊，他父亲曾于 1897 年发现了电子。

越来越多的科学家投入到这项工作中来，但主要的不是英国人而是难民，他们中的大部分还没有国籍。为什么如此多的希特勒的难民参加到原子弹的研制工作中？普遍认为这是为了复仇，其实并非如此。主要的原因是那些愿意为战争服务的英国物理学家大部分（而不是全部）已经投入到真正直接与战争有关的工作中去了。其中主要是对雷达的研制，雷达看起来是对付敌

人飞机最有希望的手段。

当时，我没有意识到另一个悬在我头上的危险：被送入敌国人民拘留所。毕竟，那是处理一个像我这样的敌国人民很普通的方法，除非我有很好的不被拘留的理由。有一天，我收到警察局的传票，我满怀疑惧地去了，当我听到他们问我：“你有什么可依靠的亲戚吗？”“你准备参加一次考试吗？”“你准备获得一个学位以便使你更好找工作吗？”我的疑惧一点也没有解除。甚至在我谈话后回家的路上，我感觉所有那些问题加在一起实际上是在问一个简单的问题：“我们有任何不拘留那个家伙的理由吗？”佩尔斯夫人认为我肯定要被拘留了，她让我买了些海岛棉的衬衣，便于我这样的单身汉换洗；但幸运的是我永远不用洗那些衬衣了。我去见我的同事姆恩（他暂时代替离开几天的奥利范特），并问他可否告诉警察局我在从事重要的战争工作。他说他会试一下。显然，他成功了。因为我再也没有收到警察局的任何消息。

我们分离同位素的企图还停留在初级阶段，尽管它能起作用，但要花去一些时间才能让我们得到足够的铀 235 来测试它受到中子的影响有多强。我想到一个间接的方法，用很慢的中子（如果玻尔是对的），它不会使铀 238 发生裂变，那么观察到的裂变就完全是铀 235；这样的中子源可以由镭环绕（而不是混合）铍做成。铍在这种情况下只受 α 射线的作用。镭很贵，但它产生氧气，氧气正是我们需要的很好的 α 射线源。氡的半衰期是 4 天，但产生它的镭又以同样的速率将它们更新。在我的请求下，奥利范特安排我从曼彻斯特的一家医院里弄到一些氧；镭被收藏得很安全，在德比郡（和平时期的一个著名的旅游胜地）的一个山洞里很深的地下。

一天，我坐电车到了曼彻斯特，医院派车把我从火车站送到山洞去。我顺着很滑的扶梯走过狭窄昏暗的过道，来到一个比较大一点的山洞。不和谐的是那里有一张实验桌，上面摆满了玻璃器皿，有烧瓶、试管和开关，很像我在汉堡曾用过的设备。那是用来获得镭的子同位素的，它使氧产生出来后把它压缩到一个不到半英寸长的很小的毛细玻璃管里。在奥利范特的要求下，他们已将这个工作进行了一个星期，已经收集到了大量的氧。不到一个小时后，当地的工程师们就已经为我做完了所需要的工作，我提着箱子走出了山洞，箱子里放着一大块铅，铅的中间是一个装满了氡的密封容器。氧的

射线放射性大约是镭的四分之三，今天的任何一个安全官员对我的行为都会感到很恐慌。我带着那个东西走了出去，只有几英寸厚的铅保护着，我带着放射源先坐了汽车后来坐了火车。这对我和同一车厢里的其他乘客来说都是不能接受的辐射危险。

我一回到伯明翰，就开始测量它的效果（环绕在铍的周围）。我把它放在盛有一克左右铀的离子室里，那个离子室是我为这个目的专门设计的。我不间断地测量了 36 个小时。我把闹钟放在床边，偶尔打半个小时的盹。然后，测量停止了，因为材料已经耗尽（我也一样）。

那个离子室使我有极重要的发现，电子设备是梯特尔屯做出来的，他后来成了澳大利亚堪培拉的教授和物理系的主任，还被封了爵，但当时他还是一个年轻的学生，非常聪明好动，奥利范特选派他来协助我。我不停地抱怨离子室不时地制造出一些脉冲，就像裂变的脉冲一样，但那肯定不是：因为我们没有中子源。是这样的吗？我们翻遍了实验室看看是否有一个小中子源留在某个抽屉里。我们检验了电子管，又尝试了各种改进方法。但都没有

用，最后我不得不承认铀有时能自发地裂变。由于当时是战时和对我们的工作保密的原因，梯特尔屯不能发表这个重要的发现；几乎同时，两个苏联科学家弗雷诺夫和佩特舟克也发现了它，他们后来被普遍认为是自发辐射的发现者。

我马拉松式的 36 小时测量得到的裂变速率比我预计的要低，我过高地估计了中子对铀 235 的效果，过低估计了制造原子弹需要的铀的质量。幸运的是佩尔斯当时发明了一种使这个质量减少的方法。我们在镭的周围包上一层能使中子反射回去的物质，使它不会无用地逃逸掉。结果比我们预先估计的差不了多少。

关于在伯明翰的那些日子，我对每天的生活记得的不是很多。开始我住在公寓里，后来佩尔斯和他苏联出生的妻子耿尼亚邀请我和他们住在一起，他们刚搬进了一个大一些的房子。那所房子非常舒适、有趣和令人愉快。佩尔斯的姨妹习惯地在她身后的煤气取暖器上用一根长的叉子烤面包；你大叫一声“冒烟了”，她根本不理睬，只有当你尖叫“着火了”，她才把叉子收回来看着她的面包烧一会，然后吹灭火，把剩下的余烬给吃下去。

耿尼亚愉快地管理着家庭，她有清脆的曼彻斯特口音，和苏联人一样完全地轻视明确的事物。她教我如何把盘子擦得和她洗得一样快，这个本事以后多次起了作用。在我还住在公寓的时候，我也经常和佩尔斯一起呆到很晚，这样我必须一片漆黑中走大约两英里回家。只要天上有月亮或只要天空晴朗，这不是什么困难的事，实际上，单独与星星在一起是很安静的感觉。但有时，当他的前门关上以后，我就知道我要摸黑回家了，我甚至分不清天与地的界限。尽管如此，我令人惊讶地对它适应了，经常以通常的步行速度走完两英里而不发生任何事故，除了有时偶尔忘了人行道上立着的长凳而被它绊倒。很多人在他们的帽子的缎带上放一种发光的小片，它们在黑暗中发出微光，使行人避免撞在一起。但街灯柱没有戴它。更严重的是，汽车是看不见的，它们的前车灯被遮盖起来只露出一些微光，使司机能看见前面几英尺的路面，仅仅足够警告行人：它来了。

在奥利范特的建议下，我们向梯扎德爵士递交了一份报告，导致了一个委员会的成立，乔治·汤姆逊爵士任主席，并被冠以“马德委员会”的名字。起这个名字的原因是来自于玻尔的一封电报，电报结尾神秘地写着“并告诉马德瑞肯特”。我们认为这是密码，或是颠倒字母而成的短语，警告我们一些什么事情。我们试着把字母打乱重排得出一些结果，像所假设的那样“镭被采用了”，“U 和 D 能反应”（这说明铀和重水混合能产生链式反应，重水是氧和氢的重稳定同位素的化合物，缩写字母为 D）。这个谜很久没有解开，直到战后，我们才知道马德瑞是玻尔家里的女家庭教师，住在肯特。

开始，两个敌国人民，佩尔斯和我没有被容许参加马德委员会，但这显然会使效率很低，不仅因为我们的报告引发了整个事件，而且我们还想到了以后会发生许多问题；我们理所当然地应被顾及到。最后成立了一个下层委员会，在那个委员会里我们都是成员，主要是讨论技术问题，至少官方的政治问题不在我们的讨论范围之内。其中一次在伦敦召开的会议使我印象很深。首次有一个美国的同行被邀参加会议，他在美国研究导弹导航，我们想让美国对我们的研究工作感兴趣。他名叫劳里森，一个从小就离开了他的国家的丹麦人。没有受过任何正规的教育而成为加利福尼亚理工学院的正教授。会后我们从一条热闹街道回到他住的旅馆，我一路上向他解释我感到他

在会上可能没有接受的各项细节。如果认为这是冒险，我不同意。我再也不想不出比在行人川流不息的热闹街道更好的地方来交流机密信息了（用丹麦语）。

我第一次到利物浦是应查德威克（爵士、中子的发现者）的邀请，和佩尔斯一起去的。他与帝国化学研究所联系过了并询问他们是否有生产六氟化铀的可能性，它是唯一能被放入克劳修斯试管的稳定的气态铀化合物。我们被带进了大学物理系中的查德威克的书房里。一会儿他就进来了，坐在桌旁开始审视我们，并像只鸟一样把头左右摇来摇去。我们非常不安，但耐心地等着。半分钟后他突然说：“你们要多少？”这就是他的风格，没有形式，直接进入实质性问题。

回来后，我向奥利范特指出，在雷达正在研制的时候，我的工作在他的研究所里会受到阻碍，而利物浦还没有进行任何军事研究，并且有一个回旋加速器，它是一个非常有效的中子源，而且中子的能量可被我们控制。利物浦是一个“禁区”，还没有对敌国人民开放，但查德威克很愿意让我去，并为我弄到了必要的许可。

有天晚上，针对这个镇的猛烈轰炸开始了。有一枚炸弹不停地呼啸着，发出巨大的爆炸后，大部分的窗玻璃都被震碎了……

利物浦 1940 ~ 1943

在利物浦我第一次听到空袭警报的尖叫。一开始，人们立刻在指挥下进入掩体或房屋；但如果没有什么事发生，人们就不再理会警报了，除非几分钟内宣布空袭是确实的，至少在白天是这样。在晚上就不同了：随着警报，立刻就响起了高射机枪的发射声、榴弹的嘈杂声；我们在房子里非常害怕，然后在指挥下进入地下室。但一会又没有什么事了。我记得我晚上经常在休息室里和几个官员玩“二十一点”，他们没有什么别的事好做。其他的时候，我就练习钢琴；有的住户说：那声音比射击声更难听。可是轰炸真的开始了，第二天早上，人们发现那些著名的建筑物只剩下空壳子，一些墙依然危险地立着。一会儿，就会有一辆起重车轰鸣地开来，摇摆着大铁球撞向这些墙，直到它们在一阵灰尘中倒塌下来。有些和我一起住在宿舍里的建筑系的学生帮助他们进行这些摧毁工作。正如其中一个说的，这使他们懂得了建筑学的许多知识。生命仍在继续着，我们也开始习惯这些了；我们知道真正的空袭目标是离这里几英里远的船坞，我们被击中的机会还是很小的。

但是，有天晚上，针对这个镇的猛烈轰炸开始了。我们能听到{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0120-1.bmp}炸弹落下来的呼啸声，我们战栗地躲在楼梯下，那里被普遍认为是最安全的地方。有一枚炸弹不停地呼啸着，直到我们认为这次该轮到我们的了，发出巨大声响的爆炸之后是清脆的玻璃破碎的声音，我们大部分的窗玻璃都被震碎了。那个时刻，我们的女房东决定离开，甚至不愿意向我们收取高额的房租，她就消失了。我收拾好我的行李箱就走路（轰炸机太多了，街上没有电车）去我的一个朋友、数学物理学家普里斯家里。他家离利物浦市中心六英里，他和他的妻子住在一起，他妻子是玻恩的女儿。经过两个小时的行走，我在他们家的客厅放下了我的行李。他们同意我留下。但他们很快就准备离开了。他们有了一个小女孩，准备到一个安静的地方去。

当小孩早上哭的时候，我发现对他讲话能起一点作用。毫无疑问他喜欢牛奶，但他愿意听一点闲聊并很高兴。当他看到没有牛奶即将出现时，他又开始睡觉。当“弗里希，你的房子着火了！”把我惊醒时，我在那里还只呆了两个晚上。叫醒我的是恰尔维斯，一个化学物理学家，同时也是空袭联防队员。他认为空袭是一个大玩笑和一次大冒险。他在空袭中开车来找我，以便让我能回去收拾一下我的东西，因为我在住处还留下了一些东西。我们进到市里的时候，屋子已经被扩散的火给烧光了。一切都很安静，“摧毁”工作过了一会就开始了。实际上，正着火的不是我的房子而是隔壁的教堂；救火队员正极力抢救邻近的房屋。有一个救火队员告诉我，有一段时间他像个傻子一样地站在梯子上，因为他的水龙头里不出水；同时要救多处的火，过量地用水使水压降低了。我拾起我的打字机（没有别的什么好拿了），然后，恰尔维斯把我送到了安静的乡下。

顺便说一下，我的整个旅程是非法的，因为当时正在宵禁，我和所有的外国人一样在天黑以后不能公然地外出。这项命令非常影响我的工作。为了赶在宵禁前回家，我不得不停止一个正进行得很好、大约在一两个小时内就

能完成的实验。另外，我不能有自行车。当我向查德威克讲了这些以后，他很同情我的困难。他劝说警察局长取消了这些对我的限制。于是，我在晚上的任何时候都能外出并且能骑车回家了。

几天后，普里斯一家就离开了，他们允许我住在他们的房子里，甚至把他们的清洁女工留给了我。于是在很长一段时间里我在这个令人愉快的住宅区里过着豪华的生活，并能安静地睡觉。我的美梦只被吵醒过一次，我听到花园里有声音并清楚地听到“看来我们要破窗而入了”。我立刻从床上跳下来并把头伸到窗外叫道：“怎么回事？”两个联防队员站在被照得很亮的草坪里向上看着。“啊，有人在屋里，”其中一个叫道，“那些灯是怎么回事？”这时我终于明白了我该死的粗心：客厅里的灯仍亮着，并且我没有把灯火管制的窗帘拉好！幸亏那是一个宁静的夜晚，附近没有敌机出现；联防队员接受了我热烈的道歉，没有说什么就走了。

在一个夏天的晚上，我在宵禁的时间回家，虽然我已被获准这样做，但事情变得更复杂了。我被一个警察拦下，我正准备向他解释我的特殊地位，但他更关心的是我如何能在没有灯光的情况下骑车。我向他保证说，还有足够的灯光让我看得见，但他说，那是过去的开灯时间，并开始记下我的姓名和地址。整个过程中我在想，他会不会突然指出我的外国名字和口音并问我：“你到底在干什么，骑着一辆自行车而且是在宵禁之后？”但我说着我最好的英语，他可能把我当成了一个对利物浦人来说听起来有些像外国人的伦敦佬。最后我被允许开着车灯骑回家了。

几个星期后，我收到了不是一张而是两张传票：一张是因为我的客厅灯，一张是因为我的自行车灯！我能想象出我站在法庭上为我的案件辩护的样子，但传票上的日期正好在我的一个短假期中，我和佩尔斯准备在康瓦尔度过这次短假。于是，我到警察局去问能不能改一下日期。不，日期不能改。但我被建议向法官写一份书面的情况，为罪行辩护并保证再也不这样做了。我被罚了十先令，一盏灯五先令。

我还很不明智地犯下了另外一些更严重的罪行。我有一个从维也纳来的老朋友，心脏专家赫兹博士，他有一个外号叫赫兹—赫兹（因为赫兹在德文中是心脏的意思）。他住在离利物浦不远的威尔士的莫尔德镇上。因为我很喜欢他，过几个星期我就在星期天去看他一次。我坐公共汽车先去切斯特，经常在那个有古老修道院和可爱大教堂的美丽小镇停留一点时间，然后坐上另一辆开往莫尔德的公共汽车。在莫尔德我和那个聪明的老人会度过一个愉快的下午。他有一个怪癖，可能因为过去他有太多的约会，他总想知道确切的时间，因此他戴了两只表。

回来的路途则更困难一些。当我坐在从切斯特开往利物浦的车上时，如果空袭警报响了，一些司机会拒绝开入被轰炸区。他们在利物浦外的某个地方停下来“乘客都下车，不再往前开了”。于是，唯一的办法是求别人让我搭车，很多次我都是乘坐军用卡车进利物浦的。那是一个敌国人民乘坐的多么奇怪的车辆啊！并且，战后我发现，切斯特也是禁区，也不允许外国人进入，而且和利物浦不是同一个禁区。也就是说每次我进行我的旅程时，应得到两个警察局长的许可！但我从未被抓起来，我甚至不知道我正在触犯法律。

在实验室里，我花了一些时间去熟悉每样东西是什么，查德威克把他的学生霍尔德分配来帮助我。那些天里，我是一个充满活力、快速跑来跑去的

人，这个学生跟在我后面。我发现我们被起了外号“弗里希和十万火急”。我要补充一点，那个“十万火急”现在已经是利物浦大学的正教授了。我们一起做了一个克劳修斯分离器，但它的分离几乎测不出来；另外一些科学家证实了六氟化铀是克劳修斯分离法不起作用的气体之一。幸亏佩尔斯意识到了这种可能性，并和西蒙一起建立了另外一种方法，使用多孔膜扩散；这非常复杂但保证能起作用（赫兹用类似的方法分离了氦的同位素）。

我与一个叫皮克万斯的年轻人成了好朋友，他有令人愉快的个性，正忙着做质谱仪。他有解决技术问题和组织工作的天赋，后来他成了卢瑟福实验室的主任，负责建造一个大的原子分裂器。在1970年，正是他年富力强的时候，他因为大出血而多少失去了说话的能力，他的许多朋友对此极为惋惜。看到这种事情发生在{ewc MV IMAGE, MV IMAGE, !08200110_0124-1.bmp}一个活生生的、可爱的、能言善辩的人身上是非常可怕的。作为一个开快车的人，不可避免地会发生车祸；他有时说，他应该成为一个赛车手。

我开始有些怕总工程师摩尔，因为他总是强烈地表达出他的想法。有一次我好像对某个人提到了这一点，而这个人马上就跟他说了。接着，摩尔非常生气地问我，那些诽谤的话是什么意思；我也很生气，于是我们大吵了一架。自那以后，我们成了最好的朋友。战后，他负责在利物浦建造了一个大的回旋加速器，代替我们当时就有的那个小的。

在实验室外，我的私人生活大部分是与诺特布莱特一起度过的。他是一个波兰科学家，在战争爆发时，他已经在英国做研究工作了。当然，当他的祖国被占领并被苏联人和德国人瓜分之后，他与他的家人失去了联系，他的妻子在逃跑的途中死掉或被杀害了。有人也许认为他一定非常痛苦，但你从他身上看不出来。他是一个和蔼善良的人，总是照顾别人，帮助别人。他后来成了普格瓦斯会议的秘书长，他是我遇到的人中对和平事业作出最多贡献的人。

我记得有一次，他安排我为驻扎在利物浦的波兰士兵演奏钢琴。当我走进去发现里面聚集了上百个人，有一架七八个键不灵的钢琴。试了一下之后，我决定不演奏精巧的曲子，因为如果一个音符发不出音来，我就不能继续下去了；我只好演奏由许多音阶组成的、发出很大声响的曲子。实际上，我大胆地演奏了肖邦的《波兰颂》，这对我来说，真的是很难演奏的。但对那些波兰人来说，我现在仍认为，意味着非常多的东西。对他们来说，《波兰颂》几乎相当于他们的国歌，在异国的土地上听到它被演奏出来，会有一种激奋的感觉；在我蹩脚的演奏结束后，响起了雷鸣般的掌声。

诺特布莱特使我认识了一些英国人，其中益文·基尔很值得一提。他的几个兄弟中，有两个艺术家，一个物理学家和一个主教；他告诉我，他是最平庸的一个，只是一家面粉厂的书记员。但是，他是一个受过教育的人，并有很多兴趣爱好。他的一个兄弟是很有名的铅字设计者和雕刻者，他的字体被《时代》杂志和伦敦地铁采用，他能设计出清晰并且十分协调的字体。我从来没有见过他的任何一个兄弟，但他时常给我带来一些木刻的小作品，我现在还珍藏着。他还在写一部全集，描写他兄弟的工作和探险过的新几利亚岛。他借给我一本关于这个岛的书。那是一个难以置信的王国，充满了艰难险阻，可能要用一天才能走半英里；探索和控制这个王国是英雄的工作。每看完几页，我都要合上书才能缓过气来。

我成了益文家里的常客，经常一起演奏音乐；他演奏小提琴，在第一次

世界大战中受的伤使他有些不太方便，但他仍能演奏得很动听。有时一个叫戈尔敦的教士也会加入我们，他的钢琴弹得非常好。我借了一把小提琴也加进来。我自己的小提琴留在丹麦了，直到战后我也没有再见过它。

我第一次到益文家去的时候，问他们怎么最快地回到镇上去，他家大约离市中心有几英里远。他的妻子告诉我只需要走几分钟就可以到车站。但当我问她我应乘几路车时，她皱着眉头说她真的不知道。她的办法是走到车站，当她认出司机后就上车！我想这是一个非常英国式的搭车的办法。

一枚伞投炸弹落在了物理系花园里，我了解了更多的英国人为人处事的方法。那天晚上我在做一个很精巧的仪器，最后时刻，一不留神打碎了玻璃纤维。我很懊悔地回家去了，心想明天又要重新做一遍。但是晚上，在学校钟楼上的火警守望员普里瑟看见了一个降落伞落了下来，带着一枚可怕的、爆炸力非常强、大约一吨重的炸弹，就落在离他所在的塔不远的地方。他在栏杆后面，害怕地等待爆炸。几秒钟后什么也没有发生，他小心地探出头去窥视。那时，他看见了令人目眩的闪光，赶紧扭头闪避。一阵碎片呼啸着从他的头顶掠过，物理系的几乎所有门窗的玻璃都被震碎了。幸运的是塔还在。

当我第二天来上班时，我见到了被破坏的样子。我的第一个反应是：“太好了，那个玻璃纤维迟早是要被打碎的，让我们回家去，直到房子修好为止。”我看到那里有几个人，正在把木板钉上破裂的窗户；我应该留下来帮忙吗？我问：“谁负责这项工作？”一会儿，我才明白根本没有人负责，这是自发的合作，人们在做他们该做的事。我问他们其中的一个，有什么事我可以做的，他说：“有，到工程系看看能不能多找几把锤子来！”我照做了，剩下的时间里我和他们一起把木板钉到破了的窗户上和屋顶的洞上。幸亏那是一个晴天。最后，这所房子又能用了。第二天早上我们就重新开始工作。我记得那时我在想，如果这种事发生在德国，每个人都会回家，直到当局让一队修理工人把房子修好。我这样想可能对德国人是不公平的，在这种情况下他们可能也会当场就干起来。

另外一个让人吃惊的事就是我们的工作没有任何外在的保密迹象。没有卫兵，没有保险柜。研究所表面上主要是用来做各种真正的科学研究，当然主要是教学生物理。诺特布莱特甚至在他讲课时提到了原子裂变和链式反应的可能性，但是却没有想到这会被用来做成一种武器。让我们正在做的工作听其自然，我想这会使一些有安全意识的人很担心，但它实际上是有效的。任何一个间谍都可以走进实验室向我们提出问题，但我们当然不会和陌生人谈我们的工作，而且，根本不会有间谍会注意到我们。我们被强调了一遍又一遍，不能让研究所外的任何人知道我们在进行什么样的工作。

而且，查德威克经常让我和别的地方的同事进行讨论，他不太信任那种虚假的安全，就是把知识分开，让每个科学家只知道他应知道的一部分。实际上，我经常到伦敦和剑桥去。在剑桥，另一种努力在两位法国科学家的领导下进行着，他们在德国占领法国之后赶上了最后一班船逃离了法国，并带来了当时世界上大部分的重水。这使他们能继续他们的实验，显示出重水与铀混合后的确能产生链式反应。

他们都不是土生土长的法国人。汉斯原本是奥地利人并有很好的组织能力，他立刻占据了领导地位，因为他说英语并知道怎样说服别人。他的同事是苏联出生的科瓦尔斯基，一个健壮的人。开始我对他说法语。但他学英语惊人地快，不久就对英语掌握到了令很多英国人嫉妒的程度。

我去剑桥大约要花 12 全小时，中间不时被空袭耽搁。我经常在科瓦尔斯基的家里住一两个晚上，他们在离市中心不远的地方租了一套房子，有一个不错的大草坪。有一次，当我到他那儿时，他自豪地告诉我，他们昨晚挨了一枚炸弹。我很吃惊，他说要指给

我看落下的地方，他把我带到没有修剪过的草坪中间，指着一个地方说：“这里，不，”他又指到右边两英尺处说，“是这里。”那是一枚燃烧弹，没有爆炸，已经被移走了，没有留下什么痕迹。但另一次落在隔壁的一枚炸弹给他的房子带来了不小的损坏。

剑桥，由于有许多政府机关搬去，受到了一些损坏，一些人死了。但牛津没有受到多少损坏。我曾在那里的克劳仑顿实验室工作过几个月，指导工作的是德国出生的科学家西蒙，后来被封为爵士。他是一个有名的物理化学家，他和他的老同事林德朗教授（后来被封为勋爵）是一起从希特勒的反犹太人的政权下逃出来的。他没有什么幽默感但对物理和化学的理解非常精深；就是他和佩尔斯一起找出了分离铀同位素的方法（使它通过有细孔的膜扩散），这种方法早期被用来造原子弹，战后仍被用来制造浓缩铀为许多核电站提供燃料。

我有一些不解的是，牛津的火警预防和空袭联防队员的组织都比利物浦要严格一些，在利物浦，火灾和瓦砾已使人们自发地行动起来。这只是顺便提一下。我去牛津的目的是为了研究一种分离铀的方法，铀被浓缩后，需要确定它的质量到底是多少。这种方法花的时间比我想象的要长，并且这种方法工作得不太好。回到利物浦后，我想到了一个更好的方法，为此我向查德威克要几十个辐射电子管。今天看来，这是一个很普通的要求；但在当时，查德威克立刻就同意了，竟使我大吃一惊。当看到了建立这个装置的困难之后，我们决定把这个工作交给皇家化学工业的一个分厂来做。它比较近，从利物浦坐火车大约一个小时就到，我时不时地去看一看进展情况并在机器装备好了后让它工作起来。

机器工作得很好，那些次短途旅行为我带来了一次盛宴。当我走下火车，就被一辆汽车接到一个豪华的军中俱乐部。在那里，一些与皇家化学工业合作的官员介绍我喝了一些奇怪的饮料，我从未见到过如此盛大的场面。但我真的为这项工作的成功感到非常的高兴。它用十几个放大器同时工作，每一个只记录指定能量的 α 粒子，这是一个多用途的实验工具，叫做振幅分析器。后来，它受到赞誉。经过其他人改进后，它现在是核物理实验室的一项标准仪器。那个在我指导下在化工厂建起来的原始装置在比较分离铀的各种方法时还显得非常有用。

德国人为了保护战舰毕斯马克号而对利物浦进行了一次最猛烈的轰炸（我战后知道的）。我们知道皇家海军的通讯处在利物浦邮局的地下室里；他们成功地炸毁了邮局，但通讯处仍在工作，毕斯马克号最终被击沉了。第二天，我迷迷糊糊地穿过利物浦的街道，看着大火和忙不过来的救火队员徒劳地和火对抗。当我坐在公园的长凳上，火苗正烧着对着我的图书馆的大门。我坐在那里看着它渐渐地被火吞噬，没有救火车来扑灭。我记得我还有过一丝高兴，有几本我还没有还给图书馆的书，安全地在我的屋里，可以以后再归还，这是对被烧毁的图书馆的一点小小的安慰。

在牛津的日子是平静的，并结识了不少的新朋友。我遇到了匈牙利物理学家尼科拉斯，他是一个快乐的单身汉并且厨艺高超。几年后，他结婚了，

仍坚持下厨。我脑海中的另一个人是阿莫斯，从爱德荷来的美国人；瘦长但有着伐木工人的体格；在他灵巧的大脑的操纵下，他的大手能完成最精巧的操作。

回到利物浦，我找到了一个新住处，到市中心很方便。和蔼的房东太太吉普斯夫人把我安顿了下来。我继续工作以改进测量中子与铀反应的方法。有一天，查德威克来了，以他的直截了当的方式对我说：“你愿意到美国去工作吗？”我说：“非常愿意。”“但这样的话，你要成为一个英国公民。”我说：“我更加愿意。”自那以后，开始了一阵忙乱。几天后，来了一个警察，他开始记录下我的个人资料，如认识我并能证明我的人的名字。他解释说，他被派来开始进行办理国籍的手续。他以一种奇怪的自信的神态加了一句：“你一定是一个非常伟大的人物！他们要我一周内办好一切事情。”实际上，仅一周后，就通知我收拾好行李，乘班车去伦敦，到老皇后大街的一个政府办公室去。

在那里，有一个个子很高的女秘书，她的任务就是将每一个刚从一个岗位上返回的科学家送到另一个新的岗位上去。我见到一个法官，他记下我效忠国王的誓言；然后交给我一份能证明我是英国公民的文件。回到办公室后，他们告诉我去向军方要一份免征义务兵的证书，就是说我被允许当“逃兵”。接着我去取为我准备好了的护照。然后到美国大使馆去，那里有一个人等着我，把签证盖在我的新护照上。我还去拜访了一个“检查员”，他快速地翻检了我带的东西，并奇怪地开始阅读起几本丹麦书来。那是我放在行李中以免我荒废了丹麦语。但我没有带我学了几个月的俄语书。我是受了斯大林格勒保卫战的感染，怀着对勇敢的盟军战士的钦佩的心情开始学俄语的。当时我已经能用俄语讲一些小故事。但我想到了把俄语语法书带入一个美国军营是不明智的。现在我把记得的一点俄语都忘干净了。

一切都正规地在一天内办完了。我乘夜班车回到了利物浦。第二天，我们都上了安德斯号。那是一艘运送美国军队的豪华班船，在这次西进的航程中，它几乎是空的。我忘了带“船票”，但我这组的头阿克斯挥手叫我过去了。我们十几个科学家，每人分到一间有八个床位的宿舍。有的是全家人一块；我这个单身汉一个人占了一整间。我们在港口里停了两天（可能是为了迷惑敌人的间谍），害羞地吃着没听说过的美味，比如葡萄和蒸鸡蛋，周围是肮脏的海港和严峻的战时形势。

安德斯号没有护航舰，她靠她的速度和之字形的路线躲避潜艇的袭击。旅程的时间是正常情况下的两倍。气候从热带变成寒带再变为热带。每天我们进行救生训练，高射机枪也射击一下，保证它能正常工作。据说那里有一个非常好的大钢琴，但为了怕军人们碰坏它而被包起来了。我能用的是一个老式的钢琴，它靠在一个柱子上，以免风暴来临时倾倒。坐的琴凳有小轮子，在我弹奏时会滑跑，我要抓住键盘才能把我自己拖回来。我们中有些人开始晕船，但整个航行没有发生任何事而安全地抵达了。这可能是穿越大西洋的船中装了最多科学头脑的一艘。

那时，没有声音，太阳仍在照耀，远处沙漠边缘的沙丘闪着耀眼的光，然后就开始膨胀，从地面升向天空……这是一个任何见过核爆炸的人都不会忘记的令人敬畏的场面。

洛斯·阿拉莫斯 1943 ~ 1945 : 1

我们抵达了纽波特·纽斯，在那里发生了一个小故事，移民局的官员对我的奥地利口音、德国式的名字和我在成为英国公民同一天发出并得到美国签证的崭新护照感到十分怀疑；经过一番交涉，我才被允许和其他人一道乘上了北去的火车。但我对那段旅程已记不太清楚了。留在我记忆中的是在弗吉尼亚州的里士满的一瞬。我们要在那个地方换乘火车，于是我到街上闲逛。在那里我见到了一个令人难以置信的景象：街边的水果摊上堆成小山似的桔子散发着耀眼的光芒！在英国的灯火管制之后，我有好几年没有见过一只桔子了。这个景象不禁使我纵声大笑。在华盛顿，我们得知，几天之后，格罗夫斯将军会来给我们作指示，然后送我们到工作的地方去。我的朋友给过我一个绰号“在任何港口都有姨妈的人”。于是我乘火车到纽约去看我妈妈的小妹妹弗里达，她在阿德尔夫学院教数学，她惊讶地看见我那样地出现在她面前。当然，我不能告诉她我要去哪儿和为什么，她也看出{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0133-1.bmp}这一定是秘密工作，也就没有问。尽管我是第一次到纽约并只停留了一天，但却是一段令人愉快的插曲。

格罗夫斯终于来告诉我们分别去什么地方（并不是所有的人去同一个地方），我去洛斯·阿拉莫斯。最后，他谈到我们必须遵守的安全预防条例，我们要保证不能让敌人知道我们在干什么。离开那里之后，对于我们前往洛斯·阿拉莫斯的旅程和我们在那里受到的接待，我已记不起什么了。

仅在一年以前，美国军队才把洛斯·阿拉莫斯私立农场男校建成一个实验城，到战争快结束时这里的人口已经增加到了约 8000；数百个科学家和他们的家庭以及大量的后勤人员。炸弹的原料，铀 235 和钚在其他地方生产。洛斯·阿拉莫斯的目的是把数学家、物理学家、化学家和工程学家集中到一起，他们能决定需要{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0134-1.bmp}原料的数量和最有效的构成形式；他们还设计和检验所有的装置，这些装置被装配成一个爆炸单元，在这个单元中，一个中子引发的链式反应以闪电般的速度进行着。选定的地点位于靠近美国中部的新墨西哥州。在四壁陡峭的峡谷之中，仅有一条崎岖的山路与外界相通；正如人们所能想象的那种最秘密的军事基地所在的隔离区一样。

我在原有的一栋校舍里分得了一间房子，那栋校舍是一个雄伟的圆木屋，是用大的树干以传统的方式建成的，通常叫“大房子”（它现在已经不在了）。这里全部都是单身科学家住的地方。结了婚的人住在快速建成的单独房子里。我很欣赏他们建房子的方式，非常原始，只是把木板钉在木头的框架上，框架则建在混凝土的地基上。工人们用手持的电锯以难以置信的速度切割那些木板，只要地基一完成，房子在几天之内就可以盖好。

我记得一个巨大的实验楼看着看着就建起来了。莫里森是我在洛斯·阿拉莫斯最早的朋友，他虽然走路时用一根手杖但头脑十分敏捷。我和莫里森站在一起对房子看了一会，我说：“他们怎么对整个房子供暖呢？”因为那是 12 月初，马上就要变冷了，我看不出供暖站能建在什么地方。“哦，”他说，“那是一个非常大的房子，他们可以在它的一角生火，这没有什么不

同。”莫里森现在是麻省理工学院空间物理学教授。我很早就见到了奥本海默，他是著名的理论物理学家，是这里的科学总管，他经常对新来的人说：“欢迎你到洛斯·阿拉莫斯来，那么你到底是谁？”他苗条的身材和宽边的平顶帽使人绝不会认错他。我后来才知道是他挑的这个地方，位于死火山的边上，去最近的小镇圣达菲要在一条蜿蜒崎岖的山路上走大约 20 英里。而且，奥本海默不仅吸收项目所需要的数学家、化学家、工程学家，而且还包括一个画家、一个哲学家和其他一些这样的角色。他认为：没有他们的文明社会是不完整的。已来的科学家中包括了一些美国各大学中的精华。我很高兴地注意到，如果晚上我走出房间，随便向哪个方向走，敲响我看见的第一扇门，我想我都会看到有趣的人们在演奏音乐或高谈阔论。我当然从未见过一个山镇里住着如此多的各种各样聪明博学的人。这里的风景一开始就把我迷住了。在冬天，我总是及时地坐在餐桌旁看着太阳升起。我的窗前是大约 30 英里外崎岖的洛基山脉的黑色轮廓。它上面的天空变得越来越亮；光亮开始集中到一点，突然随着令人目眩的强光，太阳的一小部分露出了头。不到两分钟，整个午餐室就充满了耀眼的阳光，每天早上都是如此。整个冬天几乎看不见一片云，除了偶尔有暴风雪带来我们滑雪所需要的雪。晚上当太阳落到地平线以下时，山脉变得发红，这个可爱的景象使山脉具有它本地的名字 el Sangre de Cristo。这是一个迷人的小镇，和我以前见到的任何地方都不一样。

夏天，仙人掌开出红色的小花，它们恶魔般地浑身长满了刺，是一种能长到六英尺高的灌木。它们在秋天就死了，只留下骨架，那是由起伏的绳索状网络形成的一个坚硬的梁式结构。它们生出小的黄色果实，也被数千个针尖般的刺给包围着。我们的后面是林木茂盛的 100 多平方公里的死火山的边缘，据说是在一个世纪以前被一个西班牙家族用 20 美元买下来的。

美国的秋色是很著名的，一些生长着白杨的山壁秋天变成了令人难以置信的奶黄色，和松树地暗绿色形成鲜明的对比，我从未见过如此的美景。在我们的下面，是一条安静的涓涓细流（当然在冬天会被冻结）。当洛基山脉的融雪带着百万吨的红色泥土流进来之后，它就变成了滔滔的番茄汤。峡谷的地面由于长年的侵蚀变成了平台状的山，有些台地四周是陡峭的岩石壁，几乎爬不上去。就像康南·都勒在他的《失去的世界》一书中生动描述的那样。我成功地爬上了其中的几个，但并没有发现上面有什么史前怪物。洛斯·阿拉莫斯本身就是夹在两个很深的峡谷之间的一个台地。

我经常和我的瑞士朋友一起进行我们的攀登冒险。他的名字叫依玳，我们的第一次见面在剑桥。他精通物理和化学，曾和卢瑟福一起工作，他可能是第一个预见到钚的作用的人。在剑桥他被认为是一个忧郁症者（“我不知道今天是怎么了，我居然感觉不错！”据说有一次他这么说过）。但他很喜欢爬山，那些无法攀越的屏障对他是无法抗拒的挑战。在一个炎热的夏日，我们只穿着游泳裤和靴子，试图爬上一个很难爬的台地；后来，太阳开始下山了，而我们找不到能到山顶上的路。我们发现没有其他可能的路下去，开始担心要在这里度过一夜；即使是夏天，在晴朗的天空下天气也会变得很冷。天越来越黑，我们决定向相反的方向爬到我们来的那个台地上去。我们很幸运，这个坡比较缓一些。踏着月光我们又回到了山谷。我们非常冷，又在寒冷中走了一个小时才回到我们的车里。

这个地方由水塔供水，它是一个木制的圆柱形容器，没有经过任何修饰。

尽管有它，某一年冬天我们还是遇到了水短缺的问题。那个故事是这样的，一个士兵被命令下去检查水龙头的状况，但他领会错了，把水龙头给关掉了；他回来又被命令下去把水龙头再打开，但水已经被冻住了。在那种严寒的天气下（冬天的气温经常在 0 华氏度以下），任何使水解冻的办法都是徒劳的。水塔的水位开始下降，我们被要求节约用水。不久，水的供应每天会被切断几个小时，那几个小时包括人们经常用来刮胡子的时间。于是各种各样形状、大小、颜色和结构的胡子都长了出来。甚至我也留了一段时间的胡子，但没有长得很多。最后，军方用卡车上上下下地开始运水，我不知道他们是从哪里弄到水的。这个艰苦的形势一直持续到第一次融雪的时候。管子又开始能工作了，大部分的胡子也消失了。

在台地上只有几个理论物理学家，其中有些是非常有名的。最有趣的是是一个非常年轻的人，他还只是一个学生，被认为是正在形成的天才，他就是里查德·费曼。他非常敏捷和聪明，脑子里总有数不清的想法。在研究出了密码锁的原理之后，他能靠听转盘转动时发出的轻微咔哒声把别人的保险柜打开。然后，他因为让别人的保险柜敞着门或者在里面放一张奇怪的留言而受到安全部门的批评。

所有的小孩都知道在基地的围墙上有一个洞。那个洞口离有士兵把守的官方入口不远。有一天，费曼跟士兵开了一个玩笑，把他弄得非常迷惑。费曼从洞里爬出去然后在入口处出示他的证件，被放进来后他又从洞中爬出去，几分钟后又出现在入口处；那个士兵不明白一个人为什么能在没有出去的情况下不断地进来，而最近的官方出口在约一英里之外。今天，他的名字对理论物理学家来说是人人皆知，大洋两岸的物理学生都采用他的讲义。

另一个让人印象深刻的人是汉斯·贝特。和费曼的急智形成对比的是他说话有点学究的样子，像个德国教授，实际上他是一个德国教授的儿子。在他缓慢的话语，可爱的笑容，清脆的笑声后面是他快速而有力的思维。在一个晚会上，我给了他们俩一个数学难题，我用我的衬衣打赌费曼能先做出来，但先得到结果的是贝特。

还有斯坦·乌拉姆，一个波兰出生的数学家，有一个迷人的法国妻子。他向我们解释说他是一个纯数学家，习惯于完全地运用数学符号工作。但他慢慢地沉沦了，他最近的一篇文章里居然含有真正的数字，真正的带小数点的数字；他宣称，这是他最后的耻辱！实际上他能以高超的技巧用非常高深抽象的数学手法来预言原子弹的行为。

我认识维奇·魏斯考夫已经多年，他的哥哥曾和我在同一所学校里上学。他有一次邀请我到他家去喝茶，因为他说，他的弟弟总是提出一些他无法回答的物理问题。因为我比维奇大两岁，我还能回答他的一些问题，那也是最后一次我觉得我懂的物理知识比他多。他受到广泛的尊敬，不仅是因为他对物理问题的洞察力，而且是因为他的政治技巧。有一段时间他简直就像是洛斯·阿拉莫斯的市长，当然任何民间的组织只有很小的能力对抗管理我们的 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0139-1.bmp} {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0139-2.bmp} 军方的制度。让我来举一个反映他机智的例子。很多年以后我和维奇在一个研讨会上又见面了，他说：“那些年轻人说了大量的废话，我们这些有知识和勇气的老家伙有责任去指出这一点！”“但我不能确定他们讲的是废话。”我回答道。“啊，”维奇说，“这就需要勇气了。”

总的来说，在数不清的安全条例下，我们还是有很大自由度的。有很多的乡村可以让我们闲逛；我们经常来到某座主峰脚下，然后一起爬这些14000英尺或更高的山峰，我从未见过如此高的山。开车去墨西哥州的首府圣达菲不到两个小时（即使是在崎岖的山路上，低于战时限速每小时35英里）。那里总挤满了买东西、观光或到拉方达饭店吃饭的人们。镇上的人不明白“山上”发生了什么，各种乱七八糟的谣言开始蔓延，也许是我们的安全人员故意散布的：那是一个女军人的产房，一个潜水艇基地（在大陆的中间！）或诸如此类的。一次，一个高大健壮的洛斯·阿拉莫斯的小伙子被一个老太太拦住问：“年轻人，你在军队里都干什么？”他一字一顿地说：“我是一个日本间谍。”老太太没再说话。

我们有很高的工资并且不用交税（至少英国人不用交），所以我们有好多钱用，其中一部分被用来喝酒。我记得有一天早上我发现我手里拿着一个空杯子，我明白了，我曾给自己倒了一杯酒然后喝光了它，并且不知道自己在干什么。这给了我很大的震动，我决定再也不一个人喝酒了，这会使我变成一个酒鬼。直到很久以后我才知道我违反了不能把酒类带入洛斯·阿拉莫斯的规定；但每个人都违反了。

或者，我们可以收集印第安的手工艺品，特别是地毯。我发现它们非常迷人，有很多不同的样式，充满活力的图案。并且，它们都是用天然的不同颜色的纯羊毛织成的。在我离开的时候我收集的地毯已经堆了一尺高了。我没有买很多的瓷器，部分原因是我认为在我离开时它们太脆不好携带。实际上我收集的瓷器只有一架幸存到了现在。如果对人类学感兴趣的话，这里的考古学遗址将有无尽的吸引力。尽管他们已装备了许多现代美国的生活用品，印第安人现在住的村落还保持着他们的祖先在西班牙人到来之前的某些样子。他们仍用于泥砖造房子，房顶的梁伸在外面，使房子具有特别的外观，外面还经常挂着一串串要晒干的辣椒。但与此同时，男人们穿着从邮购商店买来的牛仔服和印花衬衣，甚至在他们的庆祝舞蹈中也是这样。有的人还有汽车，许多人在当地做清洁工、看门人或招待员。

许多科学家十几个人一组工作，由一个组长带领，但也有一些例外。比如我就没有被放在任何小组里，但有一段时间我像一个特别的管子工，到处看各个小组在做什么，在他们需要的时候提一些建议，特别是关于设备方面的。另一方面，有一个小组有两个组长，意大利人罗西和瑞士人斯陶布。其他的每个人都尊重和喜爱他们，他们各自也不愿成为另一个人的上级；于是他们成了联合组长。但他们的脾气大不相同。斯陶布在一点点小事出了问题时，他都会带着浓厚的瑞士口音大声说：“上帝呀！”而罗西只在灾难性的时刻才说一句：“哦，亲爱的！”

我记忆中的另一个组长是蒙罗，他参与组建了洛斯·阿拉莫斯大部分的早期机构。但盾起来他是有原则地组织他的小组的。他的每个成员都必须擅长音乐和做中国菜。其中的一个是乔更森，他有一架很好的大钢琴，并保持着优美的音色。他还有一定做中国菜的知识，那是五年前往在他那里的一个中国学生教他的。当那个中国学生离开的时候，他留给乔更森一本中文的烹调书。他们毫不畏惧地弄到了一本中文字典，开始按烹调书上的方法做菜。在洛斯·阿拉莫斯每隔几个星期他们就在星期天组织一个聚餐会。我还记得，我经常在滑雪归来后，洗个澡，换好衣服，逛到乔更森那里。然后我就开始演奏他那不错的钢琴，同时，蒙罗的年轻组员们在厨房里切肉和蔬菜。过了

一会儿，小提琴手加入了，我们开始二重奏；在大提琴也加入后又变成了三重奏。准8点，厨房门打开了，出来一行队列，给我们带来了头两样菜。我们停止演奏开始品尝美味。半个小时以后，厨师们又回到了厨房，音乐家们又开始了三重奏。这样重复三到四次，大约在11点左右聚餐会才结束。我们的肚子里装满了佳肴，耳朵里充满了莫扎特和贝多芬。

另一个美味是烤肉。我有这个口福是因为他们让我的一个擅长做金属活的助手给他们做了一个烧烤的架子。架子放在炭火上，烤着用酒、番茄和洋葱腌制的小块的肉。作为回报，我被邀请参加了那次晚会。我脑子里充满了对这种美味的赞赏，没有想到他们其实完全可以不请我。总之，我因有非常丰富的社交生活而变成了一个没有头脑的人。我有一次甚至堕落到不择手段地在传呼系统中发出这样一条信息：凡有愿意邀请弗里希共进晚餐者请给他的房间打电话。我不记得那个联系电话是否起到了预期的效果。

我的工作都是些小活儿，例如，建造仪器的一些小部件。但有了一件比普通的事有趣的活儿。我为此向高层的科学家（像往常一样）递交了一份报告。是他们决定着在这里怎样以最有效的方式运转。我根本没有期望它能被批准，但让我惊讶的是它被批准了。这个实验的名字叫“龙实验”，因为理查德·费曼（尽管很年轻，但却是委员会的成员）笑着同意了这个方案并说：“这就像逗弄一条熟睡的龙的尾巴。”当时，足够用来制造一个爆炸装置的铀235的化合物已经运到了这里。我的想法是铀可以做成一个整体，但它的中间留下一个大洞，使足够的中子能够逃逸出去而不会产生链式反应。但当中间的部分被做好，放进去之后，不到一秒钟就能达到原子爆炸的条件，幸亏只是如此。

当然，他们问我如果中间部分停留在里面会发生什么事情。但我极力地说服每个人，如果极好地预防，平稳地引导并能强制停止每次下降的话，是可以完全保证安全的。结果我一度成了一个组长，在十几个精明的同事的帮助下，实验在几个星期内就被建立和完成了。我们差一点点就能引发原子爆炸，实际并没有。实验结果很令人满意，每件事都按预想的发生了。每当中心部分被放入洞中时我们观测到了大量中子的爆发，温度在不到一秒内升高了好几度，链式反应就像被点燃的炸药一样进行着。我们工作的压力很大，因为原料在规定的日期内要归还去做真正的原子弹。在那几周紧张的工作中，我每天大约工作17个小时，然后从黎明睡到晌午。

其他关于原子弹原料的实验没有这么紧张但却危险得多。当我在那里的時候，一个人因为失去控制的反应而丧了命。后来我的继任者路易斯·斯洛丁（一个非常可爱和受欢迎的人）成了第二次事故的牺牲品。危险来自心理上；将一块铀组装到一起是一件我们非常清楚的过程，只要不达到临界质量（当链式反应不能自发产生时）就是绝对安全的。但一个小小的失误就会导致突然达到临界状态。

大部分的组装实验是用来帮助我们了解一颗原子弹到底需要多少质量的原料。它们由一些小块构成，用反射中子的物质环绕着，反射物质是由大一些的不发生裂变的物质构成的。我们有严格的规定决不允许一个人单独做实验，并且决不允许有人拿着一块一旦放下就会达到临界状态的小块原料。第一个丧生的人叫哈里·达格里昂，这两条规定他都违反了。他非常渴望在其他人走后继续多做一次组装；一块重金属从他的手里滑落，掉在了几乎已经完成组装的铀上。尽管他立刻用自己的胳膊把它给弄开了，但他看见了一团

蓝色的离子气包围着原料。他没有感到有什么异样只是有些恶心。他被救护车送到了医院。两周后他的血球计数下降，他再也不能对抗病菌了，然后死于一次轻微感染。关于路易斯·斯洛丁，他们告诉我，在一杆支撑反射器的铅笔滑落之后九天他就死了。

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0144-1.bmp}像路易斯·斯洛丁这样细心的科学家怎么会犯如此愚蠢和致命的错误呢？他真的以为铅笔能很好地支撑住一块接近临界的原料吗？或者在他头脑深处有某种东西诱使他玩原子的轮盘赌？我们永远也无法知道了。

有一次我自己差一点也成为了一次类似事故的牺牲品。我们在进行通常的组装。周围没有反射器，这是一个检测我们计算结果的好办法。因为一个明显的原因我们把这个实验称为“高迪瓦女士”组装。我们并未违反任何规定。我让一个学生帮助我，他站在中子计数器旁边。我们都看到了红色的信号灯闪得越来越快，它的计数频率在增长。突然，我很惊讶地看见计数器停了；我抬起头，看见那个学生把计数器的插头给拔掉了。我立刻俯下身并喊道：“插上它，我们就要达到临界值了！”在那时我眼睛的余光看见红色信号灯不闪了。这肯定是信号灯闪得太快，以至于根本看不见。

我立刻取下几块我刚加上去的铀化合物，这时信号灯的闪烁慢了下来又变得可见了。很明显，由于我俯下身，反射了一些中子回去，使“高迪瓦女士”开始达到临界状态。我没有感觉到什么不舒服。在我们正确地操作下完成实验之后，我用一个计数器来测量一些小块的放射性。它们的放射性比如果没有发生事故的情况下要大得多。从这些结果我可以算出在我俯身下去的两秒钟里反应加强了，虽然没有达到爆炸的程度，但是反应速率极高，大约每秒 10 的 100 次方的量级。实际上，我受到辐射的剂量是无害的；但如果我再犹豫两秒钟才移开原料（或者如果我没有注意到信号灯不再闪了）那么辐射的剂量将是致命的。

在铀 235 被送回去做原子弹之后，我很消沉。我们中的一些人到遥远的地方去监督第一颗原子弹最后的构造和装配。试验的地点在离洛斯·阿拉莫斯 100 多英里远的一个沙漠里。谁都知道我不是一个好的组织者，于是我被留下了。后来真正的原子弹做好后投到日本时也没有我的份。我和很多人一样准备在第一次试爆点附近做各种实验。我特别想做的实验不是很重要，并且还失败了。因为我低估了辐射的强度，我的底片（靠记录 X 射线拍下爆炸的场面）一片漆黑。

在 7 月上旬，我们乘坐小汽车或大客车到了试验地点，代号“三位一体”，在阿拉默哥多附近的沙漠里。那个沙漠还有一个名字叫 EL Jornada del Muerte，西班牙语的意思是死亡之旅。其实它不是真正的沙漠，而是长满了仙人掌和一些稀疏的其他植物的很干的土地。但那里有非常多的节足动物，其中一些据说有毒。我见过一个人逮到了一只塔兰图拉毒蜘蛛，把它放在一个果酱瓶里。那个瓶子大约刚好能把那个巨大的蜘蛛放进去。因为不断地改变试爆时间，我们住在大帐篷里（我大约住了一个星期），直到所有的准备工作都已做好。一个大约有 100 英尺的铁塔被用来放爆炸装置（不是一个真正的炸弹，没有流线型的外表）。当它最后被运来并被吊上塔顶的时候我和乔治·斯基乔可夫斯基（我们最好的爆破专家），站在塔底下。我问道：“在它爆炸的时候我们要离多远才安全？”他说：“喔，大约 10 英里以外。”我说：“那时候我们最好站远点看好戏！”实际上，我站在那里时没有真正的

危险，触发装置还没有装上，它要留到最后的时刻。

这一天终于来临的时候，天气却变了：天空中下起了雷雨。我们很担心如果天气不变得晴朗平静的话，闪电会把它提前引爆，许多实验将无法完成。于是我们必须等待。一些大人物进到 10 英里外的地下碉堡里，而我们大部分在离爆炸地点约 25 英里的空地上观看。

我们整夜坐着，等待天气放晴。我在车里打了几个小时的盹，直到扩音器里说些什么（其他的时候它播放舞曲）。最后的通知终于来了，倒计时开始了；现在离爆炸时间只有几分钟，这时天空中出现了第一线曙光。我走出我的车子听着倒计时，直到最后一分钟我才开始找我的黑色护目镜，但是找不到。于是我坐在地上，以防被冲击波震倒，用手遮住我的眼睛，从手指缝里看着爆炸的方向，耳朵里听着“五，四，三，二，一……”

那时，没有声音，太阳仍在照耀着。远处沙漠边缘的沙丘闪着耀眼的光，几乎没有颜色没有形状。这个光在几秒钟内没有什么变化，然后就开始膨胀。我侧了一下身，地平线上的那个东西太亮了，像个小太阳，根本无法直视。我不停地眨眼睛，试图看着它。大约 10 秒钟之后，它膨胀起来了，有些像一场石油大火，形状看上去很像一个草莓。它从地面升上天空，有一和由烟尘组成的细柱与地面连着；我不合时宜地想起了一只红热的大象倒立在它的鼻子上。然后，热气组成的云冷却下来，变得不太红了。可以看见周围有蓝色的离子气的火焰，它是哈里·达格里昂被宣判死亡时见到的离子气的一个巨大复制品。现在已经非常有名，被称为“蘑菇云”的那个东西停止上升，但第二个蘑菇在第一个的顶部开始升起；它的内层因为辐射而保持很高温度，变得比其他部分热而冲开顶部升到更高的天空。这是一个任何见过核爆炸的人都不会忘记的令人敬畏的场面。我们完全沉默地站在那里；几分钟后，巨大的响声过来了，我塞住了耳朵，但仍觉得非常响。接着是长时间的轰鸣的声音，就像远处交通繁忙一样。这轰鸣声现在仍回响在我的耳边。

有一天，实验室方向突然传来了嘈杂的叫喊声和奔跑的脚步声，有个人打开我的门喊道：“广岛被摧毁了！”

洛斯·阿拉莫斯 1943 ~ 1945 : 2

恩里科·费米能来加入我们使我们很高兴，那是 1944 年很晚的时候了。他的声名显赫，在 1920 年，他已经创造了许多理论物理学的新概念；在 30 年代，他在罗马开始做中子的实验研究并取得了让人兴奋的结果，这些我在前面已经提到过。1938 年的秋天在他领取了诺贝尔奖之后没有返回意大利而是把他的一家带到了美国，然后他变成了一个工程师。一到那里，他就从尼尔斯·玻尔那里听说了裂变的发现并立刻开始了工作。在纽约的哥伦比亚大学他主要致力于测量每次裂变所产生的平均中子数，这个数目可以决定铀是否能产生裂变并成为有潜力的大规模能源。人口是链式反应的一个很好例子。如果每个家庭生育超过两个孩子，成熟后又建立新的家庭。平均来讲，人口就会增加；每个家庭的出生率必须比 2 要高一些，因为有的小孩会死亡，有的不结婚。同样的，铀的每次裂变（除了偶尔的自发裂变之外）都要用去一个中子。这样，至少要在裂变的碎片中产生一个新的中子，否则链式反应不可能进行。尽管在两个地方（美国和法国）得到的平均数目很大，大约在 2 到 3 之间，但还不能确定中子的“死亡率”，也就是被俘获而不产生裂变的机会，它是否足够小使得每次裂变中至少有一个中子幸存下来并引起另一次裂变。

一个主要的损失来自铀本身。它的主要同位素铀 238 只在非常快速的中子的撞击下才产生裂变；慢中子就被它吞噬了。但是相对稀少的同位素铀 235 能被慢中子分裂并且很容易俘获它们。实际上，各种科学家在开始时认为获得链式反应的最好办法是把铀和一个能使中子减速的“减速器”放在一起。例如，1935 年费米发现水是一个很好的减速器；质子（氢的原子核）通过与中子十几次碰撞而夺去它的能量。但它们也会倾向于俘获一个中子形成一个氘核。因此水并不是一个能与天然铀混合在一起能产生链式反应的足够好的减速器。但是水里含有一些氘核，它们对俘获中子一点也没有兴趣，通过一个非常昂贵的过程，能够把它们浓缩而生成非常好的减速器，重水。使用重水的链式反应器已经建立起来了。但费米决定使用石墨；中子需要和这种重一些的核更多次的碰撞才会损失能量，但幸运的是中子被俘获的机会非常小。在费米的领导下（他是一个敌国人民，但著名的美国科学家阿瑟·康普顿对他鼎力支持），这项工作紧张地进行着，特别是在珍珠港事件爆发，美国卷入战争之后。1941 年 12 月 2 号，在芝加哥一个名叫斯塔菲尔德的足球场的看台下面拥挤的房子里，第一次链式反应成功了。它由一个镉做成的中子吸收装置来控制反应，非常方便。

为什么他们如此急迫？不是仅仅为了证明链式反应的可能性，为了打开使用原子能的大门。主要的原因是加利福尼亚的化学家已经造出了可见的微量的，后来被称为钚的元素；它由铀 238 俘获中子而生成。很快就证实了，它能像铀一样与中子发生反应。因此如果能得到足够的钚，就能成为制造原子弹的可能原料。

在费米的第一次链式反应中只有很少的钚生成；但发现这个样板成功之后，更大的铀和石墨的反应堆开始建立起来，使之能以克的单位生产这种

原子弹的替代原料。当时分离铀的同位素被证明相当困难。后来，这两种方法同时被采用；最初投到广岛和长崎的两枚原子弹，一个含铀 235，一个含钚 239。

那些反应堆由杜邦集团负责制造，地点靠近一个叫汉霍德的农庄，离西雅图不远。费米协助设计了它们。出于安全原因，费米被称为“法默”并配了一个保镖。在反应进行的长时间里，他很喜欢对他的保镖谈论物理问题。有一天他沉思他说（他英语掌握得很好，但总去不掉他的意大利口音）：“我的保镖现在已经懂了非常多的物理知识了，他马上自己也需要一个保镖了。”

费米从来都有条不紊，尽管他有许多事情要做，他总能安排得很有条理。他很快发现人们很喜欢来问他问题而打断他的工作，于是他宣布，整个上午他会在办公室里，为任何来访者解答问题；下午他换上他的实验服在实验室里工作，不再解答任何问题。星期六他经常与一群年轻人散步，他们觉得他非常容易相处，但显然他是指挥者。我从来没有见过任何人能如此轻松地没有任何自负地占有绝对的支配地位。

尼尔斯·玻尔也来到了洛斯·阿拉莫斯。他是和他的儿子伊吉一起来的，他们被称呼为尼古拉斯·贝克和吉姆·贝克。他们的到来非常神秘和小题大做。我的一个朋友对我说，为什么他们没有包起来放在一个板条箱里送来，这样会非常简单。1943年的秋天，尼尔斯·玻尔逃出了丹麦，同时他的家人在一个黑夜中乘船去了瑞典；谣传说，德国人要把丹麦所有的犹太人都抓起来，而玻尔的母亲是犹太人。玻尔一到就去了斯德哥尔摩，他见到了瑞典国王并劝说他庇护所有的丹麦犹太人，宣布瑞典欢迎所有感到危险的人。那个声明是一个非常伟大的举动；它使难民们感到更方便一些，他们只要乘船进入瑞典的水域就安全了；并且它可能促进其他政府对难民更加仁慈一些。

玻尔与许多政府要员进行了接触，如邱吉尔和罗斯福，他试图说服他们，原子弹的原理应公之于众而不应该作为一个随时都可能被揭开的秘密，这是他完全正确的预言。他试图警告政客们核武器竞赛的危险性；但他的外国口音和不紧不慢的说话方式使那些人感到很不耐烦。他们习惯快速勇敢地作出决定，也正是这一点使他们坐在他们现在的位置上。他们认为迅速地取得战争的胜利才是至高无上的。后来，战争结束后，他向联合国递交了一封公开信，再次呼吁一个没有核秘密的开放的世界。我在猜想会有多少人会以他期望的认真态度读完他的长篇大论（约6000单词）。

但在他访问洛斯·阿拉莫斯的期间里他是很放松的。他看得出来我们的工作进展得很顺利，战争将变得对我们有利。收音机里的报道混乱不堪，自相矛盾，但玻尔总是收听。他开玩笑地说：“在谣言被否定之前我们应该听一听它们。”在原子弹显示它的威力之前是不会有有什么政治行动的。天气和往常一样明媚，偶尔有一次我陪玻尔出去散步。但我忘记了一条基本的原则，我没有带火柴。所以当玻尔掏出烟斗向我要火时我只好向他道歉。但我还是点着他的烟斗，因为我注意到他戴了远视眼镜并且度数很深。将新墨西哥的阳光聚在一起点燃他的烟斗不是件很难的事；但他被弄迷惑了，我认为他并不满意。对他来说，擦着火柴点燃烟斗，然后吹灭火柴把它扔掉是他吸烟斗的乐趣之一；尽管他的烟斗总是熄的，因为他不停地说话。

我有一次问他，他的假名字给他带来了多少麻烦，他总能记得在签字时写尼古拉斯·贝克而不是尼尔斯·玻尔吗？他回答说：“那有什么不同吗？我的签名很难认，它会被认为两种都是。”我们还对他抵达美国后的经历感

到很有趣：几个联邦调查局的人提着他的行李，簇拥着他从船上前往饭店，开始是坐出租车，然后穿过接待处进到了饭店的房间里。他们累得气喘吁吁，并确信他们已经将玻尔成功地隐藏起来了。然后，他们中的一个人注意到他的行李上用很大的黑体字母写着尼尔斯·玻尔的名字。

玻尔不是唯一的一个使用假名字的人。费米的官方称呼是“法默先生”。在某种意义上，我也改变了名字。我抵达洛斯·阿拉莫斯没几天，有人问我：“你叫什么？”那时我已经发现这里充满了叫罗伯特的人，如奥本海默、贝特、舍伯和其他许多人。于是，一时冲动我说了真话：“奥托。”尽管我从没有被这样叫过，我母亲总是把我的两个名字一起叫，有的亲戚干脆把它们拼写到了一起成了奥托罗伯特，一个并非很罕见的德国名字。但是，这里的美国朋友都知道了我叫奥托，一直到现在；在大家说话的时候，这个名字被不吉利地发成了鲁道夫的音。当洛斯·阿拉莫斯建起了一个小广播站，我每星期作为“我们的钢琴师”在广播里演奏 15 分钟的钢琴；甚至连奥托这个名字也怕被路过的开车的人听去了。

在洛斯·阿拉莫斯的时间并不都是在研究物理。当要宣布演一出著名的戏时，所有的人都被邀请去试音，但没有我的份。因为我的外国口音使我没有机会。后来我很生气地发现这出戏其实在它的演员阵容里应该需要外国人。在那个角色里，一个百分之百的美国人尽力地、不令人信服地模仿外国人说话，其实这对于我来说没有任何困难。

但是我还是在舞台上占有了一席之地。制作人有一个有趣的想法，在戏的结尾，当所有的演员谢幕时，“尸体”们也参加。也许你知道，在那出戏里，在幕布拉开之前就有不少人被杀掉了。于是不少洛斯·阿拉莫斯的著名人物就被邀请在戏结束时偷偷地走出来，在脸上匆匆地扑一些白粉使得看起来像一个尸体，然后加入到舞台上与演员们一起。这些“尸体”里有奥本海默和（我想）泰勒和很多其他人，我也是其中之一。每个走上舞台的人都腼腆地鞠躬，有的脸上还带着笑容。而我决定真实地表演，于是我蹒跚地走上舞台，手在折断的手臂下摇摆着，头向上仰着还龇着牙。我的朋友们都向我保证说，我是“尸体”中最好的一个。

另一个我记得的公众活动是一个为儿童的福利而组织起来的马戏团。那里有许多卖艺者，大部分是儿童们自己扮演的，有一些成年人也参与其中。一个女士准备从水晶球上读出一个人的未来；她穿着醒目的吉普赛人的传统服装，把她那一套弄得像真的一样。我义务地担任了一个素描画家，心怀恶意地画下我朋友的讽刺画，并从心底里感到一种邪恶的快乐，而且还要他们的钱！我穿着天鹅绒的夹克系着领带，坐在一个小桌子后面，桌上放着一叠纸和铅笔。很奇怪的是我的顾客竟然都是小朋友！我以前从来都没有画过小孩，只好匆忙地想了一些办法画出一个漂亮的女孩或一个英俊的男孩，像不像已经不太重要了。小孩子们很高兴地看到他们的肖像，川流不息地进来；有的甚至进来两次并第二次交上 25 美分。很快我的纸和笔就用完了，我只好穿梭往来地拿开这些零钱，削尖我的铅笔，去取新的纸。我做梦都没有想到我会如此成功（我赚了大约 100 美元，相当于马戏团的开办费）地靠歪曲我朋友们的面容而赚到钱。

在洛斯·阿拉莫斯我开始学开车。我已经有足够的钱买一辆二手的哈德逊车，然后跟着哈里达·格里昂学开车。后来，他成了我前面提到过的一次原子事故的牺牲品；接着路易斯·思洛丁开始教我，非常奇怪的巧合是他也

死于一次失控的辐射事故。我认为我学得差不多了，就参加了一个军事办事处的考试，他们立刻就发给了我一个特别的驾驶执照，上面没有我的名字。这样做是为了安全的原因，如果我在洛斯·阿拉莫斯之外发生了任何事故，没有人会知道我的名字。

在测试后的第二天我就发生了我的第一次事故。我带着三个人，开进了一个峡谷，在松软的碎石路上很快地转了一个之字形的弯。突然我看见了我的前面有一棵树，我不能动了，眼看着它离我越来越近直到撞上车子的护栏。实际上整个车祸只发生在半秒钟里，根本没有时间采取任何有效的措施。坐在后面的两个人没有受伤，他们帮助我爬出了汽车，因为两个前门都被卡住了。坐在我旁边的佩克·金的头撞在挡风玻璃上昏了过去（他还活着，我们还是好朋友）。我的速度只不过大约每小时 20 英里，但以这个速度碰到一棵树就非常猛烈了，而且当时没有安全带之类的东西。除了各种擦伤和撞伤（我的膝盖撞破了仪表盘，头撞碎了后视镜，胸口将方向盘撞弯了）之外，没有受什么严重的伤。我还是在医院里住了几天，肋骨用纱布缠了起来。然后我就又回到了大房子里。让我感到很讨厌的主要是，接下来的几个星期每当晚会达到高潮的时候，我只好离开，因为笑声让我感到很难受。

匈牙利出生的数学家约翰·冯·纽曼来到洛斯·阿拉莫斯访问，因为他住在大房子里，所以有时我们一起回家。有一次我得知他对大量复杂问题的计算很感兴趣，便问他，是否有人想到建造一个用电子管代替齿轮的计算机。他看上去很感兴趣，并邀请我参加了一次讨论，他还邀请了一些电气工程师。他带着一只大狗走进了那间小办公室，然后开始解释他的观点。他从 5 点开始，没有讲稿，中间偶尔回答一些问题，一直讲到了 10 点钟；直到有人告诉他，如果他想喝啤酒，现在去刚好可以赶在酒吧关门之前喝一杯。他喝完啤酒后又回到我们讨论的房间，继续讲直到午夜。到最后我的脑袋已经嗡嗡作响，但我感到我真的懂得了一个计算机的世界。

约翰毫无疑问地被认为是计算机之父，那时他已经在普林斯顿造了一个。他居然邀请我参加那次讨论实在让人难以置信，很大程度上不是出于友好，而是怀着微弱的希望让我能提出新的想法，结果我辜负了他的期望。但我从没有停止过对计算机的好奇，并且使我感到荣幸的是我竟然受到了大师的启蒙教育。他的数学成就和技术对我来说太高深，无法用语言来描述。但我知道他的大脑是坚强有力的，因为有一次我亲眼看见他连续喝下了 16 杯马丁尼还能清醒地只靠双脚站着，尽管说话的语气带点儿悲观的味道。

冯·纽曼是数不清的流亡国外的杰出的匈牙利人之一。他们使我的一个奇怪的朋友弗里兹·豪特曼斯提出了一个理论说，他们是来自火星的访客，他们很难不带口音他说话，而这样会泄漏他们的身份，于是他们就假扮成以说任何语言都带口音而出名的匈牙利人。除了匈牙利人以外，那些杰出的人都住在别的地方。

另一个杰出的匈牙利人是我曾在丹麦见过一面的爱德华·泰勒。他的头脑总是在寻求各种挑战：一个难题，一次辩论，一盘盲棋。有一次我和他一起坐火车旅行时，我实在太累了，不能和他再继续讨论下去。于是我问他不知道任何四维的常规多面体。他觉得这个问题很有意思。于是我能安静地睡一会儿了。两个小时以后，我们下车时他已经弄明白了那些多面体。而在我 15 岁时，可能是我最聪

明的时候，我花了三个星期才懂了这些。我喜欢和尊敬他丝毫不是因为他的钢琴演奏。他演奏时要靠音乐才能和纯粹的意志力来填补技巧的不足。

泰勒在年轻时的一次车祸中失去了一条腿，他使别人几乎看不出这一点。他的假腿只使他有一些轻微的跛，他一点也不介意走很长的路；他甚至经常加入到我们的滑雪行列中来，他穿的是雪靴而不是雪橇。他是一个狂热的反社会主义分子，看到他的祖国匈牙利被占领后，他强烈地感觉到美国必须武装起来，争端是不可避免的。从铀或钚的裂变中获得能量的原子弹对他来说只是一个开始。氘核的聚变可以产生更猛烈的爆炸（氘是氢的重同位素，因此被称为氢弹），泰勒在它的研制中投入了大量的精力。同样质量的铀和氘含有大约相同的能量，但是铀（钚也一样，它们很类似）中的能量只有一小部分被释放出来。只有一小部分质量被利用，它就很快地爆炸了。在氘核的聚变中，这些限制都会消失，但它需要用原子弹来做引爆器把它加热到数百万度。这项复杂的技术需要好几年的时间，我没有参与其中，因此没有多少了解；有些关键的细节至今仍是保密的。已经爆炸的氢弹的威力是将广岛夷为平地的原子弹的几千倍。

在阿拉默哥多的试爆之后，洛斯·阿拉莫斯又进行了大量的工作。那些擅长工作组织的人被送到很远的地方，进行飞机搭载原子弹的所有部件的装配任务。我和大部分人呆在后方，除了整理我们的资料外，相对来说就没有什么事干了。但是怎样把这种武器尽快投入使用成了一个生动的话题。它应该被使用吗？是否应该在一个无人居住的小岛上，邀请敌方来看一次爆炸演示？在各种阶层中都展开了此类问题的讨论。在政客之间，在芝加哥的大人物如詹姆斯·弗兰克和里昂·斯拉德之间，甚至在洛斯·阿拉莫斯本身小一些的范围内。我前面已经提到，我没有什么政治头脑，并且我还有另外一个原因使我不参与其中：英国政府已通知我们，作为美国的客人，不要参与政治讨论。因此我听了很多，但没有发言。

有些人认为科学家应该把精力用在正当的行为上；另一些人则认为补鞋匠应该做他份内的工作。我记得一个故事是说，希腊的雕塑家费底阿斯完成了一个新的耶稣像，他躲在雕像的后面听路过的雅典人说些什么。他听到一个补鞋匠说，脚的大拇趾太大了一些。于是他晚上来把大拇指给凿掉了一些。第二天，那个鞋匠又从这里经过，说脚趾头改好了，可眉毛有些不大妥。这时费底阿斯从藏身的地方走出来对他说：“当你谈论脚趾头的时候，你是在谈论你懂的东西，所以我听从了。但我对你关于眉毛的话一句也不会听。”这个�故事的意思当然是科学家应该做他的份内事。当时我认为这个观点非常有道理。但我不认为它总是正确的。科学家被培养成能客观地公平地思考问题，他们对任何事情的看法都是有价值的。

我们不知道原子弹什么时候投在什么地方。有一天，大约是在阿拉默哥多试爆之后的三个星期，实验室方向突然传来了嘈杂的叫喊声和奔跑的脚步声。有个人打开了我的门对我喊道：“广岛被摧毁了！”肯定有数万人被杀死了。我还记得，当我看见我的许多朋友打电话到圣达菲的拉方达饭店预定房间以庆祝数万人的突然死亡，我感到有些不大舒服和厌恶，尽管死掉的是“敌人”。另外一种观点是这次的大杀戮会挽救更多的美国人和日本人的生命。如果不使用原子弹，战争不停止的话，会有更多的人在战争中丧生。我们中的绝大部分人都认为日本在几天内会投降，我们几乎看不出有什么道义上的理由又在长崎投下了第二枚原子弹，尽管它使战争立刻就停止了。这是

一个不停地被讨论的问题，并且永远也不会有结果。

战争使这么多的科学家离开了他们的工作台是物理学的灾难吗？

研究重新开始

战争使这么多的科学家离开了他们的工作台是物理学的灾难吗？事实上不是的，我们做成的新武器不仅是战争的武器而且也是我们自己的武器。一旦它们被部署好，成就和进步将是壮丽的；我能想象，战争造成的损失在几年内就可以迅速恢复。第一个大的原子核反应堆被建造起来制造原子炸药——外。但是它们会产生大量的中子，非常危险，因此把它们用混凝土包起来，只留一个小口让一束中子出来，这样就可以对它们进行精密的研究。

特别是它可以用来研究原子核的选择吸收。我们用有特定能量的中子来研究硼核的选择吸收，与我和思特恩在汉堡用过的办法大致相同。一个快速旋转带有窗口的转盘使中子从反应堆中连续被放出来，到达几英尺远的一个计数器，它们经历的时间被精确地记录下来。玻尔预言的分立能级现在被精细地显示出来了，甚至它还可以用分离铀同位素的方法来分离某些特别的同位素。两次电脉冲之间短小间隔的测量方法发展成为雷达，它通过计算短暂的电脉冲被飞机反射回来的时间得出飞机的距离。这些技术已经有很大的改善，微秒（百万分之一秒）是一个太大的单位，它的千分之一，纤秒（光大约走一英尺）被认为比较合适。通过计量一个粒子以接近光速飞过 100 英尺的时间，可以得到它的速度，误差只有 1%；没有一个粒子能超过速度极限而否定爱因斯坦的结论。一个粒子的速度和它在磁场中的弯曲的轨迹可以告诉我们它的质量。这种“飞行时间”的办法后来对确认在猛烈的爆炸之后产生的新粒子起了很大的作用。

另一个雷达的副产品是一门新学科的诞生与发展：射电天文学。但是我要把它放到最后一章，作为我在剑桥精彩故事的一部分。

战后不久，在核物理学中，发生了一件更适合大众口味的东西：闪烁屏，这个 30 年代被电子计数器逐出核物理的灰姑娘，通过与电视时代的王子——光电倍增管的联姻而意想不到地回来了。严肃地说，由一个光子在光电倍增管中释放的一个电子，通过撞击一些电极被放大 100 万倍；每次撞击产生很多个新电子，在一纤秒内形成一个巨大的雪崩。一个光电倍增管能“看见”快电子在闪烁屏上形成的闪光，甚至能测量出人眼看不见的微弱闪光的亮度。

盖革计数器，由一些人各自独立地制造出来，曾风靡一时。它每分钟能计数几百个粒子，但已不能适应现在放射性物质放出的大量粒子。新的闪烁器计数比盖革计数器快 1000 倍，并且通过闪光的亮度能对粒子的能量进行不错的测量。除了闪烁屏，英寸见方的透明物质能用来计数 γ 射线，而大部分的 γ 射线会穿过盖革计数器。萘（樟脑丸的原料）被用来做最初的闪烁器，后来被精心设计的闪烁塑料和液体代替了。

关于这种有力的技术讲得太多了，结果怎么样呢？让我们从一个非常重要的实验开始。泡利在 1930 年梦想的粒子、中微子的存在性于 1956 年最后被证实了。人们对“ β 射线过程”比较担心，在这个过程中，原子核通过释放出一个电子而改变它的电量：皮特·德拜说它是“一个最好不要去想的东西，就像一种新的税收”。问题在于被释放出来的单个电子带有不同的能量；但作为一个给定的放射性同位素，它们从同样的原子核中被释放出来，又留下

完全相同的原子核。在近 15 年的研究中没有发现任何能解释这种随机能量的理由。

有一段时间，尼尔斯·玻尔严肃地认为 B 射线过程不遵守能量守恒定律。玻尔认为每个理解上的进步都要付出代价，经常要放弃一些曾被认为是绝对的东西。理解行星运动，哥白尼必须放弃（正如亚里斯泰克在 1800 年以前做的一样，但他已经被遗忘了）地球是世界不动的中心的信念；爱因斯坦为了把力学和电动力学统一起来而放弃了绝对时间的概念。现在是牺牲能量守恒的时候了么？

泡利有不同的想法。在一封开头是“亲爱的放射性的先生们女士们（莱丝·梅特纳是其中之一）……”的著名信件中，他提出电子和另一种粒子被同时释放出来了，它们随机地分配能量。这第二种粒子必须没有电量而且很轻，泡利称它们为“中子”。在查德威克发现重得多的中子后，泡利的“中子”被他的意大利同事改名为“中微子”（小中子），然后这个名字就确定下来了。

恩里科·费米把泡利的想法发展成了一个完善的理论，后来他的结论被实验证实了。但逮住中微子的任何念头都失败了，显然，它们不受电磁力和那种使原子核结合在一起的更强的力的作用。有一件事是清楚的：一个中微子一定能被产生它的力作用。但这个力显然是非常弱的，因为一个原子核要用几个小时、几天甚至几年才能完成如此的丰功伟绩。在原子的级别来看，这是一个长得不得了的时间。计算表明，一个中微子能穿过整个地球，而在它的路上几乎碰不到一个原子核。显然，需要非常强的中微子源和非常大的探测器来逮住这个滑头的家伙。

原子反应堆提供了其中的一个，而闪烁计数器是另一个。1953 年，一个装满了 70 加仑闪烁液体的大水柜放在了美国最大的原子反应堆之一的旁边，这个反应堆是由弗雷德里克·雷恩斯创建的。在水柜的周围有 90 个光电倍增管监视着。希望的信号产生了，但仍有疑问。1956 年一个改进的实验使它确定了。在从反应堆里产生的大量（大约一秒 10 的 20 次方个）中微子中，每 20 分钟有一个被逮住。不是很多，但作为证据已经足够了，实际上这和预计的一样多。这足以使泡利高兴了，他于几年后去世。

这是闪烁器和光电倍增管这一有力的技术取得的惊人成就。这个技术也给我们带来了许多关于原子核能级的新信息。模糊猜测中的规则性现在能被清晰地看见了；它们能显示出原子核内部的结构，能和 20 年代就已阐明的原子壳层结构相媲美。尼尔斯·玻尔的原子核液滴比喻错了吗？原子核一定不能在非常拥挤的情况下占有轨道吗？

泡利用他的不相容原理又一次找到了答案。我喜欢想像两个原子核之间的友好会面：“我们看起来要撞上了，但我不能进入另一个轨道，你也不能；泡利说，低能级已经都被占用了，我们没有足够的能量进入高一些的能级。所以我们就像没有碰撞一样，再见！”

不管你对这段对话怎么想，这个模型非常有用并解释了很多事实。它解释了“幻数”8, 20, 28, 50, 82 和 126：稳定的原子核只含有这么多的中子和质子，并且能被壳层模型严格地推论出来。它还能解释考非耳蒙在哥本哈根以及其他人在别的地方研究的核的自旋和电磁运动。德国出生的马瑞·吉波特梅尔在美国，奥托·亥克斯、汉斯·詹森和汉斯·苏易斯在海德堡分别独立地创造出原子核的壳层模型；詹森和吉波特梅尔分享了 1963 年的诺贝尔

奖。

液滴模型并没有消亡，它仍是对高激发态原子核最好的描述，{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0163-1.bmp}电子的行为更像是乱糟糟的一大群而不是礼貌的舞蹈。但要理解处于低量子态的原子核的中间领域则需要对量子力学罕见的直觉和高超的数学技巧。尼尔斯·玻尔的儿子及继承者伊吉和本·莫特利逊获得了他们的“集体模型”，是对在杂乱自旋的小滴中核的轨道运动的量子力学的描述。他们的合作工作持续了四分之一世纪，解释了很多关于原子核行为的细节问题，也使得玛格丽特·玻尔，这位诺贝尔奖获得者的遗孀在 1976 年成了诺贝尔奖获得者的母亲。我深情地想起我最近一次见她时，她已是 85 岁高龄，还同往常一样慈祥动人。

但是最能抓住公众想像力和改变物理学风格的是巨大的粒子加速器的发展。它们方圆数英里，由几千吨的铜和铁制成。为什么政府会出资数百万去建立它们，并且让几百名工作人员整天维持它们的运转呢？

这一切都是从 30 年代中期由昂尼斯·O·劳伦斯 and M·斯坦利·{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0164-1.bmp}利文斯顿在加利福尼亚的伯克利建立起来的回旋加速器开始的。它的基本思想是不靠一次非常大的电压去加速一个粒子，而是靠很多次小的推动。一个几英尺大的磁体用来使质子转圈以节省空间。质子的速度变大的同时它绕的圈也变大了，因此它每绕一圈的时间都一样；一个同样频率的电场产生一个规则的推动力，质子每绕一圈受到两次推动力。在 100 次推动之后，质子的能量可以达到 10Mev，足以使重核分裂：氘核（重氢的核，大约在那时发现的）是更好的子弹。

劳伦斯是一个勇敢的实验者，经常把“不可能”一脚踢开。相对论使速度有极限；但当贝特算出它们时，劳伦斯已经通过使磁场少一些规则性而将他们打败了；为什么会这样，后来才弄明白。他叫他的技术人员把一块离子团放入磁场中，报告说：“不太好，射线变弱了。”他说：“太好了，如果它能变弱，它也能变强！”经过不断的摸索，他果然办到了。在战争时期，他建造巨大的磁体起质谱仪的作用来分离铀的同位素；当用来做磁体绕组的铜用完了之后，比铜更好的导体，数吨的银被从财政部借了出来。

战后，通过在粒子获得速度时，首先改变电场的频率然后改变磁场的方法，把相对论性的势垒打破了。各种各样的天才和技巧被用来在粒子想要逃出它们应在的轨道时把它们拉回来。现在，不断增高能量的大门已经打开，唯一的障碍是建造巨大磁体的不断增高的费用。

但目的是什么？甚至是最重的核也挡不住能量为 20Mev 的质子，100Mev 或更高的能量是不必要的吗？答案是，它们不是要分裂原子，而是要弄明白核子中间的相互作用力。这实际上是卢瑟福在 40 年前所作尝试的扩展。但它们的结果不是以同样的方式出现的，巨大的惊讶在前头等着我们。

达到 100Mev 时，质子看上去非常简单地令人满意；它的行为越来越像一个直径只有一英寸的一百万分之一的一百万分之一的台球。但到了 150Mev，质子开始像膨胀了似的，更易于和它们路上的其他质子相撞，有些碰撞会产生新的粒子。这些粒子被称为介子，它们在几个月前刚在宇宙射线中被发现。

这个发现不是突然出现的。早在 1935 年，日本的理论家汤川秀树就曾指出一个局域量子与核量子相联系，就像光子是电磁力的局域量子一样。但光子没有内禀质量，而汤川的局域量子的质量必须是电子质量的 300 倍左右。这样的一个介子（质量介于电子和质子之间的粒子）很快就在宇宙射线中被

发现了，但它不符合汤川的预言：它的质量只有电子的 207 倍并且它的穿透力太强了。我们现在称它为 μ 介子并把它看成是一类重电子。

真正汤川的介子现在被称为 μ 介子，首先由很细的晶粒状的感光乳胶拍到。在显微镜下仔细地研究这些轨迹后发现，它带有电荷（要不然它根本不会留下轨迹），而且质量与汤川的预言相接近。它有放射性，在几秒钟内变成一个 μ 介子。但这还没有完： μ 介子（和两个中微子）。

随着巨大加速器的建成，发现了更多的新粒子；现在我们已经知道了几十种，并还有新的不断被发现。它们会都是基本粒子吗？它们使我们想起在 100 多年前，几十种不同特性和化学属性的原子使我们认为它们是基本粒子。在 1920 年发现原子是由质子和中子两块基石构成的时候，我们似乎又回到了 19 世纪。几十种亚原子的实体使我们相信把它们看作是基本粒子是对的；它们中的一些会比其他的更基本吗？

它们中最古老的是电子，现在仍被看作是基本的，当然，它的反粒子，正电子也是。因为它们是最轻的粒子，所以没有被怀疑隐藏了更复杂的结构。实际上它们严格地符合狄拉克在 1928 年创造的一个简单方程，所有验证这个方程的实验从未失败过。

但现在它们是一个“轻子”家庭的成员了，这个家庭还包括 μ 介子，两种中微子和它们的反粒子。这个有几个成员的家庭不与别人来往；它们中只有四种与电磁场发生作用，没有一种与主宰原子核的强力发生作用。质子当然不是基本的。第一个证据来自它在磁场中的运动，思特恩和我在 1932 年的测量结果比按照狄拉克理论所预期的要大三倍。它不带电荷的兄弟，中子刚刚被发现；泡利提出了他的中微子；而由狄拉克预言的正电子在 1933 年被观测到了。之后是风平浪静，物质的基本结构还是那么简单。在 1933 年第一次被观测到的 μ 介子是即将到来的风浪的一个暗示。

当赛斯尔·鲍威尔和吉斯普·奥克里尼用细小晶体做成的感光底板来扩展他们对宇宙射线的研究时，新的篇章被翻开了。粒子留下的粗糙的轨迹在本世纪早期已被记录下来。在 20 年代，维也纳的一批女科学家（主要是卡拉·米莎洛娃、马里塔·布劳和波特·卡丽卡）开始通过改善感光乳胶以求得到精细的轨迹，但被搁置了几十年。战后不久，加拿大的化学家皮埃尔·迪莫斯用非常细的晶粒做成了感光乳胶；英国成立了一个由我的老友约瑟夫领头的委员会，使底片工厂为这种新的可能性服务，一个新的强有力的研究工具开始形成了。布莱克特的触发式云室也加入其中。在大的加速器投入使用之后，来自宇宙辐射不足的粒子数得到大大的提高。

去追踪细致的次序是令人生厌和迷惑的，让我来简单说明一下主要的事实。质子是重子家族最轻的也是唯一稳定的成员，这个家族还在不断地扩大。其中有些粒子的寿命非常短以至于我们无法测量它们经过乳胶的长度；我们是从它们蜕变成成的粒子那里得出了它们的存在。它们的寿命约在纤秒的量级，但根据现存的理论，它们的寿命要短许多。因此它们被称为奇异粒子并可能是带有一个或更多单位的无法除去的什么东西（尽管不是像电性或能量一样严格地具有）；那些东西被称为“奇异性”。

18 世纪时，当一个科学家说一个物质变热是因为它含有一种“热质”，我们像他们一样吗？完全不是，尽管我们对“奇异性”的无知和他们对“热质”的无知是可比拟的。我们的困难是无法观察那些阻止奇异的粒子蜕变的实体，所以我们开了一个小小的玩笑，叫它奇异性。

其他的属性如电荷、质量和自旋多少能直接地测量出来，然后把结果变成模型，这样我们就能以数学的方式来研究它们，有点像一只钻木虫在酒吧的天花板上赌骰子。它会注意到两个白色的方块和随机变化的点数不断地出现在桌子上；但它要足够聪明才有可能在不很近地观察的情况下知道那是两只骰子不同的面。我们处于相似的情况：我们能见到各种质量、电荷和自旋的模型，而我们正试图去猜有着不同侧面的整个结构。

有一种解释曾被忽视后来又重视，这就是美国理论家穆瑞·盖尔曼提出的假设，一个重子由三个“夸克”组成，没有人看见过，但（被认为带有电子电量的三分之一或三分之二）应很容易被探测出来。它们看来结合紧密，或者有其他原因使它们不能单独存在。（磁体有两极，但不可能只见到一个！）盖尔曼认为有三种不同的夸克，但近来数目大有增加；不同的种类假定由“色”和“味”来区分，甚至莱（charm）也被用来赋予某些近来发现的似乎有魔法保护的粒子。它们也许和引力没有关系，但我从名字的选取上看到了轻率的力量。

像这样一些猜测是有趣的，但要说它们中的哪一个，如果有可能的话，会幸存到下一个世纪还为时过早。但它们是必要的；它们预言一些可被观测的事情，然后实验家们忙着去测试它们，否定掉一些猜测并对剩下的做进一步的研究。整个来看，实验家们竭尽全力地去测量，有时得到不符合预期的结果而激发了一些新的猜想。也许要有另外一个爱因斯坦或玻尔才能把这些相关的碎片都拼起来，创造一个真正合理的理论。

最后是介子。我说过，汤川已预言它们能解释把原子核结合在一起的“原子核胶”，这是一种在原子之间完全没有观测到、只在非常近的距离才发生作用的很强的吸引力。给予足够的能量（至少 140MeV）原子核就能产生一个介子（最轻的介子）。按照量子理论和海森堡测不准原理，原子核能在它的介子走失而不被观测到以前就把它收回来。我的脑子里出现了这样一幅画，一群男孩四处游荡，有时抛出一个球然后又放回口袋中；如果两个男孩走近了，他们就会互相把球抛来抛去而呆在一起了，因为他们喜欢这样。

同样的，核子之间的相互吸引力是因为它们靠得足够近而可以把介子来回地抛来抛去。这听起来有些神奇，但它符合事实；甚至是质子的额外磁场和 1939 年测到的中子磁场都符合这个原子核不停地制造介子又把它给收回来的想法。

有很多重的介子，它们不能被抛得很远，于是它们作用于那些距离更近的核子。有的甚至比质子还重，与它们的“介子”称号相矛盾。但我们不能老是改它们的名字；我们仍在谈论原子（“不可分割”）尽管我们已把它分成了许多片。

所有的这些将会把我们引向哪里？既然我不是爱因斯坦也不是玻尔，我无法告诉你们。也许需要一些任何人都没有想到过的新概念。那些物理学的战舰，粒子加速器，可以被认为是窥视物质最内层秘密的巨大显微镜。它们象征着纯科学的魄力和能力，不仅是为了获取物质的利益，也是为了我们对自然界的事物有更深入的理解。

战争结束后不久，我们开始大批离开洛斯·阿拉莫斯……我接受了大英帝国官员的称号。

回到英格兰

在战争结束后不久，我们开始大批离开洛斯·阿拉莫斯。我们曾被鼓励留下来把我们所作的工作写下来，以便保存并最终发表它们，但这只用了几个星期。我希望到加利福尼亚度假。曾和意大利人布鲁诺·罗西分享领导权的瑞士人汉斯·斯陶布很想回到保罗阿尔托的家中。他是斯坦福大学的教授，他非常依恋加利福尼亚，认为那里是美国唯一可以住人的地方。他曾令我们惊讶地拒绝了芝加哥的一个教授的职业，那个职位的工资是他现在的两倍。当他说（带着很浓的瑞士口音）“我关心的是，希特勒会拥有洛基山脉以东的所有东西”时，他的观点被含蓄地表达出来了。

他家的搬迁不是一件简单的事。他的妻子和刚出生的小孩坐飞机。他和两个正在上学的女儿开车回家。因为这是一个很长的旅程，他邀请我加入和他轮流驾驶。我至今仍很佩服他的镇定：他真的在我（一个有着很差的安全记录，完全没有在城市开车经验的司机）蜿蜒地开过洛杉矶的时候睡着了。我能安全地开过来真是一个奇迹。这个家庭的最后一个成员，猫，被和几条鱼放在板条箱里由铁路运送。它在几天后到达时饿成了皮包骨，鱼已经臭气熏天了。因为这个猫已经离开家两年了，斯陶布担心它不认识老地方会跑掉；他告诉我们不要让它出去。

在第一晚的深夜，我听到喵喵的叫声，就睡意朦胧地从床上起来，打开了前门，心里想着一句老话“当猫叫时，让它出去”。然后我往床边走时突然醒了过来，并且意识到我不应该那样做。接下来的一个小时我辗转反侧，心里想着这只猫会不会回来，如果它不回来了，明天早餐时我怎么说呢。我不时走到前门向外看，没有猫。然后，大约一个小时以后，猫站在了门口的垫子上；它一声不响地走了进来，一切又都正常了。我想我当时没有坦白交代。

我和斯陶布一家一起呆了约两个星期。本来我可以去看一看城镇和周围的乡村，但我已预定好了去钓鱼，那其实是我在战前就预定好了的。在那里我试图向一个门外汉解释原子弹。我从早钓到晚，钓鱼看起来像是“遇到原子”一样，但没有那么大的成功。从那时起我已写了好几本相同题材的书，销量都不好。我喜欢写作，一些读者的来信会使我感到很高兴。我告诉自己，如果只有极少数的几个年轻人由于我的书被物理吸引而成为不错的科学家，那么这就值得我写。

在两个星期的最后，正当我想我能开始享受加利福尼亚了，我接到了约翰·考克饶夫给我打来的电话，他是加拿大乔克河的原子实验室的主任。他说他希望我能管理在英国哈维尔初建的原子能研究机构的一个部门。他还希望我到纽约去见一见我未来的副手，一个叫科本的博士。我能在第二天晚上到达纽约吗？没问题；那时的飞机已使一切变得有可能。我打电话预定了第二天离开洛杉矶的航班，这意味着要飞快地收拾好行李，黎明出发然后在7点钟再坐上一架由旧金山出发的飞机。于是我真的在接到电话24小时内到了纽约。我去饭店见我未来的副手，行李员说：“我们这里没有科本博士。”查了一下他的名单后他又加了一句，“这里有一个科克本博士。”“不，”我说，“我得到的名字是科本。”最后我们才{ewc

MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0172-1.bmp}恍然大悟：行李员不知道（我也一样）科克本习惯上读成科本。后来在哈维尔另一个叫弗克斯的德国人加入了我们；他的名字有时以一种令人尴尬的形式被人读出来。我不知道是谁发明了一个儿歌来解释这两个不同名字的发音。那个儿歌是这样的：科本博士对弗克斯博士说：“你到哪里买书？”弗克斯博士对科本博士说：“我要去霍尔本买一些书。”

我被罗伯特·科本的活力和外向的性格吸引住了，与他很合得来，我们一起在哈维尔开始工作时就成了好朋友。考克饶夫建议我到加拿大的乔克河去几周，绝大部分加拿大的原子能成果都集中在那里。由于时间太短，我对那里不很熟悉也没有交到什么新朋友。但是我见到我的朋友科瓦斯基在负责建造重水反应堆时很兴奋。后来他用他的经验建成了法国（实际上是欧洲）第一个反应堆。只有一个有趣的故事还留在我的脑海中。一个年轻的科学家认为从来没有人读过他的实验报告。为了证明这一点，他说服一个打字员在他的报告中加了几行“七个绿色的精灵在月光下跳舞”。事实证明他错了：考克饶夫有礼貌地要求他解释一下绿色的精灵和他报告的主题有什么关系。有一首五行滑稽诗也需要提一下。防辐射小组在一个秘书的办公桌旁的文件柜里发现了很强的镭辐射，这使他们很惊慌。尼古拉斯·凯默（后来是爱丁堡大学的教授）写道：

一个精干摩尔斯电码的打字员
坐在镭源旁数个星期
直到一行密码出现

· · ·
剩下的故事就不太清楚了

我离开加拿大的时候，一家很大的美国电影公司给我打电话，他们曾写信给莱丝·梅特纳询问关于原子弹的电影的一些建议并请她出任一个角色。莱丝·梅特纳平淡地拒绝了，她说看见自己出现在银幕上和裸体走在百老汇大街上一样糟。她把我推荐给了他们以获得正确的细节。但他们没有找到我，因为我已经登上了开往亥里法科斯的火车，然后在那里继续搭船。这次火车上的旅行（36个小时）一开始像个恶梦，因为当火车启动时我发现我没有带钱。一会儿我就饿了；最后我找到了一个认识我的人才帮我脱离了困境。

我到了英国不久，那个电影公司就找到了我；我收到了一个律师的一封信邀请我到那里去。如果我能出演一个角色或对他们的剧本提一些意见，他们会付给我合适的报酬。在律师那里，他把我介绍给了一位拥有我最终梦想的人，在他的办公室里有一架大钢琴！我匆匆看了一下，发现这是对实验室里真正发生的事情的讽刺描写。而对像莱丝·梅特纳和奥托·哈恩这些人关心的事情则根本不予考虑。我说我要想一下，我觉得我会从修改剧本中找到一些乐趣，于是我把它带回了家。

几天后我把它交还给了律师。他问我要多少报酬，我说10镑。他说太少了（我真希望我开口要100镑）并给了我20镑作为我修改剧本并同意他们引用的报酬。我毫不介意；如果奥本海默和其他参与原子弹研究的人愿意的话，我当然不介意；如果他们不愿意的话，这个电影也拍不成。实际上，它拍成并上演了。但只有美国人出现在银幕上，给人一种印象就是没有别的国家参加研究和制造原子弹的工作。所有的科学细节都可笑地脱离了事实，这个完全矫饰的产品很快就被遗忘了。

我曾在加拿大与英国行政机构交谈过，他们在原子能研究组织的部门领导中给了我一个职位；这个组织是在哈维尔开始建立的。我的职位是科学副官，同时我接受了大英帝国官员的称号。我把这些都告诉了我的父亲，他很自豪地告诉周围的人：我是大英帝国的科学副官；他的话非常大胆，但我敢说有的外国人相信他了。这个职位相当于教授；我能在火车上坐头等车厢了！在哈维尔没有什么工作设施，一个军用机场正在为此改建。于是我在伦敦的一间办公室里度过了好几个月，在斯塔德的赛尔马克斯大楼的顶层无所事事。我如果有进取心的话是应该有很多事情做的。我花了很多时间去计算链式反应系统中的涨落。这是我处理过的数学物理问题中最需要努力和才干的工作，后来我因为在其中犯了大多的错误而遭到了批评。我再也不敢看它，当然我也不会告诉任何人在哪里可以找到它。

我在伦敦的时候住在著名的摄影家洛蒂·梅特纳—格拉芙的家里，她是我妈妈的小弟弟沃尔特·梅特纳的妻子。他是一个工业化学家，在曼彻斯特工作，而他的妻子的工作室在伦敦。那是一段{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0175-1.bmp}愉快的日子，我过着非常散漫的生活，并且我有机会参观她的工作室，欣赏她的杰作。她真的是一位非常优秀的艺术家；她的许多相片被用来作书或唱片的封面。有一段时间，用她拍摄的相片做成的海报在全英国都能看见，激励年轻人为国家建设义务工作。她特别擅长拍摄音乐家和物理学家的肖像；我有时当然能帮她联系一下。

当哈维尔建好后我就住在那里，开始我住在客人住的房子里；后来，当我宣布要结婚时，他们给我分配了一个由铝和玻璃纤维制成的预制房屋。接下来的冬天是我经历过的最严酷的一个冬天。我在每间房里放了一些有水分的木头，几个星期后它们就冻得硬梆梆的了。只有一个房间有暖气。有一次周末我出去时关掉了暖气，等我回来时我发现供水管已经从主开关下面冻上了，我早就关上了主开关以免水管爆开。我插上电热壶不断地烧开水，直到有足够的热水浇在水管上使它化开。最后，水管终于又能汨汨地供水了。我的订婚很快就告吹了，但我仍被允许保留我的活动房屋直到1947年秋天我离开。

那里还有很多房子正在建设中，当积雪融化的时候，道路泥泞得难以想像。我从早到晚都穿着一双惠灵顿长靴，因此得到了一个外名叫“弗里希政委”。总的来说，我把我的时间花在办公室里接着计算链式反应的涨落，并且试图找到没有涨落的精确测量方法，这当然是错误的。有时我对我的副手（现在是罗伯特·科本爵士）感到有些歉意，因为我让他去做招聘所有人员和把他们组织成不同单位的工作。但我认为他乐意做这些；无论如何他一再向我保证，只要一年中我能有两个好的想法就对得起我的工资了。

科本有组织能力和这方面的天赋，而这正是我所缺乏的。当一个问题摆在他面前时，他会马上估计出要多少和什么样的人来处理它。而我的第一反应则是单枪匹马地处理它，这当然是愚蠢的。但科本曾称赞过我的天赋，我记得（我觉得这是我受到的最大的恭维之一）一次他说：“当我们不停地到处碰壁的时候，老弗里希来了，他四处嗅一嗅就找到了一扇后门。”

在那时候仍然还会有食品短缺并一直有黑市（我对此一无所知）。有一天科本邀请我和他分享一只他妻子不知怎么弄来的鸡。我们垂涎欲滴地坐在桌旁，但发现那只鸡根本不能吃！我从未咬过这么难嚼的像橡胶一样的东西。科本非常生气，而我开玩笑地说它一定曾是一只斗鸡。

刚到哈维尔的时候，我发现建筑工程部在每间实验室里准备了桃木的凳子。于是我借了一个手钻在上面钻了一些没用的洞。我只是为了做一个榜样，鼓励人们把这些精美的东西当成实验凳来看待，如果需要的话，可以钻一些东西下来。我不时逛到反应堆部去看他们工作的进展。在那里建成了英国第一个原子反应堆，那是一个没有冷却装置的石墨堆（与费米的第一个反应堆很像），只能产生很低的能量但对各种测量十分有用。它被称为 ZEEP（零能量实验堆）。接下来的一个反应堆有冷却装置能产生高得多的能量，被称为 BEPO（不列颠实验堆），最后的“0”是为了读起来舒服一些而加上去的。负责这项工作的是查尔斯·沃特逊莫罗，他有很重的澳大利亚口音以至于我从来都不知道他说的是“堆”还是“能量”；这两个词我听起来完全一样。

当我仍住在单身汉的区域尔克尼德大楼里的时候，有一天晚上我奇怪地听到我的壁炉里传来了非常响的音乐声。我已经上了床，但在如此响的噪声中根本无法入睡。于是我怒气冲冲地敲响了楼上的房门。房间里住着一个年轻的物理学家肯·史密斯，他把扩音器放在了壁炉前面，把房间的墙当成了反射板；我们俩的壁炉共用一个通风道，这样必然有大约一半的声音传到了我的房间里！他非常抱歉并马上把声音关小了；我们不久就成了好朋友。实际上他后来在剑桥继续他的学习想得到一个博士学位，而我成了他的主管。在这之后不久，他成了苏萨克斯大学的物理系主任。

在尔克尼德大楼里我还是尽力地与克劳斯·弗克斯熟悉起来。我和他曾 在洛斯·阿拉莫斯见过一面。他是一个安静羞怯的人。在发现他能演奏小提琴之后，我劝说他和我们一起演奏，但他说他已经疏于练习了，结果我们从未一起合奏过。我想起了和他的一次讨论，关于在没有妻子修补的情况下，如何处理穿破的袜子（那时的袜子用羊毛制成，穿不了多久）。我曾发现能用粘胶片粘住那些洞，现在我的袜子大部分都粘满了这种粘胶片。当我问克劳斯·弗克斯他怎么处理他的破袜子时，他简单地回答：“我穿它们。”我非常尊敬他不仅是因为他在数学物理方面的技巧而且在于他照顾人们的那种和蔼的方式；他是数学物理部的主任，很关心他的部门，不断地改善俱乐部和住宿条件。他的生活方式非常质朴庄重，我记得有一次莱丝·梅特纳到哈维尔来，她办公室派的车因为某种原因迟到了。弗克斯就用他的车想尽快地把她送到火车站，他开到了每小时 30 英里，这是他那辆破车能达到的最高速度了，但她还是没有赶上火车。在那时，没有人会想到几年后弗克斯会做出一件让人震惊的事。

让我们提前一点。在 1950 年我已经搬到了剑桥，我接到了从 B. B. C. 打来的电话，要我作一个非常短的、关于氢弹的简单发言。一开始我很奇怪他们为什么要我谈一个我几乎一点都不懂的化学问题“氢键”。当误会消除后我很高兴地接受了邀请；但我必须动作很快。并且我必须得到许可才能讨论这样一个高度机密的武器；我必须保证我的讲稿里没有泄漏任何机密。我给我的老朋友佩尔斯打电话，但他很忙，他建议我说弗克斯也许能给我许可。当我打电话给弗克斯时，他只是说他现在不太方便。于是我给另一位能给我许可的人打电话，他是政府机构的麦克·佩林；他同意了，要我在录下我的讲话之前到他的办公室去，他会告诉我需要删掉哪些。

大部分的讲稿是我在去伦敦的火车上用便携打字机写出来的。出了火车站我直接去了佩林的办公室。我见到的第一个人是埃里克·威尔士，他曾在挪威做间谍工作，回来时带回了一个挪威妻子。他接待我时严肃得有些反常，

他说我的发言必须得到许可是基本常识；我很奇怪他为什么说得如此严重。我过了一会儿才见到佩林，他很快地看完了我的讲稿，建议我修改了一两处小地方就让我去了 B.B.C.。他们及时地录下了我的讲话，在当晚的新闻之后播出。然后我见到了我的未婚妻，她到 B.B.c. 来和我一起吃午饭。她说的话让我大吃一惊，我的一个伙伴（她想他的名字是弗克斯）被以叛国罪逮捕了。我被震惊了：“叛国？胡说！”我说道，“那不会是超速，因为他的车子办不到；可能是他把车子停错了{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0179-1.bmp}边。”“不，”她坚持道，“那肯定是像严重叛国罪之类的。”当我从接下来的新闻预告中听到他的确因把秘密泄漏给了俄国人而在法官面前被起诉。我开始想，这一定是诬陷。当最后听到他供认不讳时我惊呆了，他还天真地认为：这是一件很小的违法行为，因为他的工作很重要，在遭到一番谴责之后就会让他回到哈维尔。我至今仍认为他的所作所为完全不是发自内心的。他是一个德国牧师的儿子，长大后他所做的一切都是为了科学的目的。他感到社会主义是当今社会上能找到的最接近基督教品性的制度，让我们勇敢的盟友对我们武器的进展一无所知是不对的。他被释放后（被关押了约 9 年）去了东德，获得了一个教授的位置；但他发现要把教学工作和工作人员的福利结合起来很不容易。他们告诉他把福利留给负责它的人管。

现在我必须回到 1947 年的春天，那时我非常意外地被给予了剑桥大学的杰克逊教授的职位。现在看起来很奇怪的是我竟然犹豫了几天。部分原因是因为懒惰；在政府机构的两年中罗伯特·科本做了我的大部分工作，我已经很喜欢过舒适的生活了。并且，提供给我的这个职位是一个非常著名的位置；它曾被詹姆斯·杜瓦（真空瓶和其他一些东西的发明者）、爱德华·埃普里顿爵士（电离层研究之父）和卢瑟福勋爵担任过。一想到要穿进卢瑟福的鞋，不禁使我害怕起来；我无法与他们中的任何一个相提并论。

约翰·考克饶夫爵士曾在 1938 年担任过此职位，但他在战争时离开了剑桥去做重要的组织研究工作，首先是雷达，然后是原子弹。现在他是哈维尔的主任，提供给我的是他曾担任过的职位；但当我询问他的意见时，他拒绝对我施加任何影响。他想把我留在哈维尔吗？或者他想用一个更好的人来代替我而不愿告诉我吗？我永远也不会知道了。我的瑞士朋友，在洛斯·阿拉莫斯曾和我一起爬过台地的依巩成了我的继任者。

流言已经传开了。牛津的物理学家舍维尔勋爵说：“我听到的这个弗里希是什么？你准备去东区吗？”但我想，查德威克的建议是，只有傻子才会拒绝，于是我接受了。

大学生活十分适合我，我曾主管过的学生很多都到了各个学术岗位……我是一个幸运的人。

剑桥 1947 ~

当我和我的父母在瑞典度过一个很短的暑假时，我收到了劳伦斯·布拉格爵士写给我的一封信：他想推荐我争取一个三一学院的研究基金并向我要一份履历书。我兴奋的回信中，引用我的成果之一“设计了哥本哈根的回旋加速器的一些部分，这些部分后来花了很多钱才换掉”和我的习惯之一“躺在太阳下面无所事事”。很久以后我听说我的回信的复印件被布拉格斯拿到众人之间传看，并帮助我当选了。

大学生活十分适合我：有表达清晰和消息灵通的人士陪伴，一间宽敞的宿舍，可以看见图书馆旁边的草坪，我所要的一切都有了。我现在仍是生活的学生但不再住在学院里了；结了婚的人不再住学院里是规定。但我还是有许多天在那里吃饭，并且仍然感到我是这个智能氛围的一部分。

在伦敦，通过是摄影家的姨妈洛蒂·梅特纳—格拉芙我认识了乌娜·布劳，她是一个摄影艺术家，和我一样出生在维也纳；在 1951 年的春天我们结婚了。她使我发现了一个我不曾注意到的真正的艺术世界。我们接连有了一个女儿和一个儿子，现在他们都在别处工作，但仍和我们经常联系。令我高兴的是我的儿子也{ewc MV IMAGE, MV IMAGE, !08200110_0182-1.bmp}在学习物理；这样我们能有趣地讲一些行话了。我的女儿获得了一个社会学的学位，致力于改善别人的境遇；我们可以像她那样与更多的人相处。

我有理由为什么不对我在卡文迪什实验室的 25 年的生活讲得太多。但我写到它们时会简短地提到它们精彩的部分。其他人也许会在别的地方见到这些，如果我对谁的工作的描述不大公正的话，我感到很抱歉。但我首先想谈一谈我的父母。在 1938 年 3 月当希特勒吞并奥地利时，我的父亲仍在维也纳。他躲过了在纳粹监督下擦洗街道的耻辱；他没有鹰钩鼻子因此没有马上被认出来是犹太人。但是在 12 月德国驻巴黎的大使被一个绝望的年轻德国犹太人杀害后（马查德·提佩特基于这个事{ewc MV IMAGE, MV IMAGE, !08200110_0183-1.bmp}件写了清唱剧《我们时代的孩子》），一个可怕的夜晚来临了。那个夜晚被称为“水晶夜”，因为犹太人店铺的窗户都被打破，街上撒满了晶莹闪光的碎玻璃；很多的犹太人被抓起来投入了集中营。我第一次知道此事是我的母亲从维也纳给我打电话，她绝望地叫道，你的父亲被 S.S.（代表“Schutzstaffel”，希特勒的黑衫党党员）带走了。接下来的两个月在我的记忆中是混乱的恶梦。尼尔斯·玻尔让他的一个科学家到德国去和一位高级官员交涉，那个官员是玻尔一个朋友的父亲；但我相信那没有什么用。但是我父亲的老板，伯曼博士，在那个恐怖之夜来临之前已经逃到了瑞典，又开始了他的业务；他说如果我的父亲能去，他会给我父亲同样的工作。一位瑞典的高级官员尤斯提泽德·亚历山德逊给了另一个鼓励，他答应在我父亲去了之后就能得到劳动许可证。我不知道玻尔在其中施加了多少影响。

在集中营里的非政治犯经常获释，如果他们能移民到其他地方的话，当然他们的财产都被剥夺了。我的父母相对幸运一些；他们带出了许多家具和书籍，还有那个不错的施德梅尔钢琴，那个钢琴比我还老几年，我现在还在演奏它。

甚至在战时的集中营里，我的父亲仍显示出了他良好的品质。他给了和他关在一起的人许多劝告和鼓励。一天晚上，其中有一个人说，他受够了，晚上要走过防线；这是自杀的一个同意语，因为靠近防线的人会被哨兵打死。父亲沉思地看着他，假装想起了什么似地对他说：“你知道吗？昨晚我做了一个梦，梦到你已经被释放了！”这个人犹豫了，没有“走过防线”，第二天他被释放了。我的父亲从来不相信梦，他只是编造了一个故事延缓这个绝望的人一两天，给他一个微弱的获得自由的机会。他的预言幸运地变为现实之后，他获得了一定的声望，使他能鼓起其他人的勇气。他和我母亲一起到达瑞典时没有什么大的变化，只是有点瘦。他花了两周左右的时间在打字机旁写他的经历。我见到了一些他写的内容，有些是非常可怕的。写完后他告诉我，那些经历都在信封里（他把它封上了），他再也不会谈论集中营了。他的确再也没有谈过。

在我母亲到斯德哥尔摩后不久，她被一个鲁莽的小男孩骑自行车撞倒了；她的髌骨摔伤了，后来虽然好了一些，但无法痊愈。她在剩下的岁月里都感到疼痛。1948年我的父亲在接近70岁时退休了，我的父母来到剑桥和我住在了一起。我父亲的下巴上长了一个瘤，在斯德哥尔摩经过放射治疗后消了下去。现在知道那是肺癌的继发性肿瘤。“老人的朋友”肺炎可能会减短他的痛苦，但它被抗生素赶走了。不久以后，我父亲被送到了安登布鲁克斯医院。我将永远感谢约瑟夫·米彻尔，他是由物理学家转成的医生，他在我父亲的最后几周里悉心照顾他，鼓励他并减轻了他许多痛苦。

父亲直到去世的那天还保持着清醒的头脑和幽默感。他不相信死后还会有生命是他力量的源泉；他感到宴会结束了，他该走了。在他死前的几天他在日记的最后一页写道：“我欠理发匠一先令。”后面写着“日记不再继续了”。我试着找到了理发匠，但他是新来的，不知道先前的那个是谁。

母亲在一个老人护理院里又住了两年。我给她做了一个轮椅，但她从不想学如何操纵它，大部分时间里她只是坐着。她有一间相当大的房子，可以放下那个大钢琴。在她不能弹奏之后，她很高兴地听我为她演奏。但她却又弹了一次：我劝她到学院里我住的地方去看一下，在那里四个大学生把她、轮椅和所有的东西沿着陡峭的楼梯抬上了两层楼上我布置得像宫殿一样的房间里。一杯酒使她鼓起勇气坐在了我的竖式钢琴旁，尽管她的手指很虚弱，不太稳定，但她仍极力找回了以前的魅力和才华的影子。

有一天我告诉她我要结婚了。她很忧伤，她要失去她唯一的儿子了。我向她保证，相反的，她会再拥有一个女儿，她看上去有些怀疑。她喜欢上了我的妻子，感情在她们之间增长。但她越来越虚弱，几个月后她在睡梦中去世了。

9年之后，莱丝·梅特纳从她在瑞典的研究中退休了，我们帮她在剑桥买了一所房子。她81岁时仍充满了活力，到处讲学，在她喜欢的奥地利的山上行走；87岁时她从一次心脏病中复原过来，一年以后她摔了一跤，摔坏了髌骨。她因为揭示了铀的裂变而与哈恩和斯特劳斯曼分享了费米奖，她一直对此十分自豪。渐渐地她的力量开始消退，她在90岁生日前几天悄悄地离去了。她是她的兄弟姐妹中最长寿的一个。她被埋在南英格兰的一处教堂墓地中，紧靠着她的小弟弟的墓。

现在回到卡文迪什实验室。卢瑟福勋爵在1937年突然去世之后，由劳伦斯·布拉格（爵士）接替了他的位置，他是一个著名的父亲的著名的儿子。

在 1912 年马克斯·范雷夫发现了 X 射线的衍射之后，他对通过 X 射线的衍射来研究晶体结构非常感兴趣。当他到剑桥的时候，约翰·D·伯纳已经开始了一些这样的工作，约翰还大胆地研究一些复杂的生命分子，例如蛋白质。第一个神奇的成就是约翰·肯德鲁和马克斯·佩鲁兹揭示了两种氧载体蛋白，肌浆蛋白和血红蛋白的结构，就是它们使肌肉产生红颜色。第一个肌浆蛋白粗略的模型对我来说简直就像是一堆可怕的管子！但几年中，这个复杂分子中的原子已经详细地研究清楚了。

大约在同时，弗朗西斯·克里克和詹姆斯·沃特逊（从美国来的 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0187-1.bmp} 一位访问学者）开始理解了基因的双螺旋结构，那些缠绕着的基因能用三组中的四个符号将一只老鼠或一个人全部的特性复制到每个细胞中。这是在达尔文的自然选择之后最伟大的生物学成就；它就发生在我的鼻子下面，而我根本不知道发生了什么。

对这些复杂分子的研究需要非常复杂的计算，没有一台电子计算机是不可能的。我经常穿过草坪到数学实验室，在那里曼里克·威尔克斯在指挥建造一个最初的电子计算机。堆满了一屋子的无线电电子管被安放在竖立的面板上，伸展向各个方向的导线把它们连起来，就像一堆忙碌的蜘蛛。我试图了解它怎么工作，但我很害怕去学习那些新鲜的方法，比如用一组同样的电子管去存储一个数字或一个指令。有一天我偶然地在伦敦的火车上遇到了约翰·冯·纽曼并开始向他讲关于 EDSAC（电子数字连续计算器）的事和它特别的优点。他简短地打断我说：“听着，奥托，那些方法都是已知的，EDSAC 唯一的好处是它能工作！”我有些沮丧，但从这位专家的口里听到我们干得还不错还是很高兴的。 {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0188-1.bmp} {ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !08200110_0188-2.bmp}

今天一个有同样功能的机器可以小到放进口袋里。尽管我们听到并谈到许多关于计算机的话题，我认为我们绝大部分人没有认识到它的全部重要性。历史学家会说，过去的 200 年中计算机改变了我们的世界就像蒸汽机在前一个 200 年中做的那样，甚至还要多。

另一个依靠计算机而发生的事情是，我有幸看到了一个全新的学科，射电天文学的诞生和发展。正如我在飞机时代提到的，它是雷达的产物。观测者发现当雷达指向太阳时会有噪声，宇宙中有些用光学望远镜看不到的点会发射出有规律的电波。一个普通雷达的“盘子”（一个直径约 10 英尺的反射器）既不够灵敏也不能显示精致的细节；有两种方法使它得到了改善。在靠近曼彻斯特的约德尔班克，在伯纳德·洛维尔（爵士）的指导下建起一个巨大的雷达盘（直径 250 英尺）；它是一个用途广泛和有效的工具，它能指向天空中的任何一点。在剑桥，马丁·瑞尔靠他的进取心和天才创造了一个更便宜更聪明的方法。战后不久，他开始把小的雷达联起来以取得大雷达相同的效果。用这种射电望远镜，天空中的一片可以被描绘下来；地球的自转被用来扫描天空。新式的计算机经过很多天的计算将测量结果结合在一起。后来这个系统改善后能跟踪天空中的一点，并且能非常细致地描绘出它的射电强度。这种改善后的技术现在已在全世界被采用。成功地环视天空，揭示了天空中大量新奇的东西，例如出现了百万光年这种长度，快速旋转的恒星有着太阳一样的质量但只有几英里大小，这是一个光学望远镜看不到的完全崭新的世界。但最让人吃惊的还是这个装置惊人的灵敏度。当 1958 年玛洛德射电天文台在这里创办的时候，每个出席午宴的客人的盘子里都有一张小小的

白卡片，它的背面写着“你翻过这张卡片时用掉的能量比射电望远镜自开始以来从外层空间接收到的所有能量还要多！”

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE,!08200110_0190-1.bmp}

由于马丁·瑞尔的天才和他对这项事业的贡献，他于1966年封爵，并在1974年与他的一个小组成员安东尼·赫维士分享了诺贝尔奖。安东尼·赫维士在1967年辨认出一个射电源神秘的规则脉冲。他们把这个观测结果保了几周的密，因为他们害怕新闻界知道后会出现可怕的头条新闻“剑桥的科学家发现高智慧生命！！”现在那些“脉冲星”（后来又发现了十几个）被认为是塌缩的恒星，大部分由中子构成，或者，如果你高兴的话，它们是一个有几英里大的巨大原子核。它们靠万有引力结合在一起，飞快地旋转着，一秒钟发出几次射电波。这个宇宙灯塔的许多方面已经得到了详细的研究。

它是物理学的整体性的一个辉煌的证明。对一些稀有的星体的研究可以让我们更了解像原子核这样致密的东西。巨大的加速器是使我们能窥视原子核的显微镜，而仰视天空的射电望远镜则是它的补充。

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE,!08200110_0191-1.bmp}

让我们回到核物理，这是我来到剑桥时我指导下的物理系研究的课题。工作进展得很顺利，由于我的本性，我保持低调。那时我值得一提的功劳是向一名学生建议用分子束去测量一些放射性核的自旋和磁场运动。但这个学生其实根本不需要我的建议。他就是肯·史密斯，他的扩音器曾在哈维尔使音乐从壁炉里传出来而把我吓坏了。在1952年他和亨利·贝尔拉米成功地测出了铋210（那时称为镭E）的自旋。当我们带着我们的结果到达在格拉斯哥的物理讨论会时，它被愉快地接受了。并且吴健雄（她的很多朋友给她的外号是“三U女士”）很高兴，她发现这个结果对她的镭E的蜕变理论大有帮助。贝尔拉米和史密斯此后不久就成了教授，对分子束的研究在卡文迪什实验室也就没有继续了。

但在那次的讨论会上我听说了一个关于新的研究工具的报告，它将最终代替威尔逊云室。当时的威尔逊云室有非常非常厚的壁，里面充满了压力非常高的气体，以增加高能粒子撞上云室中的一个原子核而产生次级粒子的机会。那些有一英寸厚壁的巨大云室使我想起了侏罗纪的一种非常大的蜥蜴，它最终被更适应的生物如哺乳动物和鸟类代替。

这种新的生物，气泡室，是唐·格拉瑟发明的。他认为可以通过观察过热液体的气泡的方式代替观察过冷气体中的液滴（正如40年前C.T.R.威尔逊做的那样）来研究粒子的轨迹。他在格拉斯哥展示了他的第一张照片，非常粗糙，只是在顶针环大小的气泡室中的一行约十几个气泡。它看上去很像一杯啤酒里的一排气泡（他说，这不是他灵感的来源），但它的原理听起来有些道理。

三年后我在安阿伯大学又遇到了唐·格拉瑟。我们一起演奏音乐（他演奏中音小提琴）并谈起了气泡室，它已经达到了几英寸大，更大的还在制造中。云室在一次膨胀后需要几分钟才能恢复，而气泡室能一秒钟拍一张照片或更多。这与现在已突破了1000Mev大关的加速器非常相配，加速器每几秒钟短暂地发射出快速的粒子。而且每张照片可以显示出一次碰撞和次级粒子的测量数据，传统的方法需要约一个小时。在那时格拉瑟碰到了一个严重的障碍，除非有快速的半自动的测量方法很快地开发出来才能解决。

一个完全符合我心意的挑战来了。我回到剑桥，接到了一个电话允许我

们使用一笔资金开发一个轨迹测量装置而不是建一个回旋加速器。一个年轻的工程研究生阿兰·奥克斯里设计和制造了装置的电子学部分。在一年内我们有了原型，已经够好地能用于有用的研究了。在瑞士、加利福尼亚和其他地方类似的装置也建起来了。轨迹的相片被投影在一个有十字的屏幕上；控制器移动这些相片，这样，轨迹上的一些连续的点会与十字相交；每相交一次就会触动一个开关，将这时的轨迹形态记录到磁带上。不同方向拍到的气泡室的相片，制成磁带后输入电脑就可以显示出三维的信息；程序能在空间中再次构造轨迹的样子，算出它的角度，曲度，甚至能尝试各种对每次碰撞的不同解释。

后来我们用各种方法改善速度和精确度；如果专家就是一个犯了一切错误的人的话，我就是这个领域的大专家。我们非常有干劲地完成了一个装置，当天就把它毁掉了；因为我们发现要为它编复杂的程序需要极长的时间。但是，当我们在建造它的时候，我想到了另一个更好的、更自动化、更快的装置。这个装置能建成靠了很多幸运的事。

第一个幸运是政府拒绝了我们申请的一项基金，那个基金会使我们放下手中的工作而去买一个接近完成的设备。当我们被拒绝时我真的很高兴吗？最近在实验课上用的一种小激光装置当时解决了我的两个难题。我甚至还记得它经常不启动，直到我用一把带电的梳子不断地接触它，我用那把梳子梳我的头发以使它带上电。今天，你可以把这种激光器像台灯一样打开关上，而且它们更便宜，更小，功率更大。

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !08200110_0194-1.bmp}

还有一个幸运是，约翰·罗斯布鲁克，我小组中的年长者，相信我的想法是对的并劝说我的老板莫特教授（1962年封爵，1977年因固体研究获诺贝尔奖），投入了一笔特殊基金买了一台小电脑作为我们装置的“大脑”。“小”只是指它只有一只衣箱大小，它花了我们10000英镑。我们找到了一个年轻的数学家戴维斯，他修改并扩展了我在德汶度假时写的程序，最后他完成了必须的程序。

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !08200110_0195-1.bmp}

最大的一个幸运是另一个搞科研的学生斯特里特的到来。他很快就显示出了非同寻常的创造性。如果没有他惊人的技巧和洞察力，他不知疲倦的辛勤工作和他永不消退的激情，我复杂的计划也许永远也不会有结果。

最后一个幸运是我的老朋友科瓦尔斯基的干预。在他的指导下，一个很不相同的轨迹测量装置已在日内瓦的CERN建成了，但他很喜欢我的这一个。他还安排了下一届关于核测量技术的讨论会于1970年在剑桥召开。来自全世界的高能物理学家就要来参观我的SWEEPNIK了（我的装置能像苏联卫星SPUNIK号一样处理大批信息）。我们在讨论会前的那个晚上才使它工作起来！赫尔辛基和檀香山准备各自买一台；罗斯布鲁克帮我们联系到了一些资金建成了一个工厂；作为年龄最老的一个，我成了主席，现在还是。

总的来说，我的健康还不错。在康奈尔大学（纽约州北部地区）期间我的耳朵感染而部分失聪；但它还毁坏了我的平衡组织，于是我再也不会晕船了。为我双眼白内障做的手术很成功，隐形眼镜使我看得很清楚。也许是在研制原子弹的时候，中子辐射损坏了我的眼睛，有的人认为我应该受到更大的惩罚。

我曾主管过的学生很多都到了各个学术岗位，我旅行中的一些乐趣是去

见见他们，看他们在瑞士、以色列、美国都在于些什么。我 70 岁生日的时候，他们中的许多人都赶来祝贺。我的母亲，非常聪明地预见到了剑桥的规定，我出生在 10 月 1 号，这给了我额外的一年才退休。在学年的最后一天，也是新学年的第一天，我刚好 67 岁。在闰年退休又给了我额外的一天。

我的一生对设计各种科学仪器很感兴趣，甚至超过了对我和其他人利用它们得到的结果的兴趣。我们建立的制造 SWEEP-NIK 的商行仍在发展，这给了我一个机会，使我能做我喜欢做的事情。我可以在家里做大部分的工作，只要我喜欢，随时都可以中断工作去弹奏我的钢琴。我是一个幸运的人。

