

第五十六回：巧设计是光是电见分晓
细测算，质量电量全找到
——电子的发现

花开两朵，各表一枝。自从放电管问世以来，人们纷纷研究真空放电，无意中生出许多课题。那伦琴从管中阴极发出的射线发现了X射线，贝克勒尔又从对X射线的研究发现了铀的天然放射性，居里夫妇又进一步从对铀矿的研究发现了镭。镭可以自己发光发热，这又给物理学提出了一个无法解释的大难题。从阴极射线引出的一个链条，环环相扣，续续而生，未有穷尽。但是阴极射线本身到底是什么呢？自然有人会考虑这个问题，这个人就是英国物理学家汤姆生（1856—1940）。

汤姆生 1856 年 12 月 18 日生于英国的曼彻斯特。他父亲本是一个摆摊卖书报的小贩，后来靠着自己的奋斗成了一名专印大学课本的著名的书商。他从自己的切身经历中深知没有知识的苦衷，便发誓要教子成材。请了家庭教师指导儿子的学业，并注意培养他的艺术素养。老汤姆生虽是一名书商，可是因职业关系平时来往的却都是曼彻斯特大学的教授，二十岁被保送到剑桥大学三一学院，二十七岁就被选为皇家物理学会的会员。1884 年卡文迪许实验室主任瑞利年老体衰宣布辞职，大家都等着看谁来继任这个全欧洲学术界最引人注目的职位，结果瑞利却推荐了汤姆生，这年他才刚满 28 岁。

这时一场旷日持久的大争论正在等待他的加入。六十年代英国物理学家克鲁克斯发明了一种管子——克鲁克斯管，在一个玻璃管里嵌上相对的两块金属板，两板各与一条电路相联，一块是阴极，一块是阳极，管内空气抽得越来越稀薄时，就会出现种种不同的颜色，这种光是由阴极发出的。它到底是什么呢？以德国物理学家赫兹、林纳德为首的一派认为阴极射线是类似于光的东西，是电磁波；以英国物理学家克鲁克斯为首的一派认为这是一束带负电的粒子流。赫兹说，既然是粒子流为什么它能顺利通过放在管内它们路径上的各种屏障，而又不给屏上穿出洞呢？只有波才有这种特性；克鲁克斯说，既然是光一类的波，为什么我把一块磁铁靠近管子时，它就发生偏转呢？只有带电粒子才会受磁场的影响。这简直就象当年牛顿和胡克、惠更斯争论光的波粒性一场，又是一场难断的官司。双方都是当时最知名的权威，这场辩论竟持续了 20 多年没有结果。就在 1896 年，汤姆生正好 40 岁时，英国科学促进会最高委员会将汤姆生召来要他的实验室来解决这桩悬案。

好个汤姆生，由他来担当此任真是再合适不过了，他在电磁学方面有极扎实的功底，又有一手高超的实验技术。接受任务后他先将以往的研究成果仔细回顾一番，发现其实早在 1834 年法科第总结电解定律时已经初步涉及到这个问题。实验证明，所有化合价为一价的元素，电解出一克化学当量的物质，都需要 96,493 库仑的电量。而一克当量物质所含的粒子数正是阿弗加德罗常数，即 6.0238×10^{23} 个。这样就可算出每个粒子上所带的电量为 4.802×10^{10} 绝对静电量，它是电的最小单位。就是说电是由这么一点点的小东西集结而成的，揭示了电的粒子性。阿弗加德罗常数是 1870 年才确定的，七十年代、八十年代，对这个问题的研究更加深入。1874 年英国物理学家斯通尼明确提出用“电子”一词来表示电的一个最小单位。但是为什么还是争论不休呢？因为到此为止也还只是一种理论计算，就象当初居里夫妇发现镭的放射性，但并没有测出镭的原子量，化学家就直摇头一样。现在只推算电子，

而不知道他的重量、性质，物理学家们自然不服，于是汤姆生毅然决定要秤秤电子的重量。

这可真是异想天开，你要捉一个原子来放在天平上都不可能，一个电子又如何秤法？这个主意只有汤姆生想得到，也只有他能做到。他既是一个理论物理学家，又是一个实验物理学家，设计实验是他的拿手好戏。他立即把学生们叫到一起，准备好一个阴极射线管，射线从阴极一端发出后，穿过两个很窄的缝，成一细束，打在管子的底部，而底部已准备好精确的刻度，以便观察射线的偏转。在射线经过的路上，上下各准备两块金属电极板，形成一个电场。当金属板不通电时射线沿直线打在管底一个点上，通电后射线受电场的影响发生偏转，并且根据偏转的方向可知它是带负电的粒子束。这时再加一个磁场，使它沿相反方向偏转，又校正到原来的位置。这真是一个极妙的实验，一丝阴极射线随着电场和磁场的强弱变化忽上忽下，就象有两只无形的手来回争着将它拉过来拉过去。汤姆生最后让它固定在正中的位置上，对他的学生说：“现在我们可以来称电子的重量了。这时磁场力和电场力的大小正好相等，方向相反。根据这个条件我们先来求出阴极射线微粒的飞行速度。知道了速度就可进一步测其他物理量。比如，我现在撤掉电场，粒子只受磁场力作曲线运动，我们就可求得它的电荷与质量之比。有了这许多数据我们就可以去推算质量。只是那法拉第等人当初是通过电解定律来推算每个粒子上所带的电量，为了证明这个数据我们最好另换一种方法。”

这时在座的一位学生应声答道：“我这里有一种办法可以一试。”

汤姆生一看，说话的正是威尔逊（1896—1959）。原来，这汤姆生身边高徒满座，他们一个个都年轻聪明，基础扎实又各有所长。现在说话的这个威尔逊对大气电学有特殊的兴趣，1894年他到海拔4000多米的尼维斯山顶旅游，被那里奇丽的雾景所吸引，便深入钻研，终于弄懂这是气压低的缘故。于是他就在实验室里人工造雾，先是让水分凝结在空气中的尘粒上，后来X射线的发现使他想到空气中离子的存在可能导致云雾的形成。威尔逊想阴极射线若真是电子粒，虽然这电子粒看不见，可是造成一个条件使带电粒子和水一起凝结成雾珠，不就可见而且可以测算了吗？威尔逊当即向老师装好一个简单的仪器。一个大玻璃筒，下面有一个底盘与验电器相连接，筒内充进潮湿空气后将筒上的活塞突然向上提，空气膨胀造成云雾，水滴开始缓缓地向底盘上落去。就是这么个简单的装置却演示出一个很了不起的成果。他们可以根据云雾向圆盘降落的速度来求雾滴的大小，又根据雾滴的大小和水蒸气的总量来求出雾滴的总数，再以验电器收到的总电量除以雾滴的总数，就得出每个雾滴上的电荷值，与法拉第电解定律的求法殊途同归。这真是拐着弯儿作学问。

好了，现在我们来看汤姆生对电子的称量结果：阴极射线是由带负电的粒子组成，这种粒子的飞行速度是每秒十万公里；它的质量是氢原子的1840分之一；它的电荷是 4.8×10^{-10} 个静电单位。汤姆生还不放心，又把阴极材料几次更换，结果都可以发出同样的粒子流。他还发现：不只在阴极射线中，在其他情况下，如将金属加热到一定高的温度，金属或其他物质受光，特别是受紫外线照射时，也都能放出电子。后来威尔逊不断改进他的云雾室，居然实实在在地观察到了电子的轨迹。现在的问题就不只是一个简单的阴极射线是什么了，它又导出了一个伟大的发现——任何元素中都含有电子。

这电子的质量极小，只有 9×10^{-28} 克，就是只有一万亿亿亿分之一克。

这么小的东西汤姆生也将他称出来了，妙就妙在他能迂回曲折，借助电场、磁场、雾滴，正如本生借光谱识元素，居里夫妇借电流强度识别射线强度一样，善于抓住事物间的联系，步步摸索，终于达到目的。不过这回汤姆生绕的圈子也实在够大了，他的这个实验在科学史上也就特别的著名。

正是：

曲径通幽处，科学无近路。

目的难直达，请君绕几步。

却说汤姆生终于捕捉到电子后，他的学生们围着他七嘴八舌地问道：“这个方法也不算太难，为什么过去争吵了二十多年就没有人去做个实验呢？”

“事情并不这样简单，我刚开始实验时，曾在两块金属板之间加上一个电场，射线并不偏转。这是由于有气体的存在压力太高。要解决这个问题就先要解决真空条件，而当时真空技术才刚刚使用，很不完善。可知一项研究总是和当时的技术发展水平相联系的。所以，电子的发现并不是我个人特别聪明，这是前人经过许多知识和技术方面的积累，到现在才水到渠成了。”

“老师，这个积累是全社会共享的，为什么同一个时间，同一个实验室，有人能够利用它去实现新的突破，有的人就做不到呢？”

“所以，我要给你们立两条规矩：第一，接受一个新题目后首先要将这方面的知识系统复习，特别要注意前人已有的成果，这样既避免重复劳动，又可站在巨人的肩膀上登攀。第二，必须学习好实验技术，全套仪器都要亲手制作，尽量不使用现成的。”

学生中不知谁怯生生地问了一句，“这样不是太费时间了吗？”

“不，费点时间有利于培养你们的创造力。实验室是培养会思考、有独立工作能力的人，不是要造就一些死成品。你们不仅是实验的观察者，更重要的是实验的创造者。老师不能教给你所有的知识，而你们掌握了创造能力后却可以得到前人都得不到的知识。”

这些本就十分聪明的高材生们毕恭毕敬地围在汤姆生身边聆听师训，他们以后牢记这一教诲，刻苦读书，勇敢创造，这一批学生中竟出了 50 多名卓有成绩的大物理学家，其中便有威尔逊、玻尔、皮瑟福等九人获得诺贝尔奖金。汤姆生在卡文迪许实验室任教授和主任辛苦执教 34 年，桃李满天下，育人成果早超过了那些具体的物理发现。

再说汤姆生发现电子，一时名声大震，许多国家纷纷请他去讲学。但他有个习惯，就是多做少说，轻易不愿登台报告。美国著名的普林斯顿大学几次恳求，他才去讲了六小时，而内容却极为精炼。英国皇家物理学会规定每星期五晚上要举行一次学术报告会。委员会早就为他安排好了讲演时间，他埋头电子的研究竟拖了三年。直到 1897 年 4 月 30 日晚上，他终于登台了。这天大厅里灯火辉煌，他将关于发现电子的实验一一讲给同行们，在座的物理学家无论是克鲁克斯派的还是赫兹派的人无不点头叹服，一个比原子还小的基本粒子发现了，汤姆生被誉为“一位最先打开通向基本粒子物理学大门的伟人”。1906 年荣获诺贝尔物理学奖。电子的发现，和 X 光、放射性一起，成为十九世纪末物理学的三大发现。汤姆生在那个晚上的演讲中说，电子是世界上最轻量级的运动员，它如此轻微却联合成一支庞大的队伍，形成了近代工业中最重要的动力源泉。

电子是发现了，但是它在原子中的位置呢？有带负电荷的电子必定还有一种带正电荷的粒子与之相平衡，它们两者谁绕着谁运动呢？这又是一个新

问题。汤姆生构想了一个原子模型，就象一块西瓜瓢或者是一块夹有葡萄干的面包。电子就象西瓜籽或葡萄干一样均匀地分布在带正电的粒子中，这就是有名的“均匀模型”。现在无论是居里夫妇发现镭的自动放热还是汤姆生发现电子，问题都集中到原子内部来了，一个原子物理的时代就要到来。汤姆生最先设计的“均匀模型”到底对不对呢？且听下回分解。第五十七回：

悄然无声 子变成李原子

喜报铁至 奖却送物理人

——原子蜕变的发现

上回说到汤姆生的研究已经深入到原子内部，发现了电子并提出一个原子“均匀模型”。这个模型到底对不对呢？“不对！”汤姆生万没有想到说这个话的正是他的从大西洋那边归来的一个学生卢瑟福（1871—1937）。

卢瑟福 1871 年出生于新西兰一个偏僻的小村庄，家里有兄弟姐妹共十二人，这样的家庭自然不能对他娇生惯养，因此小卢瑟福倒尽得自然的优惠。他和伙伴们或山上放牛，或海边捕鱼，风风雨雨炼出好一副强健的身骨，到后来他处于文弱的科学家堆中，无人不羡慕他的体格；另一方面潮涨潮落，那大自然的奥妙又启发了他的智慧，他从小就不满足于只学点能糊口的手艺，而向往解释宇宙，向往发明，向往创造。1889 年，当他十八岁的时候便勇敢地去报考新西兰大学的奖学金，无疑这将决定一个农家孩子的命运。这天他正在菜地里挖马铃薯，他母亲突然气喘吁吁地跑来，还不到地头便兴奋地喊道：“孩子，你得到了！得到了！”

“得到什么了？”卢瑟福还不知是什么事。

“奖学金，考上了！”

卢瑟福闻言将手中的铁锹用力摔在地上，他让自己激跳的心稍稍平静下来，然后说：“这是我挖的最后一颗马铃薯了。”

他大学毕业后先当了一段时间的中学教师，这时英国剑桥大学又给了新西兰一个享受奖学金留学的名额，而卢瑟福在大学时就自己动手制成一种灵敏的检波器，试验了在新西兰大地上的第一次电报，并且还发表了电磁学方面的论文。商人的资本是钱，学者的资本是论文，卢瑟福就靠这几篇论文来敲剑桥的大门，果然很灵。他的老师克顿教授为他写了一封很不平常的推荐信：“卢瑟福先生才华横溢，通晓数学的分析法和图解法，对于电学及其绝对测定法之最新成就具有极为广博的知识。卢瑟福先生为人诚恳，和蔼可亲，乐于帮助他人克服困难，凡与他有过交往的人莫不竭诚赞许，尊为良师益友。我们衷心地祝愿他在英国的科学研究同他在新西兰一样，取得非凡的成就。”

卢瑟福从大洋彼岸的乡村来到剑桥的卡文迪许实验室这个物理精英荟萃的地方，他一身土气还没有退去。大都市里来的同学都有点瞧他不起，见他每天只知道埋头读书，便悄悄给他起了一个绰号——从安梯普斯山上抓来的一只光会挖土的野兔子。一天这些同学从外面归来，卢瑟福正在屋里看书，便请他们进屋，顺便请教几个问题。他们自然答不上卢瑟福提的问题，而且发现他桌上有一个从未见的检波器，那手工之精令他们叹为观止。这是由一根全长仅六英寸的金属线缠绕八十匝而成的线圈，中心一根钢针，长不过一厘米，直径只有一毫米的百分之七。过了几天卢瑟福就用这个检波器在半英里外检测电波，并且证明电波可以穿过闹市区、穿过人体和厚墙。而这时马可尼还没有试验成功他的检波器呢。这件事使汤姆生对卢瑟福刮目相看。他

说：“在卡文迪许的所有学生中还没一人对研究所的热情能比过卢瑟福的。”那些原来瞧不起卢瑟福的学生自然也就十分敬重“这只光会挖土的野兔子”了。

如果卢瑟福果真沿着研究电磁波的路子走下去，也许物理史就要重写。是他的老师把他领到了另一个路口上。从这里眺望开去，似乎前景更加美好。因为这时汤姆生正在研究阴极射线，并且已经找到了电子。居里夫妇在很困难的情况发现了镭，并且正在全力以赴地提炼它。镭的放射性已引起科学界的大轰动。电子也好，放射性也好，X光也好，这些发现都将人们的视线引向一点——原子内部到底还有什么未知的秘密。汤姆生建议卢瑟福就来研究这个课题。而卢瑟福生来是个探险家的性格，他也觉得检波器方面已无什么可再搞的了，便欣然开始了对原子的探试。

探试的第一步就是抓住镭放射出的射线，看它到底是些什么东西，然后就可以顺藤摸瓜追踪原子内的秘密。卢瑟福天生是个实验好手，他立即设计了一个实验，用一个铅块，钻上小孔，孔内放一点镭。这样射线只能从这个小孔里发出，然后将射线放在一个磁场里。奇怪的现象出现了，一束射线立即分成三股，有一股靠近N极偏转，有一股靠近S极偏转，还有一股不偏不倚一直向前。卢瑟福——给它们取了个名字，分别叫 α 、 β 和 γ 射线。又经过测定，发现 β 射线原来和阴极射线一样，就是汤姆生证明的电子流。不过阴极射线是在真空放电时从阴极表面发射出来的，电子速度小，只有光速的百分之几， γ 射线是原子内部发出的，速度可达光速的百分之三十至百分之九十九，就是说每秒最少9万公里。它速度快，穿透力就强，在空气中可走几十米远，碰到几毫米厚的铝片也能穿过，难怪当年贝克劳尔把底片无论藏在何处都要漏光，正是它在作怪。

α 射线和 β 射线相反，粒子带的是正电荷，质量大，为4个原子质量单位，速度小，只有光速的十分之一，又慢又笨，穿透能力弱。一张薄薄的铝箔、一层裹底片的黑纸，甚至人体皮肤的角质层，都能将它挡住。

γ 射线不带电荷，非正非负，处于正中，不受磁场的影响而偏转，它是X射线，不过比X射线的波长还要短，还不到一百亿分之一厘米。

好个卢瑟福，真是出手不凡。十九世纪最后十年的三大发现在他这一个实验里全部得到解释。老师汤姆生发现的电子流就是他左手中的 β 射线，伦琴的X光就是他右手中的 γ 射线，而贝克勒尔、居里夫妇千辛万苦发现的放射性却不过是 α 、 β 、 γ 射线这三个希腊字母。镭为什么会发光发热，原来它在自己放出能量做功呢。当然这里还有许多问题有待探寻，但这些发现足可以教他和他的同事们高兴一番了。

却说卢瑟福将这些新发现兴冲冲地去向汤姆生汇报，汤姆生自然高兴。但是他听完汇报后却露出一一种怅惘之情，卢瑟福似有所觉便恭敬地问道：“老师有什么事要吩咐吗？”

“是的，正有一件大事要与你商量。最近加拿大麦克吉耳大学物理系教授应聘到伦敦担任教职。为了挑选一个他的继任者加拿大方面特意派了代表来剑桥商谈此事。我考虑再三，恐怕你是一个最合适的人选。”

“老师，我是远涉重洋来向您学习的，现在还没有学到多少东西怎能离去？”

“不，你现在已完全能独立开展研究了。象你这样的人才总给我作助手反而压抑了你的才华，你应该有自己的学生，自己的助手，自己的实验室，

放开手脚大干一番了。再者你离开新西兰时就已订婚，也早该成家了，经济收入也不能不考虑，那边年薪 500 英镑，是一笔可观的收入。上任之后你就可以接来家眷，一心研究了。”

“不过，我今年才 29 岁，我怕自己太年轻，做一个高等学府的教授，人家不一定看得起。”“不，年龄是次要的，主要的是你有没有挑重担的勇气。我接替瑞利先生任这个卡文迪许实验室主任时，比你现在的年龄还小一岁呢。这正是干事业、闯禁区的最好年龄，你决不可随俗沉浮而作贱了自己的才华。机遇本就不可多得，得到机遇而又失去更会终生遗憾。况且你现在的名声已足可以和那些四、五十岁的教授相匹敌了，希望你勇敢地去上任吧。我这里已写好一封推荐信，他们会尊重你的。”

卢瑟福接过信一看，上面写道：“在独创性的科学研究中，我从未见过有比卢瑟福先生更加热情和干练有为的学生。我认为，不论那个大学，若能请到卢瑟福先生去担任物理教授，将是十分幸运的。”

卢瑟福听了老师这番话，又看了这封信，十分激动。他感谢汤姆生的知遇之恩，便问临行前老师还有什么指点。

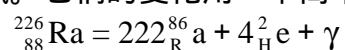
汤姆生说：“你这一去要当老师了，但要注意向学生学习，敢向自己的学生学习的人永不会骄傲。你要主持一个实验室了，要选好助手，红花要绿叶不只是为了陪衬，还要向他们吸取养分。要能在自己周围团结起一批人。”

1898 年 9 月卢瑟福牢记师嘱，横渡大西洋到加拿大走马上任。

他到加拿大之后讲了半年课，利用假期回新西兰结了婚。当他带着妻子返回学校时，高兴地发现蒙特利尔实验室来了一位新工作人员，叫索迪。他是这里唯一年龄比卢瑟福小的助手，化学知识却极为丰富，这正弥补了作为物理学家的卢瑟福在化学知识方面的不足。教授和学生，一个 30 岁，一个 23 岁，但是卢瑟福谨记汤姆生的教诲，与索迪密切合作，他们在一起只有两年时间，但成果惊人，这种师生的亲密关系和工作效率在科学史上是极少见的。

索迪还是从研究物质的放射性入手，他很快从钷中分离出一种神秘物质，它与钷只有原子量不同，其他方面都相同。聪明的索迪立即把这种除重量不同，其他方面都相同，在元素周期表中占同一位置的元素叫了一个新名字——同位素。比如钷，便有钷 232、钷 228，而碳的同位素就更多，从碳 10 一直到碳 14。同位素不同在放射性方面也有差异，如铀的同位素，有的放出 α 粒子，有的放出 β 粒子。这样对原子内部的秘密探讨得更细一步了。原来这些肉眼看不到的原子就是在悄悄地放出不同的粒子而起变化的啊。

这时卢瑟福又想起在剑桥时就遇到的一个老问题， α 粒子从所具有的电量和质量来看很象一种已知元素——氦。现在有索迪帮忙，他们立即来验证这件事。他们将少量的镭盐放进一个小玻璃管内，外面再套上一个大玻璃管，两层管壁间密封并抽成真空。几天之后他们将内外管之间的气体抽出来用光谱分析法一化验，果然千真万确，就是氦。这只能有一种解释，是镭放射出的 α 粒子穿过内管的薄壁进入两层管子之间，看来 α 射线就是氦流。那么镭放出 α 射线后剩下的又是什么物质呢，再一细查，又是一种已知元素——钋。难怪当时居里夫人在寻找镭时总发现它和氦在一起，其实是镭在不断地产生着氦。它们的变化用一个简单的式子来表示就是：



原子序数为 88、质量为 226 的镭经过自发放射变成原子序数为 86、质量

为 222 的氡和原子序数为 2 质量为 4 的氦，还伴有电荷数和静止质量都为 0 的射线。

以往的化学都是讨论酸呀、碱呀、盐呀等物质之间的化分、化合，而卢瑟福和索迪现在一下就钻入原子壳内去写他们的反应式了。卢瑟福宣布“放射性既是原子现象又是产生新物质的化学变化的伴随物。”化学和物理殊途同归了。

一种元素转变成另一种元素的放射性现象叫做“衰变”或“蜕变”。当物质在放射性减少到一半时所用的时间叫“半衰期”。半衰期有长有短，铀的半衰期是 45 亿年，镭的半衰期是 1,560 年。而有的物质半衰期还不到一秒钟。我看，原子就是这样以无法控制的力量进行衰变，它不断地“爆炸”飞出自己的碎片—— α 粒子，还释放出以射线出现的其他能量。只 α 粒子的速度就可达光速的一半，一个小小的原子里含有多大的能量啊。卢瑟福立即发现了一个新的世界，其意义就如哥伦布发现新大陆，牛顿发现了宇宙。一时卢瑟福成了人们议论的中心，连居里夫人也呼吁物理界的同行们要注意卢瑟福的研究。

1907 年 10 月卢瑟福又重返英国到曼彻斯特大学任教，他的学生们又从世界各地追随而来，他荣誉越多却越谦虚谨慎。卢瑟福本来就身体魁梧，又从小在农村长大，所以他除了紧张的科学实验外还自己收拾了一个大花园，种草植树，常亲自挖土施肥。他也常在广场上的小咖啡馆里和进城的农民边喝咖啡边聊起今年的收成，讲得非常内行。可是有时他碰到合适的对手又会突然谈起高深的原子物理。一次一个记者向咖啡馆的老板打听道：“这个农民是谁？”老板告诉他：“这就是卢瑟福。”那个记者惊得伸出舌头竟半天收不回去。

再说那个刚来英国时被人称为“野兔”，现在又被人当成“农民”的卢瑟福，这天正在实验室里安心工作，他的学生罗兹突然跑进来喊道：“快看，瑞典寄来的邮件！”

卢瑟福接过一看，是颁发诺贝尔奖的通知单。实验室立即沸腾起来，学生们都围上来激动地祝贺、欢呼。

可是当卢瑟福打开信细读时不由的大笑起来：“你们看，他们给我发的是化学奖，这真是太妙了。我这一生研究了许多变化，但是最大的变化是这一次，我从一个物理学家变成了一个化学家。”

正是：

海军也有陆战队，空军不能无伞兵，

科学本是总体战，物理化学不可分。

却说卢瑟福收到颁发诺贝尔奖金的通知，大家正闹哄哄地议论如何去领奖，卢瑟福却说：“这奖金放在那里总是跑不掉的。现在要紧的是要抓紧实验，我们已经发现了原子内的这许多小东西，它们在原子内到底该怎样摆布呢？”

毕竟卢瑟福说出一个什么样的原子结构，且听下回分解。第五十八回：

茫茫太阳 是小原子

小小原子 有太阳系

——原子核的发现

上回说到物理学家卢瑟福，却收到一张要他去领诺贝尔化学奖的通知。

但是卢瑟福还是关心物理本身的问题，领奖回来之后便将助手们召集在一起说：“过去我们只是捕捉了放射性元素自己衰变时放出的粒子了，除了这些粒子到底原子内还有什么东西就不得而知。还有那些不会天然放射的元素我们就更难知其家底。不入虎穴焉得虎子，现在唯一的办法就是要将原子砸碎，看看他里面到底还有什么东西？”

卢瑟福天生一个帅才，他来曼彻斯特还没有几天，身边早已聚集了盖革、莫斯利、玻尔、查德威克、安德雷德等一批年轻人，他们来自德、英、法、丹麦等国，卢瑟福的实验室简直是一个“科学国际”，而这些人以后也都成为一个个很有建树的物理学家。当时他们一听卢瑟福的战斗动员令，就磨拳擦掌，立即开始一个新实验。

新实验是这样设计的：要打碎原子就得找一种炮弹，当时看来最理想的就是 α 粒子，它速度快，质量重。原子结构如果真的是汤姆生所说的西瓜模型， α 粒子就会顺利地穿过松软的瓜瓤而笔直地前进。而这时盖革已经帮卢瑟福设计好了一个能计算出镭放射出 α 粒子的仪器。这是以后所有向原子核进攻的科学家都离不开的武器，它就以盖革的名字命名，叫盖革计数器。靠盖革计数器他们已能准确地算出在千分之一克镭里，每秒钟能发射出 136,000 个 α 粒子。现在他们准备好了放射源，又以金箔为靶子，靶子一边放一个荧光屏，通过显微镜观察穿过金箔的 α 粒子是否都落在了屏上。

这是一种很费力又很枯燥的工作，助手们常常坐一天也看不出什么新情况。一天，卢瑟福推门走进实验室，凑到显微镜前看了一会儿荧光屏上那一点点的闪光。盖革说：“也许汤姆生的模型是对的，你看 α 粒子全都顺利通过了。”

“果真是全部吗？要多看，细看，实验要重复几次，几十次、上百次，只有重复才能发现偶然的现象，而必然的规律又常常寓于这个偶然之中，居里夫人不是重复测试了几乎能找到的所有元素，才找到有放射性的镭吗？”

卢瑟福说着将荧光屏和显微镜从金箔后面移到侧面，他吩咐盖革多换向个角度，多看一会儿。又过了一天，他正在办公室里备课，盖革急慌慌地跑进来，拉着老师就往实验室里走。原来他发现了一个偶然的现象，就是虽然绝大部分 α 粒子都沿直线穿过了金箔，但是也有极少数的 α 粒子却出现偏转，有的大于九十度，还有的甚至出现一百八十度的偏转，竟直直地反弹回来。卢瑟福从此就钻进实验室里，一连几天没有出来。他对学生们说：“我们发现了一个多么奇怪的现象，就好象是一群炮兵对着一张薄纸片开炮，而炮弹反而又被弹回炮筒里。虽然弹回来的极少，但这里面必定有一个我们还未发现的秘密。”他们经过大量的数据记录分析，知道了射出去的每八千个 α 粒子就有一个被弹回来或者偏到一旁。

正是：

阿翁海边点沙粒，第谷深夜查星辰。

更有卢氏数原子，科学属于细心人。

却说卢瑟福和他的学生们将反弹回来的 α 粒子仔细一数，立即悟出一个道理。 α 粒子带正电，比电子大七千倍，电子没有这么大的力气使它偏转。那么除电子外原子内一定有一个集中了全部正电荷而且质量很大的核。它对 α 粒子有一个很强的电荷排斥力， α 粒子一碰到它就会被一把推了回来。但是这个核很小，他在整个原子中的位置犹如太阳在整个太阳系里的位置，四周是大大的宇宙空间，难怪发射八千个 α 粒子才有一个可能撞上它。于是卢瑟

福立即抓过一只铅笔在纸上随手画了一个图说：“你们看，我认为原子模型可能不是汤姆生先生描绘的那个西瓜，倒是哥白尼描绘的太阳系。原子的中心有一个带正电、体积小、质量大的核，核外空荡荡的天空里有一些质量很小，带负电的电子在绕它运动。”

助手们闻听此言一齐欢呼起来：“您是说我们在小小的原子内部又发现了一个太阳系？”

“是的，正象伽俐略、牛顿发现天上地下一个样，我们又发现太阳系和原子内部一个样。不过这微观世界会另有一套规律，还需要我们仔细去摸索呢。”

1911年卢瑟福提出了原子的“太阳系模型”，是科学史上的一项伟大成就。原子和原子核物理学从此发展起来。后来他的学生玻尔又把量子论引到原子结构中来，修改了这个模型，使之更加完善，人们就把这个模型称为卢瑟福—玻尔原子。这个模型成功地解释了许多物理、化学现象，促进了以后的原子能研究。我们现在已经知道核的体积还不到原子体积的一万亿分之一，但它却占据整个原子质量的百分之九十九点五以上。就是说它本身的密度实在是大。如果设想一粒蚕豆全部以原子核组成，那么它的质量就会达到一亿吨！你绝不要想用手去拈得动这粒豆子，因为通常运输一亿吨的物资，就需要用能绕赤道一周的列车来装呢。

再说1919年第一次世界大战刚结束不久，英国教育界正百废待兴。战争期间卢瑟福也被征入海军，研究了几年怎样打潜艇。这时，科学家们又都渐渐回到了自己的实验室，而汤姆生现在已是63岁的老人，还身兼三一学院的院长，再领导卡文迪许这个处于物理世界最前沿的实验室已力不从心。他想起了自己的得意学生，便四次写信诚恳地请卢瑟福来接此重任。

1919年4月2日，卢瑟福正式到卡文迪许上任。这是他一生中的第三个阶段，也是最后一个阶段。他自任教授以后三易其地，但是由于他的刻苦、谦虚，每到一地都干出了惊人的成果，而且每到一地在他的周围就立即团结了一批有为的年轻人。这次他到卡文迪许一上任就宣布了一个新课题——研究原子核的构成。在曼彻斯特时，他打碎了原子，现在他又要打碎原子核了。

在一间专用实验室里，窗帘拉得很严，屋角点着一盏光线微弱的煤气灯。助手们已经提前来到，他们必须先适应一会儿屋内暗淡的光线。对面是一架很简单的仪器，使粒子穿过氮气打到靶子上，再通过显微镜观察荧光屏上的闪光点。走廊上响起卢瑟福咚咚的脚步声，他连走路也象个结实的农民。接着助手们听见了他哼的小调“前进，基督的士兵”。大家相视一笑，这是教授的习惯，每当哼这支歌时实验就快接近成功，如果哼起“大干一场”，不用问，是实验遇到了麻烦。门开了，背后响起卢瑟福宏亮又亲切的声音：“孩子们，准备好了没有？”

“准备好了。”

“开始。”

大家各就各位，要卢瑟福坐在一边喝茶，有时还讲一个幽默的小故事。卡文迪许实验室有着最优秀的人才，最严格的科学精神，却有一种最和谐的气氛。人们把这里称为“科学天才的幼儿园”，研究生们都尊称卢瑟福为“父亲”，而卢瑟福也常常高兴地喊他们“孩子们”。这群“孩子”来自世界上不同的地区，不同制度的国家，他们离开家寻找自己事业上的父亲，都有一些曲折的经历。查德威克在曼彻斯特时期就曾追随他，战争中曾被德军俘虏，

但是战争一结束便又回到他的身边。从苏联来的青年彼得·卡皮查，初登卡文迪许的门时卢瑟福并不准备收他，因为这里几乎每天都有人想跻身其中，能当卢瑟福的一名研究生是青年人的最高荣誉。卡皮查问：“卢瑟福先生，我能来卡文迪许做一名研究生吗？”

“对不起，我这里的名额已经满员。”

“实验室里的名额允许不允许有一点误差啊？”

“一般不得超过百分之十。”

“那就好办，你们一共三十人，加我一个还在允许范围之内。”

卢瑟福对这些“孩子们”真是倾注了父亲般的爱。战争期间，助手莫利斯上了前线，这是一个极有才华的青年，人们都推测他可能是第二代的卢瑟福。人才难得，卢瑟福通过有关方面采取措施要调他回来。但是调令还未发出，一颗子弹已打中了他的头颅，他死时才 27 岁。卢瑟福大哭一场，痛呼这是英国在战争中最大的损失。苏联青年卡皮查在他的精心培养下已经成为一名有成就的物理学家，但是 1934 年当卡皮查回苏联开会时却被扣留下来，再不许返回。卢瑟福立即写信向苏联政府交涉，还是没有结果。他叹息道：“卡皮查的研究刚刚起步，他离开这里的实验室将一事无成。既然他们不让人回来，我就将仪器送去吧。”他真的派了一个代表团将卡皮查工作急需的仪器送到了莫斯科。平时，每星期五下午卢瑟福都要让妻子准备一个茶会，来招待他的学生。大家边喝茶，边讨论问题，许多新思想，新的实验设计方案就在这诞生。助手们后来回忆说：“他倾听一个学生发言时，就好象在恭听一个公认的科学权威的意见。”这样一个严格而又民主的科研集体，怎能不成果累累呢？闲话少叙，我们看现在卢瑟福和他的这群“孩子们”又创造出了什么奇迹。

卢瑟福小心地把荧光屏调离发射源，相距已经长达 40 厘米，可是荧光屏上仍可看到闪光点。这还是 粒子吗？不可能， 粒子射程极短，根本达不到玻璃管的这一端。看来这是在 粒子冲撞下氮原子的碎片。他们一测，果然这时的氮已经转变成另一种元素——氧 17，并放出了一个质子（氢核）。这样，卢瑟福就以人为的方法在世界上第一次分裂了原子。1926 年他和查德威克用 粒子成功地轰击了镁和铝等轻金属原子。接着在他的指导下瓦耳顿和科克拉夫特又制成了一架巨型的原子捣碎机。这架机器就以卢瑟福的一本书的名字《当代炼金术》来命名。这架机器能使原子量为 7 的锂被氦所渗透，最后形成一个原子量为 8 的不稳定原子。它很快又分裂成两个原子量各为 4 的氦原子。

这件事情一传出来，报界又是一场大轰动。许多报纸都以特大标题报道：“原子分裂了”、“现代炼金术出现了”。正象当年 X 射线一发现就有投机商推销防 X 射线的衣服一样，社会上一些角落里不知怎么一下冒出那么多骗子，他们到处宣传自己已经能用普通的钢铁制造金子。而一些神经质的老妇人不断写信到报社，询问世界的末日是否真的就要来到。达尔文的进化论推翻了上帝造的物种，而卢瑟福的原子理论将上帝造物用的最小零件都打得粉碎。难怪那些唯心论的遗老们这样害怕，而那些投机商们则乘机大肆行骗、捞钱。以每一次科学发现为触媒，社会总要掀起一场不大不小的骚动。

现在连科学圣地卡文迪许实验室也不得安静了，关于炼金方面的报告不断送来，许多自命不凡的发明家常常上门自荐，一些商人也来打听有无合作的可能。为此卢瑟福只好出面举行一次记者招待会。“请问，您关于原子分

裂的研究会不会使贱金属变成黄金？”“我们对自己从事的科学工作的商业利益毫无兴趣，所以从未考虑过什么炼金发财。我们的目的只在于探索元素之间相互转变的可能，只在于扩大知识领域。”

“现在常有人声明他们已能炼金，您怎么看这样的事？”

“把一种金属变成另一种金属，并不是不可能的。不过，至少在相当长的一段时间里，要使之商品化是不可能的。”

“关于原子的研究会给将来带来什么影响？”

“这问题我很难回答。我们卡文迪许的人一向只注意挖掘自然界里真正牢靠的事实，决不靠一些数字和符号来编织什么理论。随着时间的推移，原子内部的秘密一定会更多地被挖掘出来，可以肯定，到那时：一是那些炼金的骗子们决不敢再这样骗人；二是世界将因新技术的使用而更文明。那些神经质的老妇人也可以放心，世界末日永不会来临。”

“过去的许多理论已不能解释现在的现象，物理学是不是正处在一个危机时期？”

“相反，我认为近三十年来倒是物理学史上无与伦比的，最活跃的时期，它出现的成就足可以和当年达尔文在生物学方面的开拓相比美。”

为驳斥社会上就原子分裂而出现的各种奇谈怪论，卢瑟福公开发表了一个声明。这种乱哄哄的局面终于过去了。1932年4月20日，卢瑟福在皇家学会上正式解释了原子捣碎机和他做的关于原子嬗变的实验。和社会上的情况成鲜明的对比，大厅里静悄悄的，卢瑟福很平静地讲述着，分析着，台下的人仔细地听着。大家都不说话，但心里谁也明白：一个新的时代——原子时代就要到来。

这个时代将是个什么样子？且听下回慢慢分解。

第五十九回：
晴空里飘来一朵乌云
死水上吹起一阵清风
——量子论的产生

上回说到卢瑟福和他的助手们造出原子捣碎机，一步步地向原子内部进军。这卢瑟福是个伟大的实验物理学家，在他的面前没有解决不了的难题。他特别强调实验，他喜欢引用波义耳的一句话：真正的科学就是旨在应用的知识。他还嘲笑一些人整天坐在书斋里，只凭书本上的现成公式来研究科学，说这是一种危险的消遣。有一次甚至说那些理论物理学家们的气焰未免太高了，现在是我们实验物理学家该让他们冷静的时候了。他这些话也未免有点偏颇。

其实一门科学的进步，理论和实验是不可缺少的左右腿，它们总是一前一后交替前进，哪能再分高低呢？而卢瑟福在原子实验方面积累了许多事实之后，他万没有想到现在真的需要那些曾被她挖苦过的理论物理学家们来帮忙了。

这事还得从头说起。到十九世纪末叶之时，经典物理学大厦经过了从牛顿到麦克斯韦这些大师们的精心设计和建造，真可谓尽善尽美了。大自然中的物理现象也都能用经典理论解释得清清楚楚。可是好景不长，也真怪物理学家们无事生非，不知谁先想出了一个题目，要是一块全黑的物体，它是怎样吸收外来的热量又怎样放出热量的呢？比如一块铁吧，我们可以把它看成近似的黑体，给它加热，它开始吸收热能，铁块会先呈暗红，而黄而白，发出耀眼的光线。这就叫“黑体辐射”。扫经典理论，热的辐射和吸收是一个完全连续的过程，就象管子里流出来的一股水，光和辐射热是一种电磁波。这条连续性原理是经典物理学的一块基石。可是那些无事生非的物理学家们终于难自己找来了麻烦，他们用这种理论来解释黑体辐射，无论如何也不能使辐射能量和辐射光谱统一起来。所以，当时代步入 20 世纪第一个年头时，物理学界的老前辈开尔文在新年祝辞中一面庆贺物理学的新胜利，一面又忧心忡忡地提到，天空又出现了两朵乌云，这便是其中之一。

既然辐射能量随温度的升高而增加，于是问题的焦点就是求出能量、温度与波长之间的关系式。英国物理学家瑞利和金斯得到一个公式，它在解释波长较长、温度较高时的黑体辐射现象时还能说得通，但是要把它用于短波的紫外光区，立即出现一个可怕的现象——全部能量老早就在一次性的紫外辐射中散光了。正象我们计算一个十岁的孩童的年龄时，误把一月当作一年，结果他早该不在人世了。这当然是一个纯理论的推断，但却得出一个可怕的结果。物理学家们立即给它起了一个不祥的名字，叫“紫外灾变”。而同时，有一个德国人维恩也推出一个公式。维恩公式正好相反，它适用于波长较短、温度较低的情况，而对长波的红外区却又是一个场“红外灾变”。又好象我们计算一个古稀老人的年龄时，却误以一世纪为一岁，结果他还没有出生呢。但是这两个公式依据的都是经典物理学的同一原理啊，何以如此水火不容呢？

各位读者，说到这里让我们回想一下本书前面曾叙述过的一个实验。按照亚里斯多德的说法，物体下落时肯定是重物比轻物的速度快。伽利略不信，1590 年他在斜塔上把一个大球和一个小球同时往下一丢，结果同时落地。他

在同守旧分子的辩论中用了一个很好的推理：如果把两个球绑在一起，下落速度可能有两个，一是比大球快，因为两球比一球重；二是两球的平均速度，小球慢，当然要扯大球的后腿。显然这两个结论是矛盾的，但是它们都是根据同一个亚里斯多德的原理啊！于是伽利略大胆地喊了一声：亚里斯多德错了，只有我的实验才是对的。

现在经典物理学也遇到这个问题，根据同一原理怎么在一个黑体辐射问题上得出了两个相矛盾的结论呢？物理学家们惊呼晴朗的天空出现了一朵乌云（请读者注意以后还会出现一朵）。

现在也该有一个不知名的新人物出来，如伽利略那样大喊一声：经典理论错了！并且拿出自己正确的解释。

真是时势造英雄。这个人来了，他就是普朗克（1858—1947）。

普朗克 1858 年 4 月 23 日生于德国的基尔。就在这一年本生和基尔霍夫开始研究光谱分析法，而基尔霍夫也没有想到这个呱呱堕地的婴儿将来就要做他的学生和继承他的教授席位。普朗克少年时代极喜欢音乐，以至于中学毕业后，选择专业时，在音乐和自然科学间犹豫再三，就是到了大学里他还留恋音乐，并且亲自领导了一个乐队，又是学院合唱团的指挥。这时，在他通向荣誉的大路上又遇到一次小小的干扰，老师坚决反对他专攻理论物理。1924 年普朗克在讲演中回忆说：“当我开始研究时，我可敬的老师约里对我描绘物理学是一门高度发展的，几乎是尽善尽美的科学。现在，在能量守恒定律的发现给物理学戴上桂冠之后，这门科学看来很接近于采取最终稳定的形式。也许，在某个角落还有一粒尘屑或一个小气泡，对它们可以去进行研究和分类。但是，作为一个完整的体系，那是建立得足够牢固的；而理论物理学正在明显地接近于如几何学在数百年中所已具有的那样完善的程度。”

幸亏中学和大学的这两次干扰没有动摇普朗克最终的决心。他 21 岁时通过了博士论文，他关于热力学方面的研究已开始孕育他将来的新思想。可惜他关于这方面的论文先是被基尔霍夫当作错误观点放在一边，后来他又在物理学会宣读，但全场除一人发言外，其余的人毫无反应，而这一人还是表示反对。关于这件事，他在自己的回忆录里写道：“这是对我那热烈的想象浇了一瓢冷水，我步行回家，抑郁寡欢，但很快就找到了安慰，因为我想：一种好的理论即使没有巧妙的宣传也将会得到承认的”。

普朗克环顾周围无一知音，真是愁闷之极。柏林西郊的格吕内瓦尔德有一片 30 多平方公里的松林，里面湖泊星罗棋布，煞是安静。普朗克便带上十几岁的儿子到这里散心。儿子当然理会不懂他这高深的理论，但是他还是滔滔不绝地说着自己的想法，并扯下一根松枝，狠狠地一折两截，大声说道：“我现在发现的那个东西，要么荒诞无稽，要么也许是牛顿以来物理学上最伟大的发现之一。”但是，除了微风摇动树叶掠过湖面之外，松林间再无一点声音。那些粗大的松树矗立着，俯视着这个奇怪的不速之客。普朗克腿一软，颓然靠在树根，呆呆地看着湖面上由近而远的一层层的波纹。

正是：

不到清明不下雨，不遇春风不吐芽，

时机未到且等待，有苞必定会有花。

这机会终于叫他等到啦。1900 年 10 月 19 日，柏林物理学会又在举行讨论会。物理学家库尔鲍姆在会上报告了他最近的实验，数据表明虽克服了“紫

外灾变”，但仍与维恩公式不符，又是那道不可逾越的难题。谁知这时普朗克恰巧在座，他前几天就知道了这个实验，这种尴尬局面本是意料之中的事。这真是天赐良机，普朗克立即上前在黑板上写出一个自己推出的公式。这个式子无论对长波、短波、高温、低温都惊人地适用，瑞利—金斯公式和维恩公式被和谐地统一到一起。于是满座大惊，虽然还没有一个人能完全弄清楚这个新公式，但是在事实面前却再无人能提出反对意见。会后普朗克的一篇只有三页的短文在物理学会通报上发表了，它成了物理学史上的一块里程碑。

物理学会再也不能轻视普朗克的挑战了，两个月后，1900年12月14日他们在国会大厦附近的赫尔霍姆茨研究所召开会议，特请普朗克介绍这项新发现。请读者记住这个日子，这天便是量子论的誕生日，它奠定了45年后原子武器的原理。普朗克早就如骨鲠在喉，今天终于能说他个痛快淋漓：“一言以蔽之，我做的这件事，可以简单地看作是孤注一掷。我生性平和，不愿进行任何吉凶未卜的冒险。但是我经过六年的艰苦摸索，终于明白，经典物理学对这个黑体辐射问题是丝毫没有办法的。旧的理论既然无能为力，那么就一定要寻找一个新的解释，不管代价多高也一定要把它找到。除了热力学的两条定律必须维持外，至于别的，我准备牺牲我以前对物理所抱的任何一个信念。问题往往是这样，到实在不能解决时，抛弃旧框子，引入新概念，就立即迎刃而解了。”

普朗克引入了一个什么新概念呢？就是说辐射的能量不是连续的，如管子里流的水那样；而是成一小份一小份的，象机关枪里不断射出的子弹。这一份一份就取名为“量子”，量子在拉丁文里是“分立的部分”或“数量”的意思。把一个整体的连续的能量换个角度看作是无数量子的集合，问题就好解决了。这样还不好懂，我们举一个相似的例子，这本书中曾写到祖冲之求圆周率的故事。圆，这个光溜溜的家伙真不好下手，但是祖冲之偏不把它看成是连续的、完整的圆，而认为是一个圆内接的无限多的正多边形，边越多，就越趋近于圆，而那个圆周率也越求越精，但总求不完：

$$= 3.1415926535897932384626.....$$

普朗克现在把能量分成许多能量子，这些能量子相加就趋近于它的总能量。能量子又与它的频率有关，他得出这样一个公式：

$$\text{能量子} = h \times \text{频率}$$

h 后来被称作普朗克常数，是：

0.00000000000000000000000000000066.....这真是小到极点，它表示我们把每一块物质看成一些跳动的粒子时，这个跳动是多么微弱。但是不要忘了，就是这么个小数字却决定着原子弹那威力无比的爆炸。

但是，普朗克这个新理论实在是太革命了。物理学会虽然请他作了报告，可是还没有一人相信这个新观念，连普朗克本人也觉得最好能把新旧理论统一起来。他虽然勇敢地提出了新观念，但就如儿子对一个专横守旧的父亲，忍无可忍而猛击了反抗的一掌，而这一掌刚打过，他就立即受到一种伦理上的自责。在后来一段时间普朗克总在寻找更好的办法把新观念纳入旧理论。就象牛顿后来用科学来证明上帝一样，一个新理论在诞生之初经常会表现得惴惴不安，不敢立即脱离它的母体。

但，正当普朗克孤立无援而且自己也有四年时间裹足不前时，瑞士专利局的一个小职员发表了一个重大的声明，带着增援部队杀上阵来。

这个人就是当时还未出名的爱因斯坦。他提出一个光电效应理论，比普朗克还要大胆。普朗克说物质是一份一份地吸收或放出能量，爱因斯坦说还不止于此，每个能量子在脱出物质之后必定以某种方式表现为象一个粒子，一个光粒子，即我们现在说的光子。实验证明在光电效应中，当光的速度，即光的量增大时，电子的速度却不能增大。这用麦克斯韦的经典电磁理论无法解释。而爱因斯坦的新理论立即来拯救这又一个新的“紫外灾变”了。光子象子弹，射在金属上的子弹越多，撞出的电子数越多，但并不能增加它的速度。要想增加电子的飞出速度，就得改用重子弹，加强碰撞力——这就是提高效率。好了，这一下天衣无缝地证明了我们上面提到的普朗克公式：能量子= $h \times$ 频率。这对普朗克真是在关键时刻最关键的支持。爱因斯坦因此获得 1921 年的诺贝尔奖金。当然普朗克也获得了 1920 年的诺贝尔奖金。他在一次演说中谦虚地说：“如果一个矿工发现了一座金矿，那是因为地下本来就有金子。我不去发现量子原理，也总有人会去发现它的。”物理学到一定阶段总要推出自己的代表人物的。这是后话。

再说在风雨中艰难挣扎的量子论有爱因斯坦这个将振臂一呼，总算举起了一杆义旗，陆陆续续了有人加入了这个队伍。于是物理学家能斯特便想召开一个专门会议，检阅一下量子论的队伍以振奋士气。他找到了实业家兼业余科学家索尔维，请他出钱赞助。这个索尔维是比利时人，他因为发明了新的制碱法成了百万富翁。这年他已七十多岁，不由想到死后这笔财产怎么处理，何不学诺贝尔，也来资助一下科学发展呢？这样他就欣然答应赞助。两人与普朗克商量后，立即向 18 位有影响的物理学家发出了会议通知。而这个通知本身就很有学术价值，幸亏它还原封保存了下来。

我们现在的物质分子运动所依据的那些基本原理，似乎正处在革命性的变革之中。一方面，这个理论一以贯之的发展，导致一个其有效性同一切实验发现相抵触的辐射公式，而到现在为止还没有任何人提出过异议；另一方面，从这理论导出的某些有关比热的公式被大量测量数据所彻底推翻。

象普朗克和爱因斯坦所特别提出的那样，只要对电子和原子在其平衡位置附近的振动作某些限制（能量子理论），这些矛盾便立即消失。但是这个概念离开迄今所应用的那些运动方程是那么远，以致如果接受了它，就势必要对我们现有的种种基本观点来一番大的改造……。

1911 年 10 月 30 日，当时世界上在这一领域内最优秀 18 名领袖齐集布鲁塞尔的大都会饭店。

但是年高望重的瑞利未能到会，他送来一封短信，对量子论表示反对。琼斯和彭加勒两个大人物也表示反对。不过，临散会时彭加勒已经背叛了经典原理而加入这支义军。还有卢瑟福、居里夫人等五位实验物理学家，他们对这个很玄的理论问题原来也不怎么关心，所以持中立立场，其余十一位科学家表示赞成。十一年过去了，这支新军从一人发展到十二人，虽还不算壮大，却也稍成气候了。

会议的主力当然是普朗克和爱因斯坦了。过去他们只是通信，互表支持，现在为了共同关心的理论相见于会议桌旁，倍感亲切。普朗克说：“我应该首先表示对您的感谢。是您在我最困难的时候对我和这一幼弱的理论给予了极关键的支持，并且阐述得比我自己更深刻，更完善。”

“不，您这一发现才是真正的伟大惊人之举，可以预见它将成为二十世纪整个物理学研究的基础，分子、原子以及它们变化的能量过程的理论都离

不开这一理论的支持。可惜现在人们还不能充分意识到这一点。”

“是的，今天我们一共才邀集了 18 个人，而且意见还不尽一致。我想再过一年，最多两年，我们将会看到，经典理论中现已显现出来的那个裂缝将不断扩大，那时目前还置身于这个问题之外的人将统统会卷了进来。”

“我相信，用不了两年，这次会议之后就会出现一个量子热的。”

“不过爱因斯坦先生，您的聪明智慧胜过我十倍，为什么您不全力以赴在这个理论上再做贡献呢？”

爱因斯坦幽默地捋了一下他的短胡子说：“可惜上帝给我的精力有限，而他又给物理学的晴空里送来两朵乌云。我现被那另一朵乌云罩住正脱不得身呢。”

爱因斯坦说的另一朵乌云是什么，且听下回分解。第六十回：

小实验 捅破旧理论
巧裁缝 难补百纳衣
——以太说的被否定

上回说到普朗克等十多位物理学家在布鲁塞尔高高兴兴地聚会，普朗克问爱因斯坦何不索性入伙，全力来攻量子论。爱因斯坦提醒他不要忘了物理学的天空上除“黑体辐射”外还飘着另一朵乌云。

各位读者，你道这朵乌云是什么，这便是那个权威的“以太说”，突然遇到了挑战。

原来自从牛顿创立经典力学之后，这物理学的大厦真是金碧辉煌，美妙之极，无以复加。难怪当年普朗克的老师都劝他再不要在物理研究上打什么主意。牛顿力学是一把万能钥匙，好象凡自然界的现象都能用它一一解释。你看若大个宇宙都在牛顿的手中掌握，伸手一指，那隐匿极深的海王星就赶快前来报到，再掐指一算，外出 76 年的哈雷慧星也要按时回来复命。另一方面它又成功地解释了我们生活中诸如拉车、走路、流水、刮风等小至鸡毛蒜皮一样的问题。于是力学的分支越来越多，如流体力学、刚体力学、弹性力学等等，人们也越来越愿意把一切运动变化都归结为简单的力，如：“化学亲和力”、“生命力”、“光反射力”、“电接触力”等。仿佛世界上的一切都可以套用机械的力学来解释了。

牛顿的“力”这样神奇，那么它通过什么传递呢？扒车得用手抓住车把，碧波荡漾离不开水，声波传播离不开空气。可是地球离太阳一亿五千万公里，这之间既无水也无空气，太阳借什么媒介来施展自己的引力呢？物理学家们又想出一个假设，说宇宙间充满一种很稀薄的物质，天体或其他物体间的作用就靠它作媒介，笛卡儿借用古希腊的哲学名词，引力靠以太传播自不必说，法拉第的电磁力也离不开它，麦克斯韦证明光也是一种电磁波，当然光的传播也就离不开它了。更重要的是，以太的存在正好说明牛顿的绝对时空观，有了这么一个绝对静止的以太才会有地球、太阳等一切相对于它的运动，要不那些星球的运动拿什么来参照？以太成了 19 世纪中期物理学家们最温柔的保姆，成了他们可以信赖的上帝。

但是总有一些聪明、勇敢的人在一种迷信和一片虔诚中首先提出问题。这以太既然无处不有，为什么我们就感觉不到呢？另外，光波是一种横波，横波必得由固态介质传递，以太即该是固态了，但这样一来就等于我们被浇铸在一个透明的以太玻璃球里，可是又不影响我们随意的动作——这真是太

不可思议了。

有疑必定有问。事有凑巧，1884年，那个治学严谨，轻易不外出讲学的汤姆生终于被请到美国来作报告了。美国当时比起欧洲来科学很是落后，它就想方设法请名家来讲学，以后还重金收买人才。汤姆生的来到自然是一大喜讯，报告那天科学界人士济济一堂。报告休息时大家又挤到这个世界名人跟前七嘴八舌地问这问那，自然也提到那个神秘的以太问题。汤姆生说：“以太到底是否真有其物，现在还不能定论。我们只知道地球是以每秒30公里的速度绕日运行，那么迎面就应该有一股以太风不断吹来。如谁能用实验证明了这股风的存在也就证明了以太的存在，但这要靠实验。”又是说者无心，听者有意。这时在人群里有一无名青年，听到权威汤姆生的这句话心中不由一动，一个新研究课题便咔嚓一声在脑子里挂上钩了。

这个青年就是迈克尔逊（1852—1931）。他原是德国人，两岁时父母带着他飘洋过海到美国来谋生。十七岁时他考进海军学校，在海军服役期间省吃俭用积攒了一点钱，便于1881年到柏林、巴黎等地留学了两年，然后又重返美国。真是人各有好，迈克尔逊被光的各种现象迷得如醉如痴，在欧洲到处拜师访书，专解这方面的谜。他在欧洲还亲自研制了一台可以测定微小长度、折射率和光波波长的光的干涉仪。就是用这台干涉仪他于1920年测算出了猎户星座一等变光星的直径为两亿四千万英里，大约是太阳直径的三倍，这是天文学史上第一次准确地测量星球。运用光来搞测量实在是迈克尔逊的拿手好戏。

再说那天迈克尔逊在人群里听了汤姆生的话，心中一动，回来后就研究找以太的办法。他想地球这只小船在以太海洋里以每秒三十公里的速度航行，我如果向逆着以太风的方向和垂直于以太风的方向同时射出一种东西，根据经典力学原理力学原理它们的合成速度肯定不同。如果能测出这种差别不就证明以太确实存在了吗？用什么东西来做这种实验呢？这当然是它得心应手的武器——光。他这样不断地研究改进，到1887年终于在莫雷的合作下完成了物理学史上那个很著名的实验。这年爱因斯坦才八岁，他万没想到一个物理学前辈现时正在为他向相对论进军扫清道路呢。

迈克尔逊的实验装置是这样的，在一个大水银池中飘着一块坚固的大理石板，这是为了既能灵活转动又不致摇晃。从石板一侧发出的一束光打到石板中心的玻璃上。玻璃成斜角，上面有一半镀一层银，这样射来的光线就被分成两束，一束照直穿过，一束反射到与光线来路垂直的方向。这两束光走过相同的距离后分别在石板边的两面镜子上再反射回来，汇合在望远镜头里。因为光线分成90°角，一束是逆以太而行，那一束必是垂直于以太而行，两束光的速度便应该有差别。这可以根据它们在望远镜头里汇合时的干涉现象来确定。读者也许要问，光速这样快，你这块石板能有多大，就是有差别也难测出。但是你要知道地球也在以每秒30公里的速度前进，那么逆着以太的光和横向的光每秒也就相差30公里。而迈克尔逊这个制造仪器的高手，他的干涉仪就是一亿分之一秒的光行差也能测得出来。

再说迈克尔逊和莫雷架起这台仪器，他们先测了一次，从望远镜里看正是最大亮度，这说明两束光是同时返回的，它们的速度相同。迈克尔逊又把仪器转一个角度，这块大石板在水晶上极平稳灵活地滑动一下，镜头里的光仍是和刚才一样的亮。他真有点纳闷，干脆把石板轻轻推着绕着圈观察。可

是无论他将仪器转成什么角度，看到的结果仍然不变。他眼睛都看疼了，便喊莫雷继续来看，莫雷又把那个石板象推磨似地推了几圈，喊道：“迈克尔逊先生，仍然看不出什么差别，怕是我们的仪器灵敏度不够吧？”

“不可能。这台仪器我已经把它调到连植物在一秒钟内的生长量都可以观察到。如果有以太存在，每秒 30 公里的光行差是一定能够反映出来的。”

“那就说明以太在随着地球百分之百的移动，我们应该尽量离开地面，到高空度一试是否有以太漂移。”

但是迈克尔逊和莫雷把他们的装置搬到高山顶上，甚至随着氢气球上升到半空，还是测不出这种以太引起的光行差。结论只可能有两个：要么是地球根本就没有动，要么以太这东西根本就不存在。但无论那一条都是一说出口都教人目瞪口呆的新闻。这天体运动经哥白尼发现到牛顿最后证明是决不能怀疑的。相比之下倒是以太说还有一点漏洞，看来宇宙根本就不存在什么以太。迈克尔逊本是想以精确的实验为以太的存在提供证据，不想结果适得其反，却从根本上否定了以太。一个小小的实验却戳破了人们想象中的宇宙。

正是：

本欲门上去贴金，手指一碰戳破门，
原来大门是纸糊，何必为它费苦心！

这迈克尔逊的实验实在精巧，后来爱因斯坦曾有一段话专门评价他道：“迈克尔逊实验得出了一个任何人都应当理解的真正伟大的结果。我总认为迈克尔逊是科学中的艺术家。他的最大的乐趣似乎来自实验本身的优美和所使用方法的精湛。他受过的数学或理论训练很少，又没有理论方面的同事的指导，而能够设计出迈克尔逊—莫雷实验，那是非常惊人的。”

再说迈克尔逊的实验结果一宣布立即在物理学界引起一场轩然大波，本来万里无云的蓝天上突然出现了一朵乌云。因为以太一旦被否定，城门失火，殃及池鱼，那牛顿力学的绝对时空观将从根本上动摇。已经伴随人们过了两个世纪，指导物理学家作出无数发现的牛顿力学现在突然失灵了，经典物理学金碧辉煌的大厦突然出现了裂缝。于是各国的物理学家们纷纷提出各种方案来挽救以太，总希望迈克尔逊的实验能有另一种解释。

1892 年英国物理学家斐兹杰惹提出了一个挽救以太的好办法。他假设一切物体在自己的运动方向上都要收缩，而且还给出一个公式，收缩的大小随运动的速率而增加。每秒运动 11 公里的物体，收缩十亿分之二左右，每秒运动 26 万公里的物体，收缩成百分之五十。物体运动的速度达到光速，它在运动方向上的长度就变为零。长度的收缩不会出现负值，所以光速也就是宇宙中所能达到的高最速度。这就是有名的斐兹杰惹收缩。按照这个假说，迈克尔逊在实验时，顺着地球运动方向的两块镜面间距离就会变短，这正好弥补了光束逆以太传播而减少的速度，所以并不影响它和另一束横向光同时返回到观察镜里。

还有一位荷兰物理学家洛伦兹 1904 年提出一个更严密的假设，他在一篇论文中说：当电子在以太中运动时，电子将会从圆球变为椭球（它沿运动方向的半径变短）。这样收缩说就更有根据了。好个洛伦兹，为挽救以太，竟一口气提出了十一个方案。他还提出了著名的“洛伦兹变换”，说明相对运动的坐标系之间的转换关系。和斐兹杰惹的长度缩短相似，洛伦兹又提出当电子运动的速度达到每秒 26 万公里进，质量会增大百分之百；而达到光速时，质量无限大，这当然不可能，又正好说明光速是一个极限。

光速既然是一个极限，迈克尔逊的实验又证明了无论哪个方向上的光束都是一样的速度，这不就是一个实实在在、干净利索的结论吗？何必又要把以太扯进来呢？而且以太既然是静止不动的，它丝毫没有自己的速度、质量，这和不存在又有什么差别？正象一个旧王朝被推翻之前，总有人千方百计地想出许多改良政策以延长其寿命。一个旧学说被抛弃前，人们也总是想把新事实和旧理论统一起来，希望它还能维持住它的权威。可是这以太说已经如同一件老和尚的百衲衣，补钉实在太多，纵然有斐兹杰惹、洛伦兹这样的好裁缝也实在难以补缀了。

各位读者，说到这里容我们作一简单回忆。大凡一个新学说诞生之前人们总要演一出霸王别姬或长亭相送之类的戏，以表述自己对旧学说不能长存的哀怨和惋惜。想那哥白尼体系诞生前夕，托勒玫体系已摇摇欲坠，大量的天文观察已证明它误差太多。为修正这种误差，人们假设行星按均轮轨道绕地运行时自己又按本轮运行，一个本轮不行，再加一个，一直加到十八个，真是不厌其烦。在氧气发现前夕，燃素说开始漏出破绽，参与燃烧的物质会减轻重量，就说这是燃素跑掉了。可是有时反而会增加重量，这时就说燃素有负重量。在能量守恒定律发现之前，人们不知道热能是运动的形式，而说物体的冷热是热素在来回流动。但是一个老妇人无论怎样梳洗打扮也是不能当作新娘出嫁的。这种改良性的假设总不能维持长久。时间越长，危机越深，结果便是一场必然到来的革命，这就是哥白尼、拉瓦锡、焦耳的出现。现在以太说经迈克尔逊在 1887 年捅破之后，人们修修补补，勉强维持到 1905 年，这时有一个年轻人再也不愿接受这种改良了，于是便振臂一呼，提出一个革命性的学说。

此人到底是谁，且听下回分解。

第六十一回：
天马行空 小职员发表高论
价值连城 短论文装备大军
——狭义相对论的创立

上回说到以太说虽经多方改良但已很难维持局面，这时有人便干脆提出一个全新的革命学说，此人就是爱因斯坦（1879—1955）。

1905年当物理学界正被天空出现的两朵乌云所困扰时，爱因斯坦正在瑞士伯尔尼专利局当一个三级小职员。他已经想清楚这个问题，提出了一个崭新的“相对论”。

各位读者，这相对论实在难懂，据说当时全世界只有三个人能弄懂它。爱因斯坦成名之后许多人慕名去听他的报告，但又常常听不懂，后来爱因斯坦也摸着这些听众的心理，总是在报告的前半部分讲些热情洋溢的话，然后宣布：“现在休息，那些对下面问题不感兴趣的女士、先生们可以退场了。”爱因斯坦很羡慕卓别林的电影拥有众多的知音。一次，他们见面了，爱因斯坦说：“卓别林先生，您真伟大，您演的电影全世界人人都能看懂。”那位幽默大师立即说：“您也很伟大，您的相对论全世界几乎没有几个人能够弄懂”。相对论如此难懂，我们就只好深理浅说，长话短叙，先简单交待几句再讲爱因斯坦的故事。

迈克尔逊实验证明，无论顺着还是逆着地球运动的方向光速都是一样。爱因斯坦就紧紧抓住这一点把它固定下来，叫光速不变原理。就是说光源无论是向我们跑来、离去或静止都不能改变光速。这是因为光源的运动造成光的频率和波长的改变，它们互相补偿，所以光速保持不变。这是爱因斯坦理论中基本的一条，有它为前提才能讲座以后的问题。这好像很难懂，但我们用实际生活中的例子一比也就十分清楚了。比如你原地不动，对面有人向你扔过一个皮球来。你能看到他的头、脸、身、手和皮球，这当然是因为光从他身上反射到你的眼里。如果按照经典的速度合成原理，球一出手后就有一个向你而来的速度，这时球反射到你眼中的速度是光速加球速，比球未出手前要快（多出一个球速）。但是这一“快”就糟了，你就会先看到正在空中的球，后看到拿在手里的球。如果真是这样，我们怎么能看篮球比赛呢，生活中的一切动作岂不都要颠倒过来？所以无论光源如何动，光速总是不变的。经典理论的速度合成原理一碰到光速就不适用了。在天文观察中也能说明这一点，有一种“双星”是在轨道上互相绕着运行，就是说某星一会儿向地球飞来，一会儿又绕走了，离地球而去。如果按速度合成原理这麻烦就更多了，这星会以光速加星速、光速减星速（星速对地球来说又在不断变）等不同速度接连送到我们眼里。我们看到的就不是一颗星，而是一大堆星的幻影。可是这种现象从没有发现，否则本来就够纷乱的星空就更是一锅粥了。当然，爱因斯坦还有许多具体的证明，我们这里不过是尽量从浅处说明罢了。

既然承认光速不变，我们就有了一个标准尺度，用这个尺度来量时间，这下可发现了一个大问题——原来时间却没有个固定标准，它是相对的，可变的。这就碰到了牛顿经典物理学最要害的地方。牛顿认为时间和空间都是绝对的，自从上帝将它创造好后就在那里安安静静地存在，独立地存在，与外界任何事物无关。现在爱因斯坦说：不，在两个作匀速直线运动的参照系中，一切自然规律都是相对的，不单力学实验，连光学实验，任何实验也测

不出绝对运动和绝对时间。因为我们用眼睛看表，看到的是表发来的光信号，而光的传播需要时间，我们所处的位置不同，看到的时间表面上相同，实际已经不同了。从月球到地球，光约走 1.25 秒，地球上红光一闪，一颗炸弹爆炸，在月球上的宇航员比地球上的人要晚看到 1.25 秒。我们平时总觉得同时、同时，那是因为光速太快，这种误差根本觉不出来。所以爱因斯坦在给人讲相对论时常先在黑板上划一条白线，幽默地说：“请你们想象这是宇宙中的一条线，在这条线的每一个点上都挂着一块表”。他讲到高兴时常常过了点，便问前辮的人现在几点，然后抱歉地说：“对不起，我给宇宙里的每一处都挂上一块表，可是没有能给自己口袋里挂一块表。”

在确定了光速不变，抛弃了牛顿的绝对时空观后，爱因斯坦得出这样几个重要结论。

第一，便是看来很不可信的“钟慢尺缩”。就是说在运动中的钟会比静止时走得慢，尺子也会缩短。我们平时处在低速运动中当然不可能觉察，但是如果以每秒 26 万公里的速度运动时，一米的尺子就会缩成半米，地上过了一小时，运动中的时钟却才走了半小时。一个人要是坐上光子火箭到宇宙里去旅行，当他归来时会奇怪地发现，儿子已白发苍苍，而自己却还那样年轻。这样的试验我们当然还不能做，但是同样道理的实验却完全可以证明运动中的钟确实会变慢。前几回我们讲到原子的放射性时，已经知道了什么叫“半衰期”。某一种基本粒子的半衰期是固定不变的，因此我们可以把它看成是一个“钟”。根据相对论，从粒子加速器里出来的以接近光速的速度运动的粒子比其它静止的粒子确是衰变得慢。

相对论的第二个结论是揭示了质量和速度的关系，运动中的物体比静止质量增加。第三个结论是讲质量和能量的关系，这就是那个极其著名的爱因斯坦方程：

$$E=mc^2$$

过去我们讲过质量守恒定律和能量守恒定律，而爱因斯坦现在却把两个定律统一在一个公式里了。E 是能量，M 是质量，C 是光速。从公式中可以看出，每一点物质，只要它有质量（这是当然的），那怕是石块、木棍、尘埃都含有极大的能量，因为光速是一个很大的数字。比如 1 公斤煤，完全燃烧后只能放出 8 千千卡的热，这只是它所蕴藏的极小的一部分能量，如果能把它的全部能量都释放出来就有 21 万 6 千亿千卡。这相当于一个大城市几年消耗的电力。而每克物质所含的能量就有 20 多万亿卡。可惜我们现在还没办法将它们全部释放出来。

好，办不到的事我们先不去说它，但是自然界切实存在的事却可以来验证这个公式。很久以来人们一直不理解太阳为什么能如此长期地燃烧而不灭。开始人们解释说太阳就象一块大煤在持续燃烧，可是一算这块煤顶多够烧 1500 年，而太阳系已存在了几十亿年了。放射性发现后人们又猜测太阳是一块大铀在不断地衰变而放出能量，这样倒真可以持续几十亿年。但是，很可惜太阳不是铀构成的，正好相反它是氢、氦这类的轻元素构成的。到本世纪的二、三十年代，人们用爱因斯坦的公式来解释太阳聚变释放能量的过程才圆满地回答了这个问题。这样，爱因斯坦的这个质能等价定律使经典物理学中不能称重的能量也变成可以称一称了。

现在我们已经可以算出一个 10 瓦的灯泡每分钟发身的光轻于 7×10^{-12} 克，但是每天太阳放出辐射能，其损失的质量将达 4×10^{11} 吨。电磁场也可

以称量,一个1米直径的铜球充电到1000伏的电势时,它周围的场重 2×10^{-22} “克”,一个普通实验室里的磁场重 10^{-15} “克”。热能也可以称量,一公升水在100℃时比同样数量的冷水重 10^{-20} 克,一个两万吨级的原子弹所释放的总能量约重1克。

各位读者,这个爱因斯坦真正是不简单,我们平时谁曾想到光、热、电、磁是可以称出重量的呢?而他想到了,并且还找到了切切实实的换算办法。人们过去对能量守恒和质量守恒的研究,就如在一座大山的两头挖着隧洞,两条洞就要衔接了,可是彼此谁也不知道。这时爱因斯坦走来举起镐头轻轻这么一镐,两洞之间的隔壁就轰然倒塌,质能之间有了一条可以随意畅行的坦途。这就是科学研究的突破,这就是飞跃。凡科学伟人都是善于找见这个问题与那个问题,这个领域与那个领域之间的结合部、联系点,从而打出一个新的天地,或者将过去人们在向科学进军中建立的分散根据地沟通联成一片。科学成果的取得象我们政权的取得一样,也是这样由小到大,由分散到统一。我们回想一下前面讲过的几个科学伟人,牛顿对比了月亮、苹果之间的重力联系,创立了万有引力;法拉第找见了电磁间的联系,使磁变成了电;麦克斯韦弄清了电场磁场间的联系,创立了电磁场理论。现在爱因斯坦又找见了质能之间的联系,创立了相对论。人类在征服自然中就是这样步步登高,视野愈来愈宽阔。治学之大敌是甘做井底之蛙,只见头上的一眼蓝天而不知世界之在。

这个道理说来容易,但为什么总是只有少数伟人才能做到这点呢?自然那牛顿、法拉第、麦克斯韦各有其长,而爱因斯坦更有他的特殊之处。

爱因斯坦1879年3月14日生于德国南部的乌尔姆小镇。这个小镇就是当年笛卡尔在梦中发现坐标系的地方,而1879年又正是麦克斯韦完成了他在人世间的伟业后开始长眠之时。真是天将降大任于斯人而精心选择了此时此地。他并不象其他科学家那样小时候就聪慧早熟,四、五岁时还不会说话,以至于父母真怕这孩子会痴傻,中学毕业时又没拿到毕业证。但是他却很喜欢抽象的思维,刚上中学时领到一本新几何课本,他立即被那里面严密的逻辑证明迷住了,以至于老师还没有正式开课,他早把这本书自学完了。他喜欢自己学习、思考,他讨厌学校那种强制性的教学法,他说:“依我看,学校若主要靠恫吓、威胁和人为的权威教学,那是最坏的。这种教学方法摧残了学生们的健康感情、诚恳正直和信心,培养出来的是唯唯诺诺的庸碌之辈。”爱因斯坦是一个天生不愿受任何约束的人,他大学毕业后在伯尔尼专利局当一名审查专利的小职员,这给他提供了一个自由的环境。他与其他三个青年人组织起来成立了自己的“奥林匹亚科学院”,经常东南西北地乱扯闲谈,从物理到哲学无所不包,而新思想就在这种碰撞中闪出了火花。大凡一种新科学思想的产生,一是要有充分的外部自由,没有什么旁加的干涉和硬派定的题目,纯出于研究者自觉的兴趣,自由地干他所想干的事,如牛顿在家乡躲瘟疫而发现万有引力,如孟德尔在修道院发现遗传规律,如卡文迪许把自己关在房里发现氧气。二是要敢想,如哥白尼敢把旧天文学倒转过来,如赫胥黎敢想象人是猴子变的,如普朗克敢把连续的辐射想象成不连续的能量子。爱因斯坦就具备了这两条。他还是一个16岁的中学生时,就想:要是人和光速一样快地运动,会是什么样子。他26岁时在专利局作着小职员,听到了迈克尔逊的一系列实验和洛伦兹修修补补的解释,便大笔一挥连续写了三篇论文,提出了上面我们谈到的那些别人无论如何也不敢想的问题。就是

那个为相对论扫清了道路的迈克尔逊，至死也不敢相信相对论的原理。1931年，当他79岁第一次见到爱因斯坦时，这位老前辈遗憾地说：“我真没想到，我的实验反倒促成了相对论这样一个怪物的诞生。”

这个“怪物”是在1905年诞生的。爱因斯坦天马行空般的思维，捕捉到了这种绝妙的构思，于是一挥而就，给当时的权威杂志《物理学纪年》写去一篇只有三页的论文。论文中他没有引用任何一个权威人物的结论，全是自己的语言，自己的思想。这篇东西在当时并未引起多大反响，因为它实在太怪了，爱因斯坦自己也说：“推断非常诱人，然而上帝是否在笑我，在骗我，目前还不得而知。”但是以后随着实验的不断验证，这篇论文都变得价值连城。后来，1936年，美国一支志愿军要出发去支援西班牙的反法西斯战争，但是苦于没有军费。他们就派代表去会见爱因斯坦。爱因斯坦说：“我能给你们帮什么忙呢？”

“我们只要您1905年的那篇论文手稿。”

“这对战斗有什么用呢？”

“先生，您的这篇手稿现在可以拍卖400万美元，这正是目前我们最缺少的东西。”

“噢，原来是这样。可惜手稿早已散失，不过我可以找来杂志重抄一份。”

爱因斯坦找来那本《纪年》，花了一个晚上将论文重抄了一份，真的靠它武装了一支军队。不但是论文手稿，后来只要爱因斯坦到一个地方讲学，他写过公式的那块黑板，也常常是听课人的必争之物，他们视为最珍贵的纪念。这是后话。

再说，当1905年载有爱因斯坦的《论运动物体的电动力学》一文的黄色封面的《纪年》送到普朗克教授手里时，他正躺在柏林医院里治病。这篇文章就象一支强心针一样使他猛然起身下床，大喊一声：“一个新的哥白尼出现了！”然后立即喊家人拿纸笔来给爱因斯坦写信，“先生，您的这篇文章将会在世界上引起一场什么样的战斗啊！您知道吗？这只有为哥白尼世界观的传播而进行的斗争才能与之相比。可惜我们未曾晤面，我也是第一次拜读大作。请告诉我，您现在在哪里工作，我能为您做些什么？”

爱因斯坦回信说：“我现在是专利局的一个三级职员，不过最近他们准备提升我为二级，这样生活问题也可能会好一些。”

普朗克火了，想不到对方竟连个大学的教职也没有得到，他的这些研究是在什么条件下完成的啊。他又立即提笔给伯尔尼的格鲁涅尔教授写信：“我向您推荐一位青年，他是我们当代最伟大的物理学家之一，他就是阿尔伯特·爱因斯坦，请您能帮助他在大学里得到一个教授职务。”

格鲁涅尔拿到信立即找到爱因斯坦，请他送一篇论文来，爱因斯坦送上自己关于相对论的那篇论文，格鲁涅尔自己拿不准，又请搞实验物理的福尔斯特教授来审读。几天后论文退了回来，上面批着：“读过了。然而不知道在说些什么。”

因为爱因斯坦发明了一个出一般人思维水平的怪理论，所以他尽管得到普朗克等少数物理学家的赏识，但还是在本地找不到一个好工作。直到1909年他的母校苏黎世大学才聘他为副教授，后来又到布拉格工作几年，再回苏黎世。而普朗克总不死心，他认为柏林这个欧洲物理学的中心不能没有爱因斯坦，决心要把他挖来。

1913年夏天，一辆火车驶进苏黎世车站。车上下来两个年过半百的学

者，瘦一点的是普朗克，那个矮胖子是能斯特。他们今天是专程来游说爱因斯坦去柏林的。爱因斯坦手捧一束鲜花早就在车站恭候。自从上次索尔维会议之后他们已结为忘年之交。

普朗克一下车就和这位 34 岁的青年物理学家热情拥抱，象对自己的孩子那样亲热。接着他们边走边谈。能言善辩的能斯特立即摆出爱因斯坦到柏林后的优惠条件：“知道您是一个喜欢自由的人，但是我们也不能不给您一点荣誉和职务。第一，任威廉皇帝物理研究所所长；第二，任柏林大学的教授；第三，任普鲁士科学院的院士。不过当所长可以不管事，当教授可以不教书，时间全由您支配。另外，其他院士只是名誉，您这个院士却是实任，每月薪水 1 万 2 千马克。”

爱因斯坦哈哈笑道：“您可真会做买卖，把我作为一只良种母鸡，舍得花大价钱去好为你们下蛋。可是我自己还不知道能不能再下蛋呢。去不去柏林，容我再作几天的考虑。”

这次普朗克和能斯特到底能不能把爱因斯坦请去，且听下回分解。

第六十二回：
太阳作证 相对论颠扑不破
纳粹逞凶 科学家流落异邦
——广义相对论的创立

上回说到普朗克和能斯特专程到苏黎世劝说爱因斯坦到柏林来工作。盛情难却，爱因斯坦便于 1914 年 4 月走马上任，从此在柏林度过了十九个年头。

爱因斯坦刚到柏林不久就遇到两件大事，一是爆发了第一次世界大战；二是他的妻子米列娃与他分居，带着两个孩子回苏黎世去了。米列娃是他大学时的同学，俄国血统，性格倔强，她总认为自己也是很有科学天才的，而爱因斯坦这样把孩子和家务都压在她身上，耽误了她的成就，便决定分手。好不聪明的女人！其实，这样一个世界伟人整个都是属于你的，他与你已融为一体，复又何求呢？纵然不能如玛丽与居里那样比翼齐飞，就如爱玛与达尔文那样红花绿叶，也同样会家庭幸福，有功于世，何必要单枪匹马自闯江湖呢？青年读者中或许从这三个科学家的家庭组合中能悟出一点道理。不过这是说书人的闲话暂且不表。

再说 1914 年米列娃带着孩子走后，第二年九月，爱因斯坦想子心切，又回苏黎世探亲一次，顺便拜访了正住在日内瓦附近的法国大作家罗曼·罗兰。幸好这个大作家在他的日记里为我们留下一幅爱因斯坦的素描像，而我们只顾讲他的理论，却倒忘了介绍他的外貌，现正好录存于下：

爱因斯坦依旧是个年轻人（他当时 36 岁），个子不高，长方脸，深黑的、略微夹杂着几根灰白的头发，长而且密，卷曲着耸在高高的眉毛之上，他的鼻多肉且凸，他的嘴小而唇厚。双颊丰满，下巴圆润，留下一小撮剪得短短的胡子。一口生硬的法语，不时穿插一两句德语。他活泼，富有朝气，喜欢笑。不时在最严肃的思想（交换）中，夹杂着几句俏皮话。

……没有任何德国人的言行能象他这样自由自在。换一个人也许会在去年这一可怕的时期里深受孤立的折磨，但他却毫不如此。他大笑。他发现在战时仍有可能撰写自己最重要的科学著作。

罗曼·罗兰这里说到爱因斯坦一到德国就受“孤立的折磨”又说他在写重要著作，是怎么一回事呢？

原来大战一爆发，在“保卫祖国”的幌子下德国军队疯狂地向外侵略，国内实行总动员，许多科学家也穿上军装。而当时最著名的学者文人联合发表了一个为德国扩张政策辩护的声明，说：“要不是由于德国的赫赫武功，德国文化早就荡然无存了。”这个声明共有 93 人签名，学术界的显要人物几乎全包括在内，连普朗克、伦琴的名字也赫然其上，这就是历史上有名的“93 人宣言”，它使一些科学家留下了终生遗憾的污点。声明起草者也找到爱因斯坦，他虽然新来乍到，却义正辞严地宣布：“我是和平主义者，我反对一切战争！”接着他也出面起草了一份与“93 人宣言”对抗的“告欧洲人民书”，但是除他一人签名外，其余只有三个人，都没有什么名气，一时他确很孤立。

爱因斯坦就在这样孤立的情况下写他的科学著作，这回是一枚重量级的炸弹——广义相对论。

问题还是从一般人认为最平常、最不注意的地方提出的。

牛顿第一定律即惯性定律告诉我们，在作匀速直线运动的惯性系中，物体在不受外力的情况下或者静止或者作匀速直线运动，这早已是一条检验过

无数次的真理。假如现在我们坐在一个匀速直线运动的火车上，拉紧窗帘，你感觉不出车在动，你自己坐得很稳，地板上放一个小球，也稳稳地停在那里，就是说都保持一个静止状态。这时突然来一个急刹车，你向前跌了一下，球也向前滚去。你和球都没有受到什么外力呀，为什么会改变这种静止状态呢？难道牛顿的惯性定律不适用了吗？对，就是不适用了，牛顿这条定律只适用于匀速直线运动的惯性系，刚才火车一加速，参照系已经变成非惯性系了。这就象我们在前面讲过的“黑体辐射”问题一样，瑞利公式只适用于较长的波长、较高的温度，反之就立即失灵，现在惯性定律一到非惯性系也就立即失灵了。那么能不能象普朗克导出一个两全其美的公式那样，也有一个既适应惯性系又适应非惯性系的办法呢？爱因斯坦正是想到了这一点，于是他要把适用于匀速直线运动的相对论推广到在非惯性系也能适用，这就是广义相对原理。

狭义相对论是从人们习以为常的“同时”，即绝对时间观上找见突破口的，广义相对论也在一个人们司空见惯的问题上找见了突破口。比如手里拿着一粒石子，一松手，石子直线下落。这可以有两个解释，一是地球的吸引，就是说石子有引力质量；二是石子自由落体，有惯性质量。这在牛顿定律里分成两条来表达，但是这两个质量怎么这样一致呢？看来它们的效果是一样的，这就是“等效原理”。

说起这个原理还有一段故事。1913年夏天爱因斯坦邀请居里夫人到瑞士来度暑假。他们带着两家人的孩子高高兴兴地登上了阿尔卑斯山。脚下白云缭绕，深谷千仞，孩子们高兴地喊着、叫着。突然，爱因斯坦一把抓住居里夫人的手臂说道：“要是我们坐着升降机从山谷底上来，突然吊索断了，会有什么感觉呢？”

居里夫人先是吃了一惊，然后笑道：“我想您不会让我们现在就来亲身试验一下吧。”

爱因斯坦笑了，孩子们也都哈哈大笑起来。这就是那个有名的“爱因斯坦升降机”实验，虽没有谁亲身去试，但是其中的道理却完全能想得出来。假如有一个升降机处在宇宙空间，你站在里面就会失重，身体飘在空中。这时升降机开始以刚好等于地面重力加速度的 9.8 米/秒^2 匀速直线上升，你就会恢复重量，重新站在了地板上。换一个方法，升降机下降，降到地面时你也会恢复重量，站在地板上。前一种情况人受到惯性力，后一种情况人受到引力，只要加速系的加速度等于引力场强度（都是 9.8 米/秒^2 ）惯性力场就等于引力场，也就是说等效的。因为人被关在升降机里是根本区分不出是那种力产生作用的。根据同样的道理，这个升降机里不是坐着人，而是一粒向斜上方抛出的匀速直线运动的石子，那么这石子也会改变方向而成抛物线弯曲下落。如果是一条平行射入的光线，这光线也会弯曲向下。

好了，爱因斯坦那天马行空般的思维立即又推出下一步极重要的结论。既然惯性力场和引力场是等效的，那么我这个实验就不必非在加速的升降机里做不可了，在任何引力场中都会发生这种光线弯曲的现象，既然星球有引力能使周围的光线、空间、时间弯曲，那就可以直接表述为星球的质量使周围的时空弯曲，连“引力”这个概念也不必要了。——好个爱因斯坦，他在狭义相对论里开除了“以太”，在广义相对论里又要开除“引力”，将牛顿时空观、经典力学彻底改造了。他解释道，地球绕太阳转动不是引力，是因为太阳巨大的质量使周围时空弯曲，地球只能按曲线运动。同样，开普勒

给众星制定的那些轨道也都能这样解释，牛顿万有引力公式作的那些计算也都可以用这个理论去解释。

难怪波恩称广义相对论是：“认识自然的人类思维最伟大的成就，哲学的深奥、物理学的洞察力和数学的技巧最惊人的结合。”

这个伟大的理论是爱因斯坦在研究完狭义相对论后又经过十年的思考于1916年最后完成并公布的。与实验物理学家在实验室里具体操作不同，爱因斯坦是做着“思维实验”。对他来说宇宙是一个实验室，那些星球简直如伽利略手中的一粒石子，如法拉第手中的一块磁铁，他将以往别人都认为是正确的最不怀疑的结论一起拿到这个最广大的实验室里一一验证。他不用象玛丽·居里那样去在烟熏火燎中炼镭，也不用象卢瑟福那样去费力地打碎原子，他将自己关在书房里，展开思想的翅膀，尽情地想着“爱因斯坦升降机”的运动。这正中郭沫若先生在科学大会上的那句祝词：“科学家也需要幻想，不要以为幻想只是文学家的事。”不过文学家所幻想的是比真实生活更离奇的情节，更完整的形象；而科学家所幻想的是比常见的现象更本质的规律，更抽象的公式。

经过这样冥想了十年之后，有一天爱因斯坦穿着睡衣走下楼来吃早饭，但是他对着盘碗却不动刀叉。夫人爱丽莎以为他病了，忙用手试试他的额头，问他什么地方不舒服。爱因斯坦拉着她的手说：“不，亲爱的，我有一个奇妙的想法。”说罢，他便走到钢琴边弹起琴来，弹几下，又停下来自语一句：“一个好想法，真是一个美妙的想法！”

爱因斯坦弹了半个小时琴翻身上楼去了，临走时告诉爱丽莎：“请不要打扰我”。从这一天起，爱丽莎每天上楼给他送三顿饭，其余的话不敢多说一句。爱因斯坦竟两个星期没有下楼。这天他终于出现在楼梯口，脸色苍白，身子疲惫，体重足减少了十几公斤。他将两页纸放在餐桌上说：“亲爱的，就是它。广义相对论就要问世，现在我死不死都无关紧要了。”

天才的思考抵得过一百个实验，一个理论物理学家的思想往往够实验物理学家去忙几十年。

爱因斯坦创立广义相对论后，立即提出三个预言让人们去证明。一是水星近日点的进动是由于太阳本身引起了空间结构的改变而造成的；二是引力场会使时钟变慢，即会使原子的振动变慢，光的频率变低，光谱红移；三是，引力场会使光线偏折。这三个预言很快被一一验证。（不过请读者注意，爱因斯坦这里说的引力场其实并没有引力，就是指的空间弯曲）。

1911年爱因斯坦就曾在—篇论文中提出恒星发出的光由于受太阳的影响会发生弯曲，所以我们看到的恒星位置与实际位置会有一点误差，但由于平时日光太强，只有在日全食时才好观察，天文学家们如若不信，请去验证。这可真比当年勒维烈测算海王星还要神奇。于是，1914年有一批好奇的德国天文学家便组成考察队前往俄国（因为预计在那里将可以看到一次日全食），以便乘机验证爱因斯坦的神话。但他们刚到俄国，第一次世界大战就爆发了，德、俄两国成了敌国，他们也就被当作战俘拘留，仪器全部没收。

1919年5月29日，又一次日全食的大好时机降临。英国剑桥大学天文台长埃丁顿立即率领一支观测队携带了大批器材赶到西非几内亚普林西比岛。那天这里本来是朗朗晴空，忽然太阳就如一块冰被慢慢溶化一般失去了自己的形象和光彩，最后全部被阴影遮住，只在四周留下一团蔚为壮观的日珥火焰，全食时间共302秒钟。片刻白日里看不见的星斗却又神奇般地重现

天空。埃丁顿和他的队员们顾不得欣赏这一生难遇的奇景，他们屏息静气，只听见计时节拍器的滴嗒之声，和迅速拍照、换底片的咔嚓声。16张照片送到英国皇家学会，结果证明爱因斯坦的理论没有错，而牛顿错了。一个英国天文学家、皇家学会会员用自己的观察数据证明了一个德国人的正确，却推翻了自己的同胞——伟大的牛顿，皇家学会的老会长——的经典理论，科学是多么无私，多么公正。但这事实在关系重大，英国皇家学会与英国皇家天文学会专门举行联席会议，讨论埃丁顿的考察报告。会议气氛紧张而微妙，它将决定在这场理论物理的角逐中，英国人手中的金杯是否要乖乖地交出来。幸亏我们现在还可以看到当时与会的怀特里德留下的一段记录：

整个充满浓烈兴趣的气氛犹如一出希腊的戏剧。我们则是给在超级事件发展中所揭示出的天意下注释的合唱队。在现场中充满着戏剧性色彩：传统的仪式，背景中有一幅牛顿的画像，它仿佛在提醒我们，二百多年前所作出的最伟大的科学总结现在要接受第一次修正。

而在这次会议召开前洛伦兹就得到了埃丁顿的分析数据，他第一个给爱因斯坦打电报，报告这个天大的喜讯：“埃丁顿在太阳边缘发现恒星位移。”爱因斯坦看完后将电报随手丢在窗槛上。这时，他的一个学生无意中见到张电报纸，惊喜地喊道：“先生，多么重要的消息，考察结果与您的计算完全一致。”

“我知道是会这样的。”爱因斯坦却无动于衷。

学生对他的平静感到吃惊，又问：“假使这次观察并不能证实您的预言，那怎么办呢？”

“那么，我将为上帝感到遗憾——我的理论肯定是正确的。”

但是，在这扭转乾坤的大发现面前都保持了平静的爱因斯坦，在人为刮起的旋风却再不能平静了。这次科学验证，还有其他两个预言的证实给他带来了巨大的荣誉，就象当年伦琴、居里夫人所遇到过的那样，欧美各国立即掀起一投爱因斯坦热，这对他真是一场灾难。1920年2月他在一封信中写道：“随着报刊文章的浪潮而来的咨询、请帖和要求，恐怖地淹没着我，以致我夜夜梦见自己好象在地狱中受熬煎，而邮递员——这个魔鬼——还在不断地咆哮着，向我头上扔来一叠叠新的信件。”

但是真正的灾难还不止于此。就在埃丁顿验证了相对论的第二年，柏林立即出现了一个反对相对论联盟。这个卑鄙的组织有反犹太势力做后台，谁要在报上写一篇反相对论的文章，就给谁发一笔奖金。爱因斯坦幽默地称它为“反相对论公司”、公司的一员干将是曾获1905年诺贝尔物理奖和1919年诺贝尔物理奖的勒纳德和斯塔克。这个斯塔克获奖后公然违背基金会的规定，把科学奖金拿去开设瓷器厂，做买卖赚起钱来。爱因斯坦曾当面斥责他的这种行为，因此他更怀恨在心。后来爱因斯坦又获1921年诺贝尔物理奖，在这帮人眼里，低劣的犹太人哪儿配这份重奖？因此排犹和反相对论的叫嚣更加猖狂。

这天在柏林大音乐厅里又在举行声讨相对论的报告会，这是最近在全国各大城市举行的20场这样的报告会中的一场，因为是在首都就更显得热闹。斯塔克挺胸上台开始了声嘶力竭的报告：

“正如政治上我们遇到一个危险的敌人马克思主义一样，现在我们在科学上也遇到了一个危险的敌人，这就是爱因斯坦东拼西凑的相对论。凡是相信这样一个理论的人就不配作一个好的德国人，更不配作一名德国科学家。

这个理论不过是爱因斯坦大肆剽窃，故弄玄虚，披上科学外衣的政治阴谋，这是犹太复国主义国际阴谋的一个组成部分……”

于是坐在台下的啦啦队跟着大喊起来：“对，什么科学理论，根本不符合德意志精神。”“早该绞死这个臭犹太！”

这时爱因斯坦也坐在楼上的包厢里，面对这群无知而又狂妄的人能说什么呢，他怜悯地笑了笑，还想听听他们的奇谈。陪同前来的物理学家芬厄见势不妙忙拉他起身说：“我们走吧，这班家伙什么坏事也敢干的。”

希特勒的势力在一天天地抬头，他公开喊叫，一旦他上台，就要让马克思主义者和犹太人人头落地。爱因斯坦的处境越来越不好。1932年秋天，他按合同准备出门到美国讲学。正是秋风落叶，冬寒将到之际，爱丽莎收拾着行装，她拿起一本书《反相对论百人集》，这是勒纳德那个公司的杰作。爱因斯坦刁着烟斗走进来，他接过书掂了掂说：“才凑了一百个，质量还不够啊！”啪地一下扔到了纸篓里。

他刚到美国不久，1933年1月30日这天，希特勒就正式宣布上台。这个疯子就要给地球上制造一场灾难。爱因斯坦立即在报纸上发表自己的声明，严厉指责德国纳粹主义的危害：

“只要我还能选择，我就将只生活在这样的国家——在那里普遍遵循的准则是公民自由、宽容和法律面前人人平等。公民自由就是人们有用语言和文字来表达个人政治信念的自由；宽容就是尊重他的任何信仰。这些条件目前在德国是不存在的。那些对于国际谅解有杰出贡献的人——其中有一些是第一流的艺术家——正在德国受迫害。”

这一下坏了，爱因斯坦在柏林的家立即被查封，他的著作被冲锋队堆在广场上烧成灰烬，他永远不能回到祖国了，从此就在美国定居下来。而美国能收留这个科学伟人真是求之不得。他来到普林斯顿高等研究院，表示每年只要三千美元薪金就足够了，但是院方决不答应，坚持要付年薪一万六千美元，他们认为再少一元就与爱因斯坦的名声不符了。德国柏林，这个世界物理研究中心渐渐就要转移到美国来了。

爱因斯坦这根物理世界的大柱子既然已经移到美国，那么欧洲物理界这时正在做什么事呢？且听下回分解。

第六十三回：
王子追电子探得微观新奥秘数学加物理辟出力学新体系
——量子力学的创立

上回说到爱因斯坦被德国法西斯势力迫害流亡美国。从此，世界物理学研究中心便开始逐渐从欧洲向美国转移。在这个大转移还未全部完成以前，让我们看看欧洲大陆的物理学家们，正在赶紧做一点什么工作。

前几回讲的那个索尔维量子讨论会，与会科学家中有一个叫莫里斯的，此人出身公爵世家，却酷爱科学，他在自己巴黎的住宅内还装备了一个完善的实验室。莫里斯有一个弟弟，叫路易斯·德布罗意（1892—），本是学文科的，但他很尊敬哥哥，也常来他的实验室里好奇地问这问那。这弟兄二人，毫无贵族子弟常有的那种浮浪之气，整日潜心读书，研讨问题。

再说莫里斯那天开完会从布鲁塞尔刚回巴黎，德布罗意便到家中看望哥哥，并且打听会议上可有什么科学新闻。莫里斯将会上关于量子理论的争论如此这般地讲了一回，德布罗意早听得如醉如痴。半天，他突然张口说着：“哥哥，我要跟您一起研究物理”

“什么？”莫里斯大吃一惊，“你再两年就要拿到历史学方面的学位，现在改行岂不前功尽弃？”

“您放心，文科学位我照样要争到手，但是我觉得应给自己再开辟一场知识领地。历史，是在人们对已经知道的甚至亲身经历过的事实进行梳理、编织；而物理则是去探寻那些早已存在却还不为人知的事实，他对我有更大的吸引力。”

“可是现在早已不是伽利略、牛顿时代，物理学已伸入到微观世界，每走一步就更加艰苦。而且过去的宏观经典理论已不适应，新的理论体系还远未建立。这时你来入伙实在冒险，也许我们这些人费尽九牛二虎之力，捞的却是一个水中的月亮。”

“不，我直觉的感到量子理论是很有希望的，我决心献出全部精力弄清这神秘量子的真正本质。”

正是：

金衣玉食何足贵？过眼烟云不多时。

聪明贵胄有奇志，不爱虚荣爱真知。

再说德布罗意刚下定决心开始对理论物理的研究，不久，第一次世界大战就爆发了，他便服兵役上了前线，直到1922年他才重回哥哥的实验室继续中断许久的研究。渐渐地他产生了一个大胆的思想：光波是粒子，那么粒子是不是波呢？就是说光的波粒二象性是不是可以推广到电子这类的粒子呢？就象当年法拉第由电变磁推想磁变电一样，德布罗意思路一开立即拓出一片新的天地。1923年他接连发表三篇论文，提出“物质波”的新概念，他坚信大至一个行星一块石头，小至一粒灰尘，一个电子，都能产生物质波。物质波有其独特之外，它能在真空中传播不要介质，因此不是机械波。但它又可以由不带电的物体运动产生，因此它又不是电磁波。他还运用爱因斯坦的相对论，推出了物质波的波长公式 $\lambda = h / m v$ 。即波长与粒子的质量和速度的乘积成反比。他还算出中等速度的电子的波长应相当于X射线的波长。

第二年，1924年，德布罗意将自己的这个新思想写成一篇论文《关于量

子理论的研究》去考博士学位。可以说这是当时物理学界一个独一无二的新观点，许多人看了文章都摇头，眼看德布罗意的博士学位是毫无希望了。这时他的老师朗之万出来说了一句话：“我虽然很难相信德布罗意的这种观点，但是他的论文实在是才华横溢，因此我还是同意授予他博士学位。”他总算勉强通过答辩。再说朗之万对这件事总是不放心，也不知他的这个学生到底该算是个才子还是个疯子，便将论文稿寄给爱因斯坦审阅。爱因斯坦真不愧为一个理论物理大师，他刚读完文章就拍案叫绝，并立即向物理学界的几个大人物写信，吁请对这个新思想给予关注：“请读一读这篇论文吧，这可能是一个疯子写的，但只有疯子才有这种胆量。它的内容很充实。看来粒子的每一个运动都伴随着一个波场，这个波场的物理性质虽然我们还不清楚，但是原则上应该能够观察到。德布罗意干了一件大事，另一个物理世界的那幅巨大的帷幕，已经被轻轻地掀开了一角。”

花开两朵，各表一枝。在物理学中同一个题目常常是理论和实验双管齐下，稿纸上的推算和实验室里测试刀枪并举，经过一场激战，堡垒才宣告攻克。

事有凑巧，就在爱因斯坦这话刚说过不久，和法国隔洋相望的美国出了一件事。在纽约的贝尔电话实验室里有一个研究人员叫戴维逊，长期以来他和助手革末在做电子轰击金属的实验。这天二人正聚精会神地观察，忽然一声巨响，一只盛放液态空气的瓶子倒地炸裂。这下可糟了，实验用的金属靶子是置于真空条件下的，现在液态空气立即气化，弥漫全室，钻进了真空系统，那块当靶子的钝锌板立即就被氧化。他们只好自认倒霉，连夜加班，将这块锌板换下来又是加热，又是洗刷，费力地将锌板表面的氧化膜去干净，再装回真空容器里。

第二天，戴维逊和革末又来到实验室，他们将仪器安置好后又开始了那个不知重复了多少次的实验。戴维逊扳动开关将电流直向锌板射去，一边喊革末调整一下锌靶的角度。革末将锌靶轻轻转了一个角度，戴维逊却吃惊地喊道：“见鬼，今天怎么连电子也学会与我绕弯子！——革末，再将锌靶转个角度。”

“先生，您发现了什么？”革末一边转动锌靶，一边问道。

“您自己来看，莫非是我的眼睛出了毛病？”戴维逊说着和革末换了个位置。

“哎呀，电子束怎么不稳定了呢？”

各位读者，你道他们发现了什么？原来随着锌板的取向变化，电子束的强度也在变化，这种现象很象一束波绕过障碍物时发生的衍射那样，但是电子明明是粒子啊，它怎么能有波的性质呢？戴维逊师徒两人又将这个实验重复了多遍，仍然如此，他们一下跌入闷葫芦里。要说电子也是波，这简直就好像说人头上长角一样不可思议。他们就这样百思不得其解，在闷葫芦里一直闷了两年。

两年后的夏天，戴维逊访问英国，遇到著名的物理学家玻恩。两人刚坐好，戴维逊就迫不及待，将那个在肚子里憋了两年的问题提了出来。玻恩不听犹可，一听戴维逊如此这般地描述，便喜不自禁，也不顾是与客人初次见面，突然在对方肩上拍了一把，大声说道：“朋友，您已经撞开了上帝的大门。”

“难道电子真的也是一种波吗？”

“是的，光有波粒二象性，一切物质微粒也有波粒二象性，电子也不例外。这正是欧洲大陆上近年来最新的理论。可惜这个假设还从没有人来验证，想不到证据却操在你的手里。”

“看来我们美国与这里远隔重洋，真是消息闭塞。我要是早一点来访问，何至于苦闷两年呢？快请您告诉我是谁提出了这个伟大的假设？”

“就是那个法国人德布罗意，这个人本是学文科的，半路出倒捷足先登。他不但提出假设，还推出公式，能具体地求出粒子的波长呢。他的论文发表在法国科学院会议周报上和英国的《哲学杂志》上，您可以仔细研究一下。”

这两个科学家越谈越有劲，而戴维逊心里已在悄悄地说：只今天这一席谈话我就不虚此行了。拜会过玻恩之后戴维逊已无心再到哪里转了，便草草结束了这次访问。他回到美国后，重做了两年前的实验，果然与德布罗意的预言和计算完全一致。原来两年前那次液态气瓶爆裂帮了他的忙。他和革末对锌板加热、洗刷后，锌板就变成了单晶体，而任何一种波经过晶体，都会产生强度周期性的变化现象。他们真是因祸得福。同时还有另一名英国物理学家小汤姆生，则从另一条途径获得一张电子衍射的照片。德布罗意理论从此得到了有力的证实。德氏因此获得1929年的诺贝尔物理学奖金，而戴维逊和小汤姆生则共同分享了1937年的诺贝尔物理学奖金。读者或许要问：这个小汤姆生与我们前面提到的老汤姆生是何关系？原来他们正是一父一子，老子发现了电子，儿子又证实了电子是波，父子二人在物理学方面做着接力研究，一时在科学史上传为美谈。

各位读者，容作者在这里插几句闲话。德布罗意和戴维逊等人证明电子是波，好象实在抽象，我们这里只举一个例子就可知这个理论的威力。我们平常所以能看到东西是靠光，那是平常的光作用于物体，再反射到我们眼里。光学显微镜所能显示的物体微小细部的能力，因所使用的光的波长小到什么程度而定。因此，放大能量最强的显微镜便使用紫外光。这好比我们撬一块大石头，要用一根粗木棍，而剔牙时却只能用一根细牙签了。好了，现在证明电子和光一样也是波，而且它的波长比紫外光要小几千倍，何不用它来代替光显示物体呢？果然，人们把电子束集中在一个焦点上，射过物体，便在荧光屏上得到一个放大的图象。1932年世界上发现第一架电子显微镜。1938年美国人制成了一架能放大三万倍的电子显微镜，而当时最大的光学显微镜也只能放大2500倍，现在人们使用的电子显微镜已经能放大到二十万倍以上了。

好了，闲话暂且不提，我们还回到德布罗意的故事上来。这德布罗意假设一提出，当时大部分物理学家都抱着试试看的态度。其中有一个奥地利物理学家薛定谔（1887—1961）1926年正在苏黎世大学（就是爱因斯坦曾工作过的那所大学）任教授。有人建议他把这个假设拿到学生中去讨论，他很不以为然，只是出于礼貌，才勉强答应下来。可是当他为讨论准备介绍报告时，立即被德布罗意的思想抓住了。现在我们又看到科学史一次惊人的相似。这薛定谔的特长是数学很好，于是他就象牛顿总结伽利略、开普勒的成果，麦克斯韦总结法拉第的成果一样，立即用数学公式将德布罗意的思想又提高了一层，得出一个著名的“薛定谔方程”。

这个方程一公布立即震惊物理界，它就象牛顿方程解释宏观世界一样，能准确地解释微观世界。它清楚地证明原子的能量是量子化的；电子运动在多条轨道上，跃迁轨道时就以光的形式放出或吸收能量；电子在核外运动有

着确定的角度分布。这样，他用数学形式辟出一个量子力学新体系。同时还有一个德国物理学家海森堡从另一角度研究量子力学，提出一个矩阵力学体系。薛定谔用的是微积分形式，海森堡用的是代数形式，物理学早已不是人们可以眼看手摸的形状、温度，它现在要用更抽象的概念才能作出更准确的表述了。正象我们绘画时为了更准确地传神，白描反而不够，而要用写意。

再说这个海森堡（1901—1976）越研究越深。最后，他发现我们虽然可以在宏观世界里准确地观察任何现象，而在微观世界里简直作不到这一点。这好比我们用一支粗大测海水温度的温度计去测一杯咖啡的热量，温度计一放进去，同时就要吸收掉不少热量，所以我们根本无法测准杯子里原来的温度。而作为原子内的能量如此之小，任我们制成怎样精确的仪器，也会对它有所干扰。观察者及其仪器永是被观察现象的一个不可分割的部分，一个孤立自在的物理现象是永不存在的。这便是“测不准原理”。我们生活在这个物理世界，身在此山中，难识庐山真面目。

量子理论现在是越发展越深，当初的一个幼芽，现在已经渐渐长成一棵枝叶扶疏的大树。于是，1930年一批物理学家们又齐集布鲁塞尔召开第六届索尔维会议，检阅1911年第一次会议以来量子理论的发展成果。这次会议的主角已不是普朗克，而是玻尔（1885—1962）。

这玻尔是丹麦人，1911年毕业于哥本哈根大学，后追随卢瑟福求学，1916年起就返回母校任教，并创办了物理研究所。他将当时世界上一批有才华的青年如海森堡、泡利等都团结到自己的身边。玻尔治学严谨，却又继承了老师卢瑟福的民主学风。他有一句名言，就是：“我从不怕在年轻人面前暴露自己的愚蠢。”在他的研究所里一争论起学术问题，便没有长幼、师生之分。这种充分的学术民主，依靠集体的智慧，后来被称为哥本哈根精神。

玻尔身体强壮，年轻时他们兄弟二人都是丹麦国家足球队队员，所以他后来获诺贝尔奖金时，一家丹麦报纸曾有这样一条幽默的大标题：足球名将玻尔获诺贝尔物理学奖金。后来，玻尔虽已成了名人，但还时常干一点孩子们爱干的事情。一天晚上他和几个学生外出归来，街上静悄悄的，一个学生看到银行大楼的墙面是用水泥格子拼成，就好奇地向上爬了两层。玻尔也要逞能，说他也敢爬。当他爬到一层高时，跑来两个警察，以为是盗贼在作案，可是走近一看，说了声：“这不是玻尔教授吗？”便走开了。还有一次他和几个学生看电影，看到电影里的恶棍和英雄比武，总是恶棍被打死。他解释说这是因为英雄有一种自我反射所以比恶棍动作快，学生们不服。于是他们就吵吵嚷嚷地到玩具店里买了几支手枪，在院里比武。结果玻尔真的将他们一个一“打死”了。玻尔就象卢瑟福当年领导卡文迪许实验室一样，在哥本哈根当着孩子王，其纯朴、天真可见一般。

再说第六届索尔维会议开幕，玻尔打出的第一张牌就是“测不准原理”。他阐述道：根据这个原理，我们若想精确地测定粒子的位置，就无法测定它的速度，反过来，要想测定其速度就无法测定它的位置。”

正当与会的大部分科学家都点头表示理解时，想不到爱因斯坦一人站起来反对：“事物是客观具体地存在的，我不相信上帝会在随便丢骰子，碰运气”。

“这和你的相对论并不矛盾啊？”

“可是你在这里否定了因果关系，我不相信世界是捉摸不定的。现在我来设计一个实验，请您解释。假如有一个理想的盒子里面有光源，在固定的

时间打开一下盒上的闸门，放出一些光来。我们再称一下盒子的重量，根据质量的变化就能算出光放出的能量。这样，我们不就可以任意精确地测出光放出的能量、放光的时间了吗？”

爱因斯坦真不愧为理论物理学家，他随意就设计出一个思想实验，一时把个玻尔问得无言以对，好端端的一个会议竟无法再开下去。

这玻尔哪能服气，整整一晚上没有睡觉，召集他的学生们紧急商讨对策。第二天，天一亮，玻尔就去敲爱因斯坦的门，并且手里真的捧着一个“爱因斯坦盒子”，盒子吊在弹簧秤上。他笑眯眯地说：“爱因斯坦先生，请看您的盒子，它一放出光，质量就要变化，弹簧抽动，盒子做上下运动，盒子中的钟也在动，就是说它在引力场中的位置已经变化。而根据您的相对论，这时时钟的速率必定也要变化。这样您首先就得不到准确的时间。时间测不准，当然您的盒子还是逃不出我的测不准原理啊。”

爱因斯坦正因昨天的胜利甜甜的睡了一个好觉，玻尔三言两语反教他张口结舌，无言以对了。但是爱因斯坦还是不服气，不到一天，他又想出了一个实验，可是以后每次设计的实验都让玻尔驳倒，就这样，这场争论一直持续了几十年，直到爱因斯坦离开人世，他也不承认测不准原理。人们很为他第一个支持普朗克的量子论，但最后又反对量子力学感到遗憾。但是玻尔和爱因斯坦无论怎样争论，双方都襟怀坦荡，谦虚地吸取对方的意见，发展自己的理论。这与牛顿同莱布尼茨的争论已经截然不同了。爱因斯坦称赞玻尔说：“他无疑是当代科学领域中最伟大的发现者之一。”玻尔则深情地说：“在征服浩瀚的量子现象的斗争中，爱因斯坦是一位伟大的先驱者，但后来他却远而疑之。这是一个多么令我们伤心的悲剧啊，从此他在孤独中摸索前进，而我们则失去了一位领袖和旗手”。

这玻尔虽和爱因斯坦经常争论，但是两人友谊极深，他每次到美国的普林斯顿讲学，并不住什么旅馆、饭店，而是干脆住在爱因斯坦家里。一来是老友多时不见，感情上很愿意能多呆在一起，二来便于继续探讨问题。1939年，玻尔又来到美国，他爬上爱因斯坦的那个二层小楼，还不等气喘平息便说：“亲爱的，您知道我今天带来什么重大消息？”

“不过是又设想出什么思维实验的好例证，来证实您的测不准理论罢了。”

“不，今天已顾不上辩论理论问题，这可是实验物理学家们干出的大事，它可能直接关系到我们的生活，关系着政治。”

到底玻尔说出一件什么大事，且听下回分解。

第六十四回：
战乱将起实验室已难平静为渊驱鱼科学家云集美国
——原子核裂变的发现

上回说到玻尔来访，给爱因斯坦带来一个重要消息。要知这条消息是什么，还得从这条消息的来源说起。

自从卢瑟福第一个用 α 粒子做“炮弹”轰击原子得到质子以来，许多科学家都感到这是一条通往原子核内的大道，于是纷纷向原子核开炮，希望能看到过去没有发现的东西。1932年，英国物理学家詹姆斯·查德威克用 α 粒子轰击铍，得到一种不带电的粒子：中子。有趣的是，卢瑟福用 α 粒子轰击氮，氮原子变成了氧原子，查德威克轰击铍时，铍原子变成碳原子。要是这样一直轰击下去，还能发现多少秘密呢？元素之间一定还有我们未知的重要规律。

在人们向原子大进攻的炮击战斗中有一位女炮手。她就是居里夫人的女儿伊伦娜。1933年（就是爱因斯坦流亡美国的那一年），她和自己的丈夫约里奥一起用 α 粒子轰击铝，却得到了一种自然界并不存在的同位素——元素磷的放射性同位素。从而发现了人工放射性。伊伦娜和她的丈夫因此而获得诺贝尔奖金。居里夫人很为自己的孩子已经成长为有出息的物理学家而高兴，她深知这个发现所启示的重大意义。可惜由于她长年接触放射性因而得了不治之症，几个月后便不幸去世。卢瑟福亲自为她写了讣告。

在英国、法国所进行的这些工作现在由一位意大利人来接班子，他叫费米（1901—1954）。

费米小时即表现出非凡的才能，他父亲的一位同事便有意识地培养他，给他读数学、物理方面的书。当他还是一位十七岁的中学生时就有大学研究生的水平了。后来他在比萨大学读书，这个伽利略当年生活过的地方处处给他以科学的召唤。他每次走过那个世界闻名的斜塔，都要肃然起敬，伫立片刻。大凡一个人成才之前总要有一个巨人将他托上自己的肩膀，费米也是这样。这时罗马大学物理实验室主任柯比诺认定费米就是复兴意大利物理的希望，专门在罗马大学设了一个理论物理学讲座，聘请26岁的费米来任首席教授。费米在自己周围很快团结了一批青年物理学家，他们自信伽利略的故乡在物理研究方面不该落在英、法、德等国的后面。

不久，伊伦娜用 α 粒子轰击原子核获得人造同位素的消息传到了罗马。好个聪明的费米，他想我不能总跟在人家后面，你用 α 粒子，我就用中子。

α 粒子带正电荷，原子核也带正电荷，它们间的斥力必然要抵消一部分冲击力，而中性的中子正可避免这个缺点。于是他又找到了一种轰击原子核的新炮弹。

大凡科学家们每找到一种新武器就如同孩子得到一个新玩具一样，玩得不肯放手。费米这一群人虽已是物理学家，但论年龄都还是些小伙了呢，他们现在玩起这新鲜的“中子炮”来哪肯罢休。中子从哪里来呢？最好是用镭放射的 α 粒子轰击铍制得。但当时一克镭要34,000美元。他们这个新组建的小组绝对买不起。费米就用氡来代替镭，不过氡的半衰期只有四天，需要经常更换。他们就用这门简陋的“大炮”对着所有能找到的原素狂轰一顿，看看有什么变化。这个劲头就象当年戴维刚发明了电解法，本生刚发明了光谱分析法一样，每种原子身上都要过一刀。果然这新法就是厉害，他得到了

许多自然界中不存在的同位素。例如从普通的钠得到放射性钠，从普通的碘得到放射性碘，从氯得到放射性磷，从硅得到放射性铝等。

但是，当他们把这门“大炮”对准铀时却得到一种想不到的结果。好象经轰击后铀中产生的放射性元素不止一种，但每一种的数量又极其微小。这群年轻人都是物理学家，他们在化学知识方面不足，无法鉴别新元素。他们猜想，一定制成了一种过去不曾发现过的新元素。铀的原子序数是 92 号，这种新元素就叫它“93 号元素”吧。到底这是不是一种新元素，我们暂且按下不表。

再说费米小组还是不断地用中子去轰击各种元素。一天他的好朋友拉赛蒂用中子轰击银板，发现如果在木桌上做实验和在金属桌面上做实验，银板的放射性不一样。他立即来向费米汇报。费米沉思了片刻说：“我想这说明放射源周围的物体会影响它的轰击效果。我们不妨试在银板前挡一块铅板。”

拉赛蒂立即取来一块铅板，并且又在银板前放了一个“盖革计数器”。这是一种专门测量物质放射性的仪器。物质放出粒子进入计数器就会有响声，进得越多响得越快。一切准备好了，费米将中子源对准银板，只听计数器咔咔地响起来，比刚才的速度快了许多。费米说：“铅是一种重物质，让我们来试一试轻物质怎样。请取一块石蜡板来。”

拉赛蒂几个人立即取来一块大石蜡板，七手八脚在上面挖了一个空穴，把中子源放进去，又开始照射。这时将盖革计数器移近银板，计数器突然发疯似地响个不停。他们几个人都惊得目瞪口呆，整个物理大楼里的人都来看这个怪现象，大家喊说：“真不可想象，活见鬼了！”，只这么稍稍放一块石蜡，银的人工放射性就增加了 100 倍。中午吃饭时，这伙年轻人大声争论着，提出各种假设，各人的嘴都动个不停，但是只听见说话不见吃东西，这顿饭足足吃了三个小时，桌上的东西还是剩下不少，但合理的解释却还是没有想出一个。这是 1934 年 10 月 22 日中午的事。

这天晚上，费米夫人带着孩子到乡下度假还未归来，费米一人在屋里安安静静地思考着白天的事。他在地踱着步子，想这石蜡究竟有一种什么魔力呢？石蜡含有大量的氢，氢核是质子。想到这里费米突然停下脚步，用手一拍脑门自语说：“问题可能正出在这里。”

原来他想到氢核是质子，质子是和中子同样质量的粒子。中子源被封在石蜡块里时，中子射到银板之前就先要与石蜡中的质子相撞，这一撞就要损失一部分能量，减慢冲击速度。正象游得慢的鱼比游得快的鱼容易让人抓住一样。这种慢中子比快中子有更多的机会被银原子俘获，因此银的人工放射性就更强些。但这只能是一种假设，如果别的含氢物质也有这种作用，便说明假设正确。还有什么更方便的含氢物可用来试验呢？最方便不过的当然就是水了，对！来一次水中试验。

但是费米小组实在太穷了，水不值钱，可是要有一个足够大的容器却很难找。他们立即想到物理楼后面系主任何比诺的私人花园，那里有一个喷水鱼池。

这天早晨费米和伙伴们就将那些大大小小的实验仪器搬到鱼池上。花园里一株大杏树遮住了半个园子，绿草成茵，红、黄的小花点缀在墙脚，鱼在池中自在地游。这群年轻人的到来，开始并没有打破这里的宁静，他们轻手轻脚。一来是对这种试验不抱很大希望，不愿让人知道他们的失败；二来，不愿打扰柯比诺先生一家的安宁。

他们将中子源和银板慢慢沉入水中，开始轰击，盖革计数器又疯狂地叫起来，这说明费米的假设是正确的，这伙年轻人再也忍不住了，随着计数器的鸣响，他们忽地一下狂喊胜利，在地上跳着，互相拥抱着。并且嚷嚷着：“快给《科学研究》写信，详细报告我们的发现！”

这时正在楼上看书的柯比诺教授，听到花园里的喊声便走下楼来。他被这个场面弄糊涂了，“孩子们，你们为什么这样高兴？”

“我们有了新发现，正商议向《科学研究》写信呢。”

柯比诺仔细听了他们的汇报，又看了实验，突然发起火来：“你们疯了？难道你们没有看出其中的工业用途吗？这里是一个了不起的发现，你们应该先申请专利！”

他们更吃惊了，真没想到小鱼池里得到一个大发现。

我们先把“鱼池发现”放到一边，回头再说那个93号元素。费米发现新元素的新闻在欧洲各报上早已热闹了一阵儿，这消息自然传到了法国、德国。伊伦娜将那实验重做了一遍，这种新元素根本不象在周期表93号位置上应该有的性质，它倒有点象镧。

这时在德国也有一个科学家小组，以著名化学家、威廉皇家化学研究所教授哈恩为首，还有物理学家迈特纳、斯特拉斯曼等人。奥地利籍的女核物理学家迈特纳本是来这里作为访问学者短期工作的，但由于他们几个很合得来，这个“短期”竟然有三十年。迈特纳才华出众，她一眼就看出那个“93号元素”里有文章，但又深知光靠物理学家不能解开这个迷，便说服哈恩来选这个课题。于是这个小组也加入了这场追逐战。

1936年一天晚上，斯特拉斯曼正在值班，他一人无事，那个困扰他的题目又泛起在心头，从种种迹象看，这个“93号”决不是铀后面的元素，倒又点象56号元素钡，第二天早晨，迈特纳前来接班。斯特拉斯曼兴冲冲地对她说：“我昨天想了一夜，终于有了个头绪，那个未知元素可能是钡，不妨试测一下。”

迈特纳性格豪爽，她闻听此言立即不屑一听地喊道：“中学生也不会提这个问题，快把你的想法扔到纸篓里去吧！”

原来过去用中子去轰击元素，只能将它的核打掉一小块，放出一、二个质子，所以众来的人工蜕变只能是变成与原来的元素相邻近的元素，怎么可能一下从92号的铀退到56号的钡呢？

斯特拉斯曼也觉理由不足，所以不敢再争。

1938年7月，迈特纳因为是犹太人，被迫离开了德国。12月17日，哈恩到财政部去为迈特纳办一些善后事务。斯特拉斯曼在办公室里翻阅几本新到的斯刊，其中正有伊伦娜的一篇报告，他立即又想起了自己关于钡的想法。

中午，哈恩刚进门斯特拉斯曼就拦住他说：“请看看这份杂志，这里提出……”哈恩将那篇文章扫了一眼，一见作者是伊伦娜，便没好气地说：“我对这位小姐没有好感，不愿看她的东西。”原来他们过去有过一点小矛盾。

“不，她说是镧，我说是钡，两个元素一个57号，一个56号，问题可能正在这里。你听，她说……。”

不管哈恩爱听不爱听，斯特拉斯曼将论文中最主要的段落飞快地念了出来。哈恩听着听着怨气渐消，一把将杂志抢了过来，从头至尾很快地读了一遍。俗话说外行看热闹，内行看门道。哈恩和伊伦娜同是放射化学专家，他们的文章对方自然一看就知其中的深浅。哈恩刚把论文读完，便啪地合上杂

志，一手拉起斯特拉斯曼说：“走，快到实验室去！”

哈恩和斯特拉斯曼在实验室里反复测试，就化学性质来说，这个所谓的“93号元素”是钷确定无疑了。但是这话要是让物理学家听见一定要惹人笑的，一个小小的中子怎么能使铀原子一下释放出近一半粒子呢？这时他们更怀念那位被希特勒赶走了的伙伴——迈特纳，他们这个三人小组中二个化学家一个物理学家，迈特纳的被迫离去，名符其实地使这个小组塌了半边天。哈恩遇到这个新问题便立即提笔给迈特纳写了一信，迈特纳真不愧为核专家，她一见信立即明白是怎么一回事——铀原子核被中子从中间一劈两半了！

迈特纳正好要利用寒假期间访问瑞典，那里有几位物理学界的朋友。她收起信便赶快出发了。这几位朋友住在乡下一个安静的小村里，冬天的瑞典白雪皑皑，是一年中滑雪度假的最好时光。但是今年大家心情都不好，希特勒这个疯子正在制造战争，在到处迫害犹太人。许多犹太血统的物理学家不用说工作了，现在连衣食都无着。迈特纳的一个外甥叫弗里施，是个青年物理学家，也刚从德国逃亡到这里。迈特纳一住下就拉着弗里施到外面去散步。她拿出哈恩的信，弗里施怎么也不敢相信铀原子会分裂，姨、甥二人在雪里走了很长时间，最后弗里施建议：“我们何不把这个重要消息通知玻尔，他是现在世界上活着的最伟大的核物理学家啊！”

迈特纳和弗里施立即冒着严寒前往丹麦的哥本哈根。弗里施曾在玻尔的研究所工作过，所以对这里很熟，他们便直奔玻尔的家里。弗里施敲门进来，发现玻尔正在穿大衣，旁边有一只手提箱，象要出远门的样子。他忙说道：“玻尔先生，您这是准备到哪里去？”

“按照合同到美国讲学，顺便看望我的老朋友爱因斯坦先生”。

“我们有一件重要的事要立即向您请教，可以吗？”

玻尔抬手看了看表，又让仆人先将箱子提走，说：“我们可以有半个小时来谈话。”

“从德国来的消息说，哈恩已经用中子将铀核一分为二，但是现在还不敢最后肯定，哈恩自己也把握不大。”

玻尔一听，立即脱下大衣，坐到桌旁认真地寻问起实验情况。迈特纳详细谈了他们过去做的实验，又拿出哈恩最近写来的信说：“看来这是可能的，伊伦娜在法国也得出了近似的结论。”

玻尔说：“这件事非同小可，果真是这样，其意义将不亚于贝克勒尔和居里夫人发现放射性。它将给物理界，不，给整个社会带来什么变化就很难预料了。”

“那么现在应该怎么办呢？”迈特纳说。

“现在你们要在德国之外立即进行实验，关键是要证实裂变发生时是否放出巨大的能量。”

这时仆人进来走到玻尔身边说：“先生，时间已经很紧了。”玻尔才想起自己正要赶火车，忙起身穿大衣，又说：“你们抓紧实验，我立即将这个情况带给爱因斯坦先生。”

他匆匆忙忙地跑到火车站，只差几分钟就要误车了。1939年1月初，玻尔到了美国。

再说意大利的费米，他领导的小组进行了那个“93号元素”实验，可惜未能穷根究底。发现核裂变这个实验让哈恩接了过去，他终于获得1944年的

诺贝尔化学奖。所以人们都替费米感到遗憾。但是费米手中的王牌何止一张。核裂变那件事不必说它了，小鱼池里发现的慢中子反应也是一件足够轰动物理界的大事，当时朋友们都在暗自猜测这个发现也许能在斯德哥尔摩挂上号呢。但是正象德国出了个魔鬼希特勒一样，意大利也新上台一个法西斯墨索里尼。

这家伙对外发动战争，对内实行专制，搅得国无宁日，民不聊生。费米的保护人柯比诺教授又于前不久去世，他的实验室已无一点经费。更有比这严重的，费米夫人是犹太人，而墨索里尼的排犹政策已使她难以在这里生存。正当紧张的科学实验一步步走向光明与希望之时，政治却在一步步地走向专制与黑暗。弄得费米欲进无路，欲罢无门，整日在长吁短叹，不知如何是好。

正是：

科学事业多克星，征途险阻一重重。

才出黑暗中世记，又入法西魔掌中。

却说费米夫妇正这样忧心忡忡地在罗马度着时日。这天，1938年11月10日，清晨他们正躺在床上，突然电话铃声急响。费米夫人拿起电话，只听电话台问道：“是费米教授家里吗？”

“是的，有什么事吗？”

“请注意，今天晚上六点钟，将有人从斯德哥尔摩给费米教授打来长途电话。希望他能在家等候。”

费米已经听到电话里的声音，他立即坐了起来说：“斯德哥尔摩，这一定意味着诺贝尔奖金了。”

度过了一个难熬的白天，下午五时费米夫妇便坐在电话机旁。夕阳投在白墙上的影子在慢慢地滑动，室内光线渐渐暗了下来，可是电话机静静地卧在那里，象哑了一样。为了打破这令人心焦的寂静，费米夫人说：“我们打开收音机，边听新闻边等电话吧。”

收音机里传来广播员强硬、冷酷的语调：“现在宣读第二批种族法：犹太人的孩子一律不许在公立学校就读；犹太人教师一律解除公职；犹太人律师、医生和其他自由职业者，不许对犹太人以外的人开业；犹太人护照一律吊销……”。新闻播完了，费米夫妇更没有话说了，他们各人的眉头都结成一个疙瘩，在心里叹息着：“祖国啊，您真的连您的儿女都不要了吗？”

这时电话铃突然响：“是费米教授吗？我是瑞典科学院，首先祝贺您获得本年度诺贝尔物理学奖金。现在向您宣读奖状：

奖金授予罗马大学恩里科·费米教授，以表彰他证认了由中子轰击所产生的新的放射性元素，以及他在这一研究中发现了由慢中子引起的核反应。”

这本来是一个特大喜讯，可是这喜讯在没有到来之前先被刚才那条杀气腾腾的广播新闻给罩上了阴影。费米放下电话心里忧喜参半，沉思片刻，然后拉着夫人的手说：“好机会，我们就乘出国领奖之时到美国去定居，那里已经有爱因斯坦等一大批科学家，这样对我们个人和事业都有好处。”

费米夫人看着这个漂亮的客厅、卧室、还有卧室里面的卫生间，那里有新装好的，她最心爱的绿色大理石浴盆。她眼中流泪了：“难道我们真的要离开祖国了吗？”

“就这一个机会了，一个极难得的机会。”

1938年12月6日费米携夫人和两个孩子离开罗马。12月10日在斯德哥尔摩领奖。1939年1月2日，他们安全到达美国。两周后玻尔也来这里会合。

这时，被法西斯势力从欧洲各地赶来的科学家已经遍布在美国各主要大学。希特勒决没有想到他的排犹和专制却为渊驱鱼，给美国送来这么多急需的人才。

就在玻尔刚踏上美国国土，迈特纳和弗里施的电报也同时到达：实验已经做完，和他设想的完全一致，铀在分裂时能放出大量的能量。

这对科学是一个好消息，对时局来说是一个再坏不过的消息，这意味着铀可用来作为爆炸物，每磅铀释放出来的能量可能是普通炸药的上万倍。而这项新发现恰恰是在德国完成的，是那个战争魔鬼希特勒统治的国家，刚从那个魔鬼手中跑出来的科学家忧心忡忡，他们既知道希特勒的能量，又知道铀裂变的能量，这两者加起来简直可以毁灭地球。玻尔教授一个月间好象老了许多，他在学术交流中却越来越多地谈起政治问题，谈论局势。费米一想起那天在收音机前听的排犹法，就浑身发凉，这几个疯子要是手中有了核武器，什么坏事都能干出来的，他坐不住了，便去拜会美国海军上将胡珀。胡珀说：“费米教授您觉得原子弹会成为现实吗？”

“这只是一种直觉，铀能不能变成战场实用的爆炸物，我确实没有把握。”

“谢谢。所以现在我们在实在不好采取什么具体对策。”

费米怀着惆怅之情回到他工作的哥伦比亚大学。在这所大学工作的匈牙利物理学家西拉德也是刚刚流亡来美的，他的祖国已被德国吞并。他对费米说：“不要灰心，让我再来试试。看来要找一个更有影响的人物出来说话。”

西拉德立即找到了在普林斯顿任教的另一位匈牙利物理学家威格纳。通过威格纳又找到了在那里工作的爱因斯坦。1939年7月的一天他们在爱因斯坦的二层小楼上整整谈了一个上午。

爱因斯坦对裂变很感兴趣，他立即看出了其中的深远意义。谈话快结束时，爱因斯坦说：“你们的意思是不是要美国各大学也加紧这项研究，比如普林斯顿研究所也应立即开展这一项实验？”

西拉德说：“不，这恐怕已经不解决问题了。因为我们现在对柏林方面的研究进展一无所知。我们的意思，是请您出面给罗斯福总统写一封信，希望这件事能引起美国政府足够的重视，并积极组织力量实施。”

爱因斯坦是个很不愿和政界名人来往的人，又加上这事确实还没有把握，闻听此言，将手插进他那团乱草似的头发里，半天沉吟不语。

到底爱因斯坦是否答应了这个请求，且听下回分解。

第六十五回：
忧苍生科学家上书大总统传佳音航海者登上新大陆
——第一个原子反应堆的诞生

上回说到西拉德等人请求爱因斯坦出面向罗斯福总统写信，吁请美国政府加紧核武器研究，爱因斯坦一时拿不定主意。他说：“你们向美国官方提过这个建议没有？”

“费米教授拜会过海军上将，但是毫无结果。”

“为什么？”

“因为我们现在也说不出具体的想法和有多大的把握，这一切只有干起来才会知道。”

那么总统会不会以同样的理由拒绝这个建议呢？”

“现在形势与上次拜会时又有不同，几个月过去了，德国方面的研究我们不得而知。也许他们已造出了这种新武器。”

“好吧，你们先代我起草一封信再说。”

8月2日一封仔细推敲过的信送来了：

总统阁下：

我读到了费米和西拉德近来的研究手稿。这使我预计到，元素铀在最近的将来，将成为一种新的、重要的能源。考虑到这一情势，人们应该提高警惕。必要时，还要求政府方面迅速采取行动，因此，我的义务是请您注意下列事实和建议。

近四个月来，由于法国的约里奥及美国的费米和西拉德的工作、用大量的铀达到原子核链式反应似乎已成为可能，由此便可产生极其巨大的能量和大量新的类镭元素。看来，这项成就的取得，已是指日可待了。

这种新的物理现象的发现也将会导致炸弹的制造。纵然把握不足，但可以想象，一种新型的极有威力的炸弹是可以这样制造出来的。这种炸弹仅需一枚，用船运载到港口爆炸，就可以完全摧毁港口连同它周围的部分地区。但这类炸弹也许过于笨重，不便空运。

美国的铀矿含铀贫乏，且数量不多。加拿大及前捷克斯洛伐克有好铀矿，而最重要的铀资源则在比属刚果。

有鉴于此，您也许将认为有必要让政府与那批在美国从事链式反应研究的物理学家保持某种经常的接触。对您来说，做到这一点的一个可取的办法是，把这项工作委托给一位您完全信任的人，他不妨以非官方的身份出面。他的职责是：

一、沟通政府各部门，及时将进展情况告诉他们，并向政府提出行动建议，特别要注意确保美国的铀矿供给。

二、为加速目前一直在大学预算范围内进行的实验工作，可由他组织愿意为这项事业做出贡献的私人提供资金，如果需要这样的资金的话，并且，或许也可靠他取得具有必要设备的工业实验室的合作。

我得知，德国如今对它占领的捷克斯洛伐克的铀矿所出产的铀实际上已经禁售。竟然采取这一先发制人的行动，其原因大概无庸解释。因为德国外交部国务秘书的儿子魏扎克被任命参与林柏凯撒·威廉研究所的工作，在该研究所里，眼下正进行着若干美国对铀进行过的研究。

忠诚于您的爱因斯坦

这封信于 1939 年 10 月 11 日交到罗斯福总统手里。美国政府立即任命了一个“铀顾问委员会”，陆军、海军也首批拨出 6000 美元的赠款，供科学家们购买实验用材料。

实验选择在芝加哥大学进行。一是因为芝加哥位于美国腹地，敌机不易轰炸；二是学校已经放假，而且人们也不会想到在这里进行这种实验。实验的代号是“冶金实验室”，但是这里面没有一个冶金专家。实验场地很费了一番周折，需要一间很大的房间，而大一点的房子都让军队征用了。最后他们选中了芝加哥大学足球场看台下面的一个室内网球场。它有 30 英尺宽，60 英尺长，26 英尺高，估计能摆开战场地。校长宣布从今以后再不许任何人来足球场踢球，网球场自然更不能靠近了。人们只观一群科学家在看台后面搬运东西，进进出出，决想不到他们在干一件将要载入史册的大事。这项工作由芝加哥大学的康普顿教授负责，费米具体指挥。

各位读者，我们知道哈恩和迈特纳已经证实中子能使铀核裂变，并能放出能量。但只用少量的中子实行一次轰击，产生的能量当然有限。费米现在需要大量的中子，大量的裂变，他推想，当铀核受到一个中子轰击而分裂开来时，它自己同时也会放出一个或几个中子，这些中子再去轰击其他的铀核，又放出中子，于是裂变就可以不断进行下去，不断放出能量。——这叫链式反应。就是说哈恩是发明了一根火柴，能擦着火苗，但是立即就熄灭，而费米则要想法点燃一堆干柴，让它能持久地燃烧。

怎样点燃呢？这就用得着费米发明的慢中子的办法了。那个在鱼池中的发现，虽然当年柯比诺教授曾要求申请专利，可是战乱骤起，他们哪有心思去管这个。想不到这时派上了用场。

当初的小小实验是用石蜡和水来减慢中子，现在费米准备用石墨代替。将铀块和石墨间隔堆放——这就名符其实地成了一个“堆”；原子能反应堆。只要用一个中子源（它相当于一根点火的火柴）一点燃，堆中就可以不断地裂变、不断地放出中子，实现链式反应了。

点燃之后又怎样控制呢？一旦中子释放过多，铀核迅速裂变，这就是科学家所说的“临界状态”，将有爆炸的危险。这时的办法就是赶快吸收中子，所谓控制就是在控制中子的多少。

世上的事物总是有矛就有盾，一物降一物。中子能将铀核打开，有如此威力，可是专有一种物质能吃中子，这就是镉。在石墨和铀堆中插进一些镉棒，只要调整镉棒就可控制反应的强弱了。

简单道理交待过后，我们再看费米他们是如何建造和控制这个堆的。

1941 年 12 月 7 日，日本飞机突袭珍珠港，太平洋战争爆发，美国对日宣战，德、意和日是法西斯同盟，当然不能坐视不理，立即也向美宣战；美国随即又向德、意宣战。一场世界大战的链式反应马上升到“临界状态”。这时美国总统就更关心那个铀的链式反应有何进展。“铀顾问委员会”汇报了工作，总统命令集中一切必要的人力物力加速进行。

芝加哥大学的室内网球场现在完全成了一个军用场所，老远就岗哨层层，闲人不得靠近。汽车不断将一些黑色的砖块运到足球场的看台后面。这些黑砖就是石墨块。它柔软光滑，就是我们平常用的铅笔芯。这了建造这个反应堆他们几乎征调了全国可以找到的石墨，那些石墨商不知道为什么这个地方突然象水库出现了一个大漏斗一样，石墨流水般地被吸进这个无底洞里。事后他们才知道这个堆用的石墨足够为地球上的每一个人做一只铅笔！

再说网球场内现时已完全成了一个煤黑世界。二十个物理学家还有几个必要的帮工助手，现在早已统统变成黑人。他们的脸上、脖子上、手上、鼻孔里全都是石墨细粉。石墨砖要用机器削成一定规格，自然就粉末四扬。这时的地板上比任何打蜡的舞池都要光滑。这些物理学家们常常不小心摔一个跟斗，汗水在他们的脸上冲出一条条小沟。“冶金实验室”的学者们，要论外表，和一个井下的挖煤工人已完全没有两样。

铀块和石墨块一层层地往上叠放，共叠了五十七层，现在这个堆已经快顶住屋顶上。费米想到空气会吸收中子因而影响继续裂变，应设法使堆与空气隔绝。能干的助手安德森立即找到橡胶商，要定做一个六边形的橡胶布“盒”，以便把整个反应堆全都罩进去。橡胶商从未承揽过这种加工品，瞪着大眼睛问：“干什么用的？”

“一个大氢气球。”

“气球怎么是六边形呢？”

“您不必多问，反正给您钱就是。不然，我去找别人定货。”

六边形“气球”拿来了，反应堆的最后安装就在这个大“气球”里进行，不过后来发现不抽掉空气也可正常反应，所以“气球”有一面始终没有封口。

1943年12月6日这个历史上有纪念意义的日子来到了。

这天一早那些浑身污黑的物理学家突然变得干干净净。反应堆的建造工作已经完成，现场也已打扫干净，地板重又露出木纹。核反应堆马上就要开始点火，人类是否可以从原子内部得到可供使用的能量，就决定在今天上午。

科学家们大部分都撤离到反应堆对面的平台上。堆旁边只留一个人——韦尔，他手扶着从堆里伸出来的一根长棒，这是镉棒。反应的快慢将由他通过这个棒来控制。但是这还不保险，堆上又爬上去三个年轻人，他们自己称为“自杀小组”，准备在反应堆一旦失去控制就从上往下灌镉液，以“扑灭”这场原子火灾。

在现场观看实验的除这群亲手建造起反应堆的科学家外，还有冶金室的领导人康普顿教授，还有军方领导人格罗夫斯将军（军方去年八月就接管了铀计划，并把它改名为曼哈顿工程）。

还有一个特殊人物，他是这里唯一与研究无关的人——杜邦财团的代表格林沃尔特先生。战时，杜邦公司承担军方的许多生产任务，而前不久格罗夫斯将军又提出要他们以生产规模来建造一座反应堆。将军说反应堆里的铀裂变后会产生一种新元素钚。钚可用来生产原子弹。可是格林沃尔特这时还根本没有听说过反应堆这个词呢。他不敢冒险，与军方的谈判陷入僵局，这天他也被通知来到现场，好看看反应堆到底是怎么一回事。

费米担任现场指挥。他说：“现在我们将抽出镉棒，链式反应就会自动进行，盖革计数器会用声音报告反应的强弱，而这支描笔将在纸上自动描出一条指示辐射强度的曲线。好，韦尔，开始吧！”

韦尔将镉棒抽出一尺，计数器开始咔嚓咔嚓地响动，描笔画出一条向上的曲线。

“再抽一尺！”

计数器的声音响得更急，大家都屏息静气，有的人额头上已经渗出汗珠。大厅里静得就是有根针落地也会咣然有声，这时计数器一声声地响着，象锤子敲在人的心上。谁知道这个堆会不会突然象一颗大炸弹那样爆炸呢？

费米宣布：“现在反应堆已进入正常的链式反应。”

堆顶上的“自杀小组”更加警惕，准备好的镅液已经提在手中，现在正是最紧要的关头。全体人员都注视着各种记录仪，这样共 28 分钟之久。费米将手举在空中又向下一劈说：“停止！”

试验成功了。大家互相握手、拥抱、祝贺。而威格纳（就是劝爱因斯坦上书总统的那个匈牙利物理学家）突然拿出一瓶基安提酒。原来今天上班时他就悄悄在大衣口袋里塞了一瓶酒，他想一定能够成功。威格纳将酒分倒在许多纸杯里，在场的人每人一杯。喝完后大家又在酒瓶的硬纸护壳上签了名，然后就去忙着收拾现场，整理数据。格林沃尔特也立即握着格罗夫斯将军的手说：“太精确了，简直象一只瑞士手表，我们公司同意生产了，马上就签字！”

正当各人都在忙自己的事情的时候，谁也没有注意，有一个叫沃特姆伯格的青年物理学家将那个有大家签名的空酒瓶收了起来，这是一件最好的纪念品。十年后的又一个 12 月 2 日，芝加哥大学举行反应堆实验十周年庆祝会。沃特姆伯格当时正在外地，他特意将这只空酒瓶寄给庆祝大会。但他又怕酒瓶会打碎，于是就加了保价费一千美元。一只空酒瓶竟值千元，这件事立即成了轰动报界的新闻。而专营基安提酒的商人因此却大赚其钱。芝加哥大家的这个足球场的看台后面，若干年后挂了一块金属匾，上面刻着这样几行字：“人类在这里实现了第一次链式反应，从而开辟了受控条件下释放原子能的道路。”这里因此闻名，成了一个旅游者的参观点。这是后话。

1942 年 12 月 2 日试验成功的核反应堆产生的动力是很小的，它刚能点亮一只小电灯，几天之后也才可以点亮四盏家用电灯。但是这不要紧，只要迈出第一步就不愁走不完万里路，只要摸清原理就会畅行无阻。瓦特初发明的蒸汽机只能为煤矿排水，但是以后它几乎用于所有的工业、交通，关键是它开辟了一条新路——将热能转变为机械能；法拉第最初用磁铁和线圈做实验时只能使电流计的指针微微偏动，但他也开辟了一条新路——使磁变电，于是带来了一个电气时代；现在费米的原子反应堆虽然功率还很小，但是他也开出了一条新路——使原子核能转变成热能或其他能。这验证了爱因斯坦的伟大理论， $E=mc^2$ ，质能是可以互变的。

自从费米那个只能点亮一个灯泡的反应堆问世以来，各种反应堆立即发展起来，有专门提供动力的动力堆，有用于科学实验的研究堆，有生产核燃料的增殖堆，就能源展示出广阔的前景。以核能发电来说，一座功率为一百万千瓦的大型火力发电站，每年要烧三百万吨煤。为此电厂得有运煤专线，一辆火车得运上千个来回。而同样功率的核电站，只要六部卡车一次就能把全年的燃料运来。而且这样可以省出大量的煤去作化工原料。用蓄电池发动的潜水艇，只能在水下潜行几天，然后再浮出水面充电。可是，换成核动力可以十年不换燃料。

反应堆除提供大量能源外，还可以用来制造同位素。我们把各种元素放在反应堆的管子里，经过中子照射就变成了新的放射性同位素。这些同位素由于它们的放射性表现出来的穿透作用、能量、荧光效应、特殊生理效应等等，它们在工作、农业、医学、生物学、考古学、宇宙探索等许多领域都有重要作用。比如害虫常会钻到种籽、土壤、树皮里面，一般化学杀虫剂无能为力，这时用穿透力很强的射线拍一张片子就会清清楚楚地显示出来。如同人们对力学、光学、电学的探索一样，对原子内部的探索已经给人类带来了受益无穷的好处。

让我们现在再回到费米的这个反应堆边来。正当大家在一片兴奋、激动中忙着收拾现场时，康普顿教授突然想起应该给美国政府方面打个电话，报告这一喜讯。他立即给负责这一工作的科南教授挂了一个长途电话。当他拿起话筒时才想到这个绝密的大事怎么能在电话里说呢？对方已经在问话了：“喂，您是康普顿教授吗？”

康普顿灵机一动回答道：“是的，我是康普顿。科南教授，想您一定很愿意知道，那位意大利航海家已经登上新大陆了。”

“是这样吗？”对方听懂了，高兴地大喊起来。“当地的居民他友好吗？”

“很友好，每个人都安全登陆，并且感到很愉快。”

这是一个很聪明的，在科学史上留下的一次著名的电话。大利人哥伦布1492年发现新大陆，过了450年后，正好是中两位数倒换一下，另一个意大利人费米在原子世界里又发现一块新大陆。

康普顿教授还处在兴奋之中，这时格罗夫斯将军走过来，伸出一只大手说：“祝贺您，康普顿教授，但是既然试验已经功，我们的下一步计划就该立即实施了吧？”

格罗夫斯说的下一个计划是什么？且听下回分解。

第六十六回：
苦干三年两颗炸弹制成功悔恨万分一纸建议致惨祸
——原子弹的爆炸

上回说到费米领导的原子反应堆顺利实现了链式反应，在场的格罗夫斯将军立即要科学家们投入下一个计划。——这下一个计划就是制造原子弹。

各位读者容我在这里先将原子弹原理与结构简单交待几笔。

其实，就原理来说它和反应堆没有多少区别，只不过的反应的速度不同。那反应堆专门有镉棒吸收中子，唯恐这个不听话的中子乱冲乱撞，使铀燃料骤然爆炸，这叫可控链式反应，而原子弹正相反，叭恐铀燃料裂变太慢，不能爆炸，所以并不要镉棒这类的东西来吸收中子，让它去冲，去撞，越快越好，这叫不加控制的链式反应。

为了实现快速裂变，原子弹里只能用铀 235 同位素，它很容易捕获中子。同时，炸药外面又有一道中子反射层，裂变产生的自由中子无法逃出去，就一个变三，三个变九，成倍增长。

每一个核裂变所需的时间还不到一亿分之一秒，整个原子弹的爆炸也就只有几百万分之一秒。就在这瞬间，原子弹放出极强的光辐射、冲击波、中子流和 射线辐射及放射性污染碎片。这此东西都可以杀人或摧毁建筑物。那平时被禁烟在原子核里的能量突然间被释放出来，如黄河决堤，如兽笼大开，不可抗拒的灾难便突然而至。

这此洪水猛兽在它未被放出来以前是怎样压缩在一个小天地里的呢？原子弹的结构说来也简单。它里面装着两块铀-235 或钚-239 原子炸药，另外还有一些普通炸药作为引爆之用。外面裹了一层中子反射层，再裹一层弹壳，这就是一颗足以毁灭一个中等城市的原子弹了。

我们回头再说那位格罗夫斯将军，此人本是美军工程兵负责人，身材魁梧，办事干练。他被授权组织曼哈顿工程，试制原子武器。那天反应堆试验一成功，他就立即将康普顿教授请去说：“教授先生，您知道国家现在最需要的是什么？是打赢这场战争。所以现在要立即让那个反应堆变成一个原子弹。时间，最多三年。”

“将军，您不是开玩笑吧。虽然对原子弹的构造、原理我们都有把握，可是原料奇缺，铀和钚到那里去找？就算找到一点铀，其中铀-238 和铀-235 的比例是 140 : 1，而铀-238 是不能产生链式反应的。只说将铀-235 提纯出来就要多大的工程啊。”

格罗夫斯神秘地一笑说：“工程的事，我这个工程兵头子自会考虑，现在要和您商量的是人，要挑选一批科学家把他们送到那里去。”

康普顿当然知道这个“那里”的含意。便再不说什么了。

难怪格罗夫斯胸有成竹，原来他早做了工程上的准备，在远离大城市的地方买了三块人迹罕至的土地，转眼之间就建起三座城市。不过这城市在美国地图上却找不见，它的居民对外只有一个邮政代号。第一座城市在橡树岭，它是专门分离铀-235 的。根据铀-235 和铀-238 之间这么微小的一点重量差，科学家想了两个办法，一是将金属铀气化，它们扩散时轻的快重的慢，自然就会分开；二是让气化金属铀通过强磁场，它们会出现不同的偏转，也可分开。但是只前一种办法他们就建造了几千英里长的管道，所耗的电相当于一座纽约市的用电；而后一种办法所用的电磁铁就有一个中等舰船那样大。磁

铁外面要绕线圈，战争期间铜太缺了，导线就用银子做，竟用了15,000吨白银。只此一班就知美国政府为了这颗原子弹花多少血本。“第二个秘密城市是专门用来生产钚的。铀-238虽不能裂变，但是它吸收一个中子后就变成铀-239，铀-239是放射性的，它很快放出一个负电荷的 β 粒子，本身就多了一个正电荷，于是原子序数由92变成了93。各位读者，前面我们说费米他们认为自已曾发现了93号元素，原来正是这个道理。因为在铀裂变过程中是会有少量93号元素出现的，现在我们叫它为“镎”。镎衰变得很快，变成94号元素钚，钚象铀-235一样可以裂变，是制原子弹的好材料。

这第二个城市就是专来实现这个转变的。它在华盛顿州的西部，沿哥伦比亚河畔竟占地1000平方英里，有专用铁路350英里，有人口6万。但是这样一座城市静悄悄的就象不存在一样。保密成了这里居民的一个共同的性格。食堂里挂着“先想好了再开口”、“勿谈工作”等标语，所以几千人的食堂除了嚼食物的声音，竟没有人说一句话。

这第三座秘密城市就是格罗夫斯说的“那里。”它是原子弹的组装和实验地点。

1942年11月，在新墨西哥西北部一座荒凉的沙丘上站着两个人，一个高大魁梧的将军和一个文静的书生。他们极目察看着这一带的地形，山丘顶是一个平台，台地的西边伸来一条绿色曲线，那是吉美兹山脉，而东边突然降落，接着就是一片浩瀚无限的沙漠。附近只有稀稀疏疏的几个居民点，台地上有几间破旧的石头房子。他们目光对视一下向石房子走去。房子前面有十几个孩子正在踢球，原来这是一所乡村学校。校长出来迎接他们，那位将军说：“对不起，校长先生，您恐怕要搬个地方，这座学校军队买下了！”这位将军就是格罗夫斯，而那位书生便是物理学家奥本海默，原子弹研制的负责人，现在的头衔是研究室主任。不久以费米为首的那一批科学家便在芝加哥失踪了。

1944年夏季的一天，费米的夫人突然接到一个电话，告诉她将有人送去三张火车票，她带上孩子到指定的站下车，有人会把她们接到一个叫丫基地的地方。

费米夫人到达的当天就领到一块白微牌，就是说现在她也成了保密对象，她发现自己的丈夫身上佩着蓝牌，意味着绝密。当天晚上，他们举行了一个小小的家宴，费米领来的客人使她大吃一惊。有丹麦物理学家玻尔，有意大利物理学家、费米的老朋友赛格雷，有迈特纳的外甥、奥地利物理学家费里施，有英国物理学家、中子的发现者查德威克。这么多不同国家的物理学家在这个神秘的地方相聚，大家都有一种说不出心情，又喜，又悲，又急，又忧。喜的是阔别多年后老友相见，悲的是战乱骤起，他们背井离乡客居此地；急的是听说希特勒也在搞原子弹，在这场看不见对手的竞赛中不知他们能否领先；忧的是这件历史上从未有过的杀人武器制出来后不知会有什么后果。

作为主人，费米夫人向大家一一敬酒。由于灯火管制，窗帘遮得很严，大家小声谈话。赛格雷淡淡一笑说：“我现在为美国政府制造武器，可是从法律上说我是敌人，美、意两国正在交战，我是敌侨。”

费米夫人问：“您为什么不加入美国国籍呢？”

“您还不知道，我倒想申请，可是负责审批国籍的法官说美国根本就找不见我们这个地方。”大家都哈哈大笑。

费里施说：“战争已打了五年，我看快结束了，到时我们各人都可以回到自己的祖国，更用不着申请外国国籍了。”

费米说：“我们的原子弹马上就要成功了，希望它能加速这个胜利的到來。”

玻尔半天没有说话，他低头沉思着，已经秃顶的大脑袋在灯下特别醒目。他是在德国人占领哥本哈根后，由游击队救出，用渔般送到瑞典，转道英国，又乘飞机来到美国的。在这群科学家中他是最受尊敬的一个。这时他抬起头说了一句考虑很久的话：“要是战争结束了，德国人并没造成原子弹，那我们大家将是干了一件什么样的蠢事啊？”

到底德国方面是否在造原子弹，这确实是个谜。格罗夫斯一方面在国内组织原子弹实验，另一方面加紧对德国的情报工作。1943年秋美国特别成立了一个以帕什上校为首的侦察小分队，代号“阿尔索斯”。这个小分队不同于一般战场上的侦察连、排、它除了有军人外还有一些老练的情报人员和科技人员，任务则是每天翻阅德国的报纸和物理杂志，分析、捕追德国的原子能研究动向。

1945年春天，侦察工作终于有了眉目。这天帕什上校出现在格罗夫斯的办公室里。他在桌上摊开一张大军用地图和一个卷宗，正详细报告他们的分析结果：

“将军，您看，这里是德国南部的黑森森地区。这里有一个僻静的村庄叫黑兴根，村子附近有一个大啤酒厂，它的锅炉已经改装成铀锅炉，这便是德国人的原子能试验基地。实验总负责人是威廉物研究所所长海森堡，参加工作的科学家有哈恩、劳埃。”

“不得了，好强大的阵容。”格罗夫斯一听到这几个名子就不由得站了起来。他知道这些人论能力并不亚于他手中掌握的费米、奥本海默。他想了一会又说：“说下去，还有什么关于试验本身的情报没有？”

“还有，德国人在挪威境内建了一个重水工厂，工厂修在一千英尺高的悬崖峭壁之上。这个厂已被英国人和挪威抵抗力量于1942年12月施行了一次成功的破坏。1944年2月，这个厂修复后将生产的重水装上‘海特洛’号轮船运往德国，途中又被抵抗力量将船炸沉。德国人这样重视重水生产说明他们确实在搞裂变实验，我们推想除挪威之外，他们一定在别处也还有原料基地，将材料运到黑兴根实验、组装，就和我们的曼哈顿工程一样。”

格罗夫斯在地上来回踱着步子，有时停在墙上的大地图前沉思片刻。一会儿突然转过身，招手示意帕什走近些，指着桌上的地图说：“帕什上校，您来完成这件惊人的壮举。我将向最高当局要求，派一个加强集团军。您看，从这里斜插过法军阵地，当然这要请他们配合。你带领您的‘阿尔索斯’部队在他们的掩护下突然袭入黑兴根地区，将海森堡这几个人迅速抓获，立即转移到英国。”

“为几个人动用一個集团军，当局肯干吗？”

“我想会干的，对我们来说得到海森堡比俘获十个德军都有价值。”

这个计划很快得到批准。美军一个伞兵师、两个装甲师再加上一个整集团军开始向德国境内闪电般地袭去。1945年4月22日，帕什上校的小分队出现在黑兴根基地。他们顺利地俘获了哈恩、劳埃，但是海森堡却不知去向。

这时海森堡正骑着自行车慢悠悠地向家里走着。他是凌晨三点离开基地的，连日来的疲劳使他想脱离实验现场，换个环境，让自己轻松一下。在路

上他又遇到一个小麻烦，一个党卫军横着枪问他为什么一人半夜出行，一定要逮捕他。他不伯，希特勒也不敢把他怎么样，他们现在还用得着他。但为了不打扰自己的休息，海森堡掏出德军元帅刚送他的一包好烟，这个党卫军才放他上路。他就这样不慌不忙地回到家里，煮了一杯咖啡，点燃一支烟，背靠在膝椅里，舒舒服服地长吐一口气，看着窗外天边的星星。突然背后一只手枪顶住了他的肩膀。他一回头看见一个美军上校，臂带一个徽章，上面一道红色闪电穿过一个白色的“a”字母。他立即明白了是怎么一回事。

此人正是帕什上校。他说：“海森堡先生，对不起，您被捕了。”

海森堡仍然安详地吸了一口烟，甚至微笑地示意帕什坐下，他说：“上校，我想你们这样兴师动众，并不是为了我，而是为了原子武器吧。我可以明确地告诉您，这实在是一场虚惊。”

1942年初之前，德国方面曾有过这样的打算，可是到夏天，最高当局就已放弃了这个尝试。因为我们的工业负荷太重，你们的空袭太多，还有抵抗力量的破坏。元首亲自签署命令，只许进行那些半年之内就能见实效的研究。这样倒好，我们这些物理学家在道德上获得了解脱，将来不会让人指为杀人犯的。”

“先生，我现在还不能相信您的话，况且我的任务只是请您跟我们到英国去。”

“是的，我可以跟你们走一遭。但是我要告诉您，美国政府大可不必那样害怕，不必花那么多钱，集中那么多科学家。1941年秋天，我在哥本哈根见到我的老师玻尔先生时就曾暗示过这个意思，可惜他未能理解，听说他现在也在帮你们工作。”

面对这样一个伟大而又安详的科学家，帕什上校不好意思总用枪口对着他。他将枪插入枪套中，海森堡站起来，帕什甚至还上去扶了他一把。当他跟着海森堡出门时，心里在说：看来我们真的是虚惊一场。德国人确实还没有进入原子弹的试制阶段。

但是，美国人的原子弹已经是箭在弦上，不得不发了。

1945年7月16日晚上，就是抓获海森堡后将近三个月，费米和他的伙伴们匍匐在新墨西哥州的大沙漠里。轰然一声巨响，费米突然跃起向空中撒了一把碎纸片。随着巨响是一阵气浪，将纸片急速地卷走。费米紧追纸片跑了几步，然后大声喊着：“成功了！它的爆炸威力相当于二万吨梯恩梯炸药，”原来他是根据冲击波吹走纸片的距离来测算炸弹的威力。过了一阵他们驱车来到爆炸现场，只见一个直径半英里的大坑，坑内表面上的沙子早已融化后又凝固成一层玻璃。

现在德国人已经溃败、日本人也已经到了溃败的边缘，而新墨西哥基地里却有两颗装好的原子弹还没有使用，科学家们感到自己的任务已经完成，战争的胜利就在眼前，这两颗原子弹已无使用的必要。玻尔为此曾专门见了一次罗斯福总统，爱因斯坦也向总统再次拟好一信，但是罗斯福很快病逝。新上台的是杜鲁门。这些努力都太晚了，老虎一经养大便再难限制它的野性。杜鲁门签署了投放原子弹的命令。

1945年8月6日清晨7时，一架美国飞机出现在日本广岛上空，警报响了，但是居民们已经司空见惯，并不去躲避，况且这是一架普通气象观察机。8点15分，空中突然出现两架飞机俯冲而下，其中一架投下一个用降落伞吊着的爆炸记录仪，另一架投下一个原子弹。顿时，这座有24.5万人口的城市

便消失在一道紫光之中。一团炽热的火球越胀越大，随即刮起一阵疾风，时速达 500 英里。一会儿，一股蘑菇状烟云伸向五万英尺高空，接着烟云凝成乌黑滑腻的大雨点，从天而降。就在这片刻之间，广岛地面上的一切建筑物都被夷为平地，约有八万人被夺去了生命。

这天上午，爱因斯坦正在纽约州北部的萨朗那克湖上，一人乘着自己设计的帆船滑行。水上运动是他的特殊爱好，虽然年纪大了，兴趣仍未稍减。中午，当他回到岸边时，一位《纽约时报》的青年记者正在那里等着他。

“爱因斯坦先生，您还不知道吧，今晨 8 时 15 分，一架水上飞机在广岛投下了那个炸弹。”

爱因斯坦瞪大了眼睛，有几秒钟不说话。他那团乱发被湖上的风吹得更乱，根根银丝都象是受了惊似的横竖乱伸。只听见他左腕上的手表在嘀嗒地响着。半天他才说了一句：“这是不能允许的！”

“爱因斯坦先生，人们都说您是原子弹之父，或者原子弹的祖父。现在原子弹诞生了，您有什么感想？”

“年轻人，你们这些掌握舆论的人要明白，战争我们是打赢了，但和平却失去了。我现在最大的感想就是后悔，后悔当初不该给罗斯福总统写那封信。我从来不承认我是什么原子弹的“父亲”、“祖父”之类的玩笑。我参与这件事的唯一工作就是签署了那封信。我当时是想把原子弹这一罪恶的杀人武器从疯子希特勒手中抢过来。想不到现在又将他送到另一个疯子手中。战争胜利已成定局。我们为什么要将八万无辜的男女老幼，作为这个新炸弹的活靶子来打呢？”

“先生，您的和平主义思想是尽人皆知的。现在，您认为应该怎么办呢？”

“禁止使用核武器。首先是科学家，无论那一国的，都团结起来抵制对原子武器的研制，而且要迫使政府通过一项对使用核武装的禁令。假如我们这些制造了这个爆炸的科学家们都不能获得对它的禁令，我们就是给自己，也是给科学家定了死罪！”

爱因斯坦的想法到底实现了没有？且听下回分解。

第六十七回：
一念之间救活千万人十年接力功到自然成
——抗菌素的发现

上回说到爱因斯坦闻听自己建议研制的原子弹在广岛上空爆炸，千万无辜百姓瞬间灰飞烟灭，不觉痛心疾首，大呼科学家要带头设法禁止核武器的使用。从此以后，禁止使用核武器便成了一场世界性的和平运动。

科学是一把锋利的宝剑，人们得到它可以披荆斩棘，去为幸福的生活开辟坦途，也可以同类相残，制造灾难。科学是一把打开自然宝库的万能钥匙，人们用它来取得光、热、电，创造新的文明，但也能用它放出邪恶的火，制造罪孽。在进行第一次世界大战时，人们还只能用老式的枪炮对射，到第二次世界大战时便能用飞机轰炸，用潜艇偷袭。全世界死于二次世界大战的人便有 5,120 万人。科学为这场战争造就了最强大的杀人武器，就是那个爱因斯坦后悔不迭的原子弹，但是科学也在这时发现了一件救人免于死亡的法宝——青霉素。

话说 1943 年春天，正是太平洋战争紧张之时，美国在各处的伤兵源源不断地运回国内，涌进伯利汉城的柏西乃尔陆军医院。这本是一个拥有 2,500 张病床的，世界上少有的大医院，但是现在连走廊上都挤满了伤员。他们大都是枪伤、炸伤或烧伤，缺臂少腿惨不忍睹。院长正在巡视现场，他只能在横躺竖卧的伤员堆中跨行。他看着他们渗出鲜血的绷带，听着大呼小唤的呻吟之声，更是愁肠百结，哭天不应。他知道这些小伙子说是被送来这里抢救，但实则是来排队等死。伤员送来之前，伤口几乎全部感染，病菌吞噬着肌肉，侵入骨骼，侵入血液，病人被折磨得奄奄一息，而医生却束手无策。因为他们能用的最好的消炎药便是磺胺了。但这种药大量杀伤人体的白血球，反倒削弱了病人的抵抗力，加快了病人的死亡。

这天，从波士顿来了一位青年医生，他自称带来一种“神药”，可以让这些伤员起死回生。院长不信，但是这些伤员再也无其他办法可救了，他便选了 49 名严重骨折的病人来试试看。他们的骨片都已刺出皮肤，伤口严重感染，医生用这种“神药”消除炎症，挖去死肉，缝合伤口，果然再未感染，其中 42 人竟很快出院。他们又把这种药用于骨髓炎、脑膜炎、血液中毒等，结果受治疗的 209 人就有 206 人活了下来，并很快出院。这真是一个奇迹！院长握住青年医生的手高兴地说：“年轻人，您从那里发现的这种‘神药’？”

“不，这种药的发现者是一个英国人，他叫弗莱明。可惜它现在还不能大量生产。我这次带少量样品来，就是希望能引起军方对这种药的重视。”

各位读者，这位青年医生用的“神药”当时叫“盘尼西林”，它是人类发现的第一种抗菌素青霉素。提起它和它的发现者弗莱明（1881—1955），这故事还得从头说起。

亚历山大·弗莱明 1881 年生于英国的洛克菲尔特。他在医学院毕业后专门要求到圣玛丽医院实习。说来这个原因很可笑，因为圣玛丽医院的水球队水平很高，而弗莱明酷爱这项运动，于是便投奔这里而来。他实习成绩优异，医院要留他任住院部医生，可是这时细菌部正在组建射击队，弗莱明对体育无有不好，射击也是一把好手，于是他又被细菌部主任从住院部挖了过来。谁知他这个从游泳到射击的业余爱好的转变，倒促成了他从医生到细菌研究者的专业的转变。柏西乃尔陆军医院得救的伤员，倒是真应该感谢他那浓厚

的射击兴趣呢。

再说弗莱明到细菌部上任不久，就赶上第一次世界大战爆发，他立即上了前线。战士们伤口溃烂感染的痛苦给他留下极深的印象。战后他又回到圣玛丽医院细菌部，发誓要解决这个难题。

1928年，他集中力量研究葡萄球菌。这种可恶的东西，在显微镜下是花色的，象一堆鱼子，让人一看就想呕吐。它就是伤口溃烂、生脓长疮和血液中毒的祸根。研究的办法照例是把这种细菌接种在培养皿上，给它一点培养液，让它生长，观察它的形态和生长规律。这是一件很枯燥又要很细心的工作，从列文虎克、巴斯德开始，便只有极富耐心的人才干得了这种事。

1928年的一天早晨，弗莱明换上工作服，象往常一样推门走进实验室，第一件事就是检查一夜间细菌的生长情况。他将那些小碟子似的培养皿一个个取出来，仔细观察，看到有一只培养皿上的黄色葡萄球菌比昨天少了一半。这是实验室里常有的事，细菌被别的菌污染后，培养皿上又会长出别的菌种。这一碟污染过的菌是不能用了，应该倒掉，重新培养。弗莱明站起身来，左手持碟，右手抓过一把镊子，当啷一声刮在皿边上，就要将这些可恶又可恨的葡萄球菌刮入垃圾筒里去。但是，就在这镊子碰着皿边当啷一响之际，弗莱明的手又缩了回来。他转念一想，我何不看看到底是什么讨厌的细菌总是在污染我的培养皿，破坏我的实验？弗莱明这一转念不要紧，他可挽救了千万条生命。

他把碟子拿在手里仔细观察，被污染的地方好象长了一层绿霉。这不知是那里飞来的一点绿霉菌的孢子落在了培养皿上它便这样迅速地生长开来。更奇怪的是，这种绿色的菌十分强悍，竟将那些黄色葡萄球菌慢慢地吞噬掉了。按一般生物学家的解释，这是因为新菌夺去了培养皿上的养分，旧菌自然饿死。可是弗莱明不愿因袭这个传统观点，他想弄清这支“绿军”是怎样将“黄军”战败的。他在笔记上写道：“是什么引起我的惊异呢？就是在绿霉的周围，葡萄球菌被蚀化，以前它长得那样茂盛，现在只剩下了一点枯影。”

弗莱明未敢耽搁时机，他立即取来白金丝，挑了一点霉菌，放在皿上细心培养。这些霉菌在显微镜下很是好看，起初长出一点白色的绒毛，后来变成一层绿色的“地毯”，而第一根就象浸在水里的毛笔，头上还有向四周张开的笔毛。他兴奋极了，立即召来两名助手说：“这种新菌生长力这样强，我看它很可能是葡萄球菌的死敌，它不只是和葡萄球菌争夺养料，而是自己分泌了一种汁液直接杀死了对方。”于是弗莱明吩咐助手将霉菌培养液仔细过滤。然后，他取过一只长满葡萄球菌的小碟，用白金丝挑了一滴过滤液滴入其中，几小时后，那些可恶的葡萄球菌竟消失得无影无踪。

弗莱明高兴极了，他连连吩咐助手们赶快再制一点过滤液来。他们将过滤液稀到各种浓度，试验了各种细菌。当浓度为1%时就足以杀死链状球菌；到1/300时还能阻止葡萄球菌的生殖；到1/800时，还可杀灭肺炎球菌。这可真是一件从天而落的大喜事。那些疯狂作乱的病菌原来自有一种与它同样小的玩艺儿来轻而易举地对付它。病菌是可以由其他菌来对抗的，这便是抗菌素，弗莱明把这个人类发现的第一个抗菌素命名为青霉素。

各位读者，青霉素存在于世界上也不知有几千百年，何以单单撞在弗莱明的手中，去让他发现？这就要说到科学研究的一个重要方法，就是观察。其实客观事物存在于我们每个人的周围，向每人捧献着平等的发现机会。有人熟视无睹，扫一眼即过，他睁着眼其实并没有看见什么；有的人留恋不止，

注视良久，看了又想，想了又看，总要发现事物中的特殊之点，找出问题的最新解释。于是这个平等的发现机会在不同人的身上就会结出极不平等的结果。这也就是为什么从古以今科学门庭人来人往，攻关大军浩浩荡荡，而摘冠夺魁者总是少数伟人。原来他们一决定献身科学事业，便努力练就了一双锐利而又冷静的眼。弗莱明也正是一位这样的学者。他在孩童时代就养成一种细心的习惯。一次他随母亲到医院里探望一位病人。他问那人得了什么病，为什么会得这种病，直问得医生再也答不出来，只好说：“孩子，人们还没有详加研究的病症多着呢！”他记住了这句话，以后发誓学医，无论在战场上观察那腐烂的尸体，还是在医院里收集培养各种病菌，都要极细心地观察记录和思考。今天他发现青霉素实在是理所当然的了。

再说弗莱明发现了青霉素的抗菌作用，欣喜若狂。他又一转念，还不知这菌本身对动物和人体有无毒性。于是他赶快找来一只家兔和一只白鼠，向它们的耳朵上和腹内分别注射了滤液。还好，并无一点不良反应。他又在人的血液内混上一点青霉素，证明对白血球也无杀伤作用。于是弗莱明便挥笔将这一成果写成一篇短文，发表在1929年9月份的《英国实验病理学》杂志上。当时有人劝他就这项发现去申请制造青霉素的专利，他说：“为了我自己和我一家的尊荣富贵，而无形中危害无数人的生命，我不忍心！在我毕业之时就宣过誓，一定要以所学知识救死扶伤。医药界最可怕的莫过于贪，贪名贪利而不舍己救人无异于拿刀杀人。”他毅然将这一发现过程详细公布。

但是，正象许多重大发现一样，科学原理的发现到转化为具体应用，这中间还有许多技术难题。青霉素可以救命治病，但是靠在碟子里培养，实在太少太少了。那怕治疗了一个轻微的伤口也需要几公升的滤液。且不说造不出这样大量的药来，就是能造出来，把几公升的滤液倾注到人的血管中去，这也是不可能的。人们一时还找不到一种提取出有效成份的好办法，于是这种“神药”在医界引起一阵小小的兴奋之后，又渐渐被人遗忘了。

岁月整整过了十年，有一个从德国流亡到英国的青年化学家钱恩，他看到了十年前弗莱明发表的那篇文章，于是又开始作提纯实验。到1940年冬，他提炼出很少一点青霉素，刚够给四只老鼠注射。他先给八只老鼠注射了致死的病菌，再给其中的四只注射青霉素，结果这四只活了下来，那四只立即死去。但是钱恩提纯的药其纯度才只有0.3%。而且这种方法所需霉菌培养液极多，要提炼出能治一个恶性病人的药，就需要注满一节火车厢的菌液。所以实验还是只能在白鼠身上做，因为一只白鼠的体积只有人体的三千分之一。

到1941年，青霉素研究的接力棒又传到了一位澳大利亚人手里。他叫弗洛里，此时正在牛津大学教病理学。弗洛里想方设法在英国一家化工厂的帮助下，提炼出一小匙青霉素药粉。他估计这足够治疗一个病人了。这年冬天恰巧有人急慌慌地来请他出诊。全身也已多处溃烂，眼睛肿得已经睁不天，神志昏迷，离阎罗殿也就只差一步了。弗洛里想别无他法，只有将这一小匙药粉拿出来或许还可救命。

这弗洛里忙吩咐助手将药粉配成生理盐水，架起输液装置，药液一滴滴地渗入病人的血液中。他也顾不得吃饭睡觉，一直守候在病人身旁。24小时过去了，病情显著好转，脓疔不再恶化，病人竟睁开了眼睛。到第五天，病人已能吃东西了。家属和邻居们都高兴地拥进来，他们欢呼弗洛里带来了“神药”，亲人有救了，从此人类再不怕这种病魔。可是这时弗洛里却急得坐立

不安，他脸胀得通红，额头上滚下豆大的汗珠，大家越是高兴，他就越是手足无措。原来他那一小匙药粉已经用完。眼看着病菌又卷土重来，病人那本已放出光亮的黑眼重又闭上，脸上的脓疖重又鼓起，死神对他只松了一下手，又紧紧地将他拉走了。

病人死了，是在医生的手中眼睁睁地死去的。弗洛里捶胸顿足，他的悲痛还要胜过别人十分。是自己医术不高明吗？不是。是这种新药无效吗？不是。是这种药太少啊，它发现已经十多年了，可是总迈不出实验室的门，进不了病房。看来做医生的不能只等药，还要推动生产单位去造药。弗洛里大声疾呼，在伦敦奔走。但是这时正是第二次世界大战的紧张阶段，炮火连天，伦敦尚在生死存亡之时，有谁来投资生产这种新药呢？可是，战争不能正常生产药品，却在大量地产生伤员和病人。弗洛里眼看着一批批伤员、病人在自己面前死去，心如刀割。他知道在国内一时是得不到支持了，转念一想，大西洋彼岸的美国还未经战火灼烧，或许还可生产这种“神药”，于是便带了一名助手，毅然飘洋过海，投奔美国而去。

正是：

眼见病人辗转死，怀抱妙方无人识。

喊天不应地无声，飘洋过海觅相知。

却说弗洛里到了美国之后又少不了一番游说，为救人类于病痛，他受尽了跋涉之苦与唇舌之累。这样几经周折，一天他找到了美国农业部实验室，又力陈新药的好处和商业应用的可能。真是天无绝人之路，这个实验室发酵组的主任也是一位热心人，他立即表示支持，并组织了 25 人的研究组，就请弗洛里指导开始了实验。果然，不久他们用玉米汁培养霉菌，青霉素的产量一下提高了十倍。

这个可喜的进展对弗洛里是极大的鼓舞，他立即请求军方帮忙。办法很简单，就是飞行员外出执行任务时从各地机场抓一把土带回来。于是弗洛里的实验台上很快堆满了印度、中国、非洲、南美洲等地的泥土。他就从这些土中分离菌种，青霉素的产量从每立方厘米两单位。一下子提高到 40 单位。真是翻过高山见平川，难关一过，顺利的事就接踵而来。一日弗洛里高兴，下班之后在实验室大门外的街上散步。他见路边水果店里西瓜满架，想这几日工作很有进展，何不买几个西瓜慰劳一下同事们，便步入店内。他正要举手点瓜，忽见柜台上有一只挤破的西瓜，有几处瓜皮溃烂，上面长了一层绿色的霉。他忽然对售货员说：“就要这一只。”

“先生，那是我们刚选出的坏瓜，正准备扔掉呢？”

“那就请您送给我吧。”

弗洛里捧着这颗烂西瓜回到实验室里，他小心地取下一点绿霉，培养出菌种。想不到从这里得来的青霉素又从每立方厘米 40 单位猛增到 200 单位。青霉素的产量从此猛增，到 1944 年美国已有 2,000 所青霉素仓库。战后，这种曾是极贵重、极神秘的药已经能在药店里随意购到了。而弗莱明、钱恩和弗洛里三人因为这项伟大的功绩同时被授予 1945 年度的诺贝尔生物及医学奖金。这是后话。

还说弗洛里在美国两年终于将青霉素从实验室推广到了病房，虽冒着风浪，远渡重洋，但有此收获也算不虚此行。他还一直惦记着在英国的研究工作，大事办完便收拾行装准备回国。这时美国科学研究院的医科主任听说弗洛里要走，便特邀他去叙谈。因为这位主任近几年主要研究医治枪伤、烧伤、

实得力于弗洛里的青霉素。两人坐定，主任说道：“大战中我们科学研究生产了一种最厉害的杀人武器，又研究生产了一种最有效的救命良药。前者是原子弹，后者是青霉素。先生您真可与爱因斯坦比美了。”

弗洛里说：“这万万不敢，而且青霉素也不是我首先发现的。但作为一个生理和医学工作者，我要大声呼吁，科学除了研究自然现象外，实在也该将注意力对准我们人体自身。这里面还有许多的谜远没有被解开呢。”

到底人们怎样揭开自身的谜，且听下回分解。

第六十八回：
严师长声色俱厉教学子慈老翁语重心长勉后人
——条件反射学说的创立

上回说到弗洛里为了推广一种药，远渡重洋四处奔波。他面对这个烽烟四起，战事不休的世界，发出一声关心世人的长叹。而有一位伟人正是以此为己任的。这便是苏联生理学家巴甫洛夫（1849—1936）。

巴甫洛夫 1849 年 9 月 27 日生于俄国中部的梁赞城。父亲是一个穷神甫。母亲常外出给人家帮佣。家境十分贫寒。兄弟姐妹十人，他是老大。在这样困苦的条件下，他父亲坚持让儿子读书，并告诉他读书最要紧的是认真，一本书要读两遍，努力理解其中的思想内容。巴甫洛夫谨记父训，从小就刻苦认真，肯动脑筋。一次，他随父亲到一个农家去，替一个危重病人做临终祈祷。在回来的路上，小巴甫洛夫想起刚才病人痛苦的样子，便忧伤地问道：“爸爸，你救不了她的命？”

“这种病是无法治好的，但愿我刚才的祈祷能救了她的灵魂。”

从此，他就暗下决心，将来“要弄清人的构造，帮助人们成为健康、聪明、幸福的人。首先是考进彼得堡大学博物科，学了几年生理。但到大学毕业时，他对自己掌握的这一点知识很不满足，便写信给父亲说：“这个世界上冤死于疾病的人太多了，实在是人类的一大憾事。虽然我明年即可大学毕业，但我现在正跟教授们商量，可否准许我放弃自然科学的学习，转入医学院从头学起。”

母校的医学院嫌他年龄大，不肯录取，他便进了军医学校。他从军医学校毕业时已 34 岁，因成绩优异留校从事研究。一次，他写了一篇文章，发表在新医药杂志上。一位德国生理学权威看到这篇文章后大呼：“真是一位天才！”便托杂志社给他转去一笔路费，请他到德国合作。1889 年，巴甫洛夫已 40 岁，便启程来到柏林。这时，原来曾拒绝他入学的母校医学院方知道他是一匹千里马，于是再三电邀他回国。数年后他又回到彼得堡大学任实验医药学院生理研究所主任。

巴甫洛夫一生的研究有三个阶段，先是血液循环系统和消化系统，后来又研究神经系统。

1904 年，巴甫洛夫因为对消化系统的研究成果而获得诺贝尔奖金。这年他已 53 岁，就是这一荣誉也足够他享用终生了。但是他突然提出一个小小的题目：唾液是怎样流出来的？他的朋友听说这一决定后专门跑来劝他：“你这个老头子不是发疯了吧？以你这位刚获得诺贝尔奖金的伟大生理学家，却搞这样司空见惯的实验，只怕不但不能出新成果，还给人家空留下笑柄。”

巴甫洛夫微微一笑说：“一片树叶虽小，却要靠树根、树身给他输送养分。难道这一滴唾液不会牵动人的全身吗？而其中的秘密又有谁知呢？”

巴甫洛夫是一个治学极严又雷厉风行的人，他说干就干，立即和助手们布置起一个实验室。他将一条狗捉来，在它的颊部开一个小孔。狗嘴里本有六条唾腺分泌唾液，这个孔只将一条唾腺的唾液引到外面来，有一个专门的仪器来准确地计算唾液的滴数。这只狗被关在一间没有声音的房子里，这种手术也不使它有什么痛苦，因此他可以照常生活，进食，睡觉。当食物在嘴里嚼动时，它就分泌唾液，只不过其中有六分之一没有流到胃里，而流到下巴边的管子里。

这一切布置好后，巴甫洛夫把助手们召集来。他每次做实验前都要向助手和学生讲清原理及操作过程。他的实验室规矩极严，墙上写着“细心观察”几个大字，地上干净得不许有一张纸片。实验一开始，这里的气氛严肃得不亚于一个军事指挥所。这时助手们都穿着白色工作衣，聚精会神地听他说话：

“动物怎样支配自己的活动？我们现在还不清楚。有一种观点，说是灵魂在起作用，这就更玄了。以往的生理学家做了许多解剖，也探明不少问题，但他们解剖的是已停止了生命的动物，所以无法观察动物生命的运动。我们现在这套实验，就是让狗既能正常进食，又能观察到它的唾液分泌。”

“老师，吃东西就要分泌唾液，这不是早已观察过多少次的吗？”

“对。但是我们今天只观察狗吃东西时怎样分泌唾液，还要观察它不吃时能不能分泌，或在怎样条件下分泌。如果能，这就不只是一个吃的问题，而是什么地方指挥狗的唾腺到时就分泌唾液。就是说，我们是通过狗的唾液来研究一下它的脑子，看看它的神经是怎样活动的。”

啊，原来如此。巴甫洛夫是想举一反三，通过几点唾液来探测神经活动的奥秘。

他们先是一攒响铃铛就开始给狗喂食物，这样配合了几十次后，只要铃铛一响，即使不喂食物，狗也分泌唾液。后来他们又改成电灯一亮就喂食物，接着又换了其他多种信号。但无论哪一种信号，只要重复配合几十次，就都能得到同样的效果。这种信号刺激的准确度实在令人难以置信。就是我们耳朵根本不能区别的振动数每秒 500 次和每秒 498 次的音，只要与前者同时喂食数十次，那么狗也能在听到前一种声音的情况下分泌唾液，而在听到后者时绝不分泌。这就很可以理解，为什么一只狗，当我们刚一举起棍子，或突然蹲下做个摸石头的动作时，它就会机灵地逃避。就是说，动物的每一个微小的器官都是由大脑和神经把它们联系在一起，外部世界对动物有什么刺激，神经和大脑就会作出反应，再重复刺激，以后一遇到相同的条件，就立即有相同的反应。巴甫洛夫将这称为“条件反射”。如果没有这种条件反射能力，动物和人将不能生存。不过人和动物又有不同。动物只会根据具体的条件反射，而人还可以根据语言来反射，这叫“第一信号系统”和“第二信号系统”。

1927 年巴甫洛夫公布了他的研究成果，使全世界都为之震惊。人被灵魂支配的学说被彻底击垮了。身体的活动是肌肉的运动，意识的精神活动原来也是作为物质的大脑产生的，这是唯物论的一个最好的例证。第二年，1928 年，正好是生理学家哈维诞生 350 周年，巴甫洛夫应邀参加在伦敦举行的纪念活动，各国学者都向他欢呼，称为哈维再世。

各位读者，这“条件反射”作为一个科学的原理是巴甫洛夫第一个发现和提出的，但是我们平时早就在不自觉地运用它了。据说曹操一次带兵打仗，将士行军艰难，正赶上日午，口干舌燥，但附近又无水源。忽然曹操将马鞭一举说：“前面好大一片梅林！”人们闻言嘴里不由分泌出口水，其实并没有什么梅林。但这一条件反射倒真止了一点渴。还有一个故事说的是清朝时有个地主，每当他骑驴出门就让路上的穷人给他弯腰行礼。当时还是孩子的郑板桥气愤不过，忽生一法。他乘地主不在，就用一根柳条对那毛驴猛抽，抽几下，对驴行一个礼。然后又抽几下。这样，这头毛驴再驮着地主出门时，一见有人行礼便一惊，把主人摔落在地。如是几次，地主骑驴出门时便再也不敢让人给他行礼了。那曹操和郑板桥各比巴甫洛夫早 1600 多年和 150 多

年，却也能如此熟练地运用条件反射。这是一段闲话。

再说巴甫洛夫所以能发现“条件反射”原理，实得力于他的认真。他是一位一丝不苟的学者，平时实验用的狗，他都要亲自喂食。他就是随便写一张便条，别人猛一看还以为是印刷的。他对学生和助手极诚恳，但又要求极严，决不饶恕他们的哪怕是最微小的一点疏忽。一天，巴甫洛夫正指导学生做狗的唾液分泌实验，他的助手因为专心听讲，没有记录下唾液腺分泌的两滴唾液。巴甫洛夫讲完话后查看记录本，便一把将本子摔在地上：“见鬼，你刚才干什么去了？你的职责是什么？你要是对这个专业有兴趣，那就请劳你的大驾，从头到尾自己动手，用你自己的手和眼？这是我们的最高原则。如果你连这一点也做不到，又想得到知识，却又不想认真吃苦，那就请走你的路吧！”

这个学生一直被训得满面通红，脖颈流汗。他想这回完了，好不容易进了这个全世界生理学界都瞩目的实验室，可是就要被辞退了。但到了晚上，他却接到一张便条，上面写着：“不要妨碍事业，明天请来做实验。”凡是跟随巴甫洛夫工作过的人，都受过这样严格的训练，所以他的实验室提出的报告，从来是无懈可击。有整整五十年，人们竟找不出他们的一项数据错误。

各位读者，科学就是要求得世界的真实面目。由于自然现象的纷繁复杂，由于我们的知识和观察手段在一定阶段的限制，我们对世界本来面目的认识总有一定的误差。科学的任务就是不断克服这种误差，弄清真相，逼近真理。为此达尔文才甘冒风浪之险，环球五年，去觅物种起源的根据；为此居里夫人才不避烟火。练镭八年，去寻放射性的踪迹；为此，赫歇尔才不惮其苦地观察记录了10万多颗恒星，终于弄清了银河系的结构；为此卢瑟福才不厌其烦地分析了25,000张基本粒子的照片，终于从6张片子中找到了人工转变元素的根据。人们为对付自然假象的蒙蔽，克服主观与客观间的误差，最有效的武器莫过于“认真”二字。所以在知识学习和科学研究中最不能原谅的就是“马虎”一词。试想，科学的任务本就是克服主观与客观间的误差，而我们自己在工作中却又制造误差，容忍误差，这岂不是自己欺骗自己？所以一切老实的，希望有作为的科学家，无不把“认真”二字刻在额头上，有了这件法宝，那就无论什么难题也要退避三舍了。

正是：

自然本是一座城，街巷门牌甚分明。

细心辨认都是路，马马虎虎行不通。

巴甫洛夫对工作要求极严，对自己也有极严格的规定。他每天总是上午九点开始工作，下午六点离开实验室，中间有一个半小时的午餐。到七十岁后，他的工作时间改为上午十点到下午五点。他每天来和去都连一分钟也不差。下午六点一到就回家吃饭，饭后玩一会牌，七时到九时睡觉，绝不会客，家里的电话筒也拿下来。九时到十一时会客，吃茶点，十一时后工作到两点再睡觉。

巴甫洛夫就这样象一个时钟一样有规律有节奏的工作、研究、休息。1936年新年刚过，2月27日，他突然病倒，一阵昏迷之后，脉搏跳到每分钟150次。他吩咐把神经病理学教授尼琪琴请来。这位老人很安详地说：“我研究了一辈子生理，看懂了一些生理规律，但并不能阻止和改变它。自然规律是不可抗拒的。我知道自己将不久于人世。我唯一挂念的是国家的科学事业，是下一代的年轻科学工作者。我已拟好一篇遗嘱，请您再为我读一遍，看还

有无需要修改之处。”

尼琪琴教授含泪轻诵道：

“我对于我国献身科学的青年的愿望是什么呢？”

第一点、最重要的，是连续性。

我每次谈起这个有效的研究工作的必要条件，不能不感到心情上的激动。连续性，连续性，最后还是连续性！

从工作开头起，在知识的积聚上，必须训练自己严格的连续性。

为达到科学的顶峰，你必须先从它的初步着手。当你还没有把前面弄清楚的时候，切不要急于往前进。切不要用大胆的猜度和臆测来掩饰自己知识上的缺陷。肥皂泡的美丽色彩，虽足使你眩目，但迟早终要破裂，到那时除了怅惘以外，你什么也得不到。

你必须学习涵养和忍耐。在研究科学的时候，决不能怕用苦功——研究事实，对比事实，还要搜集事实。

试看鸟的翅膀，如果没有空气的支持，就不能使鸟体飞起来。事实就是科学家的空气。如果没有事实，你们就不能飞起。同样，如果没有事实，你们的理论都是白费的。

但是在研究和实验的时候，又不能停留在事实的表面上，不要仅仅作一个事实的保管者，你必须彻底阐明事实根源的秘密，并且还要寻求支配事实的规律。

第二点、是虚心。

你绝对不要以为你自己已经知道了一切。无论人家怎样器重你，你时时要自认无知识的勇气。

切不要使骄傲占有了你。因为如果这样，当你应该同意的时候，你就要执拗了，你将要拒绝别人的忠告和友谊的帮助，并且你将失掉你的客观见解。

在我指导的集体里面，一切都靠着合作气氛的支持。我们大家都趋向一个目标，每个人尽自己的能力来推动这共同的事业。在我们中间往往难于分出那些是你的工作，那些是我的。但这样的做法对于我们共同的工作是只有益处没有害处了。

第三点、是热情。

你应记着，科学是需要我们终身努力的，假定你有两倍的寿命，仍旧是不够用的。科学是需要人们最大的努力和热情的。当你工作和研究的时候，必须具有强烈的热情！”

尼琪琴读罢这位先辈诚挚的嘱托，泪珠早已挂在腮边，周围的人也都沉默不语。在场的有许多学生和助手，过去不知挨过这位老人的多少次训斥，他们多么希望再跟随他做一次实验，再听听他那严厉的声音。但是，不可能了。老人现在声音已很微弱而且变得格外慈祥。他听罢遗嘱，平静地说道：“好，就照这个样子发表吧。我还有两句话要说。一是自从我生病以来，我就在把自己作为研究对象，也整理了几篇论文，你们可以拿去作资料，这是一个病人兼医生的第一手材料，或许有参考价值。这次昏迷之后，我自己觉得我的脑子肿胀，脑壁加厚了。我给照顾我的住院医生说过，他们不信。尼琪琴先生，您是搞神经病理学的，我死后请您负责对我做病理解剖，验证一下我的判断。还有一件事，我在病中想到，我所以能活到85岁，身体一直健康，大概有三个原因：一是我从不沾烟酒；二是我一生的生活极有规律；三是我父母的身体很好，可能有遗传因素。这些都供你们探讨怎样让人们活得

更健康、长寿时参考 特别是遗传问题 ,还是一个很大的谜 ,值得我们搞生物、生理的科学家多下点功夫。 ”

老人越说声音越小 ,他为生理科学奋斗了一生 ,但还是觉得有许多事未干完 ,想尽量将自己的身体和自己的经验全都贡献出来。在场的人只有含泪点头 ,他们这一群医学、生理学专家恨自己没有回天之力 ,不能再挽留自己敬爱的师长 ,在人世上多停一刻。

巴甫洛夫平静地说完这许多话后 ,便幸福地闭上双眼。他可以安息了 ,他为人类的健康幸福 ,已经付出了足够的劳动。

到底巴甫洛夫留下的话别人怎样去实现 ,且听下回分解。

第六十九回：
黄豌豆绿豌豆孟德尔详察父和子红果蝇白果蝇摩尔根细究雌与雄
——遗传学说的创立

上回说到巴甫洛夫临终时提到遗传问题。欲说清此事，我们还得先退回半个世纪，从遗传学的奠基人孟德尔（1822—1884）讲起。

凡一个伟人，在其成名之后，总可以从他长成的过程中寻找到一点成功的因素。若也用这个道理来分析孟德尔的少年时代，那么可用两个字来概括，一是“美”，二是“苦”。

孟德尔出生于奥地利一个叫海因申多夫的乡村，这里森林被野，鲜花遮径，气候湿润温和，有“多瑙河之花”的美名。孟德尔的父亲在家乡务农，也很留心于园艺。孟德尔从小就受这样一个极美的自然环境的熏陶对植物的生长、开花极感兴趣。他经常想：为什么不同的植物会开不同的花，结不同的果？而海因申多夫庄园的女主人瓦德堡伯爵夫人也是一个热心科学事业的人，她坚持在本地学校中增加了一门《自然》课，这对孟德尔实在是一大幸事。但是，孟德尔在这样美的自然环境里却过着很清苦的生活。他小学毕业后进了附近的中学，父母供不起他的一日三餐，他半饥半饱地读了六年，虽勉强毕业，身体却大伤元气，经常闹病。虽然他在学校成绩极好，人又聪明，但他明白，家里是无论如何再供不起他上大学了。

恰在这时父亲在一次砍树时被砸伤，再无力气种地，便索性将地卖掉，将钱分给孟德尔和他的姐姐泰妮莎。泰妮莎的这份钱是准备作嫁妆的，但是她看到弟弟聪明好学，便说：“不要因为缺钱耽误了你的前程，你把我这份钱拿去读书吧。”孟德尔就靠着这点钱，又半饥半饱地读了四年大学。正象在小学阶段时多亏有一个热爱自己的伯爵夫人一样，在大学里孟德尔又遇见一个好的数学老师——富克思博士。这一段打下的数学期，竟是他以后在生物学上有所发现的关键。

大学毕业时，吃尽了生活之苦的孟德尔决心要找一个再不为糊口而操心的行业，以便能安心做学问。他去请教老师，老师说：“要是这样的话，你最好去当修士。”于是，1843年10月9日，孟德尔进了设在鄂尔特伯伦的修道院。说来也巧，在孟德尔来这里之前，修道院里就有一名叫萨勒的神甫极喜好植物。他主持在院里开辟了一个很大的植物园，花草树木一片葱茏，就和孟德尔小时候所在的庄园一般可爱。但是这萨勒有一样坏毛病，就是极爱喝酒，常常在镇上酒店里深夜不归。院长觉得这有损修道院的名声，便在一天晚上等在院门口，见他摇摇晃晃地走来，便大喝一声：“好大胆的萨勒，你这付样子还配做一名神甫吗？”这萨勒还沉迷在酒后的心荡神摇之中，一听这话，便向院长鞠了一躬说：“主啊，我是不配进你这个门了！”说罢竟扬长而去，再不归来。他这一去不归，倒给孟德尔留下了一个园子，留下一块好的实验基地。

各位读者，关于遗传问题在孟德尔之前早有许多生物学家众说纷坛，各抒己见了，但是都没有实验根据。许多国家的科学院还专门为此特设悬赏奖金。到孟德尔着手这一问题时，达尔文已就物种起源做了较透彻地研究，但是他未能回答生物进化中遗传与变异的具体数据。于是孟德尔就决心站在达尔文的肩膀上，开始更上一层楼。

现在孟德尔有了修道院这个“铁饭碗”，再也不用为吃穿发愁，又有了萨

勒留下的一座好园子，万事俱备，就只等他一展抱负了。

他仔细分析了他的前辈们的工作，发现他们一是没有抽出生物的主要性状来研究，许多现象混杂在一起，很难分清遗传的脉络；二是大多局限于个体观察。这样偶然性很大，差异很大，难以概括出规律。于是，孟德尔就选了豌豆来做他的实验材料，因为这种植物是自花授粉。不怕外界的干扰。他在窗后园子里专辟了一块地，从种子商人那里收集了 32 个品系的豌豆，仔细种植，提纯，最后选出 22 种。各位读者，你道这 22 种豌豆是什么样子，其他次要的特征不说，你只要往地里一站就能看出它们有七对正好对应又截然不同的性状，这就是种子有圆有皱；叶子有黄有绿；种皮有灰有白；豆荚有饱有瘪：荚皮有绿有黄；花位有腋生顶生；茎杆有高有低。虽说是豌豆长在地里，可是倒象摆在商店里的货色一样，这般齐全又这般巧合。说来容易，要知孟德尔为选出这些性状明显的品种已经整整费了七年心血，寒来暑往，其间辛苦自不必说了。但是，这才只是准备好了实验材料。

现在孟德尔认为品种已经很纯，实验可以开始了。于是他就按照对应品种——杂交，抛开其他特征，先观察最主要的性状，看它们的杂交一代（F₁）与父母到底有什么不同。谁知这新长出来的子一代，只清一色的继承父母之中一方的特性。比如高株和矮株杂交，所得全是高株；灰色和白色杂交，所得全是灰色。孟德尔把高、灰等这类保留下来的特征叫做“显性”，矮、白等叫做“隐性”，这些性状被隐去了。但是他没有灰心，第二年又用上年得到的杂交子一代（F₁）进行自交（F₁ × F₁），所得的种子再播种，产生子二代（F₂）。这一下奇怪的现象又出现了，和子一代的清一色不同，子二代不但有显性性状，而且曾经消失了的隐性性状又出现了。孟德尔一口气又种了 278 个杂交组合，授粉之后他给豌豆套上布袋，小心地观察记录。这样又经过几年的种了收，收了种，从花色上杂交对比，从种籽上杂交对比等等，翻来复去地排列组合。现在他这间修士住的小屋里除了圣经之外，架子上已堆满了许多小布口袋，里面囊囊全是豌豆，上面还标着 F₁、F₂；高、矮、黄、绿等，只有他自己才能看懂的字和符号。

1865 年，新年刚过，这天孟德尔又坐在桌子旁。他将圣经推到一边，顺手拾起一个种籽口袋，沉甸甸的，心头一阵欢喜，忽然想起自己和这些圆滚滚的小家伙打交道不觉已有十年。再看看架子上那些小布袋，还有那厚厚的一本本观察记录，觉得资料已经不少，也该分析整理一下了。

各位读者，我们前面说过孟德尔在上大学时曾得到一位数学教授的指导，所以他与别的搞生物的人不同，除了勤于观察之外，还特别留心数据对比分析。现在他将记录本搬开，将十年所得的数据抄在一张纸上，反来倒去地演算。不一会他就列出这样一张表来：

性状显性植株数 隐性植株数 F₂ 一代的显隐比例

种子的形状 5, 474 (圆) 1, 850 (皱) 2.96 1

子叶的颜色 6, 022 (黄) 2, 001 (绿) 3.01 1

种皮的颜色 705 (灰) 224 (白) 3.15 1

豆荚的形状 882 (膨大) 299 (皱缩) 2.95 1

未熟豆荚的颜色 428 (绿) 152 (黄) 2.82 1

花的位置 651 (叶腋) 207 (顶端) 3.14 1

茎的高度 787 (高) 277 (矮) 2.84 1

孟德尔仔细分析了表的最后一列，发现不管前面两列数字多么不同，但

在这一列中比例却都近似于 3 : 1，他不觉高兴地大喊一声：“秘密原来在这里！”从这些数字中孟德尔看到隐性性状并没有消失，它还是传下来了。他假设，每个生物细胞中都有控制性状的因子（我们今天叫基因），因子在细胞中是成对的，到了受精时，精子与卵子就各带一个因子，又结合成一对新的因子。这就是生物遗传的分离定律，即遗传学第一定律。

这就可以清楚地说明，在子一代时，隐性因子与显性因子结合，它就掩盖，所以全表现为显性（如高茎）。但是掩盖并不一定消失，到子二代时，就可能出现纯显性因子结合、显隐性因子结合及纯隐性因子结合三种情况，它在比例上是 1 : 2 : 1，但显、隐结合时外表仍是显性，所以显、隐的总比例就是 3 : 1。再往下繁殖一代时，显、隐结合的那一部分（即“2”）又可分成 1 : 2 : 1，这样显性、隐性的遗传就会准确无误地永远传下去。这就说明，为什么高个子的父亲和低个子的母亲所生的孩子，不一定是他们的平均高度。否则，全世界的早就是一样的高了。

一对性状杂交的子二代是 3 : 1，要是两对性状呢？比如黄色圆形种子和绿色皱皮种子，它们的子二代是什么样子呢？这就有四种情况：黄色圆形、黄色皱皮、绿色圆形、绿色皱皮，比例为 9 : 3 : 3 : 1，纯显、隐性遗传是 32 : 12。要是三对性状呢，正好是 33 : 13，依此类推。就是说，这些性状都会参加组合，进行遗传。这样孟德尔又得出一条自由组合定律，即遗传第二定律。

各位读者，故事说到这里，您也许会想起这套书第 23 回曾讲到一个人，他的研究方法跟孟德尔多么相似。那就是开普勒，他也是将多年测得的行星运行数据这样列表推算，从最后两列中发现了其中的规律，从而确立了开普勒定律。这说明科学研究除了观察、实验之外还要善于运用数学统计分析。许多规律和发现不是直接用手摸着的，而用笔、用计算机算出来的。读者诸君中也许有正在中学读书就学的，千万不敢看轻了数学的学习，现在看来枯燥的数字、字母，将来都是治学的得力武器，请大家记住马克思的这句名言：“一种科学只有成功地运用数学时，才算达到了真正完善的地步。”

再说孟德尔发现了遗传规律后，1865 年正好在布隆城召开一个奥地利自然科学会议，他就兴冲冲地到会宣布了这一成果，但是台下的人没有一人能听懂他在说什么。第二年，他又写了一篇论文，公开发表，还把这篇论文分送到欧洲的 120 个图书馆里去，但是谁也没有注意这篇文章。孟德尔还是在园子里安静地摆弄那些花草、蜜蜂，他对自己的朋友尼斯尔说：“让那些论文先睡上几十年觉吧，我相信，承认我的一天终将到来。”

没有人理孟德尔的论文，倒不是大家有什么偏见，因为他超越时代实在太远了。“超前性”是任何伟大理论的共同特点。麦克斯韦 1864 年发表电磁理论，1888 赫兹才证实电磁波的存在，他超前了 24 年；门捷列夫 1869 年发表元素周期律，1875 年布瓦博朗德发现镓，才证实了周期律，他超前了六年，爱因斯坦 1905 年提出质能互变 $E=mc^2$ ，1945 年第一颗原子弹爆炸，他超前了 40 年。当孟德尔在 1866 年发表遗传定律时，他奇怪为什么没有人响应，但是他不知道，他的理论比实践超前了 34 年。只有等人们对微观细胞有了进一步的研究后才可能验证他的理论。

果然，这一天来到了。1900 年春天荷兰的德弗里斯、德国的柯伦斯和奥地利的丘歇马克都各自独立地通过实验得出如我们叙述过的那种遗传规律的结论。但是当他们在发表论文前查阅文献资料时，又都同时发表孟德尔早已有言在先。孟德尔的论文在图书馆里被尘土封埋了 34 年后又戏剧性地被重新

发现了。

孟德尔理论的重新被重视，还得感谢细胞学说的进步。原来 1879 年德国生物学家弗莱明发现了一种办法，用碱性染料可以把细胞核内的微粒状物质染成黄色，而且再不会退色。有了这个标记，观察起来就十分方便。弗莱明发现这些微粒称变成丝状这细丝再断裂成数目相同的两半，一个细胞就变成了两个，细胞原来是这样分裂的。1880 年德国生物学家就把这种能染上色的微粒叫做“染色体”，就是我们现在常说的这个名词。1900 年孟德尔学说重新发现不久，过了四年，美国细胞学家萨顿突然想到，孟德尔说遗传因子成双成对，我们细胞学界说染色体成对成双，这两个怕就是一回事吧？渐渐的遗传规律就要到细胞内部来寻找根据了。

这时在美国有一个生物学家叫摩尔根，（1866—1945）他有间奇怪的实验室，里面只有几张旧桌子和几千只瓶子。就靠这些瓶子，他培养了几万只果蝇。这东西繁殖率高，生活史短，便于观察。摩尔根本是不相信孟德尔学说的，但是 1910 年的一天，他偶然发现许多红眼果蝇中出现了一只白眼果蝇。他出于好奇，便想：我何不也做一次杂交试验。他让红白眼果蝇杂交，结果，子一代全是红眼，显然红对白来说表现为显性，正合孟德尔的豌豆试验。他不觉暗吃一惊。他又使子一代交配，子二代中的红白眼比例正好是 3 : 1，这下摩尔根对孟德尔五体投地了。

摩尔根决心沿着这条线索追下去，看看动物是怎样遗传的。他进一步观察，发现子二代的白眼蝇全是雄性。这说明性状（白）和性别（雄）的因子（后来叫基因）是“连锁”在一起的。而细胞分裂时，染色体先由一变二，可见能够遗传性状、性别的基因就在染色体上，通过细胞分裂一代代地传了下去，染色体就是基因的载体。摩尔根和他的学生真的还推算出各种基因在染色体上的位置，并画出一张果蝇的染色体位置图。

摩尔根的染色体理论成功地解释了性别遗传。原来，性细胞，即精子和卵子，除可先一分为二，变成成倍的新细胞外，它还可以“减数分裂”。就是本来细胞中含有 46 个染色体，结果分裂后只剩 23 个。这样两个精子和卵子结合，又成为一个有 46 个染色体的新细胞了，这就是新的生命。男女双方的 23 个染色体有 22 个是普通染色体，只有一个是决定性别的。这一个在女性一方都是 X 染色体，在男性一方则有可能是 X 也可能是 y。精子与卵子结合时，如果双方都含 X 染色体，则生女孩，如果 X 卵子碰到一个 y 精子则生男孩。这个谜到摩尔根这里才终于揭破了。于是他终于创立了著名的基因学说，并获得了 1933 年的诺贝尔生理学及医学奖金。

各位读者，遗传学的规律自孟德尔到摩尔根，其间过了四十多年才逐渐摸清。先是由孟德尔提出一个遗传因子的假说，然后由后人一步步验证，再提出新的假说，再验证，科学就这样向前发展了。恩格斯有一段话专门谈这种研究方法。他说：“只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假说。一个新的事实被观察到了，它使得过去用来说明和它同类的事实的方式不中用了。从这一瞬间，就需要新的说明方式了——它最初仅仅以有限数量的事实和观察为基础。进一步的观察材料会使这些假说纯化，取消一些，修正一些，直到最后纯粹地构成定律。如果要等待构成定律的材料纯化起来，那么这就是在此以前要把运用思维的研究停下来，而定律也就永远不会出现。”

遗传是由基因决定的，那么基因又是由什么构成的呢？生物学还有待向更微观的领域开拓。

孟德尔的假说被证实了，摩尔根接着又向后人提出一个假说，他在自己的名著《基因论》的末尾说道：“我仍然很难放弃这个可爱的假设：就是基因之所以稳定，是因为它代表着一个有机的化学实体。”

这个假设是否能够成立，且听下回分解。

第七十回：
破密码遗传谜底终揭晓大溶合科学深处无疆界
——生命科学的发展

上回说到摩尔根在他的《基因论》一书的末尾预言了基因是化学实体的假设。但是摩尔根总是念念不忘他的老本行——胚胎发育学，他作此预言之后就离开对细胞遗传学的研究而重操旧业去了。

这科学的研究总是从现象到本质，从宏观到微观，就如那物理从牛顿探讨天体运行，直到卢瑟福打碎原子，这生物学自从达尔文创立进化论，孟德尔、摩尔根发现遗传规律之后，又渐渐追根到细胞内，进而又研究细胞核的结构。就如物理学进入核物理阶段一样，生物学也进到了一个新阶段——分子生物学，它要对生物细胞的分子结构进行探索，从而来破基因之谜。

其实在摩尔根之前就有人在作这样的探索，不过当时未能引起人们的注意。1869年，瑞典人米歇尔发现细胞核主要由含磷物质构成，20年后人们发现这种物质是强酸，便称为核酸。德国人科赛尔将核酸水解，又发现它含有三种成分：核糖、磷酸和有机碱。而有机碱又含有四种成分：胸腺嘧啶(T)、胞嘧啶(C)、腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)。这名字有点别扭，我们只要记住那个字母就行，下面还会有用。这细胞核真象一个竹笋，到此为止已被剥掉好几层皮了。

但科赛尔的学生美国化学家莱文接过竹笋又剥了一层，他发现核酸里的糖比普通糖少一个碳原子，就叫它核糖。他又发现有些核糖少一个氧原子，就命为脱氧核糖。这样，核酸就有了两种：核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA)。好，现在笋皮已经剥光，下一步且看摩尔根的继承者怎样在这个DNA上作文章。

科学发展到二十世纪，和十九世纪以前相比，其研究方式已有了明显的不同。一是，一个课题很难由本学科单独完成，出现了多学科交叉。比如原子核的裂变便需要许多费米、哈恩一流的物理学家、化学家共同参予才能发现。二是，一个难题由一个科学家单独解决越来越不可能，需要有庞大的实验室、研究中心，要有许多科学家的通力协作才能完成。这个DNA就在这样的时刻被托到解剖台上，而首先举起解剖刀的却是几个物理学家。

三十年代中期，正是玻尔领导的哥本哈根学派在与爱因斯坦大论战，他们新创立的量子力学正蓬勃向上。这批物理学家不满足于只用物理现象来解释自己的理论，探索的触角又向生物学伸来。

话说1932年夏天，哥本哈根正在召开一个国际光疗会议。作为物理学家的玻尔不怕人说班门弄斧，竟到会到各国医学家、生物学家面前作了一个《光与生命》的演讲。他别出机杼，没有就生物论生物，而是从量子力学出发，大谈物理与生物的互补原理，使在场的许多专家听得茅塞顿开，又如久坐密室忽然打开窗户，吹进一股清新的凉风。单说这时在台下有一位叫德尔布吕克(1906—1981)的青年。他虽然才26岁，但正是一位原子物理学家。德尔布吕克本是德国人，曾就读于著名的哥廷根大学，这时正在丹麦玻尔的实验室里工作。当时他听了玻尔的讲话，忽然觉得和物理学相比生物学的微观世界还远没有被人涉足，而物理学的一些研究方法和原理正可以用于这门新学科。生理现象是比物理现象复杂，这原因就是它是生命的体现，而生命之谜正在遗传，这是一个多么诱人的题目。于是，德尔布吕克暗下决心，改弦更

张，由物理转入生物学研究。

这次大会不久，欧洲大陆战云密布，科学家们纷纷避难美国，前面我们说到玻尔也去美国参加研究原子弹去了。他的学生德尔布吕克也到了美国，但是他并没有参加曼哈顿工程，而是一头扎到摩尔根的研究基地—加利福尼亚理工学院。这时他看到实验室里在使用一种“噬菌体”做细菌和病毒研究的材料。这噬菌体是一种病毒，它的结构简单得出奇。它有一个六角形的头，头部中心含有 DNA，头部后面拖着一条尾巴，尾巴稍上又有六根尾丝。当噬菌体感染细菌时，先用六根尾丝牢牢地粘附在细菌壁上。这时它的尾部放出一种酶，把细菌的细胞壁溶解开一个洞，然后就可钻入。噬菌体与其他生物的细胞染色体的基因有一样的物理、化学属性，但是它又极简单，就是一层蛋白质外壳包了一级基因。而且它繁殖得很快，侵入大肠杆菌内后，只要 20 分钟就可繁殖数百个后代。德尔布吕克见到这东西心中不觉一喜。选择最简单而又典型的对象来研究，不是物理学中常用的方法吗？要研究自由落体规律，就用一枚石子；要研究原子结构就先从只有一个质子、一个电子的氢原子入手。现在要研究基因，何不就从这个噬菌体身上突破呢？噬菌体头部含有 DNA，其他部分都是蛋白质，现在的问题是要区分它进入大肠杆菌后是靠那一部分遗传繁殖的。好个搞原子物理的德尔布吕克，他立即从物理学的武库里借来了放射性同位素标记示。和生物学家赫尔希等人设计了一个极妙的试验。

原来 DNA 中只存在磷，不存在硫，而蛋白蛋中大多是硫，只有极少的磷。于是他们用放射性磷（ ^{32}P ）和放射性硫（ ^{35}S ）来分别给 DNA 和蛋白质作了记号。然后用作了记号的噬菌体去感染大肠杆菌。带有放射性的噬菌体就象背了一个发报机一样，人们随时可以接收到它发回的信号，掌握其行踪。果然，这一着很灵。他们发现，当噬菌体侵入细菌内部时是将身体外壳留在细胞壁外，而将 DNA 渗入细胞内，这通过记录到的 ^{32}P 和 ^{35}S 就可以分得一清二楚。确实是只有 DNA 进入大肠杆菌内。但是 20 分钟后生成的噬菌体仍和原来一模一样，这就再清楚不过地证明只有 DNA 才是真正的遗传物质，执行遗传任务的并不是蛋白质。德尔布吕克因这个发现而获得 1969 年诺贝尔医学和生理学奖。他半路出家，善借他山之石，终于有此殊勋，被后人尊称为“分子生物学之父”。

DNA 就是遗传物质，那么它是一个什么样的结构，怎样实现遗传的呢？这个生物学中的大难题却又是一个物理学家首先来作答案。读者还记得，1900 年这个年头发生了两件事，一是孟德尔遗传学说被重新发现，二是普朗克创立量子概念。想不到 40 多年后这两条各不相干的河却流到了一起。1944 年量子力学家薛定谔写了一本研究生物学的书《生命是什么？》。他指出遗传物质可能是由基本粒子连接起来的非周期结晶。它就象电报中的电码，通过“·”和“—”组合成一种密码，这种生命的密码被复制，传给后代，这就是遗传。真是无独有偶，薛定谔这本书和玻尔的那篇演讲同样出手不凡，很快成为名著广为流传。在为这本书所激动的许多读者中也有一位青年物理学家叫克里克（1916—），他本毕业于伦敦大学曾专攻物理，但看到薛定谔的书后就如德尔布吕克一样决心转攻生物，便来到剑桥的卡文迪许实验室。这时克里克又遇到了从美国来的华生（1928—），他本是学动物的，也是受到薛定谔那本小册子的影响来探索遗传之谜。于是两人合兵一处开始探求 DNA 的结构。

话说当时一起向 DNA 这个神秘王国进军的共有三支人马。

这第一支人马是伦敦大学的威尔金斯领导的一个小组。他也是用物理办法，请 X 射线来帮忙。因为 DNA 是生物高分子，普通光学显微镜根本看不到它的结构。X 射线波长很短，穿过 DNA 分子时，射线打在分子的不同位置，造成在一些方向上加强，在另一些方向上减弱，这叫衍射。分析这种衍射图样，就可以确定原子间的距离和排列，这样就可以弄清它的分子结构。威尔金斯就用这种办法拍到了一张 DNA 晶体结构的照片，这上面是一片云状的圈圈点点，他不敢立即下结论，只猜想 DNA 的结构大概是螺旋形的。

这第二支人马是美国的结构化学权威波林（1901—）领导的小组。1951 年夏天他先用 X 射线探测蛋白质的结构，顺利地得出阿尔法螺旋模型，眼看离探清 DNA 的结构也只是一步之遥了。

这第三支人马就是半路出家的华生和克里克了。论实验条件是威尔金斯实验室最好，论知识底子波林最雄厚，但是论年龄却是华生和克里克最年轻，思想也最少保守。

却说这两个年轻人日夜苦干，决心打破这三军鼎立的局面，首先夺魁。也合该他们得胜，机会终于到来。1951 年 5 月华生在一个科学会议上遇见威尔金斯，威尔金斯身边正带着几张 DNA 的 X 光衍射照片。华生惊喜异常，立即要了一张。威尔金斯倒不保守，向他诚恳地谈了自己的猜想。

再说华生得了这张照片，回到卡文迪许实验室立即喊克里克快来。两人伏在案头好一阵切磋。DNA 的结构是螺旋形，看来确定无疑了。这时华生拿起一个放大镜仔细扫视图面，突然他把目光停在一个十字状的地方说道：“这地方有个交叉，我看这种螺旋很可能是双层的，就象一个扶梯，旋转而上，两边各有一个扶手。”

“对，很有道理。根据我们掌握的资料，威尔金斯小组的弗兰克林也认为它是一种双链同轴排列。现在看来这个问题就只差一层窗户纸没有捅破了。到底在这个双螺旋体里 T、C、A、G 这四种物质怎样组合排列，弄清这个也就弄清了 DNA 的模型。”克里克说着也感到很兴奋。

“看来我们现在的主攻方向就是要立即制出一个 DNA 模型。有了这个模型才能说清遗传机理”。

他们找来金属绞合线，又参考了弗兰克林测得的数据，两人在实验室的车间里做成又拆掉，拆了又重做，这样连续十几个个月，总是找不到一个理想的模式。这天他们正在实验室里累得汗流满面，突然助手推门进来说：“有了一个新方案。”

“什么方案？”

“波林已经宣布，他完成了 DNA 模型，是三股螺旋！”

这个消息可是非同小可，就是说在这场竞赛中，对手已经超过他们冲到了终点。刚才还是一种迷惘的烦恼，现在更加一种失败的沮丧。克里克一屁股坐在椅子上，顺手将那些乱七八糟的木棒、线头推到一旁。华生痴痴呆呆地站在那里，半天自语道：“三螺旋，这不大可能吧？”

事实上他们是虚惊一场。没有多久各实验室都证明三股螺旋的模型并不能解释 DNA 的结构。

华生和克里克经这场虚惊之后对自己的想法更有把握，更加紧了制作，卡文迪许实验室的车间也为他们帮了大忙。1953 年元旦刚过，华生和克里克就制出了一个新模型，在两股糖与磷酸的螺旋链之间，夹着一—相同的碱基。

A 基和 A 基相对，T 基与 T 基相对。这种模型倒是符合已知的资料，但是构型别扭，因碱基分子大小不同，使两条外骨架发生了扭曲。

华生坐在桌旁。对着这个奇怪的模型陷入沉思。他想神秘的 DNA 应该是有一种和谐的，美的结构，决不应该这样歪歪扭扭，他这样想了一会儿便把碱基拆下来重新换了个位置，大小搭配，让 A 和 T 配对；G 和 C 配对。这样一来面前的模型真如一条凌空翻舞的彩绸，那样舒展自如，那样轻松和谐。而且又符合前不久关于 DNA 结构的另一项发现：A、T 两基的数目与 G、C 两基的数目都正好相等。DNA 结构之谜从此解开。

读者也许要问，物质的客观形状与人主观的美感有什么关系，那华生何以从美学角度出发倒找到了问题的根本。原来自然中的生物却常常是以一种美的、合理的结构存在。你看那树叶上对称的叶脉，你看飞鸟对称的双翅，还有那蜜蜂为自己建造的蜂房都是标准的六角形小格，就是高明的建筑师见了也叹为观止。所以这美感决不独为艺术家所有，它又常常是科学家的一种素质。甚至现在还专门有一门工程美学。

再说华生和克里克得到这个美的，合理的模型，喜不自禁，便立即写成一篇论文发表在 1953 年 4 月的英国《自然》杂志上。他们在给编辑部的信中说：“这确是个奇特的模型。不过既然 DNA 是个不寻常的物质，我们也就敢作不寻常之想了。”的确，在这三支力量的竞争中，华生和克里克资历最浅而首先夺魁，正得力于他们敢大胆想象，不循常规。后来，直到 1974 年，波林还遗憾地说：“我深知核酸内含有嘌呤和嘧啶，但为什么就没有想到给它们配对呢？我总在探讨三螺旋，就是没有去试一下双螺旋。哎，那些极简单的概念，有时竟是这样难以捉摸。”华生他们的论文只干把来字，但是它足可以与达尔文的《物种起源》相比美，它开创了分子生物学的新时代。华生、克里克和威尔金斯因此同时获得 1962 年诺贝尔医学和生理学奖金。

按照华生的模型，遗传信息怎样传递呢？在这条双螺旋中两股糖和磷酸组成梯子的两侧 A—T、C—G 连成梯子的横杠。在一个人体细胞中，DNA 梯子全长约有一米，所包含的横杠就有 60 亿条之多。一个人的基因，它可能是梯子的一段，约有 2,000 条横杠。

当细胞繁殖的时候，这条双螺旋就从中间分开，犹如拉链一样从中间分成两半。这时每一个碱基对都拆开了，但是这剩下的一半在浮游于细胞核内的分子中很快就找到了新的伴侣。A 又与新的 T 结合，G 又与新的 C 结合，这样就形成两个与原来的 DNA 一模一样的复制品，这就是生命的遗传。如果 DNA 在复制过程中出一点意外，就会造成物种的突变。

DNA 上怎样携带大量的遗传基因呢？这正是薛定谔的密电码。构成 DNA 的四种核苷酸，每次取出三个构成一组，这样排列组合，便有足够多的遗传基因。60 年代末用电子显微镜摄到的放大了 730 万倍的 DNA 照片已经证实了这一点。而科学家的一个目标就是破译这些密码了。

各位读者，人类认识世界是为了改造世界。正如认识了原子核的结构就要设法让它释放能量一样，现在既然知道了遗传密码就要让生物按照人的意志来遗传和变异了。这便是生物遗传工程。1973 年，美国科学家第一次实现了按人的意志来制造新的生物。他们将大肠杆菌的一个带抗四环素，和一个带抗链霉素的遗传信息的基因重新组合，又放回大肠杆菌中复制，结果新的菌就同时既抗四环素又抗链霉素。

别看这个极小的实验，它的意义就如费米当年发现核裂变就可引来以后

的原子弹爆炸一样，预示着人类在生命领域也将要大显身手了。比如脑激素是治疗糖尿病的良药，但是过去要从牲畜脑浆中提取，十万只羊脑才能提取到一毫克，何等昂贵。1977年人们已经能人工合成脑激素遗传基因，让那繁殖很快的大肠杆菌按照这个基因去复制脑激素，它果然顺利完成了任务。提取一毫克脑激素，只需要两升大肠杆菌培养液，从此就不用那么多羊脑了，成本大大降低了。

在农业方面，作物需要大量的氮，因此全世界每年要生产四千多万吨氮肥。人们早就发现豆科植物可以自己依靠土壤中的根瘤菌来吸收空气中的氮。如果我们能将这种遗传密码也送到小麦、水稻等作物中去，那么全世界的氮肥厂就都可以关门了。

随着人们解开遗传之谜和生命科学的发展，在不远的将来，人类将可以按自己的意志来制造新的生物，将可以通过修复和调节基因来治疗疾病，改造生命自身。试想，当人类对大自然还不甚了解时，曾是怎样的盲目、被动，是怎样地受着自然的嘲弄。但是随着自然之谜的揭开，一天一天，人类终于成了自然的主人。当人类对自己的生命还不甚了解时，也曾是怎样地受着疾病的折磨和嘲弄。现在，随着生命之谜的揭开，人对自身的认识便出现了一个飞跃，其意义决不亚于当初哥白尼发现宇宙。从此，人类不但能改造世界，还能改造自己的生命，科学将使他们在宇宙间获得最充分的自由。

第七十一回：
究方法说书人试谈相似论论精神有志者不屈事竟成
——结束语

尊敬的读者，本书到这一回就要结束了。当我们合书默想之时，会发现一个问题，就是科学家费尽心机所探索到的自然现象，原来如此相似。你看那伽利略望无镜里的月亮和地球多么相似；牛顿眼里的月亮和苹果多么相似；卢瑟福发现的小小原子结构和哥白尼发现的庞大的太阳系结构多么相似；摩尔根发现的果蝇的遗传和孟德尔发现的豌豆的遗传多么相似，甚至高级的人的基因结构和那最简单的噬菌体病毒的基因结构多么相似；普朗克发现的能量的分束急跳和祖冲之发现的圆周可以看成正多边形的无数个边多么相似；电场和磁场多么相似；电波和光波多么相似；柏克勒尔发现的天然放射性和伦琴发现的阴极射线多么相似；德布罗意发现的物质波和光波多么相似；达尔文和华莱士远隔万里之外，分别发现的生物进化现象多么相似；戴维发现的钾与钠的化学特性多么相似；拉姆赛等发现的氦、氖、氩、氪、氙等惰性元素多么相似；还有焦尔发现的电流生热和摩擦生热之间的相似，法拉第发现磁变电和电变磁之间的相似，甚至我们乍一看来毫无关系的人血液中血红素与树叶的叶绿素，其化学结构也很相似。它们都是卟啉络合物，叶绿素是叶琳结合了镁元素，血红素是卟啉结合了铁元素。

真是大至宇宙，小至原子，从动物到植物，从人到细菌，好一个相似的世界！

这到底是为什么呢？辩证唯物主义告诉我们，外部世界是客观存在的，是互相联系发展的。别的不谈，我们只说这“联系”的一种重要形式就是相似（当然还有对立、变异等形式的联系）。

原来客观世界不管它多么复杂都可以分解成一定的层次，每一层次又都有一定的单元。这种不同单元和层次的排列组合就是一个复杂的世界。我们观察客观世界时只要象剥竹笋一样层层剥去，就能发现它们各自间的相似关系，通过这种相似关系就能发现制约每一层次的规律。比如宏观宇宙间，众星围绕太阳运动是一个相似的层次，有开普勒定律管着；而在微观原子内，核外电子是一个相似层次，其作用力是电磁力；再深入到原子核中，质子、中子等又是一个相似层次，其作用力是强相互力和弱相互力。原子组成分子，分子组成各种物体，组成地球；众星又组成太阳系；很多个星系又组成银河系等。这样一层一层组成世界。但是层次再多，我们只要找到其中的一层，就可以找到其中相似的联系。正如，世界上的人有几十亿，但总可以分为少年，青年，中年，老年等几个层次，只要是青年人，他们之间总有一些相似的联系。

在人对自然的探讨中，无论是牛顿还是达尔文，阿基米德还是爱因斯坦，他们都是力图通过一些相似的现象去发现其中的联系，然后概括出某个层次上的规律。不过有的人只能在低层次，浅层次发现规律，管得范围小一些；有的人可以在高层次、深层次发现规律，管得范围大一些。当伽利略在比萨斜塔上一站时，他发现了地球上的自由落体定律，而 1866 年当牛顿迎着凉爽的秋风，在苹果树下仰望明月时，苹果与月亮的相似，使他发现了万有引力，完成了人类认识自然的第一次理论大综合（天、地间规律的综合）；当 1847 年焦尔分析了电、机械、化学等运动的做功发热的相似性时，确定了能量守

多米高的巴黎铁塔，全法国人都引为自豪时，人们发现其结构和人的一根小腿骨并无二致，甚至两者的表面角度都相符合。莫斯科人也为自己的 18.43 米高的电视铁塔而自豪，但人们仔细一分析，其结构不过是一根纤细的竹竿。飞机是 1903 年发明的，这是千百年来人类幻想与鸟相似的结果。而自从莱特兄弟的第一架飞机上天以来，这种飞行工具的每一次改进又都从鸟身上继续发现一些新的相似点。鸟的翅膀是拱形的，飞行时空气会对它产生托举力，飞机双翅也是如此；鸟飞行时双腿收到腹下，是为了减少阻力，于是飞机的起落架也就收起，蜻蜓双翅的前上方各有一块深色的角质部分，这是为了消除飞行中空气阻力造成的颤振，于是飞机机翼上也有与此相似的抗颤振配重部分。数学家和物理学家发现六角柱状体是一种最经济的形体。他们经过长时间的测算，算出这些柱状体底面的三个菱形面积的锐角是 73 度 32 分，钝角是 109 度 28 分，而这正是蜂窝的结构，竟连一分也不差。

我国生物学家贝时璋曾对生命下过一个定义：“‘生命’就是物质、能量、信息三者的变化、协调和有机统一的动作。”那神奇的计算机正是靠着硬件、电源、快速数模等接收信息的装置，相似于人的躯体、能量和视觉听觉，然后用软件将这些有机地统一起来。于是计算机就能听、能看、能写，俨然是一个有“生命”的东西了。

我们平常说向老师学习，是因为老师积累了很多知识，而大自然在亿万年间筛选、积累下来的最优模式正是一个最理想的老师。

我们在认识自然，改造自然的过程中，不但有相似的规律可循，有相似的模式可借鉴，更有趣的是，同时还产生许多相似的研究方法，甚至许多科学家还有相似的遭遇。门捷列夫根据元素周期律准确地预言了元素镓的性质，与勒维烈根据万有引力准确地预言了海王星的位置多么相似；法拉第由电变磁启发而发现了磁变电与德布罗意由波是粒子启发而发现粒子也是波多么相似；本生利用不同元素有不同的光谱和居里夫人利用不同元素的放射性能使空气产生不同的导电性来测量新元素多么相似。正是因为有了这些相似，我们才可以将科研方法大致分成几类，才产生了许多方法论方面的专著。

各位读者，当我们顺着科学史的长河顺流而下，这样飘行了一趟之后，我们知道了许多知识，也了解到一些学习方法和研究方法。但还有一样是更重要的，这就是为我们开辟这条航道的科学家，他们在与大自然斗争中所表现出来的伟大精神。也许我们并不从事科学工作，有些知识和方法对我们并不直接有用，但是他们的这种精神将会如阳光一样温暖着我们的周身，无论走到哪里，都会使我们受益匪浅。择要而说，大概有三种精神。

第一便是牺牲精神。对自己的认识是受无数代人连续不断地工作才能完成的艰巨事业。所以凡是有志于从事自然科学研究的人就要准备将自己短暂的一生全部投入这无限的事业中去。这里需要彻底的无私。除事业外，个人别无所求。只要能有一点发现，能为后人的再发现开辟一寸道路，他就心满意足了。所以开普勒在发现了天体运行规律后说：大事告成，书已写出，甚至可能要等一个世纪才有读者，这我就管不着了。爱因斯坦在完成了广义相对论后说：“我死不死无关紧要。广义相对论已经问世了，这才是真正重要的。”其甘为事业捐躯的心怀多么坦然。只要有了这一点便无坚不可攻，无峰不可攀。因为治学犹如打仗，未知世界变幻无穷，总要有一点风险。这就要敢于冒险，要有先干起来再说的胆量。正如历史上不敢挺而走险，揭竿而起，就永没有农民起义的胜利，从沛县的小吏刘邦到凤阳的放牛娃朱元璋无

不是以这种冒险之勇而得天下的。而从达尔文在贝格尔舰上捞起第一块贝壳到居里夫人在小木棚子里第一支起炼镭的大锅，任何一项科学发现，无不以敢斗敢闯才有成功的。所以爱因斯坦说：“物理学是一种认识的冒险”。只不过它不如政治、军事斗争那样会大量的流血，所以这一点不大为人注意，但其道路是一样的。

第二是创造精神。当我们开始登上治学之路时，第一是继承，是将前人已掌握的知识接受过来。一般人做到这一步也就为止了。而科学家却不甘居于只数别人的脚印，我们看牛顿、法拉第、巴斯德、达尔文、卢瑟福等这些伟人，他们读了一些书，一旦接受到一种新思想的启迪之后，便立即进入自己的创造轨道，去顽强追求前人没有发现的东西。当爱因斯坦还是个 16 岁的中学生时就有了自己对于世界的独特思考。一部科学发现年表几乎全部为青年人占有。只有不断地创造，科学才能发展，才能延续。

创造是科学的生命，同时也是科学家的生命。科赫作为一名普通的乡村医生，经过顽强的观察和实验成了细菌学的开山鼻祖，他发现了结核菌这个可怕的杀人犯，获得了一种创造的飞跃。有人说得好“这出人意料的一跃，科赫离开了许许多多无名医生的队伍，降落在最有独创性的研究家之中了”。世界之大，历史之久，曾涌现过多少学者专家，为什么只有如牛顿、爱因斯坦这样的少数伟人永存呢？这是因为他们有所创造，历史才承认他，才肯回报他一席之地。他们在创造历史中也创造了自己的价值，自己的生命（一个科学家的生命）。当居里夫人从八吨铀矿渣中大海捞针般地寻找镭时；当卢瑟福决心打碎原子看个究竟时他们觉得不这样做，活着就没有价值。正是这种强烈的创造欲望支持着他们不断发现，不断开拓。一个人云亦云，毫无创新的人可能在官场上还能混下去，甚至可以红光满面，荣宠一生。但是在科学的讲坛上，他只要还是重复一遍昨天的话，就再没有一个人听。

第三是刻苦精神。就是要顽强、勤奋、认真。科学研究既然是从未知世界中探真知，就不会是囊中取物，瓮中捉鳖，无论易如反掌。它包含有比成功更多的失败、牺牲和挫折。没有这个思想准备就不要来敲科学的大门。但真正的学者既然抱定牺牲之心，吃苦也就算不得什么了。达尔文考察生物，五年环球，栉风沐雨；瓦特改进蒸汽机，二十年含辛茹苦；弗莱明等人研究青霉素，十七年不间断，奔波于大西洋两岸；瑞利、拉姆赛等追踪氦元素 27 年，从天上找到地下。当这些科学家在一个早晨突然宣布自己的新发现时，人们羡慕，敬佩甚至嫉妒，但是有谁知道他们已付出了十年、几十年的心血呢？当居里夫人在八吨铀矿渣中炼得 0.1 克镭盐，当卢瑟福在 25,000 张基本粒子的照片中终于得到 6 张人工转变元素的照片时，人们尊他们为第一批敲开原子物理大门的人。但是这些开拓者的腿上、手上已经被沿途的荆棘划得伤痕斑斑。科学史上每一次光荣的发现背后都有一串儿浸满血、泪、汗的脚印。正如地面上每一棵迎着阳光的绿树，地下都有同样大，同样密的根系在艰难地穿过苦涩的土石，吸收养料和水分。

一个科学家当他不怕牺牲，善于创造，又特别能吃苦时，成功就在眼前了。