



科学的历程（下）

小未 主编

目 录

牛顿时代的科学思想	1
第五部分科学·技术·社会——19世纪科学的全面繁荣	6
原子—分子时代的化学	6
道尔顿的原子学说	7
分子论——阿佛伽德罗	12
元素周期律的发现	15
有机化学的兴起	25
电磁历程	28
电流的磁效应——奥斯特和安培	29
电磁感应定律的发现——法拉第	32
电磁理论大厦的奠定——麦克斯韦	37
进化论	40
进化论的早期研究	41
进化论的确立——达尔文	53
探索热的本质——热力学和能量守恒定律	65
热力学的早期研究——卡诺	66
能量守恒定律的发现	68
宇宙真的会“热寂”吗?——热力学第二定律 ..	71
麦克斯韦的“妖怪实验”——热力学第二定律与进 化论的矛盾	73
真实的谎言——永动机小史	76
美国理论科学第一人——吉布斯	79
技术革命	82
蒸汽时代——第一次科技革命	83
电气时代——第二次科技革命	88
第六部分爱因斯坦时代	89
现代物理学革命	89

经典物理学的危机	91
打开原子的大门——19 世纪末物理学三大发现 ..	95
相对论——爱因斯坦	105
量子历程	116
原子弹横空出世	127
探索生命的奥秘	129
探索生命界的原子——细胞学说	129
种瓜得瓜，种豆得豆——生命遗传的奥秘	131
生命起源探索	146
“新灾变论”的兴起	154
探索宇宙演化的奥秘——第二次天文学革命	158
康德—拉普拉斯星云假说	159
膨胀的宇宙——哈勃定律	161
大爆炸宇宙理论	163
太阳也会老——恒星的演化	165
探索地外文明	168
现代大陆构造学说	170
20 世纪前的大陆构造假说	171
大陆漂移学说——魏格纳	172
海底扩张说	176
板块构造学说	179

牛顿时代的科学思想

17 世纪后期，经典力学体系的建立，对整个自然科学的发展产生了巨大的促进作用。从那时起，自然科学各学科就纷纷从自然哲学中分化出来，开始走上独立发展之路。18 世纪的自然科学就像一个刚开工的大工地，到处堆着沙子、水泥、砖。很显然，人们要构建的是一座宏伟的自然科学大厦。

由于当时经典力学已发展到相对完善的程度，而有些学科，如生物学，还处于认识自然界各种事物“是什么”、“分几种”这样的阶段。因而，整个自然科学对经典力学产生了某种崇拜，力学的思想就成为了当时占统治地位的科学思想。任何问题都试图用力学的思想方法加以解释。另外，从科学革命以来，特别是牛顿力学建立后，神学的地盘正在日益丧失。人们对宗教神学对自然现象的解释普遍抱怀疑的态度。因为，归根到底，那是一种信仰，并没有给出解释。而经典力学却完全不同，它可以用数学的方法计算出质点运动的过去和未来，只要知道运动质点现在的情况，它的过去和未来就都是决定了的。科学的这种状况，反映到思想领域，就形成了机械的自然观和决定论。

机械自然观认为：自然界是没有质的变化的，它只有数量的增减和机械的运动，而运动的原因则是外力的推动。逆循着力学定律，研究自然的方法主要是把整体分成部分，然后把各个部分孤立起来加以研究，分析之后的归纳，也只是停留在机械地加和上。

这种机械自然观是牛顿时代的标志，它在 17、18

世纪对自然科学的发展起了巨大的推动作用。但到了 19 世纪以后，它就无法进一步指导自然科学的发展而渐渐衰落。主要原因是人们把牛顿力学的这种机械概念对整个自然给予最后解释的能力估计得过高，从而夸大了它的作用。因为牛顿力学在解释天体运行机制方面的成功实在给人们留下的印象太深了。现代著名的物理学家和哲学家马赫曾说：“十八世纪法国百科全书学派以为他们离用物理和机械的原理去给世界以最后解释的日子已经不远了；拉普拉斯甚至以为心灵可以预测自然界的世世代代的进展，只要有了质量和它们的速度就行了。”今天，已经没有人敢说这样的大话了，因为人们已认识到这种决定论是不可能的。

我们前面已说到过，科学革命时期的科学思想以经验论为主流，其大本营在英国。而牛顿时代的科学思想以机械唯物论为主导，其大本营在法国，代表人物是拉美特利和霍尔巴赫。

人是机器——拉美特利

1709 年，拉美特利出生于法国西北部左马洛城的一个富商家庭。青年时期，拉美特利曾一度学习神学，准备当一名教士，但不久因对神学产生厌恶而改学医。1733 年，他进了荷兰莱顿大学跟随着著名医学家波尔哈维学习。波尔哈维不但医术高明，而且在笛卡尔的机械唯物主义思想影响下，从生理学的角度提出了一系列唯物论和无神论观点。拉美特利深受影响。回国后，他一面行医，一面翻译老师的主要著作，积极传播他的学说。1743—1745 年，他在法兰西近卫团任军医，曾患热病。他根据对自己病情的观察，得出人的精神活动决定于人的机体组织的结构，并以此作为他的第一部哲学著作《心灵

的自然史》的主题。这部书一出版就引起僧侣和当局的狂怒，被下令焚毁。他只好流亡荷兰。1747年，他在荷兰匿名发表他最著名和影响最大的著作《人是机器》。书中的唯物主义和无神论思想连当时较为开明的荷兰人也激烈反对。他又不得不逃亡普鲁士。在那里，他先后发表了《人是植物》、《各派体系的提要》等著作。1751年，由于在自己身上试验新的治疗方法而在柏林去世。

“人是机器”这个著名的命题，是拉美特利的哲学的核心。他是18世纪法国唯物主义哲学中源出于笛卡尔一派的主要代表。他的“人是机器”就是模仿笛卡尔的“动物是机器”写成的。他利用机械力学解释人体的行为，他认为，人不过是一架巨大的极为精细而巧妙的钟表，是一架聪明的机器，只不过比最完善的动物多几个齿轮和弹簧。人体和心灵的一切活动都只是机械运动的一种表现，人临深渊时而缩身，受寒冷时而抖动，这都是机械的活动。

由于拉美特利是一名医生，所以在阐述“人是机器”这个命题时他运用了大量当时医学、生理学和解剖学的科学材料，论证人的心灵对人的机体组织特别是对人脑的依赖关系。他认为，人的身体状况毫无例外地决定人的心灵状况，人的机体组织则是类似钟表那样纯粹由物质的机械规律支配的自动机。

拉美特利认为，宇宙间只存在一种物质组织，而人则是其中最完善的。所以在无机物、有机物和人之间不存在不可逾越的界线。他的观点已接近自然界进化的思想。他还提出植物和动物有着统一的起源以及物质和动物逐渐完善的猜测。

“人是机器”这个命题在当时反对神学时是有很积

极的意义的。但他用低级运动形式去解释高级运动，把生命运动简单地还原为机械力，这一点是错误的。不过，在西方的传统中，“人是机器”的痕迹至今都存在着，只是拉美特利用最刺耳的话把它提了出来而已。比如，西医与中医的比较，中医偏向于整体治疗的思想，而建立在人体解剖学基础上的西方医学，无论如何都带有“头痛医头，脚痛医脚”的痕迹，这正是“人是机器”思想的反映。而综合运用现代科技发展起来的器官移植技术，则是拉美特利的“人是机器”命题最好的通俗解释。

机械决定论——霍尔巴赫

1723年，霍尔巴赫出生于德国的平民家庭。7岁丧母，后随父移居法国。1744年入荷兰莱顿大学读书。18世纪初的莱顿大学是欧洲传播先进科学思想的中心。在这里，霍尔巴赫接受了化学、冶金学和地质学等自然科学方面的最先进的科学知识。阅读了霍布斯、洛克和牛顿等人的著作，这对初步形成他的唯物主义世界观和摆脱宗教信仰起了很大的作用。1749年，学成回国后，在巴黎与狄德罗结识。他通过狄德罗与当时法国先进的思想家们建立了联系。

霍尔巴赫热情支持狄德罗主持的《百科全书》的编纂工作。他在15年中，为《百科全书》撰写了376个条目，把大量德国自然科学的先进著作译成法文。由于他在这方面的贡献，先后被选为圣彼得堡和曼海姆科学院的成员。他主要的著作有：《自然的体系》、《自然政治》、《社会的体系》、《普遍道德学》、《揭穿了基督教》、《袖珍神学》、《神圣的瘟疫》、《健全的思想》等。

霍尔巴赫认为，自然界是客观的，它不是被自然界以外的东西创造和决定的。自然界是具有多样性的物质

世界，并认为自然界是运动的，运动也是自然界的一个事实，他如同物质一样。

霍尔巴赫认为，自然界中存在着一种直线因果链，一切都按照因果关系必然出现。他否认偶然性，认为一切都是由必然性决定的。

霍尔巴赫指出：宇宙中的一切事物都是互相关联的，自然本身不过是一条原因和结果的无穷的锁链，必然性就是这条锁链中决不会错的和不变的联系，一切原因都必然产生确定结果，前因后果分毫不差。自然界中一时出现的混乱现象也都是原因产生的必然结果。他认为，偶然性是一个没有意义的字眼，是人们把不了解的因果联系归结出来的，是掩盖人们无知的遁词。在他看来，自然界的一切都是必然的因果链，没有偶然性，没有属于意外的事物。自然界中一场风暴，每一个小沙粒落在何处，方位如何，它不那样运动而这样运动等等都是必然的；每颗豌豆的豆荚长几个粒，为什么这个三粒，那个两粒，都是必然的；狗的尾巴上长几根白毛，几根黑毛，为什么这根长点，那根短点，也都具必然的因果性。这样一来，科学就只是一种游戏而已。

霍尔巴赫在研究社会时，也完全否认了偶然性，把一切偶然事件也都看成是必然的，他认为，一个迷信者的胆汁内过多的辛烈，一个征服者的心中过于灼热的血液，一个专制君主的消化不良，在某个妇人的精神中闪过的一个幻想，都有充分的原因。这些事件还足以酿成战争，足以驱使千百万人去从事屠杀，足以倾覆国家，足以使城市化为灰烬，使人民陷入悲惨的贫困，使饥馑和传染病猖獗，使愁苦和天灾在若干世纪的长时间内，在我们地球表面上传播蔓延。这些夸大其词的见解，说

明霍尔巴赫把一切都归于因果必然性，把偶然性夸大成了必然性。

霍尔巴赫的见解，虽然肯定了因果性和必然性，但把因果视为一个机械链条，把偶然性全部排除掉了，陷入了机械决定论。

机械决定论的原因自然是由于对牛顿力学解释太阳系运行规律完美成功的崇拜的结果。机械决定论者认为，牛顿的体系说明自然界是一架大机器，它的所有基本要素都已经了解，所以人身体与灵魂就由于不可战胜的和机械的必然性而成为这个机器的一部分。例如伏尔泰在他的《愚昧的哲学家》一书中就说：“如果全部自然界，一切行星，都要服从永恒的定律，而有一个小动物，五尺来高，却可以不把这些定律放在眼中，完全任性地为所欲为，那就太奇怪了。”

第五部分科学·技术·社会——19世纪科学的全面

繁荣

原子—分子时代的化学

17世纪后期，经典力学体系创立，这是近代科学的第一个高潮。此后，自然科学进入了一个相对的“淡季”。前面我们说过，18世纪的自然科学犹如一个刚开工的大工地，到处是铺开施工的摊子。由于各学科都需要一个知识积累的过程，因而18世纪自然科学的重大理论成就

并不多。进入 19 世纪，自然科学终于又近来了一个新的高潮。与第一次高潮时牛顿力学一枝独秀不同，这次是自然科学的全面繁荣。

在近代科学初创时期姗姗来迟的化学，这次却一马当先，首先取得理论上的重大突破，这就是原子—分子学说的创立。这样，近代化学就进入了一个新时代，并开始了向现代化学的过渡。

道尔顿的原子学说

原子论最早产生于古希腊，但那时只是一种思辨的猜测。到了近代，波义耳、牛顿等人也都曾提出过原子论观点，但近代原子论的真正奠基者是道尔顿。

1766 年，道尔顿出生于英国北部巴兰州伊古尔兹的一个贫穷的乡村，父亲是一个织布工人，另外还种一些微薄的土地，以半工半农维持着一家人的贫苦生活。道尔顿兄妹六人，由于家境贫寒有三人因吃不饱而夭折。道尔顿一生没有上过大学。全靠自学取得渊博的知识，是典型的自学成才的科学家。

道尔顿

道尔顿家属于贵格会教派，他小时候在这个教派举办的学校里接受了两年的初等教育，后因家庭困难中途退学。当时村里一位叫鲁宾逊的亲戚，是一位少见的农村自然科学爱好者，经常独自进行气象观测。鲁宾逊爱惜道尔顿的才华，就自愿教给他数学、物理等知识。1781 年，15 岁的道尔顿看到妹妹和弟弟饿死，决定自己去谋生。他来到附近的背达尔镇贵格会教徒学校当了一名助理教师。除上课外，这里图书馆的书成了他的精神食粮，

他如饥似渴地在这里读书，扩大了自己的知识面并自学更深的数学和物理。

道尔顿从 21 岁起就开始进行气象观测，一直坚持了 57 年，直到逝世的前一天还在笔记本中写上“今日微雨”，观测总次数达 2 万余次。他的原子论思想就是在研究大气物理性质过程中逐渐形成的。道尔顿晚年在总结他的成功经验时说：“如果说我比别人获得较大成就的话，那主要是——不，那完全是——靠持续的勤奋学习和钻研。有的人之所以能够远远超越他人，其主要的原因与其说他是天才，还不如说是因为他能专心致志地坚持学习，有那种不达目的誓不罢休的顽强精神。”1793 年他发表了《气象观测和试验》的论著，受到了众多读者的欢迎。在这期间他还发表了《关于极光》、《关于气压计》、《关于降雨》、《关于蒸发》等多篇论文。

1793 年，27 岁的道尔顿来到曼彻斯特学院担任了数学和物理教师，后来又担任化学课。在道尔顿 30 岁那一年，他听了化学家格奈特的一次讲授后，开始对化学发生了兴趣，使他走上了化学家之路。

1799 年，道尔顿离开了曼彻斯特学院。为了有更多的时间和精力从事科学研究，他担任了每天只需上两节课的家庭教师。为了进一步说明气体的性质，他广泛地进行了气体分压力的实验，他经实验得出结论：气体混和物的总压力，等于各组分气体在同样的条件下单独占有该容器时的压力之和。道尔顿把混和气体的每一个组分的气体的压力叫做分压力，所以他的最后结论可以表述为：“混和气体的总压力等于组成它的各种气体的分压之和。”这一结论后来称为混和气体的分压定律。

1803 年 9 月 6 日是道尔顿 37 岁的生日，他既不用

蛋糕和红烛，也不举行宴会，而是别开生面地发表自己潜心研究的成果——原子论，把近代化学推上新境界。

当时，化学界已发现好些定律，例如物质不灭定律、定组成定律、当量定律等，同时，在建立起一些基本概念，如氧化、还原等。但是，这些化学定律和基本概念缺乏一个完整的理论去统帅它，驾驭它，犹如一堆铜钱缺乏绳索去串连它，显得孤立、零乱。道尔顿目睹这个现状，决心去寻找这根线索。

道尔顿把化学上已发现的这些定律联系起来思考：他想，自然界的物质为什么会有如此神奇的数量关系呢？是原子吗？可是对于原子，人们知道得太少了。原子在自然界中存在吗？如果确实存在，那就应当根据原子理论来解释物质的一切性质和各种变化规律，在化学上，化学原子理论应当成为物质结构的真正理论。

道尔顿被原子理论迷住了，他全面地研究了在他之前有关原子的一切思想，跑图书馆、钻实验室，和朋友们讨论。总之，他想努力搞清原子的特点、各种元素的原子有何区别、原子的重量、大小、形态又是如何的。

终于，他继承古希腊德谟克利特的原子概念，综合牛顿、波义耳、罗蒙诺索夫等科学家的有关理论和假设，提出了科学的原子论。他指出：“在我之前也有关于原子微粒的各种学说，他们的共同点都在于认为原子微粒是一种大小相同的球，而我认为，同一种元素的原子(极小的、化学变化中不可再分的微粒)彼此之间是相同的，但不同元素的原子则不同。原子是有重量的，原子不可再分，也无法称量，但我们可以求得它们的相对重量。我们把最轻的元素——氢的原子量规定为 1，就可以求得其他元素的相对原子量。”

1808年，道尔顿出版《化学哲学的新体系》一书。该书是化学史上的奠基之作，在科学史上也占有极其重要的地位。在该书中，道尔顿系统阐述了他的化学原子论。其主要的论点是：

1 元素是由非常微小不可再分的微粒——原子组成的，原子在化学变化中不能再分，并保持自身的独特性质；

2 同一元素所有原子的质量、性质完全相同，不同元素的质量和性质也各不相同。原子的质量是每一种元素基本特征之一；

3 不同元素化合时，原子以简单整数比结合，形成化学过程的化合现象。化合物的原子称复杂原子，它的质量等于其组合原子质量的和。

从原子论出发，几乎可完满地解释当时一切的化学定律和基本概念。例如，由于原子在化学反应中质量不变，这就自然地解释了物质不灭定律——化学变化前后的质量守恒。由于一切化合物是由一定质量的原子组成，因而，其化学组成就必须一定了。

道尔顿还从原子论出发，推出定比定律。他认为，原子有一定质量，不可分割，那么由两种或两种以上元素组成的化合物，如果某一元素质量固定时，则另一元素在化合物中的质量一定成简单正数比。为了证实这一推论，道尔顿做了许多实验。

难能可贵的是，道尔顿不但提出原子论，还身体力行地测定原子量。他用氢为基准，通过实验测定各元素的原子量，并发表了世界上第一张元素原子量表。尽管这张表中测定的原子量数值较为粗糙，错误也不少，但是，这毕竟是一个创举，它给化学发展指明了一条光明

大道。

此外，道尔顿还对色盲症进行过研究，于 1794 年发表了《关于各种颜色显现程度的反常事例》一文，这篇文章中提到了人类色盲的情况，所以色盲症实际上是道尔顿首先发现并作了系统研究的。道尔顿还发现，他自己也有这种视力上的缺欠，只不过程度比较轻。在欧洲，至今还有人把色盲症叫道尔顿病。

由于对科学的杰出贡献，道尔顿在 1808 年 5 月被选为曼彻斯特文学哲学学会副会长，1816 年被选为法国科学院通讯院士，1817 年被选为曼彻斯特文学哲学学会会长，1832 年被授予牛津大学博士学位，1832 年还被接收为英国皇家学会会员。此外，道尔顿还曾先后被选为柏林科学院名誉院士、莫斯科科学学会会员、慕尼黑科学院名誉会员，在 1826 年他还曾获得过科学金质奖章。

英国政府也始终关心着这位科学家的情况，1833 年还决定发给他年俸为 1500 英镑的养老金。同年，曼彻斯特人民为了纪念他，在市政府大厅里竖立了他的半身雕像。

道尔顿一生过的是朴实而不显露头角的隐居式生活，一生独身。科学研究工作是他生活的主要内容，占据了他一生大部分的时光。道尔顿在晚年还一心想着研究工作，渴望做出新的发现，但是，他日渐衰老，时常患病，力不从心，终于在 1844 年 7 月 27 日与世长辞了。他的辞世，震动了曼彻斯特，人们昼夜不停地悼念这位伟大的天才，一直进行了两个星期。1844 年 8 月 12 日，市内各条街道都为他下半旗致哀，他的灵柩葬在了阿尔德维克墓地里。

道尔顿的原子论，从微观原子的层次把各种化学现

象和化学定律统一起来了，从而也说明了物质世界的统一性。

不过，由于时代的局限，道尔顿的原子论也有一些不足和自相矛盾的地方。例如，他认为原子是不可分的，但又说有复杂原子，并说复杂原子可以分为简单原子。当然，我们现在已经明白，道尔顿是把化合物当成了复杂原子，不懂得分子的概念。这在后来阿佛伽德罗的分子学说提出后得到了克服，从而建立起了科学的原子—分子学说。

分子论——阿佛伽德罗

当原子论风靡全球，人们津津乐道之际，法国化学家盖·吕萨克突然给道尔顿的原子论出了一道难题，使道尔顿陷入困境。

盖·吕萨克是研究气体的专家，他曾对大气的物理化学性质进行过广泛的研究，1804年他首次乘气球，升到7016米的高空，他为了减轻气球的重量以便升得更高，曾从气球的吊篮中把一把椅子和零星物品扔了下去。当时有一位牧羊少女正在田间，她亲眼看到天上掉下一把椅子，这使她大吃一惊。当地有些农民竟把这把椅子看作天上掉下来的“神物”。

盖·吕萨克在一次实验中偶然发现：用二体积氢气和一体积氧气化合，得到的水蒸汽竟然不是三体积，而是二体积。此后，他又做了许多气体化合反应，都遵循它们之间体积成简单正数比的关系。开始，盖·吕萨克还认为自己的发现是给道尔顿原子论提供佐证，不料，这一发现竟给道尔顿原子论出了一个不能解决的难题。

现用氢氧化合为例：

2 体积氢气+1 体积氧气=2 体积水蒸汽

按原子论学说，这个关系也意味粒子间的关系，应是：2 粒子氢+1 粒子氧=2 粒子水。如果粒子就是原子，那么 1 个氧原子怎能产生 2 粒子水呢？这必须假定有半个原子存在，即：

$H_2+O_1 \rightarrow HO_2$ 则 $2H+O=2HO_1/2$

在化学反应中出现半个原子是道尔顿原子论所决不允许的，难怪道尔顿知道后大发雷霆。

原子不可分，而盖·吕萨克的发现又是事实，这使道尔顿原子论进退维谷。有人竟怀疑道尔顿原子论的正确性，连道尔顿自己也无可奈何地说：“对气体，原子论不能完全适用。”

就在这危急之际，意大利一位名叫阿佛伽德罗的年轻化学家，一举解决了这个难题，使道尔顿原子论走出了困境。

阿佛伽德罗仔细研究了道尔顿原子论和盖·吕萨克的发现，认为他俩都没有错，但是，道尔顿原子论忽略了一个重要事实——分子的存在。于是，阿佛伽德罗提出了如下假说：

(1)元素最小的质点是原子，而一般气体是由几个原子组合成的分子。如氧气、氢气都由两个原子组成一个分子。化合物更是由不同个数的原子再组成分子的，如氨就是由一个氮原子和三个氢原子共同组成氨分子。

(2)在相同温度、相同压力的条件下，同体积的任何气体应含有相同数量的分子。

有了上述假定，道尔顿的原子论和盖·吕萨克发现的定律便可统一起来。现再以氢氧化合为例：

2 体积氢气+1 体积氧气=2 体积水蒸汽, 由于同体积有相同数量的分子, 如假定每体积含 1000 分子, 那么, 2000 氢分子+1000 氧分子=2000 水蒸汽分子, 如果一个氢分子包含 2 个氢原子, 一个氧分子含有 2 个氧原子, 则

4000 个氢原子+2000 个氧原子=2000 水蒸汽分子, 这样一来, 既不违反道尔顿原子论, 又使盖·吕萨克定律得到充分解释。这真是两全其美, 各得其宜。

阿佛伽德罗还依据原子-分子假说, 测定了气体物质的原子量和分子量, 并确定了化合物中各种原子的数目。如根据气体反应时体积比确定氨分子的组成为 NH_3 (道尔顿认为氨的组成是 HN), 水的分子组成为 H_2O 。

阿佛伽德罗的观点无疑是正确的, 按理阿佛伽德罗给道尔顿原子论帮了大忙, 使之摆脱困境, 应该受到推崇。不料, 阿佛伽德罗的分子学说竟遇到大多数化学家的反对, 连道尔顿本人也持否定的态度, 致使这个伟大学说沉睡了 50 年之久。

当时, 化学界权威瑞典化学家贝采里乌斯的电化学说很盛行, 在化学理论中占统治地位。电化学说认为, 在化合物中不同元素的质点带有相反的电性, 它们的化合是靠电力的吸引, 只有带相反电荷的两种原子才能相互吸引而结合成“复杂原子”, 而相同元素的原子带有相同的电性, 是彼此排斥的, 不可能结合成分子。由于阿佛伽德罗的分子学说与贝采里乌斯的电化学说抵触, 分子说自然就被搁置一边。这期间化学没有统一的元素符号和化学式。

贝采里马斯为了结束化学的混乱局面, 1860 年 9 月在德国卡尔斯鲁厄召开了首次国际化学会议, 与会者

140 余人，这是化学史上一次极其重要的会议。会上关于元素符号、化学式的争论十分激烈，没达成任何协议，结论是：科学上的问题，不能强迫，只好各行其是。但在散会前，意大利化学家康尼查罗散发了一本论证分子学说的小册子——《化学哲学课程大纲》。他指出，会议争论的问题，实际上早在 50 年前已由阿佛伽德罗解决了，只要把原子和分子区分开来，混乱局面就会澄清。他的发言论据充分，条理清晰，方法严谨，对当时化学上的矛盾一一加以分析，并提出了一种从测定分子量求原子量的方法。康尼查罗虽然对原子分子论没有什么新发现，但他对分子论的阐明却统一了化学家们的思想，使原子——分子论得到了化学界的一致公认。由于康尼查罗的工作，阿佛伽德罗在化学上确立了应有的地位。

如今，化学上把“同温同压下同体积气体有相同数量的分子”称之为“阿佛伽德罗定律”。该定律已为全世界科学家所公认。阿佛伽德罗常数是 1 摩尔物质所含的分子数，其数值是 602×10^{23} ，是自然科学的重要的基本常数之一。

元素周期律的发现

发现道尔顿的原子论提出后，人们对元素的概念更加清晰了，从而大大加快了发现化学元素的进程。至 1869 年，已发现的化学元素达到了 63 种。

那时候，最令化学家们激动的事莫过于发现新元素了。可是，谁也说不清，世界上究竟有多少元素，又应当怎样去寻找新元素，人们只是在盲目地摸索着。

更令化学家们伤脑筋的是，随着新发现元素的增多，

人们对这些元素性质更多的了解，人们反而被眼前这纷繁复杂的化学世界给搞糊涂了，也给教学和科研带来许多不便。难道世界上化学物质就是这样偶然地、杂乱无章地凑到一起的吗？各种元素之间有没有什么内在的联系？有没有一个统一的规律支配它们呢？

许多化学家开始思考和探求这一系列问题的答案。他们的主要做法就是把这些元素按照各种方式排列成表。

早在 1789 年，拉瓦锡就把当时所确认的 32 种元素分为气体、非金属、金属、土质四大类，但这一分类法没能触及元素的内在联系。

1829 年，德国化学家德贝莱纳提出了“三元素组”分类法。他发现，化学性质相同的元素往往是三个组成一组，中间那个元素的性质介于两个元素之间，它的原子量也差不多等于前后两个元素原子量的算术平均值。虽然他的分类法不够准确，但他是首次把元素性质和原子量联系起来，这对后来者有着很大的启发作用。

1864 年，德国化学家迈尔提出了“六元素表”，已有了周期表的轮廓。1869 年又发表了《原子体积周期性图解》，明确指出，元素性质是它们的原子量的函数。

1865 年，英国化学家纽兰兹提出了“八音律”，他把已知的元素按原子量增加的顺序排列起来，发现从任何一个元素算起，每到第 8 个元素就和第 1 个元素的性质相似，就好像音阶一样，到最高音又开始重变，故把这一规律定为“八音律”。第二年，他把这一发现在英国化学会上作了报告，不料引起哄堂大笑。有的教授讽刺他：你如果按元素字母排列也许会得到更精彩的结果。纽兰兹一气之下，放弃这一研究，转到制糖业上去了。

总之，当时好多化学家都加入到了给元素分类的队伍，从不同角度提出的分类方法不下 50 种。虽然这些早期的分类方法都不够完善，但他们的工作为门捷列卡最终发现元素周期律奠定了基础。

1834 年 2 月 7 日，门捷列夫生于西伯利亚的托波尔斯克，他的父亲是位中学校长，他的母亲非常能干。

门捷列夫共有兄弟姐妹十一人，他是最年幼的一个。他还很小的时候，他的父亲就双目失明，提前退休了，他母亲为了维持一家人的生计，不得不加倍工作。她经营着一个私营玻璃工厂，但后来十分不幸的是这个小工厂毁于一场火灾。1817 年，门捷列夫的父亲去世了。57 岁的老母不得不离开故乡，领着两个最小的孩子，前往莫斯科，以方便门捷列夫上大学，这是母亲唯一的希望。但是，由于门捷列夫的成绩不太好，因此被拒于大学门外。

门捷列夫

为了让孩子进入大学，坚强的母亲又开始了新的奔波。她带着门捷列夫从莫斯科来到彼得堡，但联系了几所大学也都失败了。后来，找到了父亲的母校——彼得堡大学附属的师范学院。由于院长恰是父亲的老同学，学院决定给予照顾。于是，门捷列夫以官费生的待遇进入了师范学院理学部。

精疲力尽的母亲，终于实现了自己的愿望。然而，就在做完这件事后不久，她却倒下了，永远地倒下去了。这位性格坚毅的伟大母亲，对门捷列夫的一生影响极大。他后来将自己的著作献给自己的母亲时说：“她通过示范进行教育，用爱来纠正错误，她为了使儿子能献身于科学，远离西伯利亚陪伴着他，花掉了最后的钱财，耗尽

了最后的精力。”

门捷列夫没有辜负母亲的期望，1854年以优异的成绩大学毕业。在毕业前还发表了《芬兰褐帘石的化学分析》的学术论文，教授们对论文评价很高，并推荐他留校当教师。

1855年5月，门捷列夫荣获了“一级教师”的称号和金质奖章。1856年5月通过论文答辩获得了硕士学位。1856年他就已经是彼得堡大学的副教授了。

后来，门捷列夫又到德国深造，给著名化学家本生当助手，结识了许多著名化学家，还参加了1860年于卡尔斯鲁厄举行的那次著名的国际化学大会。1861年，门捷列夫回到彼得堡。1865年，他被任命为彼得堡大学教授。

彼得堡大学指定让门捷列夫讲授无机化学课。为了讲好无机化学课，他想写一本教材，因为，俄国当时还没有一本像样的无机化学教科书，从外文翻译的教材又太陈旧了。

写书的愿望时刻都激励着门捷列夫，他通常是在早上四点钟就起床写作，一直到深夜。门捷列夫的新书叫《化学原理》，第一册包括了对化学元素的系统描述。门捷列夫仔细地研究了世界各种对化学元素进行介绍的资料，对人类当时已知的63种化学元素的原子量、物理化学性质都有十分详细地了解。

如何才能把各种元素排列起来呢？门捷列夫终于想出了一个好办法，他拿来一卷厚纸，把厚纸剪成像扑克牌一样的卡片，然后在卡片上分别把各种元素的名称、化学式、原子量、化学性质和物理性质以及主要化合物都写得清清楚楚，每个元素一张，这样只要拿到某一元

素的卡片，它的一切情况就一目了然了。门捷列夫拿着一大把卡片，想把所有的元素系统整理一下。

首先，他像德贝莱纳那样，把卡片分成三个一组。结果没有理想的结果；接着他又把卡片排成一横行，还是没有理想的结果；他排呀，摆呀，变换了几种方法；把金属元素摆在一起，不行！把非金属元素摆在一起也不行！简单地横排不行，纵着排也不行。究竟怎么排列起来好呢？门捷列夫一边摆卡片，一边思索着。后来，他按照原子量递增的顺序，把所有的元素排成几行，再把各行中性质相似的元素上下对起来。

各种元素之间的联系终于表现出来了，这种情况的出现使门捷列夫十分激动：元素排成了纵横交错的行列，每一纵行，元素的性质都随着原子量的增大而从上到下地逐渐变化；每一横行，元素也随着原子量的增大而呈现出有规律的变化。门捷列夫高兴极了，他坚信，他已经摸到了自然的脉搏，发现了自然界中最伟大的规律。

门捷列夫由于激动，双手有些微微地颤抖，他兴奋得不能入睡，他自言自语地说：“完全清楚了，元素的性质与它们的原子量是周期性的关系！”他拿起铅笔，在纸的右上角写道：“根据元素的原子量及其化学性质近似性试排的元素表”。这是1869年3月1日的事，那一天俄历应该是2月17日。几天以后，门捷列夫的周期表用俄文和法文印出，门捷列夫把它分寄给一些科学家。3月6日，门捷列夫应当在俄国化学学会的会议上报告他的发现，不幸的是会议前夕，他突然病倒了。所以论文只好由他的助手代为宣读。这篇关于发现周期律的论文报告，引起了与会者的极大兴趣。门捷列夫发现周期律的报告还用德文发表在著名化学家李比希主编的《化学年鉴》

上。

你也许会想，把元素按照它们的原子量大小一个挨着一个写下去，周期律就自动显示出来了，这是多么简单的事情啊！怎么会有那么多科学家没能一下子就成功呢？

问题远不是你想象得这样简单！没有广博的化学元素的知识，没有丰富的想象力，没有正确理论的指导，是不可能发现元素周期律的。

当时，有两大难题摆在人们面前：一是许多化学元素还没有被发现，我们今天知道的化学元素有 110 个，当时只发现了 69 个，就好比排队时，许多队员都溜走了，你怎么知道该在哪儿给他们留下位置呢？

第二个难题是当时许多元素的原子量测定得不准确，是错的。作为排队依据的原子量本身就有错，排出的队怎么可能正确呢？既然不是真正按元素原子量大小排的队，那么元素变化的周期性当然也就被打乱了。

纽兰兹就是被这两个问题给难倒了。他没有给未知元素留下空位置，当原子量与他的理论矛盾时，他只好抛弃了按原子量大小排队的原则，把元素的位置任意颠倒，结果元素性质变化还是不能很好符合他的八音律，因此，人们一下就抓住了他的把柄，把他给问倒了。

只有门捷列夫巧妙地解决了这些难题。

他大胆地修正了一些元素的原子量。

如按当时原子量的大小，铍应当排在碳和氮之间，可是这样一来，元素化合价有规律的变化就给破坏了。门捷列夫观察了铍以后的元素，排列都很有规律，又查看了前边的元素，发现了一个漏洞，锂和硼之间原子量相差较大，好像缺少了一个元素，而碳和氮之间原子量

相差很小，铍夹在中间好像多了一个元素。如果把铍移到锂和硼之间，化合价立即变成有规律的变化，可是原子量由小到大的排列顺序却给破坏了。可能性只有两种：或是铍的原子量测错了，或是元素的规律性变化不是由原子量决定的。

根据锂和硼的原子量大小，他毅然抹掉了铍的原子量是 135 这个数字，工整地写下了 9，然后跑到实验室重新测定铍的原子量。果然铍的原子量是 9 而不是 135，是前人把铍的原子量测错了。

就这样，门捷列夫还修正了铟、镧、铈、铷、铯、钍、铀的原子量，并不顾当时公认的原子量，改排了铍与铉、铂与金、碲与碘、钴与镍的顺序，提出重新测定这些元素原子量的建议。

后来，科学家们经过测定，证明了门捷列夫的修正值是正确的，门捷列夫对这几种元素位置的改排也是正确的，不过碲与碘、钴与镍位置为什么要颠倒，那是到后来人们发现原子序以后才解释清楚的。

有些元素之间性质跳跃太大，他就大胆地预言了当时尚未发现的化学元素，为这些元素留下空位，并且预言了这些元素的性质，甚至在什么样的情况下被发现。他在金属锌和非金属砷之间留下两个空位，分别把这两种未发现的元素叫类铝和类硅，在钙和钛之间留了一个空位，并给这种未发现的元素起名叫类硼。此外，对其他一些当时未发现的化学元素也留了些空位。

门捷列夫是怎样想到并敢于这样做的呢？他曾对他的朋友这样说过：“许多不明了的地方使我为难，但我没有一分钟怀疑过我所做的结论的正确性。”

不过，在当时的一些化学家看来，门捷列夫那么自

信地修正一些元素的原子量，并预言一些不存在的元素，这简直是太狂妄了！他们批评道：“这是在臆造元素！化学是一个精密的学科，依据的是实在的物质，是无可辩驳的事实，如果把杜撰的东西也搜罗进去，那么这究竟是科学呢还是相术？”就连门捷列夫的老师也训诫他不务正业。

这样，门捷列夫所预言的元素是否能被发现，就成了检验他的元素周期律是否正确的重要依据。

1874年2月，法国化学家布瓦萨德朗从闪锌矿中发现了门捷列夫预言的类铝，他为了纪念法兰西而把这一新元素定名为镓。布瓦萨德朗发现新元素镓时并没有受到门捷列夫预言的启示，而是利用光谱法发现的。过了一年多，门捷列夫在1875年11月22日，在《科学报告》中才读到了布瓦萨德朗的关于发现镓的论文，门捷列夫确信，镓就是他所预言的类铝。

门捷列夫当即给布瓦萨德朗写了一封信：“镓就是我预言的类铝，它的原子量接近68，比重是59，请你再试验一下，也许你那块物质还不纯。”

布瓦萨德读了门捷列夫的来信之后，他怎么也弄不明白：当时，世界上只有他自己手里有新金属镓，别人连见都没有见过，门捷列夫怎么知道它的比重测错了呢？不过，他以一个科学家的负责精神，又重新进行了测量。

果然，他的物质还不够纯。他又一次提纯了镓，并重新测定了镓的比重。结果，他信服了，门捷列夫是对的，镓的比重是5941。

化学史上第一个预言的元素被发现了，这引起了全世界的轰动。门捷列夫的论文被迅速译成法文、英文，全世界的科学家们都知道了元素周期律的内容和意义。

欧洲十几个实验室的科学家们紧张地工作着，他们在搜索门捷列夫预言的另外的尚未被发现的元素。

人们没有等待多久，1870年，瑞典科学家尼尔森在对硅铍钇矿石和黑稀金矿进行研究时，发现了一个新元素，完全符合门捷列夫描述的类硼，他命名这个元素为钷。

1886年，德国人温克勒在一种含银矿石中发现了一种新元素锗，它的性质与15年前门捷列夫预言的类硅一致：

门捷列夫预言：它的原子量大约是72。

温克勒测定：锗的原子量是7273。

“它的比重应在55左右。”门捷列夫说。

“574。”温克勒证实。

门捷列夫：类硅的氧化物很难熔化，即使用烈火烧也不会融化，比重约47。

温克勒：正是这样。

门捷列夫：类硅的颜色是灰的。

温克勒：是的，还稍带点白色。

门捷列夫：新元素与氯的化合物比重为19。

温克勒：比重为1887。

只有一点，门捷列夫没有说对，即：门捷列夫认为类硅是难于液化的，而实际上锗是易液化的。

这三种新元素的发现，证明元素周期律是完全正确的。门捷列夫后来回忆说，他一直相信自己的理论是正确的，并相信自己预言的元素一定会被发现，但他没想到在有生之年还能看到预言的元素被发现。当然，我们现在知道，门捷列夫周期律所说的元素性质随原子量呈周期性变化并不完全正确，产生元素周期律的真正原因

是元素的原子序数。但这丝毫不影响门捷列夫的伟大，因为原子序数是在门捷列夫发现周期律近半个世纪后才发现的。

门捷列夫的周期律得到公认后，各种荣誉纷至沓来，他一下子成了国际知名的大化学家、俄国人心目中的科学英雄。但他依然保持着谦虚谨慎的作风。他生前并没有和别人争周期律的发明权，他和迈尔共同因发现周期律而获得了戴维奖。

在门捷列夫的房间里，曾挂着布瓦萨德朗、尼尔森、温克勒、德贝莱纳等人的照片，以表示他本人对这些科学家在发现周期律方面的贡献的承认。他还特别认为，德贝莱纳的“三元素组”对他发现周期律有很大启示。他在1900年还和德贝莱纳合影留念。

1906年，门捷列夫又回到久别的彼得堡，他还在继续整理他的科学著作，这时他的视力很弱，写出字来也是歪歪斜斜的。这一年冬天，他的妹妹来看望他，当她看到自己的哥哥时，心里很难过，坐在她面前的是一位大科学家，同时也是一个面色苍白，头发稀疏的瘦弱老人，而且，他晚年的生活并不富裕，也缺少必要的照顾。

门捷列夫工作到最后一天，1907年1月20日清晨他告别了人世，他的名字却永垂青史。在门捷列夫的葬礼上，有数千名教授、专家和大学生，他们高举着一幅很大的横幅，上面画着周期表和门捷列夫的像，这一大的横幅照亮了化学和整个科学前进的道路。

门捷列夫的周期律，是人类对化学元素认识的一次大的总结。同时，也为人类进一步认识化学元素奠定了科学基础。许多化学元素是在周期律发现以后才被发现或制取出来的。

有机化学的兴起

1824年，贝采里乌斯的学生、德国青年化学家维勒为了制取氰酸铵，把氰酸和氨水混合起来，观察其反应，但无论用何种方法都得不到氰化铵，但混合物经蒸发后却得到一种结晶物——尿素。从无机物中何以能得到有机物？维勒对这个意外发现感到震惊，难以置信。为了慎重无误，维勒又用4年时间，分别从不同的途径反复实验，证明从无机物中确实可以合成动物机体的代谢物——尿素。1828年，他发表了《论尿素的人工制成》一文，公布了用无机物合成尿素的方法。

尿素的合成具有重大的意义。19世纪以前，化学界对有机化合物的生成问题曾普遍流传着“生命力说”，也称“活力说”，认为有机物与无机物不同，它的生成归根到底是要靠动植物生命体，所以人们只能使有机物转变为其他有机物，而无法从单质元素出发合成有机物。维勒的尿素合成成功，第一次证明了有机物与无机物之间没有不可逾越的鸿沟，动摇了“生命力说”。同时，维勒的工作大大激发了科学家们的兴趣，开创了人工合成有机物的新纪元。此后，人工合成有机物层出不穷，该领域的研究就迅速发展了起来。

19世纪中叶，随着有机合成的快速发展，有机化合物的数量也急剧膨胀。然而，化学家们注意到有机化合物如此繁多而构成有机化合物的元素却只有碳、氢、氧、氮等屈指可数的几种。这引起了他们的思考：这几种元素以什么方式构成这么多性质迥异的化合物？当分子、分子量的概念逐步确立以后，人们又发现有机物较之无机

物往往有大得多的分子量，道尔顿的原子结合最简原则并不适用于有机化合物，有机化合物必然有更复杂的结构。及至同分异物体的发现，启示了化学家们去探索有机物质的内部结构——分子中原子的排布和组合方式。这样，有机化学的理论就逐步发展起来了。

1832年，维勒和李比希首先提出了“基因论”。1843年，日拉尔提出了“类型论”。1858年，德国著名化学家凯库勒提出了碳的四价学说，这一学说成了有机化学结构理论的基础。他还因发现了苯的分子结构而著名于世，而他那个在梦中悟到苯环结构的故事，更是科学史上的传世佳话。

李比希 1856年圣诞节后的一天，凯库勒长期研究苯分子结构，已经疲惫不堪。他早已经测定清楚，苯分子是由六个碳原子和六个氢原子组成的。那么，这六个氢和六个碳原子又是以什么方式组成起来的呢？凯库勒一面苦心思考着，一面在纸上画。他试着写出几十种苯的分子式，“不行”，“还是不行”，“咳，都不对！”他自言自语地说。他又把六个氢和六个碳试着连成弯弯曲曲的蛇型，“还是不行，”凯库勒嘟囔着：“啊，到底苯的分子结构应当是什么样的呢？”他百思不解，累极了，而且有些头痛。他把安乐椅拉近壁炉，半躺在安乐椅上，感到惬意而温暖，慢慢地这位大化学家就朦朦胧胧地入睡了……“那是什么？快看呀！”他好像看到六个碳原子连在一起形成了一条弯弯曲曲的蛇，“啊！对，是一条蛇！”他看到，每个碳原子上还带着一个氢原子，互相长在一起，连成了一条怪蛇。是的，是一条蛇，那条怪蛇已经蠕动起来了，它在爬，它在摇头晃脑地跳舞，而且越跳越快。突然，不知道为什么，这条怪蛇被激怒了，它竟

然狠狠地一口咬住了自己的尾巴，然后就不动了，形成了一个环。凯库勒在梦中仔细一看，“啊！不对，又变了，这不是一条蛇形成的环，这是一只宝石戒指。”凯库勒哆嗦了一下，睁开了昏花的双眼。原来是南柯一梦，梦中看到的那咬住尾巴的环形蛇，还在眼前晃动着……。这是一个多么奇怪的梦啊！梦醒之后，一切如常，壁炉的火苗映红了他的脸，原来写的苯分子的几十个结构式，还躺在纸上。但是，他在梦中看到的苯分子的环型状态还依稀记得，这也许就是长期未能解决的问题的答案吧？他匆匆在一张纸上写下了梦中看到的环状结构，苯分子的结构式就这样被发现了。

对于凯库勒长期研究没有解决的问题，最后“一梦成功”，化学史上有许多说法。有的说，他不是壁炉旁，而是在马车上作的梦；有的说，他梦见的不是蛇，而是梦见六个人跳环形舞；还有的说，他是梦见六个猴子，彼此拉住尾巴形成了一个环；也有的说，他梦见波斯地毯的环形图案和伯爵夫人那个呈现六边形的宝石戒指等等。这一些，我们可以不去管他，但是，凯库勒确实是在梦中发现了苯分子的结构，这一点，大家的说法都是一致的。

碳原子四价学说和苯分子结构发现后，有机结构理论的研究驶上了快车道。不久，俄国化学家布特列洛夫系统地提出了有机结构理论。这样，有机化学的最基本理论已经确立，从而为后来有机化工以及高分子的快速发展奠定了坚实的基础。

特别值得一提的是，19世纪化学发展的结果，改变了欧洲各国科技强弱的格局，德国作为这个时期最大的赢家迅速崛起，成为欧洲的一等科技强国，而老牌科技

强国英国已显疲态。19世纪中后期，你只要看一看这些世界级的大化学家：维勒、李比希、凯库勒、肖莱马、拜耳，他们无一例外地出自德国，你就会明白，世界科学技术的中心正在悄然向德国转移。由于当时化学相对物理学和生物学而言更易于产业化，因而德国工业增长的势头更为强劲。此外，德国于1871年完成了政治上的统一，建立了德意志帝国。这一切就为新兴的强国德国，与老牌强国英、法，在20世纪初的明争暗斗，乃至引起世界大战埋下了伏笔。这是19世纪科学技术开始走上社会发展的主角舞台，并直接影响世界历史进程的最好例证。

电磁历程

17世纪初，现代研究电和磁现象的鼻祖吉尔伯特在《论磁》中断定：电和磁是两种截然不同的现象。这个错误的论断一直沿续了200多年。在这200多年中，人们也曾发现电和磁发生关联的现象，如在1750年，富兰克林观察到莱顿瓶放电可使钢针磁化，甚至更早在1640年，有人观察到闪电使罗盘的磁针旋转。但由于基本观念的错误而忽略了这些现象。

18世纪80年代末，库仑根据电荷可传导、磁荷不能传导的事实进一步肯定电和磁是不相同的实体。19世纪初的物理学家如安培等人，也认为电和磁不会有任何联系。

19世纪20年代，这种“电磁老死不相往来”的陈旧观念首先被丹麦物理学家奥斯特打破。从此拉开了电磁学大发展的帷幕。

电流的磁效应——奥斯特和安培

1777年，奥斯特出生于丹麦鲁兹克宾城的一个药剂师家庭，1794年考入哥本哈根大学，1799年获哲学博士学位。后到德国和法国游学，受到康德和谢林关于自然力统一的思想的熏陶。回国后从事物理和化学方面的研究。在康德哲学的引导下，奥斯特坚信，电现象和磁现象有着共同的根源。于是他就开始了这方面的研究。

18世纪富兰克林发现的莱顿瓶放电能使钢针磁化的现象对奥斯特启发很大，他认为电转化为磁是完全可能的。问题是如何来实现。

开始时，奥斯特根据电流通过直径较小的导线会发热的现象推测：如果通电导线的直径进一步缩小，那么导线就会发光，如果直径缩小到一定程度，就会产生磁效应。

奥斯特的电学实验他按照这个思路摸索了很多年，却都没有发现电向磁转化的现象。但他并不气馁，继续进行实验。

1820年，奥斯特受命主持一个电磁的讲座。一天晚上，他正在讲课，突然来了“灵感”，在讲课结束时说：“让我把通电导线与磁针平行旋转来试验看。”于是他在一个小伽伐尼电池的两极之间接上一根很细的铂丝，在铂丝正下方旋转一枚磁针，然后接通电源，小磁针微微地跳动，转到与铂丝垂直的方向。小磁针的摆动，对听课的听众来说并没有什么。但对奥斯特来说实在太重要了。多年盼望出现的现象，终于出现了。他又改变电流方向，发现小磁针向相反方向偏转，说明电流方向与磁

针转动之间有着某种联系。

奥斯特为了弄清楚电流对磁针的作用，于1820年，花了几个月时间，做了60多个实验。他把磁针分别放在导线的上方、下方，考察了电流对磁针作用的方向；把磁针放在距导线不同的距离，考察了电流对磁针作用的强弱；把玻璃、金属、木头、石头、松脂等放在磁针和导线之间，考察电流对磁针的影响；……

1820年7月21日他发表了题为《关于磁针上电流碰撞的实验》的论文，这篇论文仅用4页纸，简洁地报告了他的实验，向科学界宣布了电流的磁效应。

奥斯特当时把电流对磁体的作用称为“电流碰撞”，他总结出了两个特点：一是电流碰撞存在于载流导线的周围；二是电流碰撞沿着螺旋方向垂直于导线的螺旋线传播。

1820年7月21日作为一个划时代的日子载入史册，它揭开了电磁学的序幕，标志着电磁时代的到来。

奥斯特的发现马上轰动了整个欧洲。当年8月末，法国物理学家阿拉果在瑞士听到这个消息后，马上返回法国。9月初向法国科学院报告了奥斯特的电流磁效应的实验细节。这时，包括安培在内的法国科学家们如梦方醒，才知道他们错误地信奉了库仑关于电、磁之间没有关系的教条。

安培听完报告的第二天，安培就重复了奥斯特的实验，并于9月18日向法国科学院报告了第一篇论文，提出了磁针转动方向和电流方向的关系服从右手定则，以后这个定则被命名为安培定则。9月25日安培向科学院报告了第二篇论文，提出了电流方向相同的两条平行载流导线互相吸引，电流方向相反的两条平行载流导线相

互排斥。10月9日报告了第三篇论文，阐述了各种形状的曲线载流导线之间的相互作用。后来，安培又做了许多实验，并运用高度的数学技巧总结出电流元之间作用力的定律，描述两电流元之间的相互作用同两电流元的大小、间距以及相对取向之间的关系。后来人们把这个定律称为安培定律。12月4日安培向科学院报告了这一成果。

综合工业学校的电池安培从小生长在富商家庭，由于其父在法国大革命中被处死和妻子的早丧，曾经历了各种不幸，使他一生笃信宗教，并潜心于研究学问，对科学以外的事漠不关心，有时甚至有点心不在焉。有一次，安培在街上行走，走着走着，想出了一个电学问题的算式，正为没有地方运算而发愁。突然，他见到面前有一块“黑板”，就拿出随身携带的粉笔，在上面运算起来。那“黑板”原来是一辆马车的车厢背面。马车走动了，他也跟着走，边走边写；马车越来越快，他就跑了起来，一心一意要完成他的推导，直到他实在追不上马车了才停下脚步。还有一次，拿破仑访问巴黎科学院，安培居然不认识拿破仑。拿破仑觉得一位法国科学家不认识他，实在有点可笑，于是拿破仑邀请安培第二天去皇宫御花园赴宴，安培也答应了。但是第二天皇宫的宴会上，他的椅子空着，他居然把皇帝的邀请忘到脑后了。据说，对此，拿破仑并没有怪他。

安培就是这样一个人，但对电磁学的发展却做出了巨大的成就。在发现安培定律之后，安培又一鼓作气，于1821年1月提出了著名的分子电流的假设，认为每个分子的圆电流形成一个小磁体，这是形成物体宏观磁性的原因。安培还对比了静力学和动力学的名称，

第一个把研究动电的理论称为“电动力学”，并于 1822 年出版了《电动力学的观察汇编》，1827 年出版了《电动力学理论》。此外，安培还发现，电流在线圈中流动的时候表现出来的磁性和磁铁相似，创制出第一个螺线管，在这个基础上发明了探测和量度电流的电流针。

奥斯特和安培的研究工作，揭示了长期以来认为性质不同的电现象和磁现象之间的联系，在很短的时间内，使电磁学产生了飞跃，进入了一个崭新的发展时期。为了纪念这两位科学家的功绩，人们把磁场强度的单位以“奥斯特”命名，把电流强度的单位以“安培”命名。

电磁感应定律的发现——法拉第

在奥斯特的电磁效应论文发表后，欧洲的科学家产生了极大的兴趣，他们投入了大量的人力、物力对电磁现象进行研究。他们想，既然电与磁有密切联系，电能产生磁，那么它的逆效应，“磁能产生电”吗？

科学家们进行了长期的实验探索。从 1820 年到 1831 年的 10 多年时间内，许多科学家，如欧姆、安培、菲涅耳、阿拉果等都投身于探索磁与电的关系中。

他们用各种很强的磁场试图产生电流，均无结果，其根源是他们抱着稳态条件，没有考虑动态效应，结果 10 年研究进展不大。

最后完成这一伟业的是法拉第，一位完全自学成才的科学伟人。

研究电磁感应 1791 年 9 月 22 日，法拉第出生在英国萨里郡纽英顿一个贫苦的铁匠家庭。5 岁时随父母到伦敦，只读过小学。13 岁时，法拉第在书店中当装订工。

有一天，他在装订不列颠百科全书时，偶然看到了《电学》这个条目，激发了他对科学的热情。1810年2月至第二年9月，听了塔特姆所作的十几次自然哲学讲演，并开始参加市哲学学会的学习活动，受到了自然科学的基础教育。

1812年2月至4日，法拉第在皇家研究所听了戴维的4次化学讲座，每次他都细心笔录，整理成稿，而且热忱地抓住戴维的每个科学观点，转述给市哲学学会的同伴。这年10月，法拉第学徒满师，写信给戴维，介绍了他贫苦的身世，表达了献身科学事业的决心，并随信附上自己记录、装订的《戴维爵士讲演录》以示敬意。这不禁使戴维想起自己成长的过程。戴维出身贫寒，17岁曾在一家药店当学徒，靠自学获得成功。如今遇到一个和自己一样敢于向命运抗争、勇于追求真理的年轻人，同情之心油然而生。戴维决定和法拉第面谈。1813年1月，戴维约见了法拉第，深为这位年轻人坚韧不拔的精神所打动。由于戴维的帮助，法拉第很快进入了皇家学院，作了实验室助理。他负责打扫卫生、洗刷和吹制玻璃器皿，准备实验仪器等工作。虽然这工作的薪水还不如他原来的书店装订工，但法拉第不在意这些。历史证明，法拉第的这次选择是非常正确的，是他人生道路上的一次转折点。

1813年秋，戴维夫妇去欧洲大陆旅行并作学术访问。戴维邀请法拉第与他们同行，充当他的助手和仆人。在这次长达一年半的旅行访问中，法拉第虽然要做许多伺候戴维夫妇的事情，甚至不能与戴维同桌吃饭，但是，他并不在乎这些，因为他把这次旅行访问活动当做一次学习的好机会。

实际上也确是如此。这次欧洲大陆之行，他们访问了法国、意大利、德国、比利时等国，一路走一路做实验，进行学术讲演交流活动。这一切都使法拉第大开眼界，增长了很多见识。此外，他还认识了当时欧洲大陆一些最著名的科学家，如伏打、安培、盖·吕萨克等。对法拉第来说，无异于上了一次大学。后来他的一位好友就曾说：“他(法拉第)上的大学是在欧洲，他的老师就是他伺候的主人，以及慕戴维之名而来的那些名流。”

第一台电动机后来科学史上流下了一段法拉第与戴维之间的恩怨事。主要是法拉第有成就后，在被入选英国皇家学会时，只有他原来的恩师戴维一人极力反对。戴维从此留下了对后辈嫉贤妒能的不好名声。其实，公正地说，不管法拉第有成就后戴维是否真如传的那样嫉贤妒能，法拉第能做出这么大的科学成就是与戴维的提拔和栽培分不开的。大而言之，戴维发现并栽培法拉第之功是恩泽全人类的“大善”，而他对法拉第的嫉贤妒能毕竟是“小恶”，大可不必对此耿耿于怀。

1815年4月回国后，法拉第即被提拔为实验仪器管理员，并在戴维指导下开始了自己的研究工作。开始主要在化学领域，很快就取得了一系列的成就。1824年当选为英国皇家学会会员，并于次年由戴维提名担任了皇家学院的实验室主任。

1820年奥斯特发现电流磁效应后，法拉第开始转向电磁实验的研究。1821年，他取得了第一项电磁学的研究成果，发明了“电磁旋转器”。其实，这就是电动机的雏形。该项成就使法拉第在电学领域崭露头角。

接着，法拉第开始了“磁变电”的研究。他在1822年一天的日记上写了一句话：“把磁转变为电。”说明当

时法拉第的目标是很明确的，就是用实验证实磁能产生电，并且要找到这种方法。

法拉第正在讲演

法拉第与夫人然而，经过近 10 年的研究，法拉第没有找到“磁生电”的方法。后来他回忆这十年失败的教训是错误地认为“磁生电”也像“电生磁”那样是一种稳恒过程，即只要有磁力存在，在其周围放置的导线上就能检测到持续的电流。很显然，法拉第和当时其他的科学家一样，都进入了这个误区。他们总是不断地在加大磁性强度上下功夫。后来才明白，“磁生电”最关键的是磁强度的变化，而不是磁强度本身。不过，在为“磁生电”而摸索的科学家中，在 1831 年前离发现电磁感应大门最近的不是法拉第，而是一位叫克拉顿的瑞士物理学家。他曾将一个线圈和一个检流计构成闭合回路，想通过磁铁在线圈中插入、拔出在线圈中感应出电流。当时他为了防止磁铁对检流计磁针的可能影响，将检流计放到隔壁房间里。由于没有助手，他在这边用磁铁不断在线圈中插入、拔出(我们现在明白，也是我们中学做过的实验，这时克拉顿放在隔壁的那只检流计的指针肯定在动!可惜他看不见)，然后跑到隔壁去观察检流计，每次都是零结果(要是克拉顿有助手，电磁学史就要改写了)。看来，有时科学发现其实不过一层窗户纸，但必须有智、有心还要有幸者才能捅破。

1831 年 8 月，法拉第经过 10 年无数次的失败，终于获得了成功。他在一个圆形软铁环两边绕上 A、B 两组线圈，在 A 组线圈同伏打电池接通或切断的瞬间，B 组线圈中感生出电流，法拉第把这叫做“伏打电感应”。10 月，又发现，磁铁和导线的闭合回路有相对运动时，

回路中会产生感生电流，法拉第称之为“磁电感应”。“伏打电感应”孕育了变压器的诞生，“磁电感应”预告了发电机的出现。这两类电磁感应现象的发现为电在未来的大规模应用奠定了基础。后来有人就把法拉第发现电磁感应原理的 1831 年定为电气时代的纪元元年。

晚年的法拉第(1836 年)

在发现电磁感应之后，法拉第又思考电磁学中另一个重大问题：“电磁作用是如何传递的。”自然界物体之间的相互作用除了拉力、压力、摩擦力这些靠接触传递的力之外，还有万有引力、静电力、电流之间作用力等非接触力。这些非接触的物体之间的相互作用力是如何传递的呢？当时占统治地位的是一种被称为“超距作用”的观点。该观点认为，相隔一定距离的物体之间相互作用，不需要任何媒介传递，也不需要传递时间，是直接的瞬时的。富兰克林、库仑、安培等大多数学者都持这样观点。牛顿确立了万有引力定律，但他明智地回避了引力的本质问题，把引力是否超距的问题留给了后人。法拉第具有不同凡响的想象力，他提出了一种全新的概念和物理图象——“力线”。

1845 年 11 月，法拉第用强电磁铁进行实验发现，物质对磁力的作用类似于介质对电的作用。他设想在带电体、磁体和电流周围空间存在着某种由电或磁产生的象“以太”那样的连续介质，起着传递电力和磁力的媒介作用，法拉第把它们称为“电场”和“磁场”。这是第一次把“场”的概念引入到物理学中来。

法拉第关于“力线”和“场”的概念，对传统观念是一个突破，对电磁学乃至整个物理学发展产生了深远影响。正如汤姆逊所说：“在法拉第的许多伟大贡献中，

最伟大的一个就是力线的概念。我想电场和磁场的许多性质借助于它都可以简明而富有启发性地表示出来。”

法拉第还曾提出了电磁波的猜测：电磁作用可以以波的形式传播，而光可能是一种电磁波。这些猜测后来被麦克斯韦和赫兹所证实。

法拉第为人质朴，喜欢帮助亲友，不善交往，不图名利。为了专心从事科学研究，他放弃一切有丰厚报酬的商业性工作。英国政府拟封他为爵士，1857年皇家学会拟选他为会长，均被拒绝，因为他愿意永远是普通的法拉第。1867年8月25日，法拉第在维多利亚女王赠给他的寓所中去世，终年76岁。去世时，他坐在书房的一把椅子上，安祥地停止了呼吸。

后人对法拉第评价极高，认为他是19世纪最伟大的实验科学家。爱因斯坦也高度评价法拉第的工作，认为他在电磁学中的地位，相当于伽利略在力学中的地位。那么，爱因斯坦所指的在电磁学中如力学中牛顿的那个人又是谁呢？

这个人自然就是麦克斯韦。

电磁理论大厦的奠定——麦克斯韦

麦克斯韦是电磁学的集大成者，正如牛顿在伽利略等人工作的基础上创立经典力学体系一样，麦克斯韦总结法拉第等人的科学成果，建立了完整的电磁理论体系，是物理学的又一次大综合。他的电磁理论是经典物理学的最高峰。在科学史上，人们能清晰地看到牛顿——麦克斯韦——爱因斯坦这样的思想历程。麦克斯韦是从牛顿到爱因斯坦不可逾越的阶段。

1831年6月13日麦克斯韦出生于英国爱丁堡。他似乎命中注定与电磁学有缘，这一年恰好法拉第发现了电磁感应。麦克斯韦的父亲是一名律师，但爱好实用技术，是爱丁堡皇家学会的会员。幼年时麦克斯韦随父居住乡下，在父亲的诱导下学习科学，10岁就进入爱丁堡中学，并经常随父亲到爱丁堡皇家科学院听演讲。14岁时发表第一篇学术论文《论卵形曲线的机械画法》，被誉为“神童”。

麦克斯韦青年时代的麦克斯韦16岁时，麦克斯韦进入爱丁堡大学学习物理学，19岁又进了剑桥大学三一学院。非常幸运的是，在剑桥麦克斯韦在一个偶然机会认识了著名数学家霍普金斯。从此得到霍普金斯和另一著名数学家斯托克斯悉心指导，从而打下了非常坚定的数学基础。这是麦克斯韦以后能把数学工具成功用于物理学研究的关键时刻。

麦克斯韦于1854年从剑桥毕业后不久就开始了电磁学的研究。他详细地研究了法拉第的著作，对法拉第的实验报告和笔记都十分熟悉。由于法拉第基本上是一名纯粹的实验物理学大师，不懂数学，无法用精确的数学语言表述他的物理思想，经常是在他的论文中几乎找不到一个数学公式，以致被人误以为是实验报告。而数学恰恰是麦克斯韦的强项。于是麦克斯韦选择用数学形式表达法拉第物理思想的“翻译”工作作为电磁学研究的突破口。

他精心研究了法拉第提出的“力线”概念，于1855年发表了关于电磁理论的第一篇论文《论法拉第的力线》。这篇论文用严格的数学方式说明了法拉第的力线，使法拉第的力线严密化、形式化和数学化了。并由此自

然地推导出库仑定律和高斯定律。

1860年，麦克斯韦在伦敦拜会了法拉第。法拉第赞扬了麦克斯韦的工作，并鼓励他不要停留在这种“翻译”的层次上，要突破这些观点，创立一个全新的不属于牛顿自然哲学体系的电磁学理论。这使麦克斯韦受到很大鼓舞。

1862年，麦克斯韦发表了电磁研究的第二篇论文《论物理力线》，不但进一步发展了法拉第的思想，而且得出了新的结果：电场与磁场的相互转化，并创造性地提出“位移电流”的概念，预言了电磁波的存在。指明电磁波是一种以光速在空间传播的波，揭示了光的电磁本质，把光学和电磁学统一了起来。

1864年，麦克斯韦的第三篇论文《电磁场的动力学理论》发表，该文从几个基本事实出发，运用场论的观点，以演绎法建立了系统的电磁理论。著名的“麦克斯韦方程组”就是在这篇文章中提出的，该方程组成为了科学史上用数学语言叙述科学理论的和谐、完美的象征，甚至是代名词。

1873年，麦克斯韦出版《电学和磁学论》一书，这是一本集电磁学大成的划时代著作，全面地总结了19世纪以来的电磁学成就，建立了完整的电磁理论体系。这是一部可以同牛顿的《自然哲学的数学原理》相媲美的里程碑式的著作。

除了电磁学领域的巨大贡献外，麦克斯韦还在气体分子运动论、统计物理学、热力学、天体物理学等领域做出过突出贡献。20多岁时，麦克斯韦曾写过一篇关于土星光环的论文。他通过数学计算得出结论：土星光环既不是整块的固体，也不是液体，因为这样引力和离心

力的作用就会使它分崩离析，而是由一群离散、微小的星(即卫星环)聚集而成的。100多年后，当一架“航行者”太空探测器到达土星周围时，证实了麦克斯韦的说法。此外，麦克斯韦负责建立的卡文迪许实验室，在他和以后几任主任的领导下，发展成为名闻全世界的学术中心之一，这里先后培养出了26位诺贝尔奖获得者，创造了科学界的一个奇迹。

1879年11月5日，麦克斯韦因病去世，年仅48岁。

1887年，麦克斯韦逝世后8年，他预言的电磁波及其光的特性被德国物理学家赫兹用实验证实。1895年，波波夫和马可尼实现了无线电通信。从此一个新的时代——无线电电子时代开始了。

进化论

地球上的生物是从哪里来的?为什么会形成这样千姿百态各不相同的物种?自古以来,这个问题就引起人们不断的争论。古希腊的阿那克西曼德曾猜测:“人是由鱼变成的,是从水中到陆地上来的。”这可以说是生物进化思想的最早萌芽。

猩猩和人类有着共同的祖先,但40%的科学家仍对此表示怀疑

到了18世纪,自然哲学开始向自然科学转化,科学家们开始认真地考虑生物进化问题。由于生物进化理论比起电磁学和其他生物学分支如生理学、胚胎学、微生物学等,相对地说不用严格精密的实验和复杂的数学推演,因而容易普及,同时也更容易引起争论,因为它毕竟更多的是如同侦探破案那样用现有的证据去推理“往

事”。这样，在 18、19 世纪，进化论就成了自然科学中争论最激烈的领域之一。不过，正是在这样激烈的争论中，诞生了科学史上最伟大的理论之一——达尔文的进化论，并使生物普遍进化的思想得到公认。

进化论的早期研究

近代生物进化的思想是在 18 世纪中叶才开始萌芽的。18 世纪中叶以前，人们受宗教神学或形而上学世界观的束缚，普遍认为物种是不变的。18 世纪中叶之后，随着地质学、比较解剖学、胚胎学的发展，生物物种是进化而来的思想才被人提了出来。然而从进化思想的萌芽到达尔文进化论的确定，经历了 100 多年的时间。

老鼠为猫而生——神创生命和物种不变论

长期以来，统治人们思想的是人和万物都是由神创造的说法，其中影响最大的就是基督教的特创论。

林奈身着民族服装的林奈中世纪的西方，基督教《圣经》把世界万物描写成上帝的特殊创造物。其中第一篇《创世纪》中这样记载着：地球、还有地球上的生物是上帝用 6 天时间创造出来的。上帝用泥土造出了男人，又用这个男人的肋骨造出了女人，然后又造出了树木、走兽、飞鸟、爬虫等各种生物。这就是所谓的“特创论”。与特创论相伴随的目的论则认为自然界的安排是有目的性的，猫被造出来是为了吃老鼠，老鼠被造出来是为了给猫吃。而这些生物又都是为人服务的；猫所以吃老鼠，是因为老鼠对人类有害。物种是不变的，上帝开天辟地时创造出多少个物种，现在就有多少个物种。

林奈的性别植物分类那时候，谁要是反对《圣经》，

和《圣经》的说法不一致，就被认为是大逆不道，将遭到教会的严厉处罚，甚至被判处死刑。最早研究血液循环的西班牙医生塞尔维特、宣传日心说的意大利哲学家布鲁诺，都因触犯了《圣经》，而被烧死在火刑场上。

基督教的特创论和物种不变观念，在18世纪中叶以前一直占据绝对统治地位。就连著名的生物学家林奈也曾对此深信不疑。1735年，林奈在《自然界系统》中写道，自然界中不存在新种，一种生物总是产生与其同类的生物，每种物种中的每个个体总是其后代的开始，因此必须把这些祖先的不变性归于某个全能全知的神，这个神就叫做上帝，他的工作就是创造世界万事万物。这是被每个有生命个体的机制、原理、定律、体质和感觉证明了的。如果我们观察上帝创造的物种，那么对任何一个人来说都会得到更充分的证据：每个生物体都是从一个卵中产生的；而从每个卵中产生出的都是一个和亲代极其相似的后代，因此现今不会产生新种。通过繁殖，个体数成倍增加，因此现在每种物种的个体数都比上帝刚创造出来时的数目多得多。由此可见，按照林奈的说法，就是，世界上千变万化的蓬勃生物世界，每一个种都是上帝的有意创造，所以它们才这样巧妙，这样丰富多彩。上帝创造的物种永恒不变，即隐花植物就是隐花植物，显花植物就是显花植物；猴就是猴，鱼就是鱼。它们永远不变，二者之间没有任何联系，更不要说动物和植物之间，生物界与非生物界之间的转变和联系。

其实，林奈的这种物种不变观念，是当时自然科学中占统治地位的不变论在生物学上的反映。因为当时发展最完善的牛顿力学认为，太阳系在上帝的“第一推动”下运转起来后，就永远不变地运动下去。那么，地

球上的生物物种自然也是如此，原来是这样，现在和将来也是这样。

不过，林奈晚年对“物种不变”的思想有所改变。这是他对生物物种长期实践研究的结果。他在 1768 年出版的《自然系统》第 12 版中，删去了有关“物种不变”的论述。但他最终没有彻底抛弃“物种不变”的观念而提出物种进化的思想，他只不过对“物种不变”论进行了一定程度的修正。

进化思想的先驱：布丰

18 世纪中叶，虽然“物种不变”的思想占据统治地位，在该研究领域，教会的势力也还非常强大，但已有一些人公开提出了“物种可变”的进化思想。

布丰

1748 年，一个叫马耶的法国外交家和旅行家，他的一本书在他去世 10 年后出版。在这本书中，马耶试图把宇宙的进化和生物学上的进化联系起来，形成一个无所不包的理论体系。马耶认为，“生命的种子”从海洋中来，随着古大陆的出现，海洋的缩小，陆地生命才逐步产生和发展起来了。他指出，随着露出大海的陆地增加，树木花草的种类也随着增加，也就是说，物种的数目会随着海洋的缩小、陆地的增加而不断增加。

马耶之后，对进化论进行了研究的是莫泊丢。他是一位数学家，以研究曲线而著名。他还是一位有着光辉的思想的人，但他不善于用严格的实验来证实他的思想。美国科学史家玛格纳认为，莫泊丢曾多次“走到了一个重大发现的边缘，却又从未把这些思想彻底形成，并未对它进行检验，或赋予它一种能使同时代人信服的形式。”莫泊丢认为，高等生物是由类似蠕虫一样的低等生

物发展来的。每一种物种的精液中都含有许多适合形成该物种更多新个体的“小颗粒”。

布丰在做实验

莫泊丢物种进化的思想后来被法国科学家布丰所发展。

1707年，布丰出生于法国蒙巴尔的一个富豪家庭。后因恋爱引起的决斗而离开法国，到英国游学。由于他工作勤奋，成绩卓著，1739年成为法国科学院非正式会员，并担任植物园的负责人。同年被选为英国皇家学会会员。1753年成为法国科学院院士。

《自然史》封面

他的代表作是《自然史》，共44卷，前后历时55年，由他的助手帮助完成。此书图文并茂，再版多次，并有几国文字的译本，内容包括自然科学各部门的知识。他在写这部书的过程中，曾遭到科学院的行政管理委员会的干预。他被告知：《自然史》的某些部分与教义相违背，如地球的年龄，行星从太阳系演生出来，真理只能从科学中得出等等，必须收回。在压力下，布丰不得不违心地宣布：“我没有任何反对《圣经》的意思，我放弃我的著作中所有可能与摩西故事相抵触的看法。”但他内心并不服气，在后来的写作和研究中，继续坚持原来的观点，只是更加小心谨慎，以一种隐晦的方式来阐发。

大洪水的遗迹

布丰是进化论的先驱者之一，发表了不少的进化论观点。在《自然史》中，他试图描述一个以恒星、太阳系到地球，再到地球上的非生物界和生物界这样一个完整的自然发展史和现实的自然图景。他不相信地球像《圣经》中“创世纪”所讲的那样只有6000年历史，他估计

地球的历史至少是 7 万年；在未发表的著作中，他估计地球的年龄是 50 万年。这 and 现代知道的 45 亿年当然偏差很大，但比当时学术界 6000 年的普遍看法已是一个重大的进步。

布丰认为，物种是可变的。生物变异的原因在于环境的变化；环境变了，生物会发生相应的变异，而且这些变异会遗传给后代(获得性遗传)。引导他形成进化观点的主要是两类事实：一是化石材料，古代生物和现代生物有明显区别；二是退化的器官，例如，猪的侧趾虽已失去了功能，但内部的骨骼仍是完整的。因此，他认为有些物种是退化出来的，类人猿就有可能是人退化的，驴和斑马可能是马退化的结果。

由于受到教会过大的压力，布丰的进化思想和论述有许多矛盾之处。后来，达尔文评论说：布丰是第一个以科学精神阐明物种起源问题的人，然而他的观点却动摇得厉害。

在林奈去世 10 年的时候，也就是 1788 年，布丰也去世了。他去世后的第二年，法国大革命开始，被称为科学的恐怖时期来临了。他的儿子被送上了断头台，他自己的陵墓和纪念碑也遭到了毁坏和革命极左派们的亵渎。但是，科学还是以它固有的步伐前进的。进化论的思想又被拉马克所发展。

拉马克的进化论

1744 年 8 月 1 日，拉马克出生于法国皮卡第，父母为使他日后成为一个牧师，送他到教会学校读书。可是，后来在对自然科学的研究中，这个虔诚的宗教信徒变成了一个离经叛道的进化论者。拉马克青年时参过军，22 岁时退伍，靠抚恤金和稿费度日。后经卢梭的推荐开始

生物学的研究。1778年，在布丰的资助下，出版了专著《法国植物志》，奠定了他在法国科学界的位置，被选为法国科学院院士。1794年，当他已经50岁时，开始转向无脊椎动物的研究。是他首次把动物分为脊椎动物和无脊椎动物两类。他的主要著作是：《无脊椎动物系统》和《动物学哲学》。

拉马克的研究对象不仅有活的动物，还有古代的化石。

拉马克按照《圣经》的传说，一个英国主教曾计算出，上帝造物的时间是公元前4004年10月12日上午9点，可是，化石却告诉拉马克，古代生物的存在至少有几万万年以上了。

按照《圣经》的说法，上帝创造的物种永远不会变，可是拉马克发现，古今生物形态虽有很大的不同，可它们之间都有血缘关系。

拉马克开始怀疑上帝创造万物和物种千古不变的说法，他相信今天的生物是古代生物进化来的。

在他看来物种的稳定性只是一种错觉。那为什么物种的进化不易看出来呢？这是因为进化是逐渐的、缓慢的过程，而人类的寿命又很短暂的缘故。有人说，三千年前的木乃伊同现在人完全一样，拉马克则说，三千年是微不足道的一段时间。他说，假如有一种寿命只有一年的小虫，连续二十五代观察一座房屋，它们也会认为房屋是不会变化的。一个生物学家在观察物种时也会遇到类似的情形。他曾写道：“我们不明了在长时间内各处所发生的一切，因为我们根本不可能亲自观察及证明这些现象，所以我们便认为一切都具有绝对的永恒性。其实，我们周围的一切实实际上都在不断变化着。……任何地方

都没有完全的静止，到处都充满着随时间地点而变化的永恒的活动。”

巴黎皇家花园

生物学一词最早在杂志上出现他坚信自然界总是循序渐进地产生各种生物的，最先产生的是最简单的生物，后来产生的是复杂的生物，这就形成了一个由简单到复杂、由低级到高级的连续系列。

那么，物种为什么会变化呢？拉马克认为，外界环境是引起生物变异的直接原因。生物有适应外界环境的能力，经常使用的器官越变越发达，不使用的器官就渐渐退化了。不仅生物的先天的形态可以遗传，这种后天获得的特性也可以遗传。这就是拉马克的“用进废退”和“获得性遗传”学说。

比如，长颈鹿在古代时，它的脖子并不像现在这么长，是一种类似羚羊那样的原始动物。长颈鹿生活在干旱的非洲，靠吃树叶为生，吃光了低处的树叶后，不得不拼命伸长脖子吃高处的树叶，于是，脖子渐渐变长了。这种获得的特征又传给了后代，一代一代传下去，长颈鹿的脖子越变越长，最后，成为我们今天看到的这副模样了。

拉马克的进化思想，毫无疑问是正确的，但他关于生物进化的原因，所谓“获得性遗传”，看来更多的是一种猜测，没有更多的事实依据。实际上，现代遗传学实验证明，生物的获得性状是不能遗传的。也就是说拉马克的“获得性遗传”是无法解释生物进化现象的。

当然，这不过是时代局限造成的，不会影响拉马克在进化论上的功绩。他是第一个提出系统进化思想的人。达尔文赞扬拉马克“最先认识到，有机界的变化就像无

机界的变化一样，都是自然规律作用的结果，而不是神的干预造成的”。

拉马克把他的生物进化思想写进了《动物学哲学》一书中。可是，几乎所有的学者都不承认他的学说，反而嘲笑和攻击他。当他把出版的《动物哲学》送给拿破仑的时候，以“科学之友”著称的拿破仑竟公开嘲讽他“荒唐”、“可笑”。到去世时，他家中还存有八百多本没卖掉的《动物学哲学》。

1820年，拉马克由于长期在显微镜下观察而双目失明，以后的著作都是由他口述，经他的女儿记录整理出版的。

1829年12月18日，拉马克去世，享年85岁。由于贫困，连买一块墓地的钱都没有，他的遗体只得被埋在一个贫民公墓中。1909年，当进化论已广泛流传，全世界都在纪念达尔文的《物种起源》出版50周年时，法国终于意识到要纪念她的这个优秀儿子，但这时他葬在何处已难以确定了。后来，人们在他生前工作过的地方——巴黎植物园，为他建立了铜像。

灾变论——居维叶

拉马克的进化论是法国进化思想发展的高峰。然而，他的进化论在当时并没有被人们广泛接受，甚至受到了冷落和攻击。从这种意义上说，拉马克在与物种不变论的斗争中失败了。其中的原因除了他拿不出更多事实证明他的学说，他的学说还确实有待进一步完善外，还因为他遇到了一个强有力的反对者——居维叶。

居维叶是法国著名的古生物学家，1769年出生于蒙贝利亚尔。4岁就能读书，幼时就喜爱布丰的《自然史》，是一位神童。14岁入德国斯图加特的加罗林大学学习博

物学。19岁时给一贵族当家庭教师，解剖了许多海生动物。1795年经圣提雷尔的推荐，在巴黎博物馆任教。1809年拿破仑任命他为参政员，后又任督学。主要著作有：《比较解剖学讲义》、《四足动物的化石研究》、《地球表面的革命》。

居维叶居维叶是古生物学和比较解剖学的创始人，对生物学的一个重大贡献就是提出了器官相关律。他是当时法国最有权威的生物学家，曾担任法国科学院的最高职务。

在科学史上，居维叶是以其灾变论著名的，甚至人们提起灾变论就会马上想到居维叶。

灾变的思想古来有之。亚里士多德虽然强调渐变的作用，但也认为地球上曾发生过几次大洪水，每两次大洪水之间，还有一次大火灾。布丰认为，地球是彗星同太阳相撞的碎片，在天文学中提出了灾变论。瑞士的波涅特认为，世界上不断地发生周期性大灾难，最后一次便是摩西洪水。在大灾难中所有的生物都被消灭，但胚种却被保存下来。灾变以后，生物又重新复活，并在生物阶梯上前进了一步。他预言：在下一次灾变后，石头将有生命，植物将会走动，动物将有理性，在猴子与大象中间我们将发现莱布尼茨与牛顿，而人将变成天使。

巴塞自然博物馆的比较解剖室 1798年，居维叶对巴黎附近的许多化石进行了研究，他发现了许多今天已经绝迹的植物和动物的化石，而且还发现，在不同的地层中，分布着不同的动植物化石。地层时代越古老，化石就越简单，跟现代生物差别也越大。这实际上是发现了古生物形态与出土地层的关系，揭示了已绝迹的生物在时间上分布的规律性。但是他认为在这许多地层中没有

发现中间类型，这说明生物的历史是间断的，物种不是连续进化而成的，而是一些物种被消灭以后，又出现了一批完全不同的物种，所以在不同的地层中，化石的种类是不同的。为什么一批生物会死亡？他认为这是灾变的结果。

19 世纪的最初几年，法国的卡查利在西伯利亚的冻土层中发现了大批猛犸的遗体，皮肉还十分新鲜。有人认为，是西伯利亚气候的突然变冷造成了大量猛犸的死亡，以致尸体还未来得及腐烂便被冰冻封存起来。在对这些现象解释的基础上，居维叶提出了系统的灾变论。

猛犸象化石

他列出了以下事实作为地球灾变的主要证据：大陆的地壳中普遍发现甲壳化石，说明地球上曾经发生过沧桑巨变，海洋变为陆地，造成大量甲壳动物的死亡。当我们登上稍高的地方，灾变的痕迹就更加明显，那儿也会发现与较低区域不同种的甲壳化石，而且含有它们的地层一般都发生倾斜，甚至直立、倒转，只有地球表面天翻地覆的变革才会造成这种现象。在岩层之间有巨大的间断，形成角度明显的不整合。不仅一定的地层含有一定的物种，而且一定的物种总是伴随着地层的间断而突然消失或出现。这种间断在时间上不是一次而是许多次，在空间上不是一点而是一个区域。

客观地说，居维叶基于大量古生物学研究得出生物种群曾“大灭绝”的“灾变论”基本上是正确的，他的许多结论与现代古生物学、地质学的结论是一致的。本来他发现的这些事实都是支持生物进化论的，并完全可能导出进化论。然而，令人遗憾的是，他却走上了反对进化论、支持上帝创造物种的道路。

居维叶曾列举了基督教《旧约全书》的洪水记载，古巴比伦人、希腊人、印度人、中国人关于大洪水的传说，认为地球上曾经发生过好几次大的灾变，每次灾变时，大多数生物都死绝了，然后上帝又创造出一批新的生物来。他还得出结论：最后一次灾变就是《圣经》上所说的五六千年前出现了诺亚时代的大洪水。

赖尔

居维叶基本上是物种不变论者。他认为，种是稳定的，现存的种不可能从已经绝灭的种变化而来，例如现存的哺乳动物就不可能是四足动物化石的变种。通过大量不显著变异的积累也不能形成新种，因为没有找到逐渐变更的痕迹和中间类型。拿破仑远征埃及后把一些木乃伊带回了巴黎，居维叶指出，几千年的木乃伊同现代人也没有什么不同。古埃及的四足动物与鸟的雕刻也同现在的四足动物与鸟一样。所以他说：“过去的物种和现在的物种一样，是永恒不变的。”他还说，大灾难没有给物种的变化留下足够长的时间，即物种变化所需要的时间远远超过两次灾变之间的间歇时间。他承认有机体会发生表面的变化，但认为这不可能导致种的变化。生物有抵抗外来影响的天性，所以生物体的变化被严格地控制在种的界限以内。现存的各种类型“从事物最初的时候起就长久地保存着，并不越出自己的范围。”

在科学史上，曾经存在过“渐变论”与“灾变论”之争，“灾变论”的代表就是居维叶，后来是他的一些学生。而“渐变论”的代表是赖尔。最后“渐变论”取得胜利。在 19 世纪后期至 20 世纪前期的近一个世纪里，居维叶的“灾变论”一直是被作为“渐变论”的对立面而进行批判的。在现代中国，由于 19 世纪后期恩格斯曾

支持赖尔的“渐变论”而激烈地批判过居维叶的“灾变论”，“灾变论”和居维叶更是成了两个不好的字眼。到了20世纪70年代后，科学界才对居维叶的“灾变论”有了重新的评价。

其实，现代科学研究已经发现，地球和生物界的演变完全用“渐变论”有许多现象是无法解释的，地球和生物界的“灾变”是存在的，事实上是渐变和灾变兼有的演化图景。因而，居维叶的错误不是在于提出了与“渐变论”对立的“灾变论”，而是在于试图到自然之外去寻找“灾变”的原因和重新发展的力量。另外，从“灾变”中，居维叶得出的结果应该是“物种可变”论，可他却得出了“物种不变”论。

居维叶的“灾变论”，在19世纪中叶之前，影响是非常大的，连赖尔和达尔文早期都是信奉“灾变论”的。虽然居维叶反对进化论，但他的研究成果在客观上又为进化论的发展提供了证据。他创立的比较解剖学与古生物学是进化论的两大支柱。他的比较解剖学研究指出一种器官的变化会引起其他器官的变化，这个成果后来被达尔文所吸收；他的古生物学研究指出了不同地层与不同化石之间的关系，在客观上揭示了物种的变化过程；他在分类学研究中也发现了两栖类动物既具有爬行动物的特点，又具有鱼类动物的特点。

由于受到居维叶的阻挠和反对，法国的进化思想在拉马克那里到达了顶峰，然后就衰落了。不过，真正衰落的标志是拉马克的支持者圣提雷尔与居维叶之间的一场大论战，论战结果以圣提雷尔的失败告终。

圣提雷尔也是比较解剖学的创始人之一，他原来和居维叶是好朋友，可是，后来两人之间的分歧越来越大，

成了论敌。

1830年，他和居维叶之间爆发了一场著名的论战，起因是在科学院一次会议上，圣提雷尔提交了两个青年科学家的论文。这篇论文提出墨鱼处于脊椎动物与无脊椎动物之间，在墨鱼身体中间有一根软骨，相似于脊椎动物的脊椎。圣提雷尔认为这篇论文证实了他所提出的无脊椎动物与脊椎动物有统一构造图的观点。

这篇论文遭到居维叶的强烈反对。争论的内容从比较解剖学、形态学扩展到进化论与神创论的对立，论战一直持续了8个月，轰动了欧洲的学术界。

当时八十一岁高龄的歌德十分重视这场大辩论，称它是一次火山爆发。他也是位进化论者。他发现了颞间骨，进一步证明人是从兽类动物进化而来的。他称圣提雷尔是他的战友。

由于宗教界的支持，也由于圣提雷尔学说本身的不足，最后论战以圣提雷尔的失败而告终，居维叶由此获得了“生物学独裁者”的称号。

进化论者在法国虽然失败了，但他们却为进化论奠定了思想基础。不久，进化论就在英国重新崛起了，正是以这些法国同仁的工作为阶梯，查理·达尔文才得以登上这个学说的高峰。

进化论的确立——达尔文

1859年11月24日，伦敦街头春意盎然。清晨，雾霭中几家书店门口人声鼎沸，人群熙熙攘攘，争先恐后地排队购买刚出版的新书——《物种起源》。初版1250本书在发行的当天就被销售一空。原来不甚愿意承印这

本书的出版商喜出望外，接着再版 3000 本，又很快告罄。购书的要求从美国、德国纷至沓来……

“我完全相信，物种不是不变的”，“一切生物都不是特创的，而是少数生物的直系后代。”书中的观点震撼了世界，动摇了禁锢人们思想许多个世纪的特创论。

这本书的作者，就是英国伟大的博物学家查理·达尔文，是他确立了具有划时代意义的进化论。

随“贝格尔”号的环球考察

1809 年 2 月 12 日，达尔文出生于英国什鲁斯伯里，家庭是一个富裕的科学世家。祖父是一位诗人、博物学家、哲学家，才华横溢，还是一位与拉马克同时代的进化论者。父亲是著名的医生，聪明，具有敏锐的洞察力和同情心。外祖父是著名的陶瓷制造商，和蔼可亲，母亲同样和蔼可亲，同情人。达尔文继承了祖父才华横溢的基因和外祖父和蔼可亲的性格。达尔文 8 岁丧母，由父亲抚养成人，他在男孩中排行老二，还有一个姐姐，他是父亲最喜欢的一个孩子，对他寄予厚望。然而幼年的达尔文对大自然充满好奇心，喜欢打鸟、玩狗、抓老鼠等等，热心收集化石、观察昆虫、鸟类习性，对小石块、贝壳、鸟蛋也感兴趣，这影响了他的学习成绩。父亲认为他是个无用的废物，“好像是为了辱没家誉而生下的孩子”。他的老师甚至认为他是一个智力在一般水平之下的孩子。

青年达尔文这也许与达尔文家庭有关。达尔文家族虽然连续五代都是皇家学会有影响的会员，但基本都是中年以后获得成功的“晚成型”。他们在小学、中学甚至大学时代的学习成绩都不太理想，只是在进入研究阶段后才开始显露出才华。

1825年，达尔文被送到爱丁堡大学学习医学，父亲自然是希望他继承祖业，成为一名医生。但达尔文对医学根本没有兴趣，尤其是对动手术时病人的出血和痛苦感到不舒服。于是，在1828年，父亲又把他转到剑桥大学学习神学。但达尔文对神学没有兴趣，据他自己后来回忆，认为剑桥的三年纯粹是虚度时光。他每天都消耗在祈祷、饮酒、唱歌、恋爱、游玩和打扑克牌上。但幸运的是，在这里他结识了植物学教授汉斯罗，在他的影响和赏识下，重新唤起了达尔文学习地质学和自然历史的愿望。

1831年，达尔文大学毕业，如果命运之神不出“意外”，牧师将是达尔文终生职业。幸运的是，“意外”还真就发生了，达尔文的人生之路在此拐了一个弯，他也被由一个平凡之人推向了全世界。

那年，英国海军的“贝格尔”号舰准备去南美考察，还缺一博物学家，以记录沿途看到的各种自然现象。汉斯罗教授推荐了达尔文。达尔文自然非常愿意去，但他父亲不同意。后来还是在达尔文的舅舅的说服下，他父亲才最终同意。而这时“贝格尔”号舰长又以从“鼻相”上判断达尔文不是一个精力充沛的人为由不想用他。总之，达尔文最终能登上“贝格尔”号舰确实不容易，也不乏一点偶然因素。

贝格尔号

“贝格尔”号舰的环球航行从1831年12月27日起，至1836年10月2日结束，历时5年，途经佛得角群岛、南美洲、加拉帕戈斯群岛、塔希提岛、新西兰、澳大利亚、毛里求斯、南非等地。这次航行是达尔文在科学上作出杰出贡献的关键时期。

在 5 年的海上航行和考察期间，年轻的达尔文历尽千辛万苦。当这艘不到 100 英尺长的木船在大海中颠簸时，达尔文常常几天几夜晕船，呕吐。当他在荒无人烟的小岛上考察时，往往十几个小时喝不上一口水，还不时遭到毒蛇猛兽的袭击。此外，还有病魔的缠绕。在南美洲，有一次他连续高烧几个星期。但所有这些艰难险阻都没有使他产生过动摇。他在给家里的一封信中说：“如果我在这次航行中半途而废，我想我在坟墓中也不会安宁的。”他后来回忆说，在那 5 年里，他“没有偷闲过半个小时”。他千方百计地采集各种动植物标本，都详细地作了记录，总共笔记有数十本，并随时将标本一批一批地寄往国内。这些就成了他后来创立进化论的最珍贵的原始材料。

这次航行考察，达尔文最大的收获还是思想上的。

临出海之时，达尔文随身带了两本书：一本是汉斯罗教授推荐的赖尔新出版的《地质学原理》，一本就是《圣经》。那时，达尔文是完全不相信进化论的。他仍相信《圣经》上的说法，认为形形色色的生物都是上帝创造的，动植物的物种是不变的。但随着考察的进展，物种变异的大量事实启发和教育了他，使他感到用神学的那一套来解释自然界，往往不能自圆其说。于是，达尔文对神创论和物种不变论逐渐产生了怀疑，最终产生了生物进化的思想。

在考察中有三件事对达尔文形成进化论思想产生了巨大的影响。第一，在南美的地层中发现了一种古代巨大的哺乳类和现在较小的犰狳非常相似。第二，在南美大陆，一些近似的动物物种，由北至南，依次代替。第三，加拉帕戈斯群岛上的大多数生物都具有南美生物的

性状，而群岛的各个岛屿上的物种彼此间又有轻微的差异。这些差异是怎样发生的？达尔文认为，只能用物种是逐渐变异这一假说来解释。

此外，赖尔的著作《地质学原理》对达尔文的这一思想转变产生了巨大的作用。在船上，达尔文认真阅读了赖尔的这本书。赖尔在书中论证了地层变化与生物遗骸——化石之间有着密切的关系：地层年代愈远古，化石的生物原形与现代生物的差异就愈大。也就是说地层的历史反映了生物进化的历史。赖尔的这些论述正好同达尔文所想到的情况十分符合。在《地质学原理》的启发指导下，达尔文不仅找到了大洋中的岛屿（例如珊瑚岛）形成的原因，更重要的是推动了他向进化思想的转变。他接受并发展了赖尔关于地质渐变的思想，并将这一理论从地质领域扩大到别的领域，认为世界上的动植物物种也是在不断变化的。

五年的航行考察对达尔文的一生及其事业起了决定性的作用。正如他自己后来所说：“贝格尔舰航行是我一生中极为重要的事件，它决定了我的事业。”

马尔萨斯《人口论》的启示

回国之后，达尔文即开始整理他在考察期间所记的笔记和所采集的标本，并陆续发表了有关生物学和地质学的考察报告，其中包括《贝格尔舰所往各国的地质及博物调查日记》、《贝格尔舰航行动物志》，以及三册有关珊瑚礁、火山岛的地质报告。这些文章的发表，使达尔文很快成为一名闻名的博物学家，为日后的事业奠定了基础。

1839年，达尔文与早已倾心于他的表姐爱玛结婚。这时，达尔文已经30岁了。他妻子后来成了他科学研究

中的好助手，常常替他整理和抄写论文。这桩婚姻也给达尔文带来了经济保障。达尔文的父亲和岳父给了这对新人不少钱，使他们每年都有一笔相当可观的固定收入，固而达尔文可以安心从事自己的研究事业。为了减少不必要的社交活动，专心从事科学研究，达尔文在婚后将家迁到伦敦附近的乡间唐村，并且一直居住在那里。

关于物种起源和生物进化，是达尔文回国后一直萦绕心头的问题。他研究了各方面的大量证据。他向育种家和园艺家请教，收集动植物在家养条件下发生变异的资料，还考察和研究了小麦、玉米等农作物的选育过程，进行过家鸽杂交培育试验。为了找到更多的根据，他甚至还搜集了中国古代有关人工选择的资料。达尔文经过认真的研究后得出结论，通过人工选择，物种是可以改变的。他写道：“具有不同特征的动植物品种可能起源于共同的祖先，它们在人工干涉下，逐渐形成了人们需要的新品种，我概括为人工选择。”

使他感到迷惑难解的是，自然界的新物种又是怎样形成的呢？这个问题日夜萦绕在他脑际中，连乘车时也在思索着。

1838年10月的一天，达尔文偶然读到马尔萨斯的《人口论》。忽然，他心中的谜被解开了。

马尔萨斯写道，任何动物的繁殖速度都大于它们食物的增长速度，这样就会有一部分生物在生存竞争中死亡，从而使动物和它们的食物达到新的平衡。比如森林中有50头梅花鹿，个个长得都很健壮。随着鹿的增多，森林中的食物变得不够吃了，于是大批的鹿死亡，只有身体强壮的鹿幸存下来。

马尔萨斯还写道，自然资源是有限的，而人口的增

长是一个几何级数，如不加控制，每 25 年按 1、2、4、8、16、32……的速度来增长；生产和食物的供应则是按算术级数 1、2、3、4、5、6……来增加，由于这种矛盾，就会导致疾病、战争、杀婴等苦难。

这给了达尔文很大启示。自然界中这种生存斗争比比皆是。每一个生物都在为生存而斗争，在斗争中，不利的变异被淘汰，有利的变异被保留下来。

他想到在北大西洋马德拉岛上的昆虫，它们当中大部分翅膀都退化了，不能飞，而少数翅膀又特别发达。达尔文现在明白了，原来马德拉岛上经常刮大风，那些会飞的昆虫大部分都被刮到海里淹死了，只有少数翅膀特别发达的，或爬在地上不会飞的昆虫才被保存下来，经过许多年，岛上就只剩下翅膀特别发达或不会飞的昆虫了。

自然环境就是这样选择生物，通过生存斗争，适者生存，生物不断进化着，达尔文把这叫作自然选择。

达尔文把他的想法告诉了他的朋友地质学家赖尔和植物学家虎克，开始动手撰写他的巨著《物种起源》。

进化论的优先权——达尔文与华莱士

1842 年 6 月，达尔文写出了一份关于生物进化论的提纲，只有 35 页。两年后，1844 年夏天，他将这份简要的提纲扩充为 231 页的概要。这份“概要”已经包含了达尔文的主要观点。但是，他仍然非常谨慎，没有立即将它公开发表，而是随时准备进行修改和补充。

1856 年，他的好朋友赖尔和虎克不断催促他，赶快把他的理论写出来，并且警告他，不然，就会有人跑到你的前边去了。

达尔文听了只是一笑了之。他是一位非常严肃认真

的科学家，在学术研究上追求完善、严谨。他决心将《物种起源》写成一部完整的著作，不仅有结论，而且要包括导致结论的全部材料。

事情果不出赖尔所料，果真有一个人赶到达尔文的前边去了。这个人就是华莱士。

华莱士也是英国人，比达尔文小 14 岁。他出生在一个农村家庭，家境十分贫寒，在同胞兄弟姐妹中排行第八，只读了 5 年书，以后全靠自学成才。他曾当过测量员，到过不少地方，萌发了对大自然的热爱。1844 年任中学教员时开始研究生物学。他与达尔文有相似的经历。1848 年到巴西亚马逊流域考察 4 年，在 1852 年返回英国的途中，轮船失事，他死里逃生捡得一条命，而千辛万苦收集的资料全部丧失。1854 年，他又去亚洲东南的马来群岛考察 8 年。马来群岛的岛屿南下与澳大利亚相连，北上与亚洲相连。华莱士发现，从巴厘岛和龙目岛之间存在一条分界线，东西两侧岛屿上的动物和植物迥然不同，这条分界线至今被称为“华莱士”线。

1855 年，华莱士在加里曼州考察时，就发现物种是变化的，非常巧，他也是阅读了马尔萨斯的著作，得出了“物种变化的原因是自然选择的结果”，并且也称之为“适者生存”。

1858 年夏天，达尔文收到了华莱士从马来群岛寄来的论文《论变种无限离开原始型的倾向》，并解释道，这是一篇探讨物种起源的论文。

“物种起源？”达尔文全身一震，难道华莱士也在研究物种起源？他一口气把论文读完。文中所写的完全都是自己思考过的问题，甚至所用的语言也和自己完全一样。达尔文想，即使华莱士手中有过我 1842 年写的那份初

稿，他也不会写出比这个手稿更好的论文来，现在华莱士文中的术语都成了我书中每章的小标题。当时，懊恼的达尔文甚至想把自己的著作付之一炬。

华莱士在信中写道：“如果您认为这篇文章有价值的话，请您转给赖尔看一看。”

这时，达尔文表现出一位正直科学家的高尚品质。他打算中断自己的写作，并建议华莱士发表这篇论文。这就是说，达尔文准备把生物进化论的优先权让给华莱士。达尔文立即提笔给赖尔写了一封信，热情推荐了华莱士这篇论文，并说了自己打算放弃大规模写作的想法。

赖尔很快写来了回信，他和虎克都认为这样做是不公平的，因为他们阅读过达尔文在 1842 年写的摘要，那本身就是一篇完整的进化论的论文。在他们的倡议下，华莱士的论文和达尔文 13 年前写的那篇论文同时于 7 月 1 日在林奈学会上发表了。

当华莱士后来知道事情的真相后，对这样做表示满意，并表现得比达尔文还谦虚，认为自己没有写《物种起源》那样的大部头著作，自觉地把自已降为从属地位。

“达尔文主义”这词首先就是华莱士提出来的。他后来帮助达尔文宣传和普及进化论观点，称自己是一个达尔文主义者。许多科学家被华莱士这一美德所感动，称他为“达尔文的骑士”。华莱士一生获得许多荣誉，1893 年被选为英国皇家学会会员。1910 年，英国国王授予他一枚功勋勋章。

“物竞天择，适者生存”

达尔文在赖尔和虎克的鼓励下，又重新拿起笔来写作，并加快了写作的进度。经过十多个月的努力，1859 年底，凝结着达尔文 20 多年心血的科学巨著——《物种

起源》终于出版了。

1859年11月24日是《物种起源》正式出版的第一天，就出现了那抢购的一幕。从1859年到1872年，《物种起源》共出了6版，每一版都经过达尔文修订，增加了新的内容。

在《物种起源》中，达尔文用大量而丰富的资料系统、全面地阐述了他的进化论思想，其基本点是：第一，生物是进化来的，既不是上帝创造的，也不是一成不变的。第二，变异是生物普遍存在的现象，变异的基本原因是生活条件的改变。第三，通过人工培育可以产生新种。第四，相似的生物起源于一个共同的祖先，一切生物的最终起源是单一的。第五，在自然界中，生物物种是通过自然选择而产生的；自然选择是通过生存斗争实现的，生存斗争的结果是“物竞天择，适者生存”，优胜劣汰，这是生物进化的基本规律。达尔文所指的生存斗争包括种内斗争、种间斗争和自然环境的斗争。在这些斗争中进行自然选择，通过自然选择出现了物种的进化，因此，自然选择是达尔文进化论的核心。第六，达尔文还认为，生物不仅有变异，而且有遗传，它不仅保证种的繁衍，而且保证把有利的变异传给后代。有利的变异在世代的传递中逐渐积累，最终可以产生出新种。总之，达尔文对生物进化做了规律性解释。

人和猴子是近亲——进化论的传播和发展

《物种起源》的出版犹如一块巨石落水掀起巨澜，引起了人们的激烈争论，就连一些科学家也接受不了生物进化这一革命的理论。曾经当过达尔文老师的地质学家塞治威克对达尔文说：“读了你的书我不是感到愉快，而是痛苦，书中的一部分材料让我感到很可笑，另一部

分又使我十分担忧。”而一般民众对如此大跨度的思想跃进在心理上明显不适应：“人类是猴子的子孙？太卑贱了！仅仅是想到这件事，就不禁觉得恶心！”

人类的由来

应该说，民众的这种反应是正常的，姑且不论宗教因素，就日常经验来说，让人们相信蛙与孔雀、鲑鱼与蜂鸟、象与老鼠有共同的祖先，当然要比让他们相信这些东西都是被分别创造出来的要困难得多。任何革命的思想都有一个通过宣传让人逐渐理解、接受的过程。

威尔伯福斯当然，也有许多科学家支持达尔文的进化论，特别是英国的生物学家赫胥黎和德国生物学家海克尔，他们不仅热情地宣传进化论，而且勇敢地捍卫和发展了进化论。

赫胥黎被称为“达尔文的斗犬”，是他首先把进化论用到人类的起源上，推测人类是由类人猿变来的，人和猿有共同的祖先。

海克尔则最早提出了动植物进化的系统树，并标明了人类的来源和人种的分布。

进化论的最大反对者还是来自科学界外的宗教界，因为进化论否定了上帝创造物种，矛头直指神圣的上帝，动摇了神学的基础，因此遭到了宗教界的围剿。

漫画：人猿同祖赖尔、虎克、赫胥黎坚决站在达尔文一边，支持和鼓励达尔文。赫胥黎在给达尔文的信中说：“你的理论，我准备接受火刑(如果必要)也要支持。”

1860年6月28日，在教会和一些保守科学家的策划下，英国科学协会在牛津大学召开了为期3天的讨论会，名为讨论达尔文学说，实际则是攻击进化论，牛津大主教威尔伯福斯就公开宣称：“要粉碎达尔文主义”。

6月30日，讨论会达到了高潮。会议原定在会议厅召开，由于人太多，不得不转移到图书阅览室。

牛津大论战的漫画。左面的斗犬表示赫胥黎，右面的弓背猫表示大主教威尔伯福斯

能言善辩、号称“油嘴山姆”的大主教威尔伯福斯亲自出马。他指责达尔文的进化论违背神圣的教义。他自以为聪明地说：“按照达尔文的进化论，一切生物都起源于某些菌类，那么人类和蘑菇就有亲缘关系罗？”他并挑衅地说：“请问坐在我身旁的赫胥黎教授，究竟是你的祖父还是祖母哪一方同猿猴发生了血缘关系？”

大主教的话颇能蛊惑人心，在听众们兴奋的大喊大叫声中，赫胥黎从容不迫地站起来应战。他没有理睬大主教的人身攻击，而是用大量的事实有力地反驳了大主教那些缺乏科学根据的胡言乱语。赫胥黎最后以这段广为流传的话结束了他的长篇发言：“一个人没有任何理由因为他的祖先是无尾猿而羞耻。如果有人使我在回忆起他时感到羞耻的话，那就是这样一个人，他有浮滑善变的性格，他不满足于在自己范围内取得的令人怀疑的成功，还要去插手他并不了解的科学问题，用花言巧语、文不对题的议论和宗教偏见来掩盖真理。”

赫胥黎的发言一结束，立即引起了人们热烈的掌声。接着，虎克发言，用事实抨击了大主教在科学上的无知。

这场论战以教会的特创论的失败、进化论的胜利而告终。

经过达尔文和其他一些科学家的不懈努力和坚决的斗争，达尔文的进化论终于为越来越多的人所接受。

达尔文的进化论得到马克思的高度评价和赞扬：“达尔文的著作非常有意义，这本书可以作为我研究历史上

阶段斗争的自然科学根据，”并把他著的《资本论》第一卷题赠给达尔文，书页上写道：“赠给查理·达尔文先生。您真诚的钦慕者卡尔·马克思。”

1882年4月19日，达尔文与世长辞，享年73岁。他被安葬在威斯敏斯特大教堂牛顿墓旁，享受着英国科学家的最高荣誉。

探索热的本质——热力学和能量守恒定律

人类对热的接触和人类文明一样久远，从钻木取火到古埃及的“蒸汽转球”，远古的人类就已认识到了热现象。但人类真正对热本质的探索始于近代。18世纪时，提出了“热质说”（也称“热素说”），认为热是一种特殊的物质——热质的流动。它不生不灭，可渗透到一切物体之中。一个物体是“热”还是“冷”，由它所含热质的多少决定。较热的物体含较多的热质，冷热不同的两个物体接触时，热质便从较热的物体排入较冷的物体，直到两者的温度相同时为止。一个物体所减少的热质，恰好等于另一物体所增加的热质。

热质说是18世纪的主流观点，是符合人们的日常生活经验的。它试图从自然本身去说明自然，同时也成功地解释了许多热现象。其实，它是18世纪机械的自然观在热学领域的具体表现，与同时代的“燃素说”、“电流质说”、“光微粒说”都是一脉相承的，反映了当时人们对自然认识的总体水平。

热质说流行了大约一个世纪。到了19世纪，人们才认识到热质说是错误的，神秘的热质是子虚乌有的。热不过是物质运动的一种形式，热与功之间可以相互转化。

从此对热的本质才有了正确的认识。在对热的本质的探索中，热力学三个定律相继被发现，同时也确立了能量守恒和转化的思想。

热力学的早期研究——卡诺

热质说在 18 世纪一直占据统治地位，但也有一些科学家不同意这种观点，因为热质说无法解释摩擦生热、撞击生热等现象。这些科学家提出热是物质运动的一种表现的观点。

其实，早在 1644 年，笛卡尔就曾指出了运动不灭原理。他根据机械运动中碰撞的动量不变这一事实，提出了宇宙运动的总量是守恒的思想。但当时他既没有自然科学的证明，也没有涉及物质运动形式的转化，因而只能是一种天才的猜测。

18 世纪中期，俄国著名科学家罗蒙诺索夫在《论热与冷的原因》一文中断言：热是物质运动的表现，并肯定了运动守恒原理的正确性。但由于当时热质说占统治地位，罗蒙诺夫的观点没有受到重视。

1798 年，美国物理学家伦福德把一个炮筒固定在水中，用马拖动钝钻使其与炮筒内壁摩擦，基本上没有钻下铁屑，但能使水沸腾。通过这个实验，伦福德认为，热只能是物质的一种运动。1799 年，戴维(英国人，后来成为大化学家，当时才 21 岁)，以两块冰在绝热的装置中相互摩擦而使之完全熔化的事实支持热是物质运动的学说。由于伦福德和戴维没有找出热量同机械功之间的数量关系，他们的实验事实虽然沉重打击了热质说，但并没有推翻它。

伦福德第一个对热的本质真正进行科学研究的是法国物理学家、工程师卡诺。

在 19 世纪初,蒸汽机已得到广泛应用,但效率很低。原因是对热机将热转变成机械运动的基础理论研究一直没有突破,工程师们无法找到提高热机效率的根本途径。1821 年起,卡诺就从理论上对热机进行研究。1824 年,卡诺发表了《关于火的动力的考察》一书,提出了“卡诺循环”理论,明确了热效率的界限,从而奠定了热力学的理论基础。

卡诺认为,热机工作过程中最本质的东西是:热机必须工作于两个热源之间,一个高温热源供给热量,一个低温热源吸收热量,只有这样才能将高温热源的热量不断转化为有用的机械功。但是,当时卡诺作出这种判断的依据却是错误的,他认为,热机动力来源于“热质”从高温热源向低温热源的流动,把热的动力比之于瀑布。一直到 1830 年,卡诺才放弃了热质说,接受了热的运动说,并在传记手稿中写道:“人们可以由此提出一个普遍的命题:动力或能量是自然界中一个不变的量。准确地,它既不能产生也不能消灭。”

实际上,卡诺在 1830 年的这个见解,已经发现了能量守恒与转化定律。但非常遗憾的是,这一非常有价值的研究见解尚未来得及整理发表,他就死于 1832 年的霍乱,时年仅 36 岁。他遗物和书稿也大部分被焚毁,只残留 23 页笔记由他弟弟保存下来。但他弟弟不知道那手稿的价值,一直到 1878 年才整理发表。那时能量守恒和转化定律早已由别人发现。

能量守恒定律的发现

1832 年的那次霍乱致使卡诺英年早逝，也使他与能量守恒定律擦肩而过。十几年后，能量守恒定律终于在迈尔、焦耳等人的努力下被发现。

在热力学的框架内，热力学第一定律和能量守恒定律是等价的。其实，热力学第一定律是能量守恒定律在热力学上的具体表现。能量守恒定律的内容是：自然界一切物质都具有能量，能量有各种不同的形式，能够从一种形式转换为另一种形式，从一个物体传递给另一个物体，在转换和传递的过程中，各种形式能量的总量保持不变。

第一个以论文形式阐述能量守恒和转化思想的是德国青年医生迈尔。

1840 年 1 月至 1841 年 1 月，迈尔作为船医远航到东印度，发现在热带地区海员的静脉血液比在欧洲时要更红一些。根据拉瓦锡的燃烧理论，迈尔认为，在热带，人的机体只需要吸收较少的热，从而机体中食物氧化过程减弱，静脉血液中留下了较多的氧，因此颜色较红。他由此得出：人体是一个热机关，体力和体热都来源于食物中所含的化学能，热的一部分变为体温，其他部分转化为筋肉的机械功能。也就是说化学能可以转化为热能。另外，他又听海员们说，暴风雨来临时，海水温度会升高，这使他想到是狂风吹打海水的机械能转化成了热能。

1841 年他回国后，写了一篇论文，题目是《论热的量和质的测定》，文中提出了热是运动的观点，说明热是

由运动转化来的。但这一文章没有得到承认，德国权威刊物《物理学和化学年鉴》拒绝发表他的文章，也未退稿(该稿 36 年后才被从编辑部取出发表)。

在学术上第一次遭打击后，迈尔决心进一步学习物理学和数学，并用实验来证实自己的观点。1942 年，他用一块与水温相同的金属，从高处落入水槽中，他发现水的温度升高了。长时间用力摇动水槽，水温也升高。不过这些实验都还是定性的。后来又进行了定量的测定，经过一些定量计算，他初步算出了热功当量的值，结果是 1 卡=365 克·米，相当于 358 焦耳，接近于真实的热功当量值(1 卡=41868 焦耳)。他把他的研究成果写成论文《论无机界的力》，发表在德国《化学与药物学》杂志上。文章发表后，又招来了学术上的第二次打击，权威们都攻击和嘲笑他的荒唐，一致反对他的观点。这使他精神上受到很大的刺激，加上他的两个孩子在 1846 年和 1848 年相继夭亡。这一系列的打击使他在 1850 年 5 月的一个夜晚跳楼自杀，幸未致死，但患了精神错乱症，长期在格平根的精神病院中疗养，与世隔绝。以致李比希在 1858 年的一次演讲中宣称迈尔已经因病早亡。波根多夫的《手册》也正式记载迈尔的“去世”，而以后的更正却不为人们所注意。

七八年后，迈尔逐渐恢复了健康。他的科学成就逐渐为社会所承认。1858 年，瑞士巴塞尔自然科学院接受他为荣誉院士。他在 1860 年左右开始出席科学会议。由于英国物理学家廷德耳的力争，迈尔的科学成就在英国也得到了承认。1871 年，他晚于焦耳一年获得了英国皇家学会的科普利奖章。以后他还获得蒂宾根大学的荣誉哲学博士，巴伐利亚和意大利都灵科学院院士的称号。

1878年3月20日因右臂结核感染在海尔布隆逝世。

焦耳另一位对能量守恒的发现作出重大贡献的是英国物理学家焦耳，他几乎是与迈尔同时，开展了对能量守恒和转化问题的研究，也取得了重大突破。

焦耳是科学史上著名的实验物理学家。与迈尔的工作不同，他不是从纯理论上的推演，而是通过大量的实验来证明。他用20多年的时间进行了大量的实验，1840年发表了《论伏打电池所产生的热》一文，文中提出，当电流沿金属导线流动时，所产生的热同导体的电阻和电流强度的平方成正比，这就是著名的焦耳定律。1842年，楞次也独立发现了这一定律，故名焦耳—楞次定律。

焦耳在1843年还完成了热功当量的测定。第一次算出的值为1卡=46焦耳。后于1845年1850年间，用5年的时间作了科学史上有名的搅拌实验，精确地测定了机械能转化为热的当量为1卡=4157焦耳，很接近于41868的真实值。

焦耳的搅水实验焦耳对能量守恒定律的研究，命运也不比迈尔好多少。当时许多权威都抱不信任甚至是轻慢的态度。后来还是得到法拉第的支持，焦耳的观点才逐渐在英国皇家学会得到承认。

在能量守恒定律的发现中，作出过重要贡献的还有格罗夫，他是在伏打电池的基础上发明电压比较高的“格罗夫电池”的人。他是一名英国律师。他在搜集整理当时物理学方面已取得的各种成果基础上，也得出了能量守恒的结论。他在伦敦的一次演讲中指出了一切所谓物理力(即能量)，包括机械、热、光、电、磁、甚至化学力，在一定条件下都可以相互转化，而不发生任何力的损耗。这个演讲稿于1846年以《物理力之间的相互关系》

为题在伦敦出版。它是从一般意义上论述能量守恒定律的最早的著作之一。马克思在读了这本书之后认为，他不仅在英国，而且在德国自然科学家中无疑是最有哲学思想的。

此外，还有许多科学家对能量守恒定律的发现作出了贡献，或在各自学科对能量守恒的研究，或对各种能量守恒思想进行总结，或对能量守恒定律提出不同的表述方式。

第一次使用能量“转化”这个概念的是恩格斯。“能量守恒和转化定律”这个名称确实能更好反映该定律的本质。不过有时为了简便，人们也称之为“能量守恒定律”。

能量守恒定律的发现，具有重大的意义。它生动地证明了自然界各种物质运动形式不仅具有多样性，而且具有统一性。打破了过去人们把热、光、电、磁、化学等运动形式都看作是彼此孤立的形而上学观念，为事物普遍联系的观点提供了强有力的科学依据。

宇宙真的会“热寂”吗？——热力学第二定律

热力学第二定律发现的准备工作是卡诺完成的，但由于受热质说的影响，他已推开了热力学第二定律的大门而没有跨进去，最终没能把这一定律准确地表达出来。不过，卡诺的工作，为热力学第二定律的发现奠定了基础。最终发现热力学第二定律的是开尔文和克劳修斯。

开尔文，原名威廉·汤姆逊，后由于在科学史的巨大贡献而受册封，称开尔文勋爵。他从小就有小神童之称。11岁上大学，22岁当上教授。他因铺设著名的大西

洋海底光缆而名扬天下。同时，他在科学的许多领域都做出过贡献。

开尔文在热力学方面，开尔文早期信奉热质说，反对能量守恒定律，直到 1851 年才改变立场，提出了热力学第二定律。他认为：不可能用无生命的机器，把物质的任何一部分冷至比周围最低温度还低，从而获得机械功。这就是热力学第二定律的“开尔文表述”。这个表述后来被改造为：不可能从单一热源取得热使之完全变为有用功，而不产生其他影响。后来又被奥斯特瓦尔德表述为“第二类永动机是不可能制造成功的”。

对热力学第二定律进行系统研究的应当首推德国物理学家克劳修斯。

克劳修斯 1850 年，克劳修斯在热力学第一定律的基础上重新研究了卡诺的工作，认为他揭示的一个热机必须工作于两个热源之间的结论具有原则性的意义，然后用不同的表达式总结出了热力学第二定律，即热不可能独自地、不付任何代价地，或者说没有补偿地从冷物体传向较热的物体；在一个孤立的系统内，热总是从高温物质传到低温物质中去，而不是相反。

尽管克劳修斯和开尔文对热力学第二定律的表述不同，其实它们是等价的，并且都包含一个共同的真理，即热机在工作过程中不可能把从高温热源吸收的热量全部转化为有用的功，总要把一部分热量传给低温热源，这就是理想热机的效率不可能达到 100% 的原因。

1865 年，克劳修斯把熵的概念引入热力学，用以说明热力学第二定律。他指出：在孤立系统中，实际发生的过程总是使整个系统的熵值增加，所以热力学第二定律又称“熵增加原理”。

后来，克劳修斯把热力学第二定律推向了宇宙这个大系统。他认为，宇宙的熵总是力图达到某一最大值，当宇宙的熵达到最大值时，宇宙就失去了继续变化的动力，这时，宇宙将处于某种惰性的死的状态中，不再有多种多样的生命形式，宇宙在热平衡中达到寂静和死亡。这样，克劳修斯就从热力学第二定律得出了宇宙“热寂说”。

麦克斯韦的“妖怪实验”——热力学第二定律与进化论的矛盾

克劳修斯悲观的“热寂说”，引起了学术界的长期争论。原因在于，热力学第二定律是一个科学定律，是不能违背的。但把这一定律在宇宙体系中应用是否合适，看法很不一致，但似乎也没有有力的证据说热力学第二定律不能适用于整个宇宙。更令人无法轻易下结论的是，热力学第二定律所揭示的宇宙图景与进化论的方向是相反的。热力学第二定律揭示了熵增加的方向，指出了世界有自发地向着无序化的方向发展的趋势。而达尔文进化论揭示了生物由简单到复杂、由低级到高级进化的过程。在这里，物理规律和生物规律出现了完全相反的方向。

对“热寂说”，恩格斯曾用哲学的观点进行了批评，并认为：“放射到太空中去的热一定有可能通过某种途径(指明这一途径，将是以后自然科学的课题)转变为另一种运动形式，在这种运动形式中，它能够重新集结和活动起来。”而一些科学家则设想了一些其他方法，试图调

和热力学第二定律和进化论之间的矛盾。最著名的是麦克斯韦设计的一个名叫“麦克斯韦妖”的“妖怪实验”。

麦克斯韦设想有 A、B 两室，中间用隔板隔开，隔板上装有一个阀门。“麦克斯韦妖”是一种想象的能看到分子而又十分灵活的妖怪。这个妖怪操纵着把 A、B 两室隔开的隔板上的阀门，当快分子来时，妖怪就打开阀门，令其通过；慢分子来时，妖怪就关上阀门，不准通行。这样，快分子就都进入 B 室，慢分子就都留在了 A 室。A、B 室就出现了温度差。A 室温度低，B 室温度高。这样，麦克斯韦就克服了热力学第二定律揭示熵增加的方向。

麦克斯韦的“妖怪实验”确实设计得思路巧妙，显示了麦克斯韦的丰富想象力，对后来控制论和系统科学的研究产生了很大的启发作用。至此，热力学第二定律和进化论之间的矛盾似乎已经让“麦克斯韦妖”解决了。然而，事情远远没有这样简单，麦克斯韦的“妖怪实验”是经不起仔细推敲的。原因就在于，在“妖怪实验”中，“麦克斯韦妖”是一个不吃不喝，不用消耗系统能量而能做功，并且全知全能的精灵，说得通俗一点，“麦克斯韦妖”就是上帝的化身。这样的“妖怪”是不存在的。那么，我们沿着麦克斯韦的思路，把 A、B 室隔板上的阀门不再交给“麦克斯韦妖”，而是按上一个装置，或者一个微型机器人，它能识别哪个分子快，哪个分子慢，让它来控制阀门。这样的识别装置在理论上是完全可以制造出来的。但是，问题在于，这样的识别装置在工作时一定是要消耗能量的，那么，根据热力学第二定律，它必然要带来系统熵的增加。结果是 A、B 室之间的温度差所带来的系统熵减小被识别装置的带来的增大抵消

了。这就如同商业行为上的有产值而无利润，到最后白忙了。

由此可见，所谓“麦克斯韦妖”不过是一种已被热力学定律证明不可能的“永动机”。热力学第二定律与进化论的矛盾依然存在。人们不得不面对这样的问题：世界靠什么力量使已平衡的热重新集中起来而出现温差？是靠上帝一次又一次地拧紧“宇宙之钟”的发条，还是靠自然界本身的“自我组织”来完成？这成了科学家和哲学家普遍关心的问题。20世纪影响极大的自组织理论就与上面这个问题有关，其中普利高津还因他的耗散结构理论而获1977年的诺贝尔化学奖。

热力学第一、第二定律的发现，使人们对各种热现象的认识有了理论基础。20世纪人们又发现了热力学第三定律。该定律有两种表述：①当温度趋于绝对零度时，体系的熵趋于一个固定的值，而与其他性质(如压力等)无关。②绝对零度是不可能达到的，即不可能用有限的手段使物体冷却到绝对零度。

绝对零度和光速一起成为表示自然规律的最重要，也是最神奇的两个极限数值。近百年来，多少人研究试图突破它们，或找到说明它们也有适用范围的证据，但都没有成功。不过，人们有理由猜测，作为规范所有自然现象的最根本，甚至带有一点宿命色彩的这两个极限数值，应该与我们这个宇宙最初的起源有关。可是，仅仅与起点有关吗？

真实的谎言——永动机小史

永动机是指不可能实现的、空想的动力机械。在热力学第一、第二定律发现以前，永动机是一个非常热门的话题。热力学第一、第二定律发现后，永动机就被从理论上封杀了。但直到今天，仍有人在试图制造永动机，因为永动机那似幻似真的前景实在是太迷人了。

各种永动机的设想，并不是试图去保持永恒的运动，而是期望在没有外界能源或只有单一热源的情况下，连续不断地得到有用的功。若干世纪以来，许多具有杰出创造才能的人，为实现这种梦想付出了大量的劳动。但是，实际上从来没有能够制造出任何一部永动机，也没有任何一部永动机的设计能够成功地经受住科学的审查。

永动机一般分为两类：第一类永动机和第二类永动机。

第一类永动机，是指不需要消耗任何燃烧和动力，而能源源不断地对外做功的理想机械。如果能制成这类永动机，那么就不需要任何自然能源(煤炭、石油、天然气等)，而可以无中生有地得到无限多的动力。许多世纪以来，永动机的追求者们所提出的种种设计方案，大多属于这一类。

早期最著名的设计方案，是13世纪法国人奥恩库尔提出来的。他在一个轮子的边缘上等距离地安装了12根活动的短杆，每根短杆头上套着一个重锤。他设想当轮子被启动后，由于轮子右边的各个重锤距轮心更远些，就会压使轮子永不停息地转动下去。这个设计后来又被

许多人以不同的形式加以复制，但从来未能实现不停息的转动。后来，意大利的达·芬奇也制造了一个类似的装置，利用格板的特殊形状，使一边重球滚到比另一边的距离轮心远些的地方。本以为在两边重球的作用下会使轮子失去平衡而转动不息，但试验的结果却是否定的。达·芬奇敏锐地由此得出结论：永动机是不可能实现的。

16世纪70年代，意大利出现了这样一个永动机设计：用一个螺旋汲水器把水从蓄水池里汲到上面的水槽里，让它冲击水轮使之转动，轮子再带动水磨或磨刀石的同时，又通过一组齿轮带动螺旋汲水器把水重新提到水槽里去。这样，整个系统就可以永不停息地动转下去。这个设计同样失败了。因为即使各个转动部分没有受到摩擦阻力的作用，从水槽中流下的水的冲力，也不足以既带动水磨或磨刀石工作，又带动汲水器把全部流下的水重新汲到上面去。

此外，人们还提出过利用轮子的惯性、水的浮力、细管子的毛细作用、带电体间的电力和天然磁铁的磁力等以获得永恒运动的种种永动机方案，但都无一例外地失败了。以致法国科学院在1775年针对愈来愈多地投送审查的设计方案郑重声明：“本科学院以后不再审查有关永动机的任何设计。”

第一类永动机必然失败的根本原因是它违反了热力学第一定律，即能量守恒定律。其实热力学第一定律的一种表述就是：第一类永动机是不可能实现的。系统对外界做功时需消耗系统本身的能量，所有第一类永动机的设想，都是企图在不消耗能量的情况下无中生有地得到有用的功，这自然是不可能实现的。

第二类永动机是指在没有温度差的情况下，从某一

单一热源不断地吸取热量，把它完全变成有用功的理想动力机械。这类永动机如果能够制成，那么就可以将某些巨大的物质系统(如大地、海水、空气)作为热源，从中源源不断地获得有用的功，这实际上也是一种永远消耗不尽的能源。

1880年，美国人加姆吉曾进行了这一尝试。他设计了一个类似于蒸汽机的热机，因为它的正常运转温度为 0°C ，所以被称为“冰点发动机”，这个发动机用沸点为 -33°C 的氨做工作物质。加姆吉设想，液态氨在低温下会从周围环境吸取热量汽化为气体，而 0°C 时就以很大的压力推动活塞运动对外做功，气态氨又因膨胀冷却而凝结为液态，于是循环重新开始。但是，加姆吉没有考虑到，如果要使氨由气态再凝结为液态，就必须使冷凝器和贮存液态氨的容器保持低于 -33°C 的温度，而这样做消耗的能量却比“冰点发动机”所能提供的能量更多。

从能量的观点看来，第二类永动机并不违反热力学第一定律；它之所以不可能实现，是因为违反了热力学第二定律。热力学第二定律断定，任何循环工作的热机都不可能把从单一热源所吸取的热量全部转变为有用功。所以，第二类永动机也是不可能实现的。

热力学第一、第二定律的确定，对于永动机的不可能实现，作出了科学上的最后判决，使得人们走出幻想的境界，不断地去探求实现各种能量形式相互转换的具体条件，以求最有效地利用自然界所能提供的各种各样的能源。

美国理论科学第一人——吉布斯

热力学定律揭示了热运动的一般规律，但是，热运动的本质是什么当时并不清楚。19世纪中叶，克劳修斯、麦克斯韦、波尔兹曼等人通过对气体分子运动的研究，从分子水平上认识了热运动的本质，对热现象作了微观的解释，在此基础上建立了统计物理学。

统计物理学和热力学是热学理论的两个方面。热力学是宏观理论，统计物理学是微观理论。这两个方面相辅相成，构成了热学的理论基础。

在统计物理学的建立和发展过程中，美国科学家吉布斯起了巨大的作用。他的科学成就是美国自然科学崛起的重要标志，被誉为美国理论科学第一人。他不但在科学上成就卓著，而且人格高尚，淡泊名利。奥斯特瓦尔德曾这样评价吉布斯：“从内容到形式，他(指吉布斯)赋予物理化学整整一百年。”此外，吉布斯在天文学、光的电磁理论、傅里叶级数等方面也有许多成就。

吉布斯一生几乎都是在美国度过的，只是曾到欧洲游学了两年半，这两年半使他在学术上受益匪浅。自1869年回到美国后，他就一直在耶鲁大学任教直至1903年逝世。他一生笃信基督教，终身未娶，一直与他姐姐的一家人生活在一起，一生过着清贫而又深居简出的生活。他埋头于他的科学研究和教学工作，对名利非常淡泊。吉布斯从不低估自己工作的重要性，但也从不炫耀自己的工作。他是一个笃志于事业而不乞求同时代人承认的人。据说他的论文很难看懂，他也很少援引范例帮助说明他的论证。他所导出的定律的含义时常留给读者

自己推敲。多年以后，他在耶鲁的一位同事承认，康涅狄格科学院当时没有一个成员能够读懂他有关热力学的论文，正如这位同事所说：“我们了解吉布斯并承认他的贡献全凭盲目”。

吉布斯的第一和第二篇热力学论文发表的刊物《康涅狄格州工艺与科学院学报》远非当时第一流的期刊。但吉布斯似乎并不大介意读者的多少，只希望找到知音。他将论文的复印本寄给各国那些有影响的、能懂得他的论著的科学家，其中之一就是电磁理论的奠基人英国物理学家麦克斯韦，他可以说是吉布斯论文的最热忱和最有影响的读者，立即对这两篇论文中的观点表示赞同，并在他的《热的理论》一书中特别加进了一章，介绍吉布斯面，并且花了许多时间亲自细致地制作了这种面的模型，还将其中的一个寄赠吉布斯。非常遗憾的是，吉布斯的这位难得的知音不久后就与世长辞了。

美国传记作家卢卡斯在她所著的吉布斯传记中对吉布斯与麦克斯韦的这段交往有记叙，并讲了这样一件足以揭示吉布斯这位伟大科学家内心世界的轶事。在吉布斯早期的一篇论文中有一段关于冰、液态水与水蒸气相平衡的论述。卢卡斯这样写道：“这里，吉布斯又一次只给出干巴巴的概念，而把本来可用以消除他与听众之间隔阂的步骤置之不顾。麦克斯韦补充了他本人带有结论性的看法，这必定比任何其它礼物更能打动吉布斯并使他感到高兴的了。”这位著名的英国理论家做了一个石膏模型，以图解的方法展现出有关的热力学关系式。他把这个模型送到了美国。吉布斯将这个模型带到了课堂上，但在自己的讲演中却从未提到过它。有一天，一个学生有意问起这个模型是从哪里来的。吉布斯带着他那使人

难以忍受的谦逊回答：“是一位英国朋友送的。”

许多科学史家在其著作中谈到，吉布斯无论是在化学热力学上还是在统计力学方面所作出的成就，凭哪一项都有资格获得诺贝尔奖。然而，实际情况是，吉布斯从未被诺贝尔奖提名，在世时他的科学成就并没有得到人们的重视，尤其是在美国本土，情况甚至非常糟糕。吉布斯的美国同事们直到他的晚年也没有察觉到他工作的意义。在他作为耶鲁大学教授的头十年，没有得到任何薪俸。在耶鲁大学曾掀起撤换吉布斯的运动，他们认为吉布斯的理论研究似乎没有实际用处。1920年，在他首次被提名进入纽约大学的美国名人馆时，在100票中他只得到8票。直到1950年他才被选入该机构中。由于在本国不受重视，吉布斯开创性的最前沿工作也不易被传播到国外，使得吉布斯十分明确得出的一些结论，后来竟被比吉布斯出名得多的人如赫尔姆霍兹、范霍夫等人重新发现。美国后世科学史家在评论这段历史时，称吉布斯是一位“地道的在自己的本土不享荣誉的先知”。

造成这种结果的原因固然很多，但最重要的原因是当时美国社会(包括科学界)在价值观上浓厚的功利主义色彩限制了美国人的眼界。

19世纪下半叶，正是美国开发西部，向西部大进军的时期，追求高利润是当时美国上下一致的目标。实用主义和功利主义成了当时整个美国社会的主流。诚然，在美国那时的社会发展阶段，实用和功利色彩的社会价值取向有一定的社会合理性和必然性。然而，这种价值观毕竟限制了美国人的眼界，反映到科学领域，就是相对科学和技术而言，重视技术而忽视理论科学，因为技术可以直接带来利润，而理论科学的作用是缓慢的。

我们可以比较吉布斯和他同时代的发明家爱迪生。吉布斯于 1878 年发表他热力学的第三篇论文。爱迪生也是于 1878 年发明白炽灯。然而两人在世时的遭遇却大不相同，一位默默无闻，一位大红大紫。这个例子不能不说很好地反映了 19 世纪末 20 世纪初美国整个社会的“短视病”。当然，美国人在 20 世纪三四十年代也开始变得重视理论研究，尤其是在二战后从战败的德国大量输入科学家，接受到了“日耳曼理性思维”的熏陶，致使美国 20 世纪上半叶开始科学技术总体水平一直处于世界领先。如果说这是美国人的醒悟，那么首功应归吉布斯，他被称为美国理论科学第一人。

1903 年，吉布斯逝世，终年 64 岁，他死后，他的科学成就才得到人们的广泛重视。1950 年，为了永远缅怀吉布斯在科学上的伟大功绩，在美国纽约大学的名人堂建造了他的半身青铜像。后世科学史家赞誉他为“牛顿之后最伟大的综合哲学家”。

从富兰克林到吉布斯，已经过去了一个多世纪。美国的科学也从实验科学上初露锋芒到理论科学上与欧洲分庭抗礼，“二战”之后，世界的科学技术中心就转到了美国。而这次中心转移的先兆就是吉布斯在理论科学上的崛起。从这个意义上说，吉布斯代表着一个时代。

技术革命

今天，人们常常把 19 世纪称为科学的世纪，这其中有两层含义：一是指自然科学各学科在 19 世纪的全面繁荣；二是指科学技术对社会产生了巨大的影响，它正日益成为推动社会发展的主要力量。而科学技术这种在社

会角色上的崛起是通过两次技术革命完成的。

蒸汽时代——第一次科技革命

第一次技术革命发生在 18 世纪 30 年代至 18 世纪末，它以纺织机的改革为起点，蒸汽机的发明与使用为标志，而这些机器的使用直接导致了产业革命，从而开创了人类的工业文明时代。

纺织机的改革

15 世纪末至 16 世纪，在英国约克夏西部已形成了农村纺织工业区，出于竞争的需要，人们十分重视棉纺业的技术革新。1733 年，制梭工人凯伊发明了飞梭，使织布速度提高了一倍。这样，纺纱的速度就跟不上织布的速度，使市场上出现了“纱荒”，从而推动人们去改善纺纱技术。

1764 年，英国织布工人哈格利沃斯无意中踢翻了女儿珍妮的纺车，但竖起来的锭子在轮子带动下依然飞快地转动着，使他想到，若把几个锭子同时竖起来，由一个轮子带动，其效率不是可以提高几倍吗？于是他发明了纺纱机，并以他女儿的名字命名为“珍妮机”。珍妮机可同时带动几十根纱锭，大大提高工效。它成了英国产业革命的火种。

珍妮机

随着珍妮机带动的纱锭日益增多，用人力来发动越来越难以胜任，于是就产生利用其他动力的思想。1769，英国理发师阿克赖特自称发明水力纺纱机，并取得专利权。实际上，水力纺纱机原是木匠海斯的设计，却被阿克赖特窃取。阿克赖特经常捧着假发到工场里寻找主顾，

打听有关纺织机械的发明的设计，乘机攫取别人的发明。他窃取他人的发明，遭到其他业主的坚决反对。法庭判决取消他的专利权。于是，水力纺纱机因为没有专利权的阻碍，就广泛地、更快地推广应用了。

水力纺纱机可以直接利用自然力，纺出的棉纱虽然粗了些，但很坚韧，克服了珍妮机线细易断的缺点。水力纺纱机必须利用水力，体积又大，不宜安置在一般家庭里，必须另建厂房，集中较多工人工作，这样就奠定了工厂制的基础。

棉纱机第三阶段上的改革，是童工出身的克隆普顿完成的。1774—1779年间，克隆普顿把珍妮机和水力纺纱机加以合并，吸取两者的优点，称为“缪尔(Mule，意骡子)”纺纱机，意谓犹如驴马杂交产生了骡。实际上是应用归纳方法产生新技术。利用水力推动的“缪尔机”可以推动三四百纱锭，纺出格外精细的纱来，效率大为提高。

棉纺机械经过这一系列的发明和改革后，就追过了棉织业，并将其抛到后面，产生了新的不平衡。这样，又迫切要求相应地发明优良的织布机。1785，牧师卡特莱特发明了水力织布机，把织布效率提高40倍。这样，纺纱和织布达到了新的平衡。从此出现了大规模的织布工厂。

随着18世纪下半叶棉纺和棉织工业的机械化，就引起纺织机器的改良与发明，出现了各种各样的机器，把手工劳动的阵地占领下来。于是，净棉机、梳棉机、自动卷扬机、漂白机、染整机等陆续出现在棉纺织工厂中，组成机器系列，带来了纺织工业的繁荣。纺织工业成了整个工业革命的带头工业。

蒸汽机的发明和使用——瓦特

纺织机作为一种机器，是属于最初级的阶段，因为那时的纺织机基本上都是水力的。从能量转换的角度来说，它并没有进行能量形式上的转换，只是以水流的机械能转变为丝织机转动的机械能，是能源的直接利用，这样自然会受到生产中种种条件的制约。所以，纺织机的改革是第一次技术革命的第一阶段。

纽可门的提水蒸汽机瓦特经瓦特改进过的纽可门蒸汽机瓦特设计的往复式蒸汽机第一次技术革命的第二阶段是蒸汽机的发明和使用。它使人类的生产方式产生了根本性的变化。蒸汽机的发明是科学和生产相结合的产物，是一百多年间许多发明家共同努力的结果。最后由瓦特完成。

17世纪末，由于人们对大气压力有了初步认识，便萌发了使蒸汽冷凝，并让蒸汽推动圆筒中的活塞上下运动而做功的想法。第一台蒸汽机是英国人塞维利发明的“矿山之友”，被用于抽取矿井存水。但该机效率非常低，而且抽水高度不能超过30公尺。

1705年，纽可门发明了比“矿山之友”效率高并且先进的大气蒸汽机。发明后，这种机器就在欧洲得到广泛使用。但由于该机器汽缸和冷凝器合而为一，汽缸总处于冷热交替状态，使大量的热不能做功，白白浪费；另外，当时制作汽缸的设备和工艺不够精良，活塞与汽缸之间的间隙很大，致使纽可门蒸汽机的效率仍很低，产生一匹马力需耗煤25公斤。这就促使人们进一步思考如何加以改进。

最终，成功对纽可门蒸汽机进行改进，并发明了更先进蒸汽机，从而使蒸汽机普及到各个行业的是瓦特。

1736年，瓦特出生于英国苏格兰，母亲出身于苏格兰的名门望族。瓦特从小多病，许多学科知识靠在家自学而成，会好几门外语。

瓦特17岁那年，他父亲经营失败，家里一贫如洗。瓦特被迫出外谋生，当过钟表店的学徒工，后在格拉斯哥大学当教学仪器修理工。

1763年，他接受了修理纽可门蒸汽机的任务。在修理中他发现纽可门蒸汽机存在两个缺点：一是活塞动作不连续；二是蒸汽浪费太大。于是，瓦特决心改进纽可门蒸汽机。经过反复试验，瓦特发明了单动式蒸汽机。这种单动式蒸汽机耗煤量少，仅为纽可门蒸汽机的1/4。1769年1月，瓦特首次获得蒸汽机的专利证。1782年，瓦特发明了具有重大意义的联动式蒸汽机。它具有较高的效率，应用到纺织工业和冶金工业中，很快引起这些部门的技术革命。

瓦特的累累硕果来之不易。在创造的岁月里，他表现了一名发明家的虚心好学、敢想敢干、百折不挠、艰苦奋斗的可贵精神。设计制造蒸汽冷凝器没有地方，他就租了一间地下室；没有设备，就利用原来的器械；没有资金，就四处借债。他和几个助手夜以继日地呆在地下室里工作，每失败一次，就认真总结经验。无数次的失败，使他负债累累，贫苦不堪。他常对别人说：“一个人想发明一件东西，是愚蠢不过的事！”经过三年多时间的反复试验，才制成了能够运转的蒸汽机。当单动式蒸汽机发明后，瓦特不满足、不停步，继续向新的高度探求。直到1790年气缸指示器发明，瓦特终于完成蒸汽机的全部发明过程，前后达20余年。

蒸汽机是人类继发明用火之后，在驯服自然方面所

取得的最大胜利。蒸汽机把火转化为动力，发生了动力革命，给人们增添无穷的力量。从此，人类进入了“蒸汽机时代”。

产业革命

瓦特发明的蒸汽机是一项划时代的技术成就，首先在英国引起了一场产业革命。

早期的蒸汽机之一

早期的蒸汽机之二

运输机械的革命 1785年，棉纺厂开始使用蒸汽机作动力。1789年，蒸汽机开始应用于棉织业。然后，蒸汽机逐步扩展到化工、冶金、采矿、机器制造、运输等部门。这些行业迅速地成长起来。

在化工工业上，由于纺织、玻璃、肥皂等行业的需要，硫酸、漂白剂、盐酸、苏打工业相继建立起来，而在这些工业中所需的动力都来自蒸汽机。

由于蒸汽机需要烧煤，采煤业也迅速发展起来，而在矿井中，本身也使用蒸汽机来抽水。1790年，英国煤产量已达760万吨。1820年卷扬机代替人工背运，煤产量更是迅速增长，英国成为欧洲最大产煤国。

1786年，蒸汽机的制造带来了冶铁业的繁荣。1828年，尼尔森发明用鼓风炉把热空气吹进熔铁炉的新法，完成冶铁技术的改革。在机器制造上，到19世纪40年代时，主要部件已标准化。

生产的增长，国内市场的扩大，对交通运输部门提出新的要求。火车的发明从根本上解决了陆路交通问题。1825年，斯托克斯至达灵顿铁路通车；1830年，利物浦和曼彻斯特用铁路连结起来。到50年代，英国的主要铁路干线均已完成。19世纪上半叶，虽然帆船在远洋航行

上还处于极盛时代，但使用蒸汽机于船舶上已获成就。1818年在多佛和加莱间已有轮渡。1838年蒸汽轮船“阿斯”号和“大西洋”号横渡大西洋成功。

产业革命在英国完成后，迅速向欧洲大陆扩展，至19世纪末，整个欧洲基本上完成了产业革命，近代工业体系已建立起来。它的意义决不仅仅是在于技术上的，最重要的是，它标志着人类社会进入了一种新的文明形态——工业文明。

电气时代——第二次科技革命

以蒸汽机为标志的第一次工业革命，使资产阶级最终摧毁了封建贵族的统治，确立了资本主义的生产方式。但蒸汽机有其自身的局限性，无法适应资本主义更大规模的生产要求。于是，一场电力代替蒸汽动力的技术革命便应运而生。

19世纪的发电站

与第一次技术革命不同，以电力应用为标志的第二次技术革命是在科学理论的指导下完成的，即理论在先，技术在后，而第一次技术恰好相反。18世纪以来，人们对电有了初步的认识，特别是奥斯特发现的电流磁效应和法拉第发现的电磁感应原理，为电动机和发电机的发明制造奠定了理论和实验的基础。

伦敦第一辆电车通车仪式

在第二次技术革命中，大批东西被发明出来，许多东西在一个多世纪后的今天，仍然是生活中必不可少的，如发电机和电动机、电灯、变压器和远距离输电、无线电技术，以及内燃机等等。

爱迪生

在第一次技术革命中拔得头筹的英国，在第二次技术革命中显得有点落伍了。在 19 世纪末，英国的国力被美国超过。而德国也借第二次技术革命之机，迅速发展起自己的优势工业，欲与英国一争高下。

这一次技术革命的影响比第一次更为深远，其中渗透的科技知识也更为广泛。它是各门科学技术知识综合的结果，同时也促进了生产和科技知识研究的巨大发展，改变了人类的物质生活和精神生活，推动了整个人类文明的进步。

第二次技术革命期间，涌现了一大批发明家，如德国的西门子、美国的爱迪生等，他们都是融科学家、工程师和商人于一身的人物。他们亲手创建的企业，到今天，许多仍然是各自领域的佼佼者，如西门子公司、爱迪生的 GE(通用电气)公司、福特公司等等。德国和美国也正是由于培养出了这些人才，才使它们的科学技术后来居上，成为世界新的科技中心。

第六部分爱因斯坦时代

现代物理学革命

19 世纪末，物理学是自然科学中发展得最完善的学科，它以经典的力学、热力学、统计物理学和电磁学为支柱，建立了一座宏伟的经典物理学大厦。物理学理论在当时看起来已经达到完整、系统和成熟的阶段。那时

对于常见的各种物理现象，都可以用相应的理论得到说明。物理的机械运动速度比光速小得多时，准确地遵从牛顿力学规律；电磁现象被总结为麦克斯韦方程；光的现象有光的波动理论，最后也归结为麦克斯韦方程；热现象的理论有完整的热力学和统计物理学。

正是由于经典物理学发展得太完善了，身处 19 世纪末、20 世纪初的物理学家们的心情各不相同。对老一辈的物理学家们来说，由于物理学的辉煌成就有他们的一份功劳，他们大都踌躇满志，沉溺于欢快陶醉之中。因为他们认为物理学的大厦已告落成；而对新一代的物理学家们来说，他们在为物理学的伟大成果高兴的同时，却总是免不了“别有一番滋味在心头”，颇有“生不逢时”之感。因为物理学大厦既已落成，留给他们就只是一些修补、拾遗的工作，即在一些细节上作些补充和修正，使已知公式中的各个常数测得更加精确一些，而大的、奠基性的工作前人都已完成了。据说，后来成为量子论奠基人的普朗克，年轻时曾向他的老师表示要献身于理论物理学，他老师就劝他：“年轻人，物理学是一门已经完成了的科学，不会再有大的发展了，将一生献给这门学科，太可惜了。”应该说，这反映了当时物理学界的普遍看法。

1900 年元旦，全世界都在欢庆新世纪的来临。在英国皇家学会的新年庆祝会上，著名物理学家开尔文勋爵作了展望新世纪的发言。在回顾过去的岁月后，他充满自信地说：物理学的大厦已经建成，未来的物理学家只需要做些修修补补的工作就行了。只是明朗的天空中还有两朵乌云，一朵与迈克耳逊实验有关，另一朵与黑体辐射有关。

开尔文尽管看到了两朵乌云，但他却未曾料到正是这两朵乌云的飘动，带来了一场物理学革命，在这场革命中诞生了相对论和量子力学，而自然科学也从此进入爱因斯坦时代。

经典物理学的危机

作为一位大物理学家，开尔文的感觉是敏锐的。然而，他还是低估了这两朵“乌云”的威力。它们是从根基上动摇了经典物理学大厦，使经典物理学处于深刻的危机之中。

迈克耳逊—莫雷的“以太”漂移实验

开尔文所称的第一朵乌云就是指的迈克耳逊—莫雷的“以太”漂移实验。

人们知道，水波的传播要有水做媒介，声波的传播要有空气做媒介，它们离开了介质都不能传播。太阳光穿过真空传到地球上，几十亿光年以外的星系发出的光，也穿过宇宙空间传到地球上。光波为什么能在真空中传播？它的传播介质是什么？物理学家给光找了个传播介质——“以太”。

测定光速最早提出“以太”的是亚里士多德，他认为下界为火、水、土、气四元素组成；上界加第五元素，“以太”，即一种媒质。牛顿发现了万有引力之后，碰上难题：在宇宙真空中，引力由什么介质传播？为了求得解决，牛顿复活了亚里士多德的“以太”说，认为“以太”是宇宙真空中引力的传播介质。后来，物理学家又发展了“以太”说，认为“以太”也是光波的传播介质。光和引力一样，是由“以太”传播的。他们还假定整个宇

宙空间都充满了“以太”，“以太”是一种由非常小的弹性球组成的稀薄的、感觉不到的媒介。19世纪时，麦克斯韦电磁理论也把传播光与电磁波的介质说成是一种没有重量、绝对可以渗透的“以太”。“以太”既具有电磁的性质，它是电磁作用的传递者，又具有机械力学的性质，它是绝对静止的参考系，一切运动都相对于它进行。这样，电磁理论与牛顿力学取得协调一致。“以太”是光、电、磁的共同载体的概念为人们所普遍接受，形成了一门“以太学”。

但是，肯定了“以太”的存在，新的问题又产生了：地球以每秒30公里的速度绕太阳运动，就必然会遇到每秒30公里的“以太风”迎面吹来，同时，它也必然对光的传播产生影响。这个问题的产生，引起人们去探讨“以太风”存在与否。

迈克耳逊迈克耳逊出生于今波兰的斯特尔诺，两岁时全家移居美国。他以毕生的精力从事光速的精密测定。在他有生之年，他一直是光速测定的国际中心的人物。

1879年3月，麦克斯韦写信给美国航海年历局的托德，讨论测定地球相对于以太的速度问题。信中提到，地球上所有测定光速的方法，由于精度所限，都不足以证明检验地球的绝对运动。这封信被迈克耳逊看到，激起了他从事这类实验的热情。为了提高测量精度，他设计了一种干涉仪，即今天最常用的迈克耳逊干涉仪，来测定地球相对以太的运动。

按照经典物理学理论，光乃至一切电磁波必须借助绝对静止的以太来传播。地球的公转产生于相对于以太的运动，因而地球运动的平行方向和垂直方向之间，光通过同一距离的时间应当不同。

1881年，迈克耳逊首次测量，根据计算，他推测干涉条纹的移动数为0.04条。但实验结果出乎迈克耳逊的意料，测到的干涉条纹的移动远小于0.04条，约为0.004—0.005，在实验误差范围之内。也就是说测定的结果是否定的。

迈克耳逊-莫雷实验

1884年，开尔文和瑞利访美，他们鼓励迈克耳逊提高精度重做这个实验。于是，迈克耳逊同精通物理学和数学的物理学家莫雷合作，改进实验装置，精度达到 2×10^{-10} 。于1887年重复了1881年这个实验。结果仍未发现条纹有任何移动，也就是得出的结果仍然是否定的。这便是历史上著名的迈克耳逊—莫雷的“以太”漂移实验。由于这个实验在理论上简单易懂，方法上精确可靠，可以得出结论，地球相对“以太”的运动并不存在，或者说“以太”本身就是一个子虚乌有的东西（不过，以此断定以太不存在似也证据不足）。

迈克耳逊—莫雷实验使科学家处于左右为难的境地。他们或者放弃曾经说明电磁及光的许多现象的以太理论。如果他们不敢放弃以太，那么，他们必须放弃比“以太学”更古老的哥白尼的地动说。经典物理学在这个著名实验面前，真是一筹莫展。

为了解释这个实验的否定结果，斐兹杰惹于1889年、洛伦兹于1892年先后提出了物体在“以太风”中长度收缩的假说。暂时保全了经典物理学形式上的完美性。不过这为后来爱因斯坦建立狭义相对论准备了思想基础。

“紫外灾难”

开尔文所称的第二朵乌云与黑体辐射有关，即所谓

的“紫外灾难”问题。

在同样的温度下，不同物体的发光亮度和颜色(波长)不同。颜色深的物体吸收辐射的本领比较强，比如煤炭对电磁波的吸收率可达 80%左右。所谓“黑体”是指能够全部吸收外来的辐射而毫无任何反射和透射，吸引率是 100%的理想物体。真正的黑体并不存在，但是，一个表面开有一个小孔的空腔，则可以看作是一个近似的黑体。因为通过小孔进入空腔的辐射，在腔里经过多次反射和吸收以后，不会再从小孔透出。

19 世纪末，卢梅尔等人的著名实验——黑体辐射实验，发现黑体辐射的能量不是连续的，它按波长的分布仅与黑体的温度有关。在经典物理学看来，这个实验的结果是不可思议的。

怎样解释黑体辐射的结果呢?当时，人们都从经典物理学出发寻找实验的规律。由于前提和出发点不正确，最后都导致了失败的结果。例如，德国物理学家维恩建立起黑体辐射能量按波长分布的公式，但这个公式只在波长比较短、温度比较低的时候才和实验事实符合。英国物理学家瑞利和物理学家、天文学家金斯认为能量是一种连续变化的物理量，建立起在波长比较长、温度比较高的时候和实验事实比较符合的黑体辐射公式。但是，从瑞利—金斯公式推出，在短波区(紫外光区)随着波长的变短，辐射强度可以无止境地增加，这和实验数据相差十万八千里，是根本不可能的。所以这个失败被埃伦菲斯特称为“紫外灾难”。它的失败无可怀疑地表明经典物理学理论在黑体辐射问题上的失败，这正是整个经典物理学的“灾难”。因此，开尔文将它比做经典物理学晴空中的一朵乌云是很恰当的，“紫外灾难”所引起的是物

理学的一场大革命。

打开原子的大门——19 世纪末物理学三大发现

原子不可分、原子是物质的最小微粒，是从古希腊德谟克利特到近代道尔顿原子论中铁一般的概念。但是，在 19 世纪末，几千年来神圣不可分的原子的大门被打开了，从此，人们开始了对原子内部奥秘的探索。而打开原子大门的功劳要归于 19 世纪末的物理学三大发现：X 射线、放射性、电子。

“我看见了我的骨头”——X 射线的发现

X 射线的发现起源于对阴极射线的研究。所谓阴极射线就是指真空管内的金属电极在通电时其阴极发出的射线，这种射线受磁场影响，具有能量。19 世纪末，关于阴极射线的本质问题吸引了许多科学家投入研究。德国维尔茨堡大学的物理学教授伦琴就是这众多的研究者之一。

伦琴伦琴的实验室

X 射线装置 1895 年 11 月的一天，伦琴正用阴极射线管做实验，他偶然在附近放了一包密封的照像底片，事后，他发现底片感光了。“这是怎么回事？”“密封的底片为什么会在射线管旁边感光呢？”伦琴思考着。伦琴是一个观察敏锐的人，他心细而善于思考问题，他对这样一个怪现象不是轻易地放过，而是采取了极为严肃的态度。

X 射线用于医疗事业

伦琴把用很厚的纸多层包裹好的新底片对准阴极射线管进行实验。他惊异地发现，胶片又感光了。经多次

重复实验，结果都一样，所以他断定：阴极射线管会发出一种具有穿透力的射线，这种射线肉眼看不见，但是能用实验装置测试到。

伦琴在极困难的条件下，对他发现的新射线又做了系统的研究。他发现，这种新射线穿透力很强，它能穿过人的衣服、肌肉，但不能穿过骨骼。伦琴在做实验时，无意中用手去遮挡射线，他在屏幕上看到了自己的手，手的肌肉和皮肤部分轮廓微弱、模糊，但骨骼的线条却非常清晰，他试着弯弯手指，握握拳头，屏幕上的手也跟着动作。伦琴高兴极了。

1895年12月22日，伦琴作了一个更有意义的实验。这天，他的夫人来到实验室，伦琴让她把手放在黑纸包严的照相底片上，然后用这种射线对准照射了15分钟，显影后，底片上呈现出伦琴夫人的手骨像，手指上的结婚戒指也十分清晰可见。这成了一张有历史意义的照片。夫人惊奇地问：“什么射线有这么大的魔力？”伦琴回答：“无名射线。”夫人顺口说：“又是一个X！”此刻伦琴心头一亮，接着他说道：“那就叫它X射线吧！”

这位妇女居然在X光前来了一段电影式的表演，当时放射的危险性还没有为人们所充分了解

1895年12月28日，伦琴公布了他的发现，立即震惊了全世界。他那生物骨骼的X射线照片，引起了人们惊恐的好奇心。几天后，全世界的报纸都知道了这个重大发现。差不多有名望的物理学家都在重复做这个实验。在美国报道伦琴发现X射线的新闻四天后，就有人用X射线发现了患者足部的子弹。于是，X射线很快就被应用于医学和冶金学，从而创立了X射线学。X射线的发现，也为后来物理学的发展提供了一个有力的工具。

X射线的发现给伦琴带来了十分巨大的荣誉。1901年，诺贝尔奖第一次颁发，伦琴就由于这一发现而获得了这一年的物理学奖。

1923年2月10日，伦琴死于癌症。死前，他把诺贝尔奖金全部留给了维尔茨堡大学，以促进科学发展。伦琴的发现至今仍造福于人类。

关于X射线的本质，当时伦琴本人也不完全理解。到1912年，德国物理学家劳厄通过晶体衍射实验证实了X射线是波长很短的电磁辐射。现代物理学证明，X射线是高速电子轰击靶物质造成内层电子向外层高能态激发在回落到内层电子空位时造成的辐射。

放射性的研究——贝克勒耳、居里夫妇

X射线发现后，全世界科学家把注意力集中在X射线上。伦琴关于发现X射线的论文在3个月内就重印了5次。据统计，1896年一年内全世界有关X射线的研究论文竟达1000篇之多，发表的小册子达48本。其传播之快，反应之强烈，达到空前的程度。

正是这种对X射线研究空前的热情，使得人们对X射线源也发生了兴趣，从而导致了元素放射性和放射性元素的发现。也就是说，元素放射性的发现源于人们对X射线源的探究。

当伦琴把最早印出的论文稿寄给彭加勒等各国物理学家时，在1886年1月20日法国科学院的例会上，彭加勒介绍并展示了伦琴寄给他的X射线照片。参加这次例会的法国物理学家贝克勒耳当场提出：X射线发自阴极射线管的哪个部位？彭加勒回答是管壁发出荧光的区域。贝克勒耳马上想到，X射线很可能与荧光有某种关联，他从第二天起就开始寻找这种关联的实验。

贝克勒耳家族都是著名的物理学家，他的祖父和父亲都是以研究荧光和磷光而闻名的。他们的实验室里收集了许多荧光物质，这为贝克勒耳的研究提供了条件。

他选定了铀盐作试验。他用黑纸包好一张感光底片，在底片上放置两小块铀盐，在其中一块和底片之间放了一枚银元。然后他把这些东西在阳光下曝晒几小时。当他打开黑纸包封的底片时，就可以分辨出银元的影像。

贝克勒耳正当贝克勒耳想作进一步试验时，天公不作美，连着几天阴云密布，不见阳光。他只好把实验用的东西锁在抽屉里。1896年3月1日，天气放晴，他决心做完中断的实验。当他检查密封的底片时，他发现了明显的感光现象。他惊喜万分。这表明，铀盐未经日光照射、不发荧光时，依然可以使底片感光，说明铀本身在不断地自行发光，原先的结论错了。第二天，他在科学院的学术会议上公布了这一发现。为了探索这种射线的来源，贝克勒耳试验了大量有磷光和荧光效应的晶体，发现只有含铀的晶体才有这种“穿透辐射”；而且，纯铀所产生的辐射比铀盐强3—4倍。于是，1896年5月18日，他宣布：发射穿透射线的能力，是铀的一种特殊的性质。铀是人们发现的第一种放射性物质。人们把这种天然放射线叫做“贝克勒耳射线”。

与伦琴发现X射线的境况大不相同，贝克勒耳发现放射性并未引起多大反响，也未引起人们的激动。这种新发现也未在报纸上报道，因为这时科学家们还在继续谈论和研究X射线。

贝克勒耳本人虽然继续从事这方面的研究，但由于只限于研究他所熟悉的铀，且认为别的物质不可能发出更强的射线，因此，研究工作进展也不大。

两年后，一对科学史上著名的夫妇科学家——居里夫妇，投身于放射性元素的研究中，并取得了巨大的成功，先后发现了钋、镭等新的放射性元素，才使放射性研究工作取得一次大的飞跃，为物理学开辟了新的天地。

居里夫人

居里夫人名叫玛丽，1867年出生于波兰华沙，父亲是一位中学教师。后来，玛丽在姐姐的帮助下到法国半工半读，以优异的成绩获数学、物理学两个学位。1895年，与法国青年物理学家居里结婚，因此世称居里夫人。从此，夫妻共同致力于科学研究工作。

贝克勒耳提出的铀及其化合物的放射性现象，没有在科学界引起如伦琴发现 X 射线般的轰动，但却引起了新婚不久的居里夫妇的注意。居里夫人敏锐地意识到该问题的重要性。于是决定将“放射性物质的研究”作为其博士论文题目，“放射性”一词也是她首先使用的。

居里夫人首先深入研究铀的放射特性。实验工作是在一间破旧的木棚里进行的，潮湿而冰冷，用极为可怜的工具，检查铀的特性。经过几个星期的实验，居里夫人提出了令人惊奇不已的结论：铀的辐射强度正比于所用的数量，不受铀与其他元素的影响；而这类辐射也不受光和温度变化的左右；它们与人们所知的其他任何东西不同，也没有东西会影响它们。

居里夫妇

居里夫人立即提出了一个问题：是否还有别的元素也具有这种性质。于是，她不眠不休地、系统地研究和试验当时已知的各种元素和化合物。1898年，她再度提出了一个惊人的发现：“钷”也具有铀那种光线。建议把这种能力叫做“放射性”。

居里夫人在对铀和钍的混合物进行研究时，观察到有些铀钍混合物的辐射强度比其中铀和钍的含量所应发射的还要强得多。那么，这种特别强大的射线又从何而来呢？一定还有一种未知的新元素。比埃尔·居里立刻意识到这一研究的重要性，放下自己正从事的晶体的研究，和玛丽一起投入寻找这种新元素的艰巨的化学分析工作。他们希望从沥青铀矿石中把新元素分离出来，但这种矿石非常昂贵。一吨沥青铀矿石的价值根本不是居里夫妇能够买得起的。他们想到既然不同于铀，那可从已提炼出铀的矿渣中找到，而这种下脚料几乎一文不值。于是，他们就成吨地订购这种“垃圾”，运到他们的木头房子里。他们夫妻俩一铲一铲地往铁炉里送，毒烟呛得他们既咳嗽又喘气。1898年7月，他们终于发现了一种新的放射性元素。为了纪念玛丽的祖国波兰，他们把这新发现的元素取名叫做“钋”。钋的放射性比铀强400倍。

在这年的年底，他们又发现了放射性比铀强200万倍的镭。这个消息再次轰动了世界，但也有人提出了怀疑，为了证实镭的存在，他们在十分简陋和艰苦的条件下，用“分步结晶法”经过4年的努力，于1902年才从几吨的矿石中提炼出0.1克浓缩的镭化合物——氯化镭，并首次测得镭的原子量为225（现在已知为226），从而证实了镭的存在。这时才打消了化学家、物理学家们的疑问。

为了表彰贝克勒耳和居里夫妇在发现放射性方面的贡献，1903年，他们三人分享了该年度的诺贝尔物理学奖。

因为镭的发现，使居里夫妇名扬四海，他们的科学

事业也正处于蓬勃上升的时期，但谁也没有想到，一个人生的巨大悲剧正在偷偷地向他们袭来。1906年4月16日，阴雨连绵，居里撑着雨伞，慢慢地在拥挤的人群中走着。街道很窄，路很滑。居里在一辆出租马车后面横穿马路，没想到，后面又冲来一辆马车，居里被碰滑倒了，马车轮轧碎了他的头颅……。

居里夫人失去了她心爱的丈夫，失去了科学征途中不可分离的战友。38岁的居里夫人进入了一生中最悲痛的日子。但是，她强忍悲痛，以超人的毅力，接替了她丈夫的教授工作，并领导实验室的研究。1908年，她进一步提纯了氯化镭，精确测定出镭的原子量是22645。

1910年9月在比利时布鲁塞尔召开的放射学大会上，她建议将镭等放射性元素应用于医学事业，并以居里的名字命名放射单位。

不久，世界上第一台镭辐射仪诞生，并首先用来治疗癌症。20世纪以来，癌症日益猖獗，放射性治疗使成千上万的癌症患者生命得到延续。为此，1911年瑞典科学院再度授予居里夫人诺贝尔化学奖，表彰她为放射性元素化学作出新贡献。她成了世界上第一个两次荣获诺贝尔奖的人。

居里夫人参加战地救护居里夫人是一位伟大的科学家，同时也是一个人格高尚、心地无私的人。当镭可治疗癌的效用被证明后，有人建议她把提炼镭的过程申请专利权。也有大企业上门要求独家买断提炼镭的技术。如果这样，居里夫人可以毫不费力地成为百万富翁。但居里夫人都拒绝了。她毫无保留地把提取镭的技术公布于众。她说：“我们发现了镭，但不是创造了它，因此它不属于我们个人，它是全人类的财产。”“镭是一种慈善

的工具，它是属于全世界的。”而对成功后铺天盖地而来的各种荣誉，居里夫人始终淡然处之。爱因斯坦曾这样称赞这位世界上最谦逊的伟大女性：“在所有的世界著名人物中，玛丽·居里是唯一没有被盛名宠坏的人。”

居里夫人因长期研究放射性物质，受到了放射性的严重伤害，得了白血病，于1934年7月4日逝世。其实，最早研究放射性的贝克勒耳，也是由于受到放射性的伤害而献出宝贵生命的，死时年仅56岁。可以说，居里夫人和贝克勒耳都成了放射性事业的殉职者。

后来，居里夫人的女儿伊雷娜和女婿约里奥·居里继承了居里夫人的事业，并取得了巨大的成就，于1935年夫妇两人一起荣获诺贝尔奖。居里一家先后三次五人获得诺贝尔奖，这在诺贝尔奖史上一直传为佳话。

放射性物质的发现，打破了原子不可再分的陈旧观念，证明原子不是组成单质的最小单位，它还可以再分（放出射线）。正如著名物理学家劳厄指出：“几乎没有任何东西像放射性那样对原子概念的变化有那么大的贡献。”

电子的发现——汤姆逊

电子的发现也是研究阴极射线的结果。关于阴极射线的本质，一直存在着两种看法：一种认为是以太波，一种认为是带电粒子流。正是这两种意见的长期争论和不断研究，促成了英国物理学家汤姆逊在19世纪末发现了电子。

1856年，汤姆逊出生于英国的曼彻斯特。父亲原先靠摆书摊养家糊口，后经奋斗成了著名的书商。他从自己的经历中深知没有知识的苦衷，因此十分重视对子女的文化教育，特地请家庭教师指导子女的学业。由于这

一缘故，汤姆逊从小就打下了坚实的学习基础。14岁进入曼彻斯特大学，毕业时获得了奖学金。1876年，20岁的汤姆逊被保送到剑桥大学三一学院深造，成为知名教授路兹的得意门生。大学毕业后，他留在著名的卡文迪许实验室工作。27岁被选为皇家物理学会会员。1884年，28岁的汤姆逊接替瑞利担任卡文迪许实验室主任，在该室工作长达42个春秋。

汤姆逊少年英俊，意气风发，曾吸引不少名家闺秀，但他一心扑在科学事业上，无暇他顾。吉德勋爵夫妇的掌上明珠露丝小姐，早在剑桥上学时就爱上了汤姆逊，等了多年不见回音，就提笔给他写了情书：“现在，你是年轻的皇家学会会员，最崇高的卡文迪许教授。亲爱的，我们该结婚了吧？”汤姆逊壮志未酬是不愿结婚的，他回信安慰心爱的人说：“再等一等，等我获得亚当斯物理学奖时咱们再结婚，那样，你不会觉得更光荣、更幸福吗？”1890年元旦，汤姆逊获得了亚当斯物理奖。获奖的第二天，34岁的汤姆逊怀着胜利与幸福的心情同露丝小姐结为百年之好。国王和王后也光临他们的结婚典礼，他们的姻缘一时传为剑桥大学的美谈。

就在结婚的这一年，汤姆逊开始了对阴极射线的研究。他在一个15米长的真空管内，用旋转镜测时间差的方法测量阴极射线在低压气体中的传播速度，得到的速度远小于光速。

根据速度，他认为把阴极射线看作电磁波是没有道理的。为了进一步证明阴极射线是粒子流，并查明它的物理性质，汤姆逊完成了一系列阴极射线的实验。

汤姆逊在实验室

首先他测定阴极射线所带电荷的性质。通过实验，

他发现阴极射线与负电荷在磁场和电场作用下遵循同样的路径，因此，它是由带负电荷的粒子组成。

接着他由阴极射线在电场与磁场中的偏转来测定带电微粒的荷质比。使他惊奇的是，通过计算求出的荷质比，比最轻的氢原子的荷质比要大得多，这说明这种粒子的质量比氢原子的质量要小得多，前者大约是后者的 $1/1840$ 。他借用一位前辈物理学家斯托内曾用过的名词，把这种粒子称为“电子”。

电子的发现再一次否定了原子不可分的观念。正如汤姆逊所指出的，以前认为不可再原子，现在已经由于有很小的粒子从里面跳出来而被分开了。

电子的发现，在物理学史上有着重要的意义。因此，汤姆逊获得了 1906 年的诺贝尔物理学奖。

汤姆逊毕生从事科学研究工作，除了发现电子外，还取得过许多重大成就。1908 年被封为勋爵。1918 年任英国皇家学会主席。

1940 年 8 月 30 日，汤姆逊以 84 岁高龄去世，葬于威斯敏斯特教堂公墓的中央，那里安放着一牛顿、达尔文、开尔文等伟大科学家的骸骨。

X 射线、放射性、电子三大发现后，原子不可分的古老信念被打破了，加上开尔文所称的两朵乌云：迈克尔逊—莫雷以太漂移实验的零结果和“紫外灾难”。整个经典物理学的大厦开始动摇了。建立新的物理学理论体系的条件已经成熟。

相对论——爱因斯坦

前面我们已经说到，1887年迈克耳逊—莫雷的“以太漂移”实验得出了零结果，被开尔文称为经典物理学万里晴空中的两朵乌云之一，因为牛顿力学和麦克斯韦的电磁学都有一个假设的前提：宇宙空间充满着静止的“以太”。麦克斯韦认为光和电磁波是靠“以太”来传播的。而迈克耳逊—莫雷实验的零结果，动摇了麦克斯韦方程组的基础。物理学家感到很丧气，假如放弃“以太”说，又难以解释电磁波的传播；假如承认“以太”说，又找不到证据。经典物理学陷入了进退两难的境地。

爱因斯坦

这样，在物理学家中出现了两派：一派主张维护“以太”说，但对旧体系进行修正；一派主张彻底抛弃“以太”。前者以斐兹杰惹和洛伦兹为代表，提出了物体相对于“以太”运动时产生长度收缩的假说，引入了后人所称的洛伦兹变换。实际上，斐兹杰惹和洛伦兹已走到了相对论的门口，只是由于没能摆脱经典物理学的思想束缚而没能创立相对论。后者以彭加勒和爱因斯坦为代表。彭加勒是一个很有远见的科学家，在一系列物理学新发现面前，他敏锐地指出：物理学危机不是凶兆而是吉兆，物理学将有大的突破。1904年他就预言，必将产生一种全新的动力学，并指出了新动力学必须包括的内容：惯性随速度增大而增大；光速成为极限速度；在新的力学中包括旧的力学。彭加勒是最接近于发现相对论的科学家。但由于没能完全从牛顿的绝对时空观中解放出来，而没有根本性的突破。最终揭开现代物理学革命序幕的

是爱因斯坦。他创立的相对论很大程度上解决了经典物理学的危机。

假如你能赶上光速——狭义相对论

1879年3月14日，爱因斯坦出生于德国乌尔姆城的一个犹太人家庭。父亲很有数学天赋，但由于没钱上学，不得不弃学经商。母亲很有音乐才能，从小爱因斯坦跟母亲学拉小提琴，古典音乐成了爱因斯坦终生的爱好。晚年爱因斯坦曾经说自己拉小提琴的成就要比自己的物理学高明。

爱因斯坦小时候并不是一个聪明绝顶的神童，相反，在四岁时还不会说话，家里的人担心他是一个低能儿。5岁那年，他父亲给了他一只罗盘。他很喜欢这个小玩意儿，细细地端详了很久，反复地摆弄着。他发现：无论怎么摆动，罗盘玻璃罩下的那根细细的红色磁针总是指向北边。噫，这是怎么回事呢？他很惊讶：“是什么东西使它总是指向北边的呢？”那根指针在他幼小的心灵中留下了很深的印象，引起了探索事物根底的好奇心。碰到下雨，他会提出许多个“为什么”；看见月出，他也会提出许多个“为什么”。总之，各式各样的自然现象都能引起他的好奇和思索。他不愿意和其他孩子在一起嘻笑玩耍，总喜欢一个人玩，并且老是陷在沉思之中，显出一副如痴如呆的样子。爱因斯坦就是靠着这种强烈的求知欲和坚韧不拔的勤奋好学精神，逐渐步入了科学的殿堂。

爱因斯坦读中学时，除数学成绩优秀外，其他各科，如语文、历史、地理等成绩都比较差。这样，科学史上最伟大的天才中途被学校劝退学了。这是1894年发生的事。但爱因斯坦依靠踏踏实实的自学掌握了解析几何和

微积分。

1895年，16岁的爱因斯坦到了瑞士，进入阿劳州立学校补习中学课程。1896年考入苏黎士瑞士联邦工业大学师范系理论物理专业学习。在大学期间，爱因斯坦如饥似渴地学习，自学了许多学校课程外的学科。1900年，他以优异的成绩拿到了毕业证书。

然而，毕业之后，爱因斯坦却找不到固定的工作。贫困饥饿驱使着他整天为生活而奔波，他终身没有治愈的肝炎也是在这个时候得的。经济的拮据使得爱因斯坦不得不在电线杆上张贴广告，试图讲授数学、物理和小提琴来赚钱糊口。他曾当过补习老师，也曾为老同学帮自己找到几个月的临时工作而喜出望外。对于爱因斯坦的这段贫困日子，他的一位同学曾这样描述：“可怜的爱因斯坦啊，只差拿着小提琴，去挨家挨户地演奏乞讨了。”

但是，贫困并不能动摇爱因斯坦走研究科学的道路和决心。他继续研究他感兴趣的物理问题，构思他的学术论文。他说：“只要能找到一个固定的工作就好了，即使工资少一点也无所谓，那样我就一定可以把学术论文写出来。”

就在爱因斯坦几乎山穷水尽的时候，大学时的同窗好友格罗斯曼帮助了他。格罗斯曼的父亲有位朋友是伯尔尼专利局的局长，经格罗斯曼的父亲的推荐，爱因斯坦在伯尔尼专利局谋到了一份技术员的固定职业。从1902年到1909年，爱因斯坦在专利局工作了7年。这是爱因斯坦在业余时间努力探索并取得惊人的科学成就的时期。直到晚年，他依然深情地怀念他的老同学，感谢格罗斯曼在自己最困难时给予的帮助。由于喜欢瑞士的环境，他加入了瑞士国籍。

专利局时代的爱因斯坦

1905年，爱因斯坦在科学史上创造了一个无先例的奇迹。这一年，他利用在专利局每天8小时工作以外的业余时间，共写了6篇论文，在三个领域作出了四个有划时代意义的贡献。3月，完成解释光电效应的论文，提出光子说；4月、5月和12月，分别写成的三篇论文是关于布朗运动的，间接证明了分子的存在；6月，完成题为《论运动媒质的电动力学》的论文，提出了狭义相对论；9月，完成有关质能关系式的论文，提出能量等于质量乘光速的平方 $E=MC^2$ ，此关系式是核物理学和粒子物理学的理论基础，也是利用原子能以及制造原子弹的理论依据。

后世科学史家评论说，爱因斯坦1905年完成的这四个方面的论文，哪一个都够得上拿诺贝尔奖。这一年，爱因斯坦26岁。在科学史上，只有牛顿23至25岁在乡下躲避瘟疫那段时间取得的成就可以与之相比。

爱因斯坦与妻子(米列娃)、儿子在1904年爱因斯坦提出狭义相对论的划时代论文，充满了难懂的革命性的新思想，而只用了当时大学本科生就能看懂的数学工具，并且没有引用任何参考文献。幸亏该论文被送给当时物理学界的“高人”普朗克审稿，不然，狭义相对论的命运难测。法国科学家郎之万曾说，当时全世界只有12个人能懂相对论。相信被称为“量子之父”的普朗克应是其中之一。该论文一下就被普朗克推荐发表在德国的物理年鉴上。此后，爱因斯坦又连续发表几篇论文，建立起狭义相对论的全部框架。

其实，爱因斯坦早在16岁时，就曾考虑过这样一个问题：如果一个人跟着光线跑，并企图抓住它，会发生

什么现象?这个问题他足足思考了 10 年，也做过许多无结果的尝试，最后他得出结论：时间是值得怀疑的!也就是说牛顿的绝对时空观是值得怀疑的。

时空连续统

爱因斯坦的狭义相对论是建立在两个基本假设基础之上的。第一个假设是相对性原理，即物体运动状态的改变与选择任何一个参照系无关；第二个假设是光速不变原理，即对任何一个参照系而言，光速都是相同的。在这两个基本假设中，爱因斯坦已抛弃了经典物理学中的“以太”假说和绝对时间、绝对空间的概念。

爱因斯坦从两个基本假设出发，很自然地得到了洛伦兹变换，并由此得出如下新的结论：(1)运动物体在运动方向上长度缩短。(2)运动着的时钟要变慢。(3)任何物体的运动速度都不可能超过光速。(4)同时性是相对的，在一个惯性系中同时发生的事情，在另一个运动着的惯性系中测量便不是同时发生的。(5)如果物质速度比光速小得多，相对论力学就变为牛顿力学，比起牛顿力学来，相对论力学具有更普遍的意义。(6)物体的能量等于物体的惯性质量乘以光速的平方。

爱因斯坦的狭义相对论，在我们的日常生活中是很难理解的，因为我们日常接触的都是远远小于光速的运动，根本无法察觉到爱因斯坦相对论所描述的相对论效应：长度变短、时钟变慢。但如果接近光速的运动能变成现实的话，一个以这样速度运动的人，在另一个静止的观察者看来就可能只是一条线。另外还会出现这样的景象：一个人坐上光子火箭，以接近光速的高速度去作星际航行。一年后他回来了，发现儿子已经是白发苍苍的老人，而自己还是那样年轻。中国古代传说中的“天

上方一日，人间已一年”就可用相对论得到解释。只要那个“天”在作接近于光速的运动。

爱因斯坦还曾经用更通俗的语言给人们解释过他的相对论。据说，有一次，一大批学生围着爱因斯坦，请他给相对论作出解释。爱因斯坦考虑了一下，风趣地说：“我打个比方，比如你屁股坐在火炉上烤和坐在公园柳荫下与女郎谈情说爱，那么，同样的时间你觉得哪一个更长？”学生们说：“当然坐在火炉上烤时间觉得长久。”听罢，爱因斯坦哈哈大笑，说：“这就是我的相对论内容。”这个故事形象地说明时间和空间的相对性。

弯曲的时空——广义相对论

1909年，为了有一个更好的科学研究环境，爱因斯坦辞去了干了7年的专利局工作，开始了他的大学任教生涯。曾先后在几个大学工作过。1913年，他应普朗克之邀，担任新成立的威廉皇帝物理研究所所长和柏林大学教授。1914年迁居柏林。

爱因斯坦的狭义相对论，引起了现代物理学的革命。对这场革命，就像人们对待历史上的一切革命一样，总是有支持的，有反对的。正当人们对他的狭义相对论议论纷纷时，他又向着新的目标前进了。

1907年，爱因斯坦发表了长篇论文《关于相对性原理和由此得出的结论》，其中提出：自然规律与参照系的运动状态无关，相对性原理不仅对相对做匀速运动的参照系成立，而且对加速运动的参照系同样成立。

爱因斯坦还注意到伽利略发现的事实，即在引力场中，一切物体都具有相同的加速度，与它们的组成、结构、质量大小无关。这就说明，惯性质量与引力质量相等。据此，爱因斯坦提出了“等效原理”：即引力场同参

照系的相当的加速度，在物理上完全等价。这样，他就把相对性原理扩大到匀加速的参照系中，并指出匀加速的参照系和均匀引力场等效。这构成了广义相对论的基础。

1915年，在老同学格罗斯曼的帮助下，爱因斯坦完成了创立广义相对论的工作，并于1916年写成总结性论文《广义相对论的基础》。这篇论文的发表宣告了广义相对论的诞生。

广义相对论实际上是关于空间、时间与万有引力关系的理论，它指出空间——时间不可能离开物质而独立存在，空间的结构和性质取决于物质的分布。狭义相对论已指出时间、空间是一个整体，即四维时空。广义相对论进一步指出，物质的存在会使四维时空发生弯曲，万有引力并不是真正的力，而是时空弯曲的表现。如果物质消失，时空就回到平直状态。

广义相对论认为，质点在万有引力作用下的运动，如地球上的自由落体，行星围绕太阳的运动等，是弯曲时空中的自由运动——惯性运动。它们在时空中描出的曲线，虽然不是直线，却是直线在弯曲时空中的推广——短程线，即两点之间的最短线。当时空恢复平直时，短程线就成为通常的直线。

爱因斯坦与爱丁顿

可以打这样一个比方来说明时空弯曲。假如四个人各拉紧床单的一个角，床单这个二维空间就是平的。放一个小玻璃球在上面，如果不去推它，它就会保持静止或匀速直线运动状态不变（假设床单是足够光滑，微小的摩擦力忽略不计）。如果在床单中央放一个铅球，床单就会凹下去，这个二维空间就弯曲了。这时，如果再放置

一个小玻璃球，它就会滚向中央的大球。按照牛顿的观点，这是由于大球用“万有引力”吸引小球。按照爱因斯坦的观点，则是由于大球的存在使空间弯曲了，并不存在什么“引力”，小球落向大球乃是弯曲空间中的自由(惯性)运动。

爱丁顿当然，上面这个比喻，说的只是“空间”弯曲，而广义相对论说的则是四维“时空”的弯曲。太阳的存在使四维时空弯曲了。行星绕日运动，就是在弯曲时空中的惯性运动，行星轨道是四维时空中的短程线，根本就不存在什么万有引力。

广义相对论指出，在引力场的区域，空间的性质不再服从欧几里德几何，而是遵循非欧几何，并得出结论：现实的物质空间不是平直的欧几里德空间，而是弯曲的黎曼空间(即三角形三个内角之和大于 180° 、曲率为正的空间)，它的弯曲度取决于物质在空间的分布情况。物质密度大的地方，引力场的强度也大，空间弯得也厉害，时间也要相应地变慢。

爱因斯坦与夫人爱尔莎

爱因斯坦在美国讲学广义相对论之深奥，令许多科学家难以理解，迈克耳逊就曾亲口对爱因斯坦说，想不到他的实验竟会引出相对论这个“怪物”。有人感叹道：“爱因斯坦的广义相对论是何等美丽的理论，可是实验却少得令人羞愧。”甚至有人认为，广义相对论是理论物理学家的天堂、实验物理学家的地狱，意思是无法证明。就连爱因斯坦本人，也曾不无自豪地说：如果我不发现狭义相对论，5年内肯定会有人发现它。如果我不发现广义相对论，50年内也不会有人发现它。当时的状况确如爱因斯坦所言，1905年他创立狭义相对论时，有关条

件已经成熟，洛伦兹、彭加勒等人都已接近狭义相对论的发现。而 1915 年创立广义相对论时，爱因斯坦则远远超前于那个时代所有的科学家，除他之外，没有任何人接近广义相对论的发现。

正因为广义相对论如此深奥难懂，因而要使人相信并接受这一理论，必须拿出强有力的证据。爱因斯坦在创立广义相对论时已考虑到这一点。为了证明广义相对论的思想，他根据这一理论作出了三个预言。

第一，水星近日点的运动。自 1859 年发现水星近日点的进动以来，有每百年 43 秒的进动是用牛顿力学无法解释的。曾有人怀疑这是由一颗未发现的星引起，但天文观测一直没有发现这颗星。爱因斯坦广义相对论，通过理论计算说明，太阳引力使空间弯曲，水星近日点的进动每百年就应有 43 秒的剩余值。

第二，光谱线的引力红移，即在强引力场中，光谱应向红端移动。这一结论后来被天文观测所证实。

晚年爱因斯坦

第三，引力场使光线偏转。这一预言的被证实最具有说服力。爱因斯坦预言，光线经过太阳表面，将会发生 175 秒的偏转。1919 年 5 月 29 日发生日全食，在英国天文学家爱丁顿的建议下，英国皇家学会组织了各路观测人马，分赴巴西北部的索布拉尔和西非的普林西比岛，拍摄了日全食时在太阳周围看到的恒星照片。爱丁顿把这些照片和半年后的夜晚拍摄的天空同一位置的照片进行细致的对照，最终结论是，星光在太阳附近的确发生了偏转，并且数值与爱因斯坦的预言极为接近。

这结果一公布，立即轰动了世界。人们开始把爱因斯坦与牛顿相提并论。当时，英国上下都在庆祝第一次

世界大战结束一周年。但就在这一天,《泰晤士报》在“科学的大革命”标题下,报道了这一大新闻,并惊呼:“已经有人超过牛顿了!”当时英国皇家学会会长汤姆逊致词说:“爱因斯坦的相对论是人类思想史上最伟大的成就之一,也许就是最伟大的成就,它不是发现一个孤岛,而是发现了新的科学思想的新大陆。”

毫无疑问,爱因斯坦和牛顿是科学史上最耀眼的两颗明星。关于他们两个人谁更伟大的问题,历来是仁者见仁,智者见智。对此,法国著名的物理学家朗之万曾经说过这样一段话:“在我们这一时代的物理学家中,爱因斯坦将位于最前列。他现在是,将来也还是人类宇宙中有头等光辉的一颗巨星。很难说,他究竟是同牛顿一样伟大,还是比牛顿更伟大,不过,可以肯定地说,他的伟大是可以同牛顿相比拟的。按照我的见解,他也许比牛顿更伟大,因为他对于科学的贡献,更加深刻地进入了人类思想基本概念的结构中。”这一看法在当代科学界有一定的代表性。

爱因斯坦的后半生主要致力于对“统一场论”的研究,但没有成功。不过,他有关统一场的思想,给后人以很大的启发。

1921年,爱因斯坦获得诺贝尔物理学奖。不过,获奖项目不是伟大的相对论,而是对光电效应的解释。

1922年,爱因斯坦曾到过中国访问,同情和支持中国人民为争取民族独立和解放而进行的斗争。“九一八”事变后,他一再向世界各国呼吁,用联合的经济抵制的办法制止日本对华军事侵略。1936年,沈钧儒、邹韬奋、史良等“七君子”因主张抗日被捕,他热情参与了正义的营救和声援。

1933年，希特勒上台，由于爱因斯坦是犹太人，又反对法西斯主义，成了纳粹首批要捕杀的对象。幸而他在国外讲学才没遭逮捕。

1933年10月，爱因斯坦迁居美国，1940年加入美国籍。1939年，他上书美国总统罗斯福，建议抓紧对原子弹的研究，后被采纳，使得美国在希特勒德国之前研制出原子弹。“二战”结束后，他又呼吁销毁原子弹，反对美国的核讹诈和核军备竞赛。

1952年，以色列政府请爱因斯坦出任以色列国的总统，但被他谢绝了。他说：“关于自然，我了解一点；关于人，我几乎一点儿也不了解。我这样的人，怎么能当总统呢？”

1955年4月18日，爱因斯坦在普林斯顿的家中病逝，享年76岁。他曾立下遗嘱，要求不发讣告，不举行葬礼，不建坟墓，不立纪念碑，把骨灰洒在不为人知的地方。当他的遗体送往火葬厂火化时，除了他最亲近的几个人随行外，其他的人都不知道。在火葬仪式上，只有他的遗嘱执行人，向他献上了德国著名诗人歌德为悼念亡友席勒而写的一首诗：

“我们都获益匪浅，
全世界都感谢他的教诲；
那属于他个人的东西，
早已传遍广大人群，
他像行将陨灭的慧星，光华四射，
把无限的光芒同他的光芒永相结合。”

量子历程

世纪之交开尔文所指出的经典物理学上空的两朵乌云，其一的迈克耳逊—莫雷“以太”漂移实验之零结果，导致了爱因斯坦相对论的诞生，使物理学在大尺度空间上超越了牛顿；另一朵乌云与黑体辐射有关，即所谓的“紫外实验”，导致了量子论的诞生，并逐步创立了量子力学，从而使物理学在微观领域超越了牛顿，实现了人类对自然界认识的一次飞跃。

量子论的诞生——普朗克

黑体辐射研究领域的“紫外灾难”的出现，使经典物理学陷于危机之中，普朗克最终导致了量子论的诞生，而最先提出量子理论的是德国物理学家普朗克。

1900年，一直关注黑体辐射问题的普朗克发现，关于黑体辐射能量分布公式的维恩公式和瑞利-金斯公式，双方的优点和缺陷正好是互补的。于是，普朗克就想，能否找到一条公式，它在长波部分与瑞利-金斯公式一致，在短波部分与维恩公式一致。经过一番努力，他果真提出了符合要求的公式。1900年10月19日，在德国物理学会上，他以《论维恩辐射定律的改进》为题报告了自己的新公式。

普朗克的公式是提出来了，并且经检验在长波和短波部分均与实验吻合得很好。但是，它完全是普朗克用数据硬凑出来的，没有任何理论依据。后来，普朗克发现，他的公式在经典物理学领域内根本无法得到解释，但如果假设黑体辐射中的能量不是连续的，而是以一定数值的整数倍跳跃式地变化的。也就是说，在辐射的发

射和吸引过程中，能量不是无限可分的，而是有一个最小的单元，那么，他的公式就能得到非常合理的解释。普朗克把这个不可再分的能量单元称为“能量子”或“量子”。

1900年12月14日，普朗克向德国物理学会宣读了题为《关于正常光谱的能量分布定律理论》的论文，提出了后来所称的“量子假说”。从此，量子论就正式诞生了。

能量的不连续性，不仅和古典物理学理论不相容，而且也不符合人们“自然无跳跃”的常识。所以物理学界对它反应冷淡。普朗克本人也曾为此不安，曾几度想倒退回到经典物理学的立场上去。然而，科学的发展已由不得他倒退了，量子论已揭开了物理学新的篇章。

爱因斯坦闯入量子世界

普朗克的量子论，得到了目光敏锐的科学家们的支持。第一个对量子概念加以发展并起巨大推动作用的是爱因斯坦。

1905年3月，爱因斯坦写了一篇论文，题为《关于光的产生和转化的一个推测性的观点》，把普朗克的量子概念扩充到光在空间中的传播，提出“光量子”假说。

爱因斯坦指出：对于统计的平均现象，光表现为波动；对于瞬时的涨落现象，光则表现为粒子。从而结束了从惠更斯和牛顿以来关于光的本质的长期争论。这是历史上第一次揭示了微观客体的波动性和粒子性的统一，即波粒二象性。以后的物理学发展表明：波粒二象性是整个微观世界的最基本的特征。在论文的结尾，爱因斯坦用光量子概念轻而易举地解释了光电效应现象，推导出光电子的最大能量同入射光的频率之间的关系。

这一关系十年后才由密立根予以实验证实。

爱因斯坦的光量子论，遭到几乎所有老一辈物理学家的反对，甚至连最初提出量子概念第一个热情支持狭义相对论的普朗克，直至1913年还郑重其事地认为这是爱因斯坦的一个“失误”。

尽管如此，爱因斯坦还是孤军奋战，坚持不懈地发展量子理论。1906年，他把量子概念扩展到物体内部的振动上，基本上说明了低温条件下固体的比热容同温度间的关系。1912年，他把光量子概念用于光化学现象，建立了光化学定律。1916年，他发表了一篇综合了量子论发展成就的论文《关于辐射的量子理论》，提出关于辐射的吸收和发射过程的统计理论，从玻尔1913年的量子跃迁概念，推导出普朗克的辐射公式。

量子论在提出后的最初十年中，能得以进一步的发展，这主要得归功于爱因斯坦在该领域的杰出工作。后来，德布罗意提出物质波理论，继而薛定谔建立波动力学，也是受到爱因斯坦光量子论所揭示的波粒二象性概念的启发。因此，美国物理学家派斯认为，“爱因斯坦不仅是量子论的三元老（指普朗克、爱因斯坦和玻尔）之一，而且是波动力学唯一的教父。”玻恩也认为，“在征服量子现象这片荒原的斗争中，他是先驱”，也是“我们的领袖和旗手”。

玻尔的原子殿堂——哥本哈根学派

在爱因斯坦之后，对量子论进一步进行推广和发展的是被称为量子论三元老之一的丹麦物理学家尼尔斯·玻尔。

1885年10月7日，玻尔出生于哥本哈根，1903年入哥本哈根大学学习，主修物理学。1911年入英国剑桥

大学和曼彻斯特大学深造，参加了以卢瑟福为首的科学集体，从此与卢瑟福建立了长期的密切关系。玻尔既是卢瑟福的学生，也是朋友。

卢瑟福前面我们已经说到，19世纪末物理学的三大发现：X射线、天然放射性、电子的发现，使人们相信，原子是可分的，它也应该有其内部结构。可是，原子的内部是怎样的呢？它的组成如何呢？当时许多科学家都在研究这个问题，并且提出了多种原子内部结构模型。其中新西兰物理学家卢瑟福于1919年提出的“有核模型”，也称“行星模型”最具有意义。卢瑟福认为，原子有一个核，这个核占的空间极小，但却几乎集中了原子的绝大部分质量，并带有正电荷，带有相同负电荷的电子绕着核运动，电子绕核就如同行星绕日一样。也就是说，原子结构就如同一个小的太阳系。

卢瑟福的原子模型并不是完全的“纸上谈兵”，而是有其著名的 α 粒子散射实验作为依据的。

卢瑟福实验室

然而，卢瑟福刚一提出这个模型，就遭到许多科学家的反对，原因是它违背了经典物理学的基本理论。经典电磁理论认为，任何作加速运动的电荷都要辐射出电磁波，从而导致电子不断发射能量，电子发射电磁波愈来愈短，绕转也离核愈来愈近，最后电子就落到了核中，原子就毁灭了。

卢瑟福在实验室可是事实却并非如此，原子寿命是很长的，并未因电子运动而毁灭。另外，原子光谱是不连续的。这些事实连卢瑟福本人也不能自圆其说。使他不得不说原子的稳定性问题还有待探索。

“山重水复疑无路，柳暗花明又一村。”正当卢瑟福

无计可施时，1913年，当时正在给卢瑟福当研究生的玻尔，受到普朗克量子论和爱因斯坦光子论的启示，把老师卢瑟福的原子模型加以改造，提出了“玻尔原子模型”。他的原子模型的要点是：

1 肯定卢瑟福的行星模型，不过当电子环绕原子核作高速旋转时，只能在特定轨道上运行，此时原子不辐射能量；

玻尔

2 当电子从离核较远轨道跳到离核较近轨道时，原子便放出能量，以电磁波形式辐射出来，能量大小决定于电子跳动后所处轨道半径，因为轨道是不连续的，所以原子辐射能量也是不连续的。

从上述理论出发，玻尔轻而易举地解释了氢原子光谱得到的巴尔麦公式，同时还推导出原子半径。

玻尔的原子模型立即得到了卢瑟福的称赞，因为他不仅给卢瑟福解了围，而且建立了揭示原子结构奥秘的玻尔理论，为现代科学发展立了大功。

玻尔在自己的理论中，提出了至今仍很重要的原子定态、量子跃迁等概念，有力地冲击了经典理论，推动了量子力学的形成。他对氢原子光谱的成功解释，大大地提高了量子论的影响。玻尔理论被爱因斯坦誉为“最伟大的发展之一”。1922年，玻尔荣获了当年的诺贝尔物理学奖。

玻尔是一个意志顽强、坚韧不拔的科学家。他不像普朗克那样，点燃了革命之火，却在这场革命中动摇；他也不像爱因斯坦那样，打了几场胜仗以后，就把主要精力转移到另外一场革命——相对论上去了。他始终是这场革命的风云人物。他初期参加了用量子论解释原子

结构的战斗，在革命高潮到来的时候，成了这场革命的主力军之一——哥本哈根学派的领袖，指挥这场战斗，直到取得决定性的胜利。

玻尔与爱因斯坦

在玻尔的倡议和主持下，1920年在哥本哈根大学创设了理论物理研究所，玻尔亲自担任该所所长长达40年之久。所以这个研究所被人称为玻尔研究所。长期以来，这个所成了量子力学的大本营。在1922—1932年的十年间，许多科学家都在这里呆过。例如：德国物理学家玻恩和海森堡、奥地利物理学泡利，以及英国物理学家狄拉克，还有克莱因、克喇末、埃伦菲斯特、伽莫夫、克什米尔、兰道和罗森尔德等人在玻尔的领导和影响下，形成了具有自己特色的学派——哥本哈根学派。玻尔研究所里，经常云集五六十名外国学者在此工作。有人统计全世界30多个国家的近千名科学家都或长或短在这里工作过。从这里出去的有7个荣获了诺贝尔奖。有人曾经问过玻尔为什么你能够聚集那么多有才能的年轻人？玻尔回答说：没有什么秘诀，只有一点是清楚的，我不怕在年轻人面前暴露自己的愚蠢。

玻尔还是一名和平战士，在第二次世界大战中，他拒绝与纳粹德国合作，被迫逃往国外。在美期间，他曾参加研制原子弹的工作并作出了重要贡献。“二战”结束后，他就毅然和任何核武器的制造断绝了关系。

1937年夏季，玻尔曾来中国，访问了上海、杭州、南京和北平，对中国人民很为友好。1947年，丹麦政府决定授予他级别很高的勋章，要求受勋者有一个族徽，玻尔亲自设计了他的族徽，其中的图案采用了中国古代的“太极图”，来形象地表示他的互补思想。

1962年11月16日，玻尔在哥本哈根去世，享年77岁。

物质波——德布罗意

玻尔的原子结构理论对量子论的推动作用巨大的。不过玻尔的理论只能解释氢原子的光谱，还无法解释比氢原子更复杂的多电子原子的谱线，而且根本无法说明任何一条谱线的强度和偏振。量子理论需要更深刻的突破，才能摆脱玻尔原子理论的局限而带来的困境。这项工作是由德布罗意完成的，从而导致了量子力学的诞生。

1892年8月15日，德布罗意出生于法国埃迪普的一个贵族家庭。自18世纪起，德布罗意家族在法国历史上就已经赫赫有名，出了好几位元帅、大使、部长，最后更出了德布罗意的哥哥莫里斯·德布罗意公爵。莫里斯是一位杰出的物理学家。

德布罗意幼年时就失去了双亲，是哥哥莫里斯一手把他带大的。德布罗意开始是学历史的，后在哥哥莫里斯的启发下才转攻物理学。

1923年，德布罗意产生了把爱因斯坦的光的波粒二象性推广到描述其他微观粒子上去的想法。他在晚年曾回忆说：“经过长期的孤寂的思索和遐想之后，在1923年我蓦然想到：爱因斯坦在1905年所作出的发现，应当加以推广，把它扩展到一切物质微粒，特别是电子。”从而提出了“物质波”的假说。德布罗意指出：整个世纪以来，在光学上，比起波动的研究来，忽视了光的粒子图象，在对实物粒子的研究上，是否发生了相反的错误呢？是不是我们把关于粒子的图象想得太多了，而过分忽视了波的图象？

1923年9月至10月，德布罗意连续发表了三篇论文，提出了他的“物质波”思想。他指出，爱因斯坦提出的光量子能量公式，不仅适合于光，也适合于像电子这样的实物粒子，这些实物粒子不仅有粒子性，也有波动性。他还预言，电子束穿过小孔时，会像光一样出现衍射现象。

德布罗意的观点，受到爱因斯坦、朗之万等著名物理学家的支持。他所提出的电子衍射预言，在1927年被美国科学家戴维孙等人的实验所证实。至此，德布罗意的理论作为科学史上大胆假设而成功的例子获得了普遍的赞赏，从而使他获得了1929年诺贝尔物理学奖。

后来，很多实验都证实，不仅电子，而且质子、原子、分子都具有波动性，由此可见，波粒二象性是所有微观客体的最本质特征。

1987年3月19日，德布罗意去世，享年95岁。他是量子力学创始人中最后辞世的一位。

海森堡的大量子蛋——矩阵力学

量子力学的创立是沿着两条路线完成的，一条是玻尔——海森堡路线；另一条是爱因斯坦——德布罗意——薛定谔路线。两条路线殊途同归，结论相同。

量子力学的第一种有效形式是由海森堡提出的，被称为矩阵力学。它是克服玻尔的原子结构模型的局限而产生的直接结果。

1901年12月5日，海森堡出生于德国的维尔兹堡，其父是大学教授。1920年，海森堡进入慕尼黑大学学习物理学，师从著名的物理学家索末菲。读大学时，海森堡就有一种敢于创新、不盲目听从名家的精神。他常常向自己的老师提出尖锐的问题，跟他们展开深刻的讨论。

他有一句名言：“科学扎根于讨论。”正是这种勇于探索的科学精神，使他最终在科学上作出了不朽的贡献。

1922年，当时大名鼎鼎的尼尔斯·玻尔应邀到德国哥廷根大学作一系列关于原子物理学的演讲。每次演讲后都进行热烈的讨论。在一次讨论中，当时年仅20岁的“毛头小伙子”海森堡竟站起来对玻尔的某些论点提出异议，并勇敢地进行辩论。讨论结束时，玻尔约海森堡当日下午一同去散步，以便继续讨论。这次与玻尔在散步中的长时间谈话，对海森堡启发很大。后来他说，这次散步是他科学上成长的起点。

海森堡与玻尔

1924年冬，海森堡到哥本哈根玻尔那里工作了一学期。正是在这期间，他开始考虑量子理论。海森堡在研究了玻尔的原子结构理论后，认为玻尔的原子轨道假说是一个不可观察的假说，实验依据不足，可以说是虚构的，因为在观察中，人们只知道原子所发出的光的频率和强度这两个观察量，而并不知道其他的物理量。于是，于1925年他大胆抛弃了玻尔的轨道概念，在可观察到的原子发出的光的频率和强度这些光学量的基础上，以代数为工具，提出了一套数学(矩阵)解方案。后经海森堡的老师玻恩等人用数学的矩阵方法把海森堡的思想发展成系统的理论，即矩阵力学。海森堡创立矩阵力学时年方24岁。

矩阵形式的量子力学公布后，海森堡的好友泡利首先用它来处理氢原子光谱，算出的结果跟实际完全相符，从而证明了新理论的正确性。接着，人们用它来处理许多过去令人困惑不解的原子问题，也都获得成功。于是，这一理论很快就在物理学界传播开了。爱因斯坦风趣地

说，海森堡生了一个大量子蛋。由于海森堡最先提出了量子力学的基本思想，他被公认是量子力学的创始人之一。

薛定谔方程——波动力学

矩阵形式的量子力学问世不久，沿着另一条路线完成的另一种量子力学形式也出现了，薛定谔被称为“波动力学”，其核心是由薛定谔创立的波动方程，故称薛定谔方程。

1887年8月12日，薛定谔出生于奥地利维也纳，1906年进维也纳大学物理系学习，1910年获博士学位。他兴趣广泛，多才多艺，喜欢语法、诗歌、戏剧，特别倾心于数学和物理，是一位能说4种语言，出过诗集的科学家。

1925年底到1926年初，薛定谔在爱因斯坦关于单原子理想气体的量子理论和德布罗意的物质波假说的启发下，从经典力学和几何光学间的类比，提出了对应于波动光学的波动力学方程，奠定了波动力学的基础。他最初试图建立一个相对论性理论，但由于当时还不知道电子有自旋，所以在关于氢原子光谱的精细结构的理论上与实验数据不符。以后他又改用非相对论性波动方程来处理电子，得出了与实验数据相符的结果。这样，薛定谔就提出了科学史上赫赫有名的“薛定谔方程”，从而创立了数学方程形式的量子力学——波动力学。

波动力学和矩阵力学本质上是一样的。然而刚开始时，双方还互不服气，都认为对方在理论上有缺陷。后来，还是薛定谔先冷静下来。1926年3月，薛定谔经过认真研究后发现，两种理论在数学上是完全等价的。从此以后，两大理论统称量子力学。只是薛定谔的波动方

程更好懂些，所以入选教科书而成为量子力学的基本方程。

由于海森堡和薛定谔的量子力学都没有考虑相对论效应，于是英国物理学家狄拉克于 1928 年把相对论引进了量子力学，建立了相对论形式的薛定谔方程，也就是著名的狄拉克方程，从而使量子力学成为完整的理论体系。

上帝真的在掷骰子吗？——测不准原理

量子力学理论体系虽然建立了，但关于它的物理解释却有不同的认识。薛定谔起初试图把波函数解释为三维空间中的振动振幅，把粒子解释为波的某种密集，即所谓的“波包”。玻恩则提出波函数表示的是粒子在某时某地出现的几率。

1927 年，海森堡提出“测不准原理”。他认为，任何一个粒子的位置和动量不可能同时准确测量，要准确测量位置，动量就完全测不准，反之亦然。造成这种状况的原因是由于测量中不可避免的仪器对测量对象的干扰以及粒子本身所具有的波动性。这样，海森堡的测不准原理和玻恩的波函数几率解释一起，奠定了量子力学诠释的物理基础。同年，玻尔把玻恩、海森堡的观点提高到哲学高度，提出了“互补原理”。这样，经典的决定论的因果律在量子系统中不再成立，我们只能了解粒子出现的概率，不能确定某个粒子在某时某处是否一定出现。这就是量子力学的统计解释或几率解释。

1930 年哥本哈根会议

哥本哈根学派对量子力学的上述解释，遭到爱因斯坦的反对。爱因斯坦认为，上帝绝不会用掷骰子来行使自己的权力。为此，玻尔和爱因斯坦这两位 20 世纪的科

学大师曾发生了激烈的论战。论战持续了几十年，直至他们两人都去世也没有完结。后来玻尔似乎占了上风，量子力学的几率解释和测不准原理得到物理学界的普遍接受。不过，爱因斯坦直至去世都坚持自己的信念，他相信，自然界是遵循严格的因果决定论的。晚年，他曾对玻尔说：“对科学的期望，我们已经渐渐走向两极，你相信掷骰子的上帝，我则相信作为实体而存在的物质世界具有完美的规律。我力图用一种原始的揣测方式去领悟它。”应该说，如果我们从宇宙起源和演化的角度来看待自然规律的话，只要我们承认那个莫名其妙的宇宙奇点，那么，我们就不得不承认爱因斯坦的因果决定论信念是有一定道理的。

原子弹横空出世

在 20 世纪上半叶，现代物理学除了诞生了相对论和量子力学以外，还发展了核物理学、粒子物理学等多个分支学科，这些分支学科的产生和发展，构成了现代物理学枝繁叶茂的参天大原子弹爆炸时的情景

氢弹爆炸时的情景

树。而现代物理学给 20 世纪带来最直接、最巨大冲击的是原子弹的横空出世。它是现代物理学各分支学科综合应用的结果。从某种意义上说，它改变了人类几千年形成的思维方式。

美国 1946 年在比基尼岛的核实验

1945 年 8 月 6 日上午 8 时 15 分，原子降落在广岛，毁灭了这只手表和我们人类的纯真

1945 年 7 月 16 日 5 时 30 分，在美国新墨西哥利阿

拉默多尔空军基地附近的沙漠上，矗立着一座铁塔，铁塔上端吊着一个名叫“瘦子”的怪物。当时，在场的人心里都扑扑通通地跳着，注视着计数器显示的“10、9、8……2、1 开始”。

只见铁塔顶上的“瘦子”发疯了，一只巨大火球发出强烈的闪光，把大地照得雪亮，几秒钟后，火球上升到 1 万米的高空，火球消失后，一团不断翻滚扶摇直上的巨大蘑菇云冉冉升起，冲击波似海涛席卷，顿时大地飞沙走石，天昏地黑。

成功了！试验场上人们一片欢腾。负责这次试验的奥本海默和费米等人，从地下室走出来，宣布这次相当于 2 万吨 TNT 炸药的原子弹爆炸获得成功。

离这次试验不到 1 个月，1945 年 8 月 7 日上午 8 时 15 分，一颗外号“小男孩”的原子弹在日本广岛市上空爆炸，夺去了 306545 人的生命；3 天后，又一颗外号“胖子”的原子弹落在日本长崎市，又夺走了 138905 人的生命。

原子弹的杀伤力震惊了世界。“二战”后，苏、英、法、中先后自行研制成功了原子弹，打破了美国的核垄断。世界进入了核威慑时代。人类几千年来形成的凡战争总有输赢的观念被打破了，核大国间的战争，最后的拼死一搏将是“同归于尽”。由于这种心理上的震慑，从某种意义上说，原子弹成了世界和平的重要因素。

不过，今天足够毁灭地球许多次的世界核武库（美、俄合计占 90% 以上）始终是人类的一大隐患。当年建议美国制造原子弹以遏制法西斯的科学家，如爱因斯坦等人，后来又极力主张销毁原子弹，这是非常有先见之明的。试想，如果原子弹的技术落到希特勒那样的战争狂人手

里，整个人类的前途将是灾难性的。

其实，科学历来就是一柄双刃剑，发展使用不当反弹回来就会伤及人类自身。这样的例子在科学发展史上比比皆是：农药、抗生素、塑料等的发明和使用。当前正热门的“克隆”技术，一旦使用不当，也会给人类社会带来极其严重的后果。

探索生命的奥秘

对生命奥秘的探索是科学的最大课题之一，人类对此有着长久不衰的兴趣，并且，从某种意义上说，这种兴趣必将是永恒的，除非人类作为一个种群灭绝。因为，作为生命界的一员，人类永远不可能穷尽自身的奥秘。

由于生命体的复杂性，对生命奥秘的探索有赖于相关自然科学学科，如物理学、化学、数学等的发展。因而，真正意义上的对生命奥秘的科学探索是从 19 世纪的细胞学说开始的，在 20 世纪取得了一系列惊人的成就，尤其是 20 世纪中叶以来从分子层次上对生命遗传秘密的探索，使生命科学成为了自然科学的最前沿领域之一。现在，科学界已普遍接受这一观点：“21 世纪将是生命科学的世纪。”

探索生命界的原子——细胞学说

一般来说，人们不难区分什么东西是有生命的，什么东西是没有生命的。但给生命下一个科学的定义却又是千百年来的一个困难问题，至今也没有完全解决。在科学史上，首先把生命界统一起来，并提出了科学的生

命定义的是 19 世纪的施莱登和施旺。他们创立了细胞学说，从而揭开了生命科学的新纪元。细胞在生命科学中的地位相当于无机界的原子，细胞学说则相当于化学中的原子论。

细胞这一名称是 17 世纪英国科学家胡克首先提出的。他在用显微镜观察软木的时候，发现了其中像“蜂房”一样的微小结构，于是就用“细胞”这个词来描述这种细微结构，一直沿用至今。

1759 年，德国的沃尔夫通过精确的实验观察证明成体动物的肢体和器官是在胚胎发育过程中从一片简单的组织发展起来的，而不是预先构造的机械的扩大，以渐成论驳斥了预成论。他的理论说明存在一个真正的有机体的发展过程，即形体上的分化过程。不过他没有解决形体分化的途径问题。

细胞存在的显微证据

18 世纪末、19 世纪初，德国大诗人歌德认为，有机界的多样性是由共同的原型所组成的。德国自然哲学家、生物学家奥肯根据自然哲学思想和不确切的观察，提出由球状小泡发展成的纤毛虫是构成生命的共同单位。这样，学者们寻找动植物原型的思想，虽然更多的是思辨性的猜测，但对 19 世纪细胞学说的提出具有一定的积极影响。

19 世纪 30 年代，随着消色差显微镜的问世，使人们能够直接观察到有机细胞的详细情况。1831 年，英国植物学家布朗在兰科叶片表皮细胞中发现了细胞核。不久，捷克生理学家普金叶等人又观察到了动物细胞核。

细胞学说创立于 19 世纪 30 年代末。它应归功于德国植物学家施莱登和动物学家施旺。

施莱登 1804 年出生于德国，早年学习法律，曾担任律师工作。但因工作极不顺利，曾试图用枪自杀，幸而未死，在额头上留下了一记明显的伤疤。伤愈后，他决定放弃法律工作，改学自然科学。

1838 年，施莱登发表《植物发生论》，文中认为，植物中普遍存在的结构是细胞，细胞是组成植物的基本生命单位。

1839 年，施旺把施莱登的观点推广到整个生物界，他在该年发表的《动植物结构和生长相似性的显微研究》一文中，用大量资料证明，动植物有机体的结构原则上是相同的，它们的一切组织都是由细胞发展而来的，细胞是一切生物的基本单位，从而打破了动植物的界限，把二者在细胞基础上统一起来。施旺还首先提出了“细胞学说”这一名词。

施莱登和施旺提出细胞学说以后，又经过一大批科学家的努力，才正确阐明了动、植细胞分裂的过程，并证明了它遵循着共同的规律，从而使细胞学说趋于完善。

种瓜得瓜，种豆得豆——生命遗传的奥秘

“种瓜得瓜，种豆得豆”，说的是生物界的遗传现象。为什么动物、植物能一代代生生不息繁衍下去？为什么子女长得像父母？到底是什么东西在决定着遗传？千百年来，人们一直在努力探索，试图解开这个谜。终于，经过 19 世纪中叶以来一个多世纪的探索，生命遗传的秘密已基本被人们揭开。

孟德尔的豌豆实验——遗传学的诞生

从 18 世纪中叶开始，欧洲的科学家们就开始进行植

物的各种杂交实验了，在到 19 世纪中叶的一百年间，他们发展了人工杂交技术，提出了性状“显性”的概念。此外，他们还发现，豌豆是比较好的杂交育种实验材料。但是，由于他们的实验普遍规模偏小，都没有去研究以后几代的情况，更没有去研究不同性状的数量比例，因而没有发现遗传规律。不过，他们的工作留下了许多有用的启示。最终在遗传学领域取得突破的是孟德尔，他的工作奠定了遗传学的基础，也标志着生物学新的学科——遗传学的诞生。

孟德尔 1822 年出生于奥地利的一个贫苦农民家庭，从小有异常的才能。1840 年以优异的成绩毕业于特罗保的预科学校，即进入奥尔米茨哲学院学习。1843 年因家贫而辍学。同年 10 月到奥古斯丁修道院做修道士。1847 年被任命为神父。1851 年，被修道院送到维也纳大学学习物理学、化学、数学、动物学和植物学，在此期间曾做过著名物理学家多普勒的实验助手。1853 年，他从维也纳大学毕业回修道院。1854 年被委派到布吕恩技术学校任物理学和博物学的代理教师。

孟德尔从 1856 年至 1863 年，孟德尔在修道院的花园里进行了 8 年的豌豆杂交实验，一共栽培了 5000 多株豌豆。在大量实验的基础上，他努力探索实验结果的数量关系，把主要的精力放在定量分析上。这在生物学史上具有开创性的意义。他对七对相对性状的豌豆进行杂交，发现杂种第一代只有一种性状得到表现。然后他使子一代自花传粉，发现了二代中有两种性状分离出来，两种性状的比便大约为 3：1。他正确地指出，这种 3：1 的规律性是一种统计规律性。例如，当高茎豌豆与矮茎豌豆杂交时，所产生的后代全都是高茎的，而让这些后

代相互交配培育出来的杂种第二代，高茎和矮茎的比例总是 3：1。其它性状的遗传也符合这一规律。

为了解释这一实验结果，他假定生物体内存在着一种遗传物质——遗传因子。每一个遗传因子决定一种性状，它们在细胞中都是成对存在的，分别来自雄性亲本与雌性亲本。在纯种中成对因子是相同的，在形成配子（精子和卵子）时，成对因子互相分离，使每一个配子只含成对因子中的一个，彼此独立，不会互相中和或抵销。当不同因子相结合时，其中一个因子占压倒的优势，这就是显性因子，它所决定的性状就是显性性状，而另一个因子就是隐性因子。只有当两个隐性因子相结合时，隐性性状才能表现出来。杂种所产生的不同配子，数目相同，互相结合的机会也完全相等。他没有看到性状的混合，所以认为遗传因子是颗粒状的。这就是分离定律。

用这种理论，孟德尔很有说服力地解释了 3：1 的规律。例如，代表高茎的遗传因子是显性的，代表矮茎的遗传因子是隐性的，因此杂交产生的第一代后代，全都是高茎的。而它们相互交配生成的杂种第二代中，代表茎高矮的这对遗传因子有四种可能的结合方式：高茎与高茎、高茎与矮茎、矮茎与高茎、矮茎与矮茎，其中前三种结合方式表现出来的都是高茎，只有第四种情况才表现为矮茎，因此，高茎与矮茎之比总是 3：1。

孟德尔又进一步研究了两对或多对遗传性状在后代中出现的情况，发现各种遗传因子自由结合的机会均等。他又总结出了自由组合定律。

孟德尔的发现，在遗传学上具有划时代的意义。遗憾的是，当时并没有引起人们的注意，被埋没长达 30 多年。主要原因是当时生物学界的学术热点在进化论和

物种变异，还有孟德尔是个小人物，文章又发表在一个小地方的不甚出名的小杂志上。

1900年，荷兰植物学家德弗里斯、德国植物学家科伦斯和奥地利植物学家丘尔马克，在总结了他们各自所做的杂交实验后，几乎是同时发现了遗传学定律。在公布自己的研究成果之前，他们都去查询了前人的文献，结果都不约而同地发现了孟德尔30多年前的论文，发现他们的实验结果与孟德尔的实验结果是一样的。因而，他们在发表研究成果时，都把功劳和荣誉归于孟德尔，都认为自己的工作只是证实了孟德尔的遗传定律。因此，遗传定律仍被命名为孟德尔定律。这时，孟德尔去世已经16年了。这件事情在科学史上称为“孟德尔的再发现”。从此，孟德尔被公认为遗传学的奠基人。

染色体——基因理论

虽然孟德尔的遗传定律被重新发现，但是，在二十世纪初的生物学家看来，孟德尔的理论是新的而且有点难以理解。当时许多人深受达尔文连续变异思想的影响，认为孟德尔主张不连续变异，所以对孟德尔理论持怀疑、否定态度。孟德尔理论又有重新受到冷遇的可能。这时多亏英国的贝特森热情宣传孟德尔理论，并用杂交实验来证明它的正确。在1904年的一次辩论中，贝特森战胜了反对者，使人们认识到不连续性变异在遗传中的作用，孟德尔理论才真正被人们所认识。

如果孟德尔的理论是正确的，那么孟德尔所说的“遗传因子”究竟在什么地方呢？

人们很自然地想到了染色体。1879年德国的弗莱明发现用碱性苯胺染料可以把细胞核里的一种物质染成深色，这种物质就称染色质。1882年弗莱明描述了有丝分

裂现象，指出细胞开始分裂时染色质聚集成丝状，然后又分裂为数目相等的两半。后来染色质丝就被称为染色体。1883年德国的鲁克斯指出染色体是遗传物质。当人们开始认真考虑孟德尔的遗传因子概念时，就觉得没有比染色体更像遗传因子的了。1904年美国的萨顿指出，染色体同遗传因子一样都是成对的，分别来自父本与母本。但染色体的对数很少，豌豆只有7对，人也只有23对，遗传特征的数目远远超过这个数字，因此萨顿猜想一条染色体上可能有若干个遗传因子。1906年贝特森等发现，豌豆的一些特征常同另外一些特征一块遗传，从不分开，证明萨顿的猜想是有道理的。1909年丹麦的约翰逊提出用基因来代替遗传因子的概念。

萨顿关于遗传因子在染色体上的假说，没有得到人们的赞同，反而遭到生物学界绝大多数人的反对，因为它毕竟只是猜测，并没有实验依据。最终用实验证实萨顿的猜测是美国生物学家摩尔根。他提出的基因理论使遗传学研究进入了细胞的层次，从而创立了细胞遗传学。然而，他刚开始时却是孟德尔遗传理论的怀疑者。

摩尔根 1866年出生于美国肯塔基一个名门望族的家庭。在大学时主修动物学。1890年获美国约翰霍普金斯大学的博士学位。后来曾4次到意大利那不勒斯的海洋动物学实验站工作。在他从事果蝇的遗传学研究以前，虽然他认为染色体和遗传不无关系，可是始终怀疑染色体上存在着遗传因子。

摩尔根 1908年，摩尔根开始进行果蝇实验。他让白眼雄蝇与红眼雌蝇交配，结果生出来的全都是红眼睛的果蝇。他又让这些红眼果蝇相互交配，生出的后代中，又出现了白眼果蝇，而且红眼蝇与白眼蝇的比例总是

3：1，完全符合孟德尔的遗传定律。事实使摩尔根认识到孟德尔学说的正确性。

在果蝇实验中，摩尔根还发现了一个奇怪的现象，那就是几乎所有的白眼果蝇都是雄性的，也即白眼的遗传特征总是伴随着雄性个体遗传。通过对这种现象的深入研究，他提出了基因连锁的概念，从而证明了萨顿的一条染色体上存在多个基因的猜测。

1915年，摩尔根出版《孟德尔遗传机制》一书。在这本书中，他总结了果蝇实验的研究结果。用大量确凿的实验资料证明染色体是基因的载体，并且借助数学方法，精确确定基因在染色体上的具体排列位置，给染色体—基因理论奠定了可靠的基础。从此，遗传学中的定性描述逐渐附属于定量实验的方法。

1916年，摩尔根发表了《进化论评论》。他认为，孟德尔的遗传理论是解释达尔文自然选择的根据，孟德尔的遗传变异比达尔文所提的缓变要明显和不连续，孟德尔的变异用确定形式被遗传。摩尔根认为，他自己发展和充实了孟德尔的理论，用这个理论补充了达尔文进化论中留下的空白。

1928年，摩尔根出版《基因论》一书，系统阐明了他的基因理论。他提出，基因是以直线排列在染色体上，像一串珍珠链。他把代表某一特定性状的特定基因与某一特定染色体上的特定位置联系起来。从此，基因被看作是染色体上占有一定空间的遗传单位实体。

摩尔根认为基因在遗传中起着重要的作用，它负责亲代到子代的性状传递。同时，基因还是个体发育的依据，他认为，从基因到性状，属于胚胎发育的全部范围。虽然限于当时的科学水平及认识能力，对于基因作为一

个实体的内容还是不清楚的，但是，摩尔根科学地预见基因是一个化学实体。他指出：“我们仍然很难放弃这个可爱的假设：基因之所以稳定，是因为它代表着一个有机的化学实体。”现代遗传学的科学实践已经证实了摩尔根的理论预言。

摩尔根的《基因论》开创了细胞遗传学的新时期，并为日后研究基因的结构和功能奠定了理论基础，为遗传学的发展树立了新的里程碑。由于对现代遗传学的突击贡献，他于 1933 年获得了诺贝尔生理学 and 医学奖。

遗传信息载体的发现

摩尔根基因理论虽然证明了染色体是基因的载体，并指出基因是一种有机的化学实体。然而，基因到底是由什么物质构成，或者说，遗传物质到底是什么，摩尔根并没有阐明，实际上当时也无法阐明，因为这个问题的解决有赖于生物化学的更进一步的发展。直到 20 世纪 40 年代后期，人们才把遗传物质基础锁定在 DNA(脱氧核糖核酸)上，而这其间经历了一番艰难的探索过程。

1869 年，瑞士生物化学家米歇尔在实验中发现，用胃蛋白酶分解细胞蛋白质的时候，细胞核缩小了一点，可是仍旧保持完整。这种酶不能分解细胞核。经过化学分析，他发现细胞核主要不是由蛋白质组成，它主要是由一种含磷的物质组成，有酸性，所以称做“核酸”。

1911 年，俄国出生的美国生物化学家莱文在实验中发现有两种不同的核酸：一种核酸中含有和普通糖成分不同的核糖，称做“核糖核酸”(RNA)；另一种核酸中的核糖少了一个氧原子，故称做“脱氧核糖核酸”(DNA)。1934 年，莱文进一步发现核酸的成分是由四种核苷酸组

成。每一种核苷酸都是由碱基、磷酸和核糖三部分构成。莱文虽然发现了核酸的化学组成，但由于当时条件的限制，他根据不够精确的测定，误以为核酸中 4 种碱基的含量相等，而提出关于核酸结构的错误的“四核苷酸”假说，把复杂的核酸结构简单化了。这一假说在 30 年代被普遍接受。

事实上，20 世纪开始就有人提出染色体的主要成分就是核酸。但由于受到莱文的影响，人们无法设想结构如此简单的核酸能起到遗传物质的作用，而当时人们已经知道蛋白质是由 20 种氨基酸的不同组合构成的复杂结构。因而，人们就设想蛋白质是遗传的物质基础。这样，在探索遗传物质的道路上，就走了一段弯路。

最后确认核酸为遗传物质基础，是由于生物学家们对肺炎双球菌的研究成果。

1928 年，英国微生物学家格里菲斯证明，在正常的肺炎双球菌中含有一个“转化因子”，它能使无膜、无传染性的突变体转变为有膜、有传染性的正常型。1944 年，美国细菌学家艾弗里等人通过 10 年的研究证明，这种“转化因子”就是 DNA。这也就确认了遗传物质基础是 DNA 而不是蛋白质。

然而，艾弗里的这一重大成果并没有马上得到承认。很多人怀疑艾弗里所分离出的 DNA 不纯，可能还是混杂的蛋白质在起作用。后来，美国生物学家德尔布吕克领导的“噬菌体小组”，用放射性同位素标志技术来追踪噬菌体内 DNA 和蛋白质的行踪，终于清楚地表明了，噬菌体的遗传信息载体是 DNA，而不是蛋白质。

德尔布吕克的这个实验结果一公布，立即得到人们的公认。既然 DNA 是遗传的信息载体，那么它一定有

着复杂的结构，只有搞清 DNA 的结构才能知道它是如何控制遗传，从而才能真正解开遗传之谜。这样，一场全力以赴搞清 DNA 结构的竞赛就在世界上许多个实验室中激烈地展开了。最后在这场竞赛中胜出，发现 DNA 双螺旋结构的是两位非常年轻的科学家——沃森和克里克。

DNA 双螺旋结构的发现——沃森和克里克

在叙述沃森和克里克发现 DNA 双螺旋结构的故事之前，我们不得不先说一下一本于 1944 年出版的小册子《生命是什么》。这本小册子虽然篇幅不长，但在科学史上却留下了深深的印记。

这本小册子的作者是前面我们已说到的量子力学的奠基人之一薛定谔，该书的副标题是：“活细胞的物理观”。该书用量子力学的观点论证基因的稳定性和突变发生的可能性。书中提出必定有一种由同分异构的连续体构成非周期性的晶体，其中含有巨大数量的排列组合，编排成遗传密码。薛定谔在这本书中还明确指出，生命物质的运动必然服从于已知的物理学定律。他写这本书的目的本来是想从复杂的生命物质运动中发现未知的物理学定律，虽然他的这个目的至今未能实现，但却启发了人们用物理学的思想和方法去探讨生命物质的运动。其中对生命问题提出的一些发人深思的见解，吸引了不少生物学家，同时还吸引了当时一大批有才华的年轻物理学家转向生物学研究，原本研究物理学的克里克就是因为被这本书打动而转向生物学研究的。许多知名的分子生物学家都在自己的回忆中提到这本书对他们的影响。于是有人把这本书誉为“从思想上唤起生物学革命的小册子”。

薛定谔这本小册子的出版是 40 年代中期的事。到了 40 年代后期，由于 DNA 的遗传功能的逐渐明确，关于它的结构研究就成为当时生物学的最大热门。

40 年代末、50 年代初，在 DNA 的空间结构研究领域，最引人注目的是两拨人马。一拨是英国皇家学院的晶体衍射专家威尔金斯和女科学家富兰克林。他们拍摄到了非常清晰的 DNA X 射线衍射照片。另一拨是美国加州工学院著名的结构化学家鲍林。他提出了 DNA 的三链模型。

然而，这两拨人马都没有发现 DNA 的双螺旋结构。而沃森和克里克却后来居上，取得了成功。

沃森是美国生物学家，他在芝加哥大学动物系毕业后，被派往英国剑桥大学卡文迪许实验室深造。克里克，英国物理学家，在卡文迪许实验室从事研究工作。他们两人都曾读过薛定谔的《生命是什么》这本小册子，对探索生命的本质有浓厚的兴趣。1951 年，他们在剑桥相遇后，共同认识到探索 DNA 分子结构是认识遗传之谜的关键，并开始合作。

开始时，他们建立了一个三链的模型，但很快发现是错误的。由于没有清晰的高质量照片做实验依据，他们的研究进展甚微。

沃森与克里克

1953 年 2 月，沃森和克里克看到了威尔金斯小组拍摄的 DNA 照片之后，立刻开始进行研究，不到几个星期，从分析 DNA 照片中，发现了 DNA 分子的双螺旋。沃森和克里克把他们的研究结果和威尔金斯小组提供的 DNA 照片，一起发表在 1953 年 4 月号的英国《自然》杂志上。由于这个成就，沃森、克里克和威尔金斯三人

共同获得了 1962 年诺贝尔医学和生物学奖金。

沃森和克里克在给《自然》杂志的信里，不仅提出了 DNA 的双螺旋结构，而且还提出了关于遗传物质 DNA 的复制机理。DNA 分子能够准确地复制自己，通过亲代 DNA 分子的复制生成子代 DNA 分子，使得 DNA 所贮藏的遗传信息一代一代地往下传，这是 DNA 分子的一个重要的生物学作用。

沃森和克里克发现 DNA 双螺旋结构时，都非常年轻，沃森年仅 25 岁，克里克也不过 37 岁。他们能在这么年轻，又刚进入这一领域时，就做出了这个惊人的发现，这本身就是一个奇迹。这其中的原因固然很多，但有一点是最重要的，那就是最新的信息。可以说，沃森和克里克发现 DNA 双螺旋这件事，是现代科学研究中以信息取胜的最好案例。纵观这个科学发现案例，从他们进入这个领域到他们中间得到的正确的碱基比和威尔金斯小组的照片，前后不过一年半时间，他们接触到、得到的始终是该领域当时世界最前列和最新的成果和资料。这一点就是沃森和克里克能后来居上的主要原因。后来有的科学史家说，对于 DNA 双螺旋结构，没有沃森、克里克，别人也会很快发现，它是许多科学家共同奋斗的结果。但沃森和克里克善于合作，善于发挥自己的特长，以快、新的信息取胜是非常值得后人借鉴学习的。这一点也将是现代科研的一个越来越突出的特点。

1953 年 DNA 双螺旋结构的发现，是分子生物学中划时代的事件，是突破性的进展，从此开始了分子角度来研究生命科学，奠定了分子生物学的基础。此后，科学家通过 DNA 核苷酸顺序的分析测定，得知一个 DNA 分子可以携带几个到很多个遗传基因，而遗传基因是

DNA 分子的一个片段。这个片段的大小依基因而异，从几十个到几千个核苷酸不等。因此，遗传基因是 DNA 分子上一个核苷酸顺序特定的功能片段。

遗传密码的破译

DNA 双螺旋结构发现后，人们的研究兴趣首先集中在遗传密码上。基因是如何复制出蛋白质的？如何把亲代的遗传信息传递给子代？怎样使生命体实现遗传和变异的过程？这些问题都有赖于遗传密码的破译。不过，当时有一个问题令人困惑：蛋白质由 20 种氨基酸组成，而 DNA 只有 4 种碱基，那么，4 种碱基如何才能决定 20 种氨基酸的组成呢？

其实，早在薛定谔的《生命是什么》中就提出了遗传密码的思想。他提出了可以用类似于莫尔斯电码那样编码的思想。

1954 年，美籍俄国血统的、曾提出宇宙大爆炸理论的物理学家伽莫夫，提出，如把 DNA 双螺旋结构中由于氢键生成形成的空穴，用氨基酸填补上，这样 DNA 的不同位置就对应着不同的氨基酸。因为每个空穴的四个角有 4 个碱基，4 个碱基的不同排列组合就会形成不同的遗传密码，伽莫夫经过计算认为，四种碱基组成的“三联密码”比较可能，其排列组合数为 $4^3=64$ (种)。伽莫夫的这种推测，在 1961 年被克里克和布伦纳用噬菌体突变体做基因重组实验所证实，实验表明遗传密码确实是以三联体核苷酸形式代表着 20 种不同的氨基酸。而且密码的排列决定着氨基酸的排列。

1961 年，德国的生物化学家尼伦贝格和马太发现丙氨酸的密码是 RNA 上的尿嘧啶，单一的尿嘧啶组成的长链，可以生产出单一丙氨酸组成的多肽长链。

经对 DNA、RNA 的系统研究，到 1969 年，64 种遗传密码的含义全部得到了解答，所谓遗传密码，不过是四种不同的碱基不同的排列组合而已，这种不同的排列组合表达出不同的氨基酸，各种不同排列组合的碱基按预定方式在核酸长链上编排起来，就表达不同氨基酸以肽链连接的顺序。好像化学元素周期表中原子序数对应着元素系列一样。

克里克提出，用 U、C、A、G 代表核苷酸的碱基，可以列成一个排列组合并与氨基酸对应起来的表，这就是著名的遗传密码表。

中心法则

基因的密码问题初步解决了，但基因通过什么途径传递密码信息，DNA、RNA 又如何复制出蛋白质呢？

1957 年，克里克根据遗传密码携带在 DNA 上的事实，根据蛋白质在生物合成时 RNA 量增大，并且 RNA 在细胞核中形成后，再转入细胞质的情况。他进一步认为，DNA 和蛋白质之间，RNA 可能是中间体。DNA 上的遗传密码，通过 RNA 传递给蛋白质。

1958 年，克里克又指出，RNA 像个模板一样，它把氨基酸携带到蛋白质的肽链上，可能不是一下子完成，中间还可能存在着一个“受体”。克里克根据以上种种事实，提出了遗传过程的“中心法则”：DNA 把遗传信息传递给 RNA，RNA 通过中间的“受体”，用遗传信息指导氨基酸合成蛋白质。这一过程是不可逆转的。

经过一个多世纪的探索，生命遗传的奥秘已基本解开，在这个过程中，发展起了分子生物学，它给人们展现了一个极为广阔而新奇的领域。因此它已成为新技术革命的一个重要支柱。

明天，你能活到 2000 岁——遗传工程

在分子生物学的研究基础上，一门新的研究领域——遗传工程出现了。所谓遗传工程就是指用人工的方法，把不同的生物的核酸分子提纯出来，在细胞体外进行切割，使之重新搭配和重新组合。之后，再放到生物体中，以便把不同的生物的遗传性状彼此结合起来，从而创造出生物的新物种，这一复杂过程就被称为遗传工程。

遗传工程的前景是十分诱人的。首先，它可以打破各种物种之间的界限，从理论上讲，它可以把任何不同的物种都结合起来，实现古希腊神话中传说的“狮身人面兽”之类的幻想，使生物进化中形成的同类互相交配繁衍后代进行遗传的传统方式，受到了巨大的冲击，为人类创造自己需要的生物新种提供了可能性。其次，遗传工程甚至可以把动物、植物、微生物三者的优势都结合起来，使之按着人们的意愿和目的发展，这会极大地促进工业、农业、牧业、渔业、医学等部门的迅速发展。

现代遗传学的发展也给社会学家带来了忧虑。他们一是担心创造出的优越的新物种在智慧和能力上会超过人类，进而可能统治人类；二是认为遗传工程用于人类之后，会带来伦理道德的一系列问题，不仅有可能改变人类异性间的结合方式，还有可能使亲代和子代的关系不清楚，这违反了人们的传统习惯，甚至会把人们一贯认为的最高尚、最美好的东西，如爱情、家庭等等打得粉碎；三是担心遗传工程的新成果会被用于战争上，现代用遗传工程制造的细菌、病毒可能成为毁灭人类的手段，战争贩子制造有剧毒的基因武器，也会给人类带来巨大的祸害；四是，希望又害怕研究出使细胞不老化的机制，从而实现人类“长生不死”，同时也就结束了人类

的进步。

应该说，遗传工程领域的研究没有社会学家所想象的那么可怕，至少现在是这样。但他们所提出的各种因遗传工程而带来的人类社会问题，从长远的眼光看，必须引起人们的高度警惕。

自从有了第一只克隆的哺乳动物多利以后，又现出了带有人类基因的羊波利和克隆牛基因

1997年，英国罗斯林研究所培养出了克隆羊“多利”，这在世界引起了轰动。从技术上说人类已经能够复制自身。于是世界各国首脑纷纷发表谈话，表示坚决反对“克隆”人。而有人却扬言，要克隆出希特勒或梦露。笔者认为，人们完全没必要为克隆希特勒恐慌。先别说克隆希特勒和梦露在技术上是否已经十全十美，退一万步说，他们就是真的克隆出了一模一样的希特勒或梦露，那也只是外形一模一样，而决不会生下来就是一个纳粹党首那样的战争狂人或演技高超绝伦的好莱坞明星，因为人一生最终的走向，所处的环境起着决定性的作用。其实，如果允许克隆人，对社会冲击最大的莫过于许多人要为自己克隆一个或多个“副本”，这些副本与原本之间的法律关系将是最麻烦的事。你说，副本到底是原本的兄弟姐妹还是子女？他们之间有抚养、赡养、财产继承的义务和权利吗？还有好多我们现在无法预想到的问题。因而，现在全世界禁止克隆人是明智的。

孟德尔的豌豆结出了遗传工业的硕果

2000年，中、美、英、法、日、德六科学家同时宣布，人类基因组框架草图已经完成。这项启动于1990年，耗资巨大的多国合作的科学研究工程，被人们称为生命领域的“阿波罗登月计划”，它最终试图给人们提供

一份人类的“人体说明书”。应该说，这是现代遗传学上最伟大的事件。有了这份“人体说明书”后，人类的许多现在被认为是绝症的疾病，都将被攻克。那时，人类的预期寿命将大大延长，并且也完全有可能揭开衰老的奥秘，加上克隆技术等提供更有效的器官移植，有的科学家已经预言，到 21 世纪末、22 世纪初，人类的寿命将可以达到 2000 岁。

一个人在世上活上 2000 年，这是一个什么概念呢？那是西安秦始皇兵马俑的年龄。难道人类真的要与“千年的王八，万年的龟”试比长寿吗？如果人类技术更进一步，人类真的就“长生不死”了，到了那时，所谓“父母”、“子女”这些词是否都要失去意义？而那时处决死刑犯是否就是一件惊天动地的事？更有甚者，如果通过遗传工程得出的人牛、人马等杂交的动物，它们的地位到底是什么身份？他们的“人马权”、“人牛权”会受到法律保护吗？他们可以建立自己的社会和国家吗？如果他们反过来要统治人类怎么办？

上面这些遐想，但愿只是笔者的杞人忧天。不过，对遗传工程保持一定的警惕是非常必要的。对人类寿命的追求，决不是越长越好，还是适可而止为宜。对地球，包括人类社会来说，新陈代谢是永恒不变的法则。

生命起源探索

前面我们已经说到达尔文的进化论，它阐明了生物界生物从低级到高级的进化过程。然而，达尔文并没有解决最初的生命从何而来的问题，也即生命起源问题。这是一个饶有趣味而又难以回答的问题，千百年来，人

们一直在努力探索，试图解开这个谜。

20世纪以来，由于物理学、化学等学科的发展，科学家们开始从新的视角和方法来探索生命起源问题，取得了一定的进展。他们认为，最初的生命体是从无生命物质演化而来的。而这一过程从原始地球上的无机物开始，经历了几个阶段，最终才产生原始生命。科学家们把这一过程称为生命的化学进化过程。这样，生命的化学进化过程就可以与达尔文的生物进化过程衔接起来，形成自然界中从无机物到原始生命，再到最高等动物——人类的生命大进化图景。

20世纪前的生命起源猜想

对于生命起源问题，历史上有过种种看法。除了基督教的特创论认为生命是由超物质力量(如神或上帝)所创造的以外，主要假说有自然发生说、生源论、宇宙胚种论三种。

(1)自然发生说

自然发生说又称“自生论”或“无生源论”，认为生物可以随时由非生物产生，或者由另一些截然不同的物体产生。亚里士多德就曾说：“……有些鱼由淤泥及砂砾发育而成。”中世纪有人认为，树叶落入水中变成鱼，落在地上则变成鸟。

实际上，世界上各个古老的民族都有自然发生的说法。古代中国人认为腐肉生蛆，枯草化萤，彝族长篇叙事诗《梅葛》说：“大虱子变成老水牛，小虱子变成黑猪黑羊”。古代印度人认为，汁液与粪便可产生虫类。古代埃及人认为，尼罗河的淤泥经过阳光的曝晒就可以产生青蛙、蟾蜍、蛇、鼠。古希腊的德谟克利特主张，生物是从水与土直接变成的。四世纪的一个大主教说：“有些

生物是由以往即已存在的同类继承下来，另一些直到现在仍然是从泥土中生出的。土地不仅在雨天可以生出蝗虫和成千种飞翔在天空的禽类，还能生出鼠和蟾蜍。在埃及的费佛附近，夏天多雨时期突然到处皆是田鼠。我们知道鳗鱼不外是由水草生成的。它们不是从卵或从其他方式繁殖出来的，但由泥土可以变成。”中世纪的学者甚至说青蛙是由五月的露水、狮子是由荒野里的石头变成的。英国博物学家列克姆认为，树脂与海水中的盐相结合，就可以生成鸟类，所以欧洲人曾认为吃鹅是吃素。比利时医生赫尔蒙特认为垃圾可生老鼠。他曾做过用一箱脏东西“产生”老鼠的表演，并惊讶地说，人工产生的老鼠同天然产生的老鼠完全相同。此外，拉马克相信水螅能从污泥中自生，黑格尔也说，海洋里能自生鞭毛虫。

自然发生说的产生是一种世界性的现象。当人们还不了解一个物种如何变为另一个物种时，自然发生说的产生和流行是很难避免的。教会的支持也是自然发生说广泛流传的一个因素。诺亚方舟上只有少数几种生物，为什么现在地球上又有那么多生物呢？教会人士解释说，没有必要把许多动物藏在方舟里，因为其他许多动物的产生并不需要有父母亲，而是由腐败物自生的。

应该说，自然发生说认为，生命是由自然界中的非生命物质或其他生命演化而来的思想，在大方向上与现代的化学进化思想是一致的。但他们的说法和观点基本上都是错误的。自然发生说之与现代化学进化思想就如同古代炼金术之与现代原子核物理学，大方向正确，思想和方式却是错误，因而不可能得到正确的结果。

(2)生源论

又称“生生论”。认为生物不能自然发生，只能由其亲代产生。17世纪意大利医生雷迪首先用实验证明腐肉不能自然生蛆，蛆是蝇产卵后孵化出来的。19世纪法国著名生物学家巴斯德用不可辩驳的实验证明：不但结构复杂的生物不能自然发生，就是结构简单的微生物也只能由亲代或其孢子产生。从此“生生论”就在科学界占了统治地位。但是，“生生论”并未回答最初的生命是怎样形成的这个问题。

(3)宇宙胚种论

也称“飞来说”。认为地球上最初的生命来自别的星球或宇宙的“胚种”，它们可以通过光压或陨石而到达地球。此种看法在19世纪颇为流行，至今还有少数科学家坚持。例如，英国分子生物学家克里克等人，根据地球生物有统一的遗传密码以及稀有元素钼(MO)在酶系中有特殊重要作用等事实，推测地球上一切生物都是由数十亿年前某富含钼的文明星球的胚种发展而来。又如英国天文学家霍伊尔根据某些细胞在高温、干燥或强辐射等条件下亦能生存的事实，也坚信“宇宙胚种”能通过种种恶劣环境而到达地球。并认为某些碳质球粉陨石实际含有焦化的细菌和孢子。“宇宙胚种论”目前还缺乏令人信服的证据；退一步说，此说即使能成立，也没有解决最早的“胚种”(生命)在那个星球是怎样发生的问题。

应该说，以上三种关于生命起源的假说，只有自然发生说真正试图说明生命起源问题，可惜结论是错误的。而其他两种，从严格意义上说，有点玩弄概念游戏。打个比方，问第一个鸡蛋从哪里来，自然发生说回答是从淤泥、树叶、沙子等等变的，虽然结论不对，但总算回答了；而“生源论”则说是鸡生的，并且说只有鸡才能

下蛋，可是问题中提的是第一个鸡蛋(最初的原始生命)，对此它避而不答；“宇宙胚种论”则说是从另一个星球上掉下来的。其实，也是仍然没有回答第一个鸡蛋的真正来历，因为，在另一个星球上，它也要解释第一个鸡蛋的来历问题。

当然，在二十世纪之前，人们无法解释这第一个鸡蛋(生命起源)的问题是可以理解的，因为当时的科学发展水平还不足以使人们提出生命起源的正确思想。只有到了二十世纪，自然科学的相关学科发展到一定程度，人们才有可能对生命起源问题作出一个比较令人满意的回答，并搭建起生命起源研究的基本框架。

生命起源学说——奥巴林

从19世纪后期开始，由于巴斯德对自然发生说的驳斥，自然发生说很快衰落了，生源论占据统治地位。然而，由于生源论无法真正说明生命的起源问题，到了20世纪初，科学界渴望建立一种科学的生命起源学说。这样，苏联科学家奥巴林综合当时许多相关学科成果的生命起源学说就诞生了。1924年，他出版著作《生命的起源》。在该书中，奥巴林对生命演进过程的化学问题进行了基本阐述。

其实，在奥巴林之前，恩格斯就曾敏锐地指出：“关于生命的起源，自然科学到目前为止所能肯定它的只能是：生命的起源必然是通过化学的途径实现的。”

奥巴林认为，生命是物质运动的一种特殊形式，它是在物质发展过程中产生的，他把生命起源的历史分为三个基本阶段：

①有机物产生阶段。他指出，有机物由无机物产生。在今天还有一些有机物仍然以无机的方式从地球上产生

着。但在生命产生以前，碳化物和水相互作用形成碳氧化合物是以大得多的规模进行着的。迄今发现陨石中的碳氢化合物已有 20 种左右，说明在没有生命的星体上能产生有机物。

②氨基酸高分子聚合物蛋白质的产生阶段。在原始海洋出现以后，碳氢化合物和氨、水等经过化学作用产生多种有机物，特别是氨基酸。由氨基酸聚合成原始的蛋白质。目前的实验表明，氨基酸确实可以由氨、甲烷、氢和水等合成。

③生活物质，即具有新陈代谢机能的蛋白体产生阶段。奥巴林认为，水里的蛋白质分子可以同其他蛋白质分子以及其他有机物形成复杂的蛋白质体系——团聚体。团聚体为胶体小块，呈颗粒状，不溶解于水，能吸附在其他有机物上而“生长”，也可以发生分解过程。经过漫长的时间，团聚体进一步凝缩起来形成一个复杂的体系，即形成具有新陈代谢能力的原始的生命物质。他写道：“它是导致生命体系诞生的出发点。这种生命物质在空间结构方面，必然朝着结构复杂化和完善化的方向进化；在时间协调方面，必然朝着使内部发生的诸过程有一定秩序的方向进化。”

为了证实上述假设，奥巴林对团聚体形成原始的生命物质过程，做了许多模拟试验。如 1962 年，他将磷酸化酶(葡萄糖磷酸化酶)添加到由组蛋白和阿拉伯树胶构成的团聚体时，发现酶几乎完全被吸收到团聚体内。

在奥巴林生命起源假设基础之上，经过不断修改和补充，多数学者都承认生命世界是由无生命物质发展而来的。根据化学和地球历史的知识，人们把地球上生命的发生和发展，进一步分为化学进化和生物进化两大时

期。

生命的手性之谜

在生命起源的假说中，如何解释生物界的手性之谜，也即生命物质旋光性的起源，是至今也没有完满解决的一个难题。

生物蛋白质中的氨基酸均为 L 型、核酸中的核糖、脱氧核糖以及其他天然糖类均为 D 型。生物如摄入旋光性相反的糖类或氨基酸，必须经过酶的作用使旋光性改正过来方能利用。科学家们认为，这种旋光特性是区分生物与非生物的一个重要标准。有的学者认为，旋光性在生命起源中完全是偶然形成的；另一些学者则认为，旋光性可能与宇称不守恒有关，并由此推测，L 型氨基酸与 D 型糖类的存在，可能是由物质的不对称本性决定的。

生命起源的模拟实验

虽然奥巴林提出了生命起源的化学过程分为三个阶段，但并不能说明这个化学过程一定是在地球上发生。从理论上说，在其他星球上完成这个化学进化过程也是可能的。所以，当时就出现了两大对立学派：一派认为生命是从外星球移植到地球上来的；另一派认为生命是地球自身的产物。两派各持己见，争论纷纷，莫衷一是。

美国的诺贝尔奖金获得者尤里教授主张生命源自地球本身。为了验证自己的论点，他同学生米勒一起精心设计一个模拟原始大气的环境，以研究在自然条件下能否产生与生命有关的基础物质。

于是，米勒把原始大气中的甲烷、氨气、氢气和水蒸汽放在抽成真空的玻璃仪器中。另外，使用一个人造“太阳”——高电弧，模拟太阳的辐射。电弧的放电，

象大自然的电闪雷鸣，不断辐射出能量。此时，仪器内的各种气体和水蒸汽混杂一起，烟雾腾腾，相互碰撞、对流、循环往返……

一个星期过去了。米勒取出真空器皿中的水进行分析，居然得到组成生命不可缺少的蛋白质原料——氨基酸。尤其值得一提的是，在米勒模拟的原始大气条件下，氨基酸形成之快、数量之多，都是出乎预料的。在短短7天之内，竟有六分之一的甲烷转变为氨基酸，而氨基酸正是生命的基础物质——蛋白质的零件。

米勒把实验结果写成论文，并公诸于世，立刻引起轰动，世界各国科学家纷纷仿效。

1959年，中国科学家采用火花放电的办法，并将硫化氢加入到甲烷、氨气、氢气和水蒸汽的行列，结果得到比米勒获得的更为复杂的氨基酸，如胱氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸等。

1961年，西班牙生物化学家奥罗，把氰化氢和甲醛加入原始大气中。结果除得到氨基酸外，还得到核酸中的腺嘌呤、核糖和脱氧核糖。奥罗发展了米勒实验，得到又一个生命的基础物质——核酸的零件。

迄今，科学家在模拟原始大气的条件下，采用各项办法，几乎已得到生命体中一切原料，如氨基酸、嘌呤、嘧啶、卟啉、菸酰胺等。

米勒等人的模拟实验有力地证明：地球上的生命是从地球上的无生物发展来的；从无生物转化为生命是有条件的，而且这个转化决不是偶然的，需要经过一系列从量变到质变的过程。“生命的起源必然是通过化学的途径实现的。”米勒实验对生命的基础物质的形成，提供了新的合成方法。

米勒实验同时也告诉我们：生命体——细胞的合成途径是可以探索的。今后的任务是把这些生命基础物质的零配件，寻找适宜条件，把它们“装配”起来。这无疑将极大地改变人类的生活和世界的面貌。

“新灾变论”的兴起

在叙述 19 世纪的科学史时，我们已经介绍了达尔文的进化论，它是 19 世纪最伟大的理论之一，百余年来对学术界乃至整个人类的思想都产生了深远的影响。但由于时代的局限，达尔文的进化理论也存在着若干明显的弱点。其中之一，就是过分强调了生物进化的渐变性，他深信：“自然界无跳跃”，用“中间类型绝灭”和“化石纪录不全”来解释古生物资料所显示的“跳跃性”进化。他的这种观点近年正越来越受到“间断平衡论”者和“新灾变论”者的猛烈批评。20 世纪中叶以来，“新灾变论”的兴起已引起学术界的高度关注。

居维叶的灾变论在 19 世纪上半叶兴盛一时，但是，当赖尔的《地质学原理》问世以后，他的渐变论思想很快就取代了居维叶的灾变论，而成为解释各种地质现象的主导思想。但是，灾变论和渐变论究竟是否就是那样泾渭分明，一个绝对的正确，一个毫无是处，这不能凭人们的主观臆断，而需要时间的考验和实践的检验。

20 世纪以来，特别是 70 年代以来，地质学的许多新发现，例如古生物的灭绝，地层中微量元素的异常，古地磁极倒转，地球、月球和行星上大量陨石坑的发现和超新星爆发等。其中特别是生物在漫长的地质历史时期曾发生过多次全球性的突然灭绝事件尤为人们注意。

有人研究指出，自古生代以来古生物至少遭到五次灭顶之灾，它们是寒武纪末、泥盆纪末、二叠纪末、三叠纪末和白垩纪末。譬如寒武纪末三叶虫 60 个科中，有三分之二的科灭绝。二叠纪末有 50% 的海生动物、75% 的两栖类和 80% 的爬行类灭绝。白垩纪末除了当时称霸地球的恐龙突然灭绝外，还有其它种类的生物也遭灭绝。研究表明：这些生物灭绝总的特点是门类多、时间短、范围广和具有同时性。灭绝现象重复出现，规模大小不一，灭绝的时间尺度长短不等；生物灭绝与气候剧烈变化不完全同步；与地层不整合也不完全一致。

这些事实的发现，强有力地证明在地球演化的历史中，确实存在着激变。使人们不能不想到居维叶的灾变论有某些合理的地方。于是近年来国际上又兴起了用激变论的观点研究地质历史的思潮，这就是新灾变论。

新灾变论与居维叶的老灾变论一样，都承认地质历史曾出现过一系列大的灾变事件。但是，二者又有原则的区别：居维叶的灾变论把引起灾变的原因归之于神；新灾变论则归之于自然界本身。新灾变论认为，引起生物大规模灭绝的原因，可以分为两大类：一类是地内因素，一类是地外因素。地内因素是指气候的变化，海水盐度的改变，地球磁场的倒转……等。地外因素为超新星爆发，小行星或彗星撞击，太阳爆发等。

惠斯通过对沉积岩中微小化石的研究证明，地磁场的反向与某些小的海洋动物的灭绝有明显对应关系。阿尔瓦雷等认为，小行星与地球冲撞是导致古生物灭绝和气候突变的主要原因。撞击作用发生以后，激起的尘埃进入同温层，使地球几年内都处于“天昏地暗”之中。由于太阳光被遮掩，阻碍了光合作用，植物大量死亡，

恐龙因饥饿而死。尤里(1973年)和美籍华裔学者许靖华(1980年)则认为，彗星撞击地球可能是白垩纪末生物大量灭绝的直接原因。尤里计算了3亿吨级彗星(大小相当于哈雷彗星)以每秒45公里速度撞击地球，如果能量全部为大气圈吸收，地球上空气的温度可升高 190°C 。这样高的温度，不仅会杀死恐龙，而且会杀死地球上的一切生物。这后一假设事实上是不可能的。因为冲击能不可能全部为大气圈所吸收，一部分因造成冲击坑而消失掉。许靖华认为，彗星可能是降落在海洋里，所释放出大量氰化物，有强烈的窒息作用，能阻止代谢酶的功能，所以海洋中的生物很少能逃脱厄运。陆地上由于气温骤增，大的动物经受不住热浪的袭击而灭亡。只有一些小的水生动物，如乌龟潜入水底，鳄鱼的卵由于埋在泥里，才得以幸免于难。

当然，也有人对这些说法持怀疑态度。为了回答人们的疑问，科学家在努力寻找更多的证据。有人认为，通古斯事件可能就是一次彗星冲击事件。不过那颗彗星很小，只有5000万吨到1亿吨。类似通古斯事件或更大的天体冲击地球，可能曾多次发生。戴维·休斯曾作过估计，直径200米左右的小冲击坑，即与通古斯相仿的冲击事件，大约每350万年有一次。直径达100公里的大冲击坑要1400万年才有一次。万亿吨级的天体冲击地球的机会更少，在接近几亿年内还是有可能发生的。为了进一步证明其他天体冲击地球是导致生物大规模灭绝的原因，瓦特、阿弗雷兹、施米特等对地层中的铱元素(此种元素地幔、地壳中含量少)进行了研究。他们在古比奥附近采集了标本，然后到劳伦兹·贝克莱实验室进行了分析，结果表明，在整个白垩纪铱的背景值非常稳定，

约为 03/10 亿(03ppb)。但在 1 厘米厚的界线粘土(白垩纪与第三纪的分界)中,其浓度增加了 20 倍,达到 635ppb。界线以上 1 米处的灰岩中,铀含量又回复到背景值。以后又分析了丹麦的样品,发现界线粘土中铀的浓度竟高出背景值 160 倍。这是白垩纪末地球外事件的有力证据,因为小天体的这些元素含量要比地壳和地幔中高出 1000 倍或 1 万倍。

应该说,新灾变论以上的证据是非常有力的,使人们不得不相信他们的观点是有道理的。现在国际上对这方面的文章都特别予以重视。更有一事件,使新灾变论一下子成为了学术界的大热门。那就是发生在 1994 年的慧木对撞。

1994 年 7 月 16 日,休梅克-列维 9 号慧星的第一块碎片,以每秒 60 公里的速度(相当于每小时 134 万英里)进入木星的同温层。几秒钟以后,它爆炸了。一束羽毛状的、因受冲击而被加热的彗星物质,混合着来自木星大气的高温气体形成烟柱,扶摇直上,高过木星上层支达 3000 公里以上。

这些羽状物质重新坠回木星同温层后,沿着慧星的进路,留下一个巨大的新月状黑斑,由一块体积略小的巨大黑云部分围绕着。

两天以后,慧星碎片 G 以更加巨大的力量冲击木星,以致所形成的羽状烟柱从某些观察波段看来,竟比木星本身要亮出 50 倍。

撞击周的末期,木星被打得“鼻青脸肿”,留下了 21 块伤疤。有的黑色伤疤甚至比地球还大。冲击结束后 9 个月,木星南半球装饰着一个黑色物质形成的带子,即使用小望远镜观察也十分清晰可辨。

以上是一位天文学家对这次慧木对撞过程简要但真实的描述。

这次撞击强烈地震撼了人类。从一定程度上改变了人类的思维方式。有人曾测算过，如果这次撞击发生在地球，我们人类的命运或许就像恐龙一样。而地球和木星都是太阳系里的一颗行星，从某种意义上说，发生在木星的事件同样有可能发生在地球。据说，彗木对撞事件后，美俄双方首脑曾达成协议，表示，一旦类似的事件降临地球，双方的核武器将无条件共同来对付这人类共同的敌人，而不再互相瞄着对方。

慧木对撞事件，使许多人相信了新灾变论，相信天外灾变事件是完全可能的。灾变也是自然界的一种正常现象。同时人们也认识到，新灾变论并不是对达尔文进化论的否定，而是对它的补充和发展。生物界的进化是在渐变和激变中交替进行的，渐变和灾变是统一的。

探索宇宙演化的奥秘——第二次天文学革命

一般地说，人们对事物的认识，总是先问“是怎样的”，得到答案后再问“是怎么来的”。近代以来人类对宇宙的认识过程也正是如此。16世纪时，哥白尼革命要解决的就是天体是怎样运行的问题，主要表现为太阳和地球的关系。后来，随着人类认识水平的提高，人们必然要提出宇宙是怎么来的问题，并要求作出科学的而不是纯思辨的回答。

20世纪的天文学主要就是围绕这个问题展开的，它借助于现代物理学革命的成果，从观测手段、知识体系和宇宙观等方面，对以前的天文学进行了全方位的突破，

建立了一个以宇宙演化、恒星演化为核心的大演化宇宙图景。因而，被科学史家称为继哥白尼革命之后的第二次天文学革命。在这场革命中，最大的成就就是演化宇宙观的确立。

康德—拉普拉斯星云假说

在近代科学史上，最早提出宇宙演化概念的是德国哲学家康德和法国数学家拉普拉斯。他们的思想对 20 世纪的宇宙演化理论产生了巨大的影响。

康德于 1755 年提出太阳系起源的星云假说，探索了太阳系和各行星的起源。他认为，太阳系是由炽热的“原始星云”发展来的。在遥远的过去，一团炽热的原始星云在旋转运动着。由于内部的质点吸引和排斥的相互作用，密度大的质点会把小的质点吸引过去，形成引力中心，这个中心质量越来越大，最后形成太阳。同时，由于旋转作用和排斥作用，还形成一个围绕太阳旋转的扁的云雾状物质环，这个环后来形成了围绕太阳运动的各种行星。康德甚至还把他的星云假说推广到宇宙中去，认为宇宙中的各种天体都是由星云发展来的。

康德的星云假说，从太阳系本身的运动变化说明了太阳系是发展来的，而不再需要牛顿的神秘的“上帝的第一推动”。

康德的另一个科学假说是关于潮摩擦的。他认为，地球自转由于潮的摩擦作用而会减慢。这个假说后来得到证实。

康德的星云假说由于偏重于思辨而长时间未得到承认。直到 1796 年，法国数学家拉普拉斯提出了类似的、

但有严格数学计算的星云假说，才一起被人们接受。所以，科学史上通常称“康德—拉普拉斯星云假说”。

拉普拉斯认为，太空最初弥漫着巨大的球状星云，炽热并在缓缓自转。根据角动量守恒原理，后来由于冷却而不断收缩时，转动速度便增大，离心惯性力也越来越大。在离心惯性力与中心部分的吸引力的作用下，星云逐渐变成扁平的盘状。当离心惯性力与引力相等时，边缘的物质就不再继续收缩而停留在原处，形成一个围绕中心旋转的气体环，这样的过程可以重复多次，形成若干个气体环。环内密度较大的物质吸引了周围的物质，逐渐形成围绕中心旋转的团块。中心体收缩为太阳，周围的团块冷却后形成行星。

与康德一样，拉普拉斯也否定了牛顿的“上帝的第一推动”，坚决反对上帝的插手。他认为，用太阳系本身的运动能够解释太阳系的起源。

据说，拉普拉斯曾把他的书呈献给拿破仑。有人告诉拿破仑，拉普拉斯在书中根本没有提到过上帝。拿破仑曾问拉普拉斯：“您的宇宙体系大作中，为什么没有提宇宙的创造者？”拉普拉斯回答说：“陛下，我不需要那样的假设。”拿破仑对这个回答很感兴趣，他把这件事告诉了著名的数学家拉格朗日，拉格朗日却说：“上帝的美妙假设，可以解释很多东西。”

虽然由于当时科学水平的限制，“康德-拉普拉斯星云假说”也有不少缺点和错误，但是，目前不少天文学家认为，星云假说的基本思想还是正确的。是他们首先把演化思想带进了天文学。

膨胀的宇宙——哈勃定律

在认识宇宙的大尺度结构上，人们的视野也是随着科学的发展，逐渐扩大的。在古代，人们就已注意到银河系的存在了。18世纪，康德提出了“宇宙岛”的猜想，后来发现银河系就是这样的“宇宙岛”（即后来称的星系）。但对星云的本质却长时间存在着争论，一直到20世纪初期也没有定论。最后确定星云的本质从而结束这场争论的是美国天文学家哈勃。

1889年，哈勃出生于美国密苏里州。他的童年是在肯塔基州度过的。大学期间，他在物理学家密立根和天文学家海尔的影响下，迷恋上了天文学，并显示出很强的发展潜力。

1910年，哈勃从芝加哥大学天文学院毕业后，去了英国的牛津大学继续深造，回国后曾当过律师。但律师职业的地位和高级收入并没有拴住哈勃那颗迷恋天文学的心。

哈勃正在望远镜里工作。1914年，他放弃了律师职业，重返芝加哥大学，并在该校的凯士天文台开始研究星云的本质。哈勃经过研究发现，星云并非都在银河系内。他推测一些星云，特别是具有旋涡结构的，可能是更遥远的天体系统。1919年，他用当时世界上最大的15米和25米反射望远镜照相观测旋涡星云。1924年，发现仙女座大星云的造父变星，根据周光关系，推算出它在银河系之外，是和银河系一样的恒星系统。当1924年底他在美国天文学会上宣布这一发现时，与会的天文学家们都意识到，多年来关于旋涡星云是近距天体还是

银河系之外的宇宙岛的争论就此结束，从而揭开了探索大宇宙的新的一页。

20 世纪初，斯里弗对漩涡星云光谱作过多年研究，发现谱线红移现象。哈勃在此基础上，并根据自己测定的距离资料，于 1929 年发现星系的红移量与它们离地球的距离成正比。这就是著名的哈勃定律。这一定律被随后的进一步观测所证实。这样，根据恒星光谱的红移量以及哈勃关系，就能够大略地测定所有发光天体与我们的距离了。现时已知离我们最远的天体达 150 亿光年，这当然只是我们目前“视线”所及的距离，随着技术的进步，这个距离还会不断地扩展。

日常生活中我们都有这样的感受：迎面而来的火车其鸣叫声特别尖锐刺耳，也即我们感到其频率升高；而远离我们而去的火车其鸣叫声则明显迟钝，也即我们感到其频率降低。这就是物理学上的多普勒效应。光作为一种波，也有多普勒效应。当光源背离我们运动时，我们所观测到的它的光谱线便有向红端移动的现象，光源离开我们的速度越大它的红移量越大。

哈勃定律指出了河外星系的普遍红移，如果把这种红移做多普勒效的解释，那么，必然会得出结论：河外星系都在远离我们而去，越远的星系退行的速度越大，从而意味着我们的宇宙正处于整体膨胀之中。也就是说，从宇宙中任何一点看，观察者四周的天体均在四处逃散，这就如同一个正在胀大的气球，气球上的每两点之间的距离均在变大。

由于哈勃在现代天文学，特别是星系天文学方面的杰出贡献，他被后人称为“星系天文学之父”。现代天文学的许多用语和名称与哈勃的名字连在一起。除了哈勃

定律、哈勃常数、哈勃隐带等专业性比较强的词汇外，最为公众熟悉是“哈勃望远镜”，因为各类媒体经常会报道它的消息。它是美国在 1990 年发射到太空的，其实就是一座太空天文台。

大爆炸宇宙理论

人们对宇宙模型的探索，早在古希腊时就开始了，但随着历史和科学的发展，每个时代都有不同的看法。现代宇宙模型的研究始于爱因斯坦。他从广义相对论出发，认为宇宙中的物质使时间和空间都发生了“弯曲”，于 1917 年提出“有限无边静态宇宙模型”。所谓“有限无边”的意思，是说宇宙空间是一个弯曲的封闭体，它的体积是有限的。他所说的“静态”是就宇宙的整体空间而言，并非说宇宙的各个部分都全然静止不动。爱因斯坦的假说给了人们很大的启发，不过他的静态观点并不为人们所信服。1922 年就有人指出，爱因斯坦的模型可能是不稳定的，并且提出建立膨胀的、敞开的宇宙模型的主张。

射电望远镜

光学望远镜 1927 年，比利时天文学家勒梅特提出大尺度空间随时间而膨胀的看法，建立了“膨胀宇宙模型”。此时天文观测有了很大的进步，天文观测表明银河以外的星系普遍有光谱红移现象，就是说它们都在远离我们而去。根据哈勃关系，星系远离我们的速度与它们和我们的距离成正比，即离我们越远的星系远离我们的速度越快。这样，河外星系的红移现象就给了膨胀宇宙模型以有力的支持。不过，天文学家们在进一步的研究中也

提出了疑问。一些新的观测资料已经说明哈勃定律应当作某些修正。河外星系的光谱红移究竟能不能以多普勒效应来解释也是一个问题。

里克天文台的反射望远镜 1948 年,美国物理学家伽莫夫等人又提出了一个与膨胀宇宙模型类似的“大爆炸宇宙模型”,因为它能较多地说明现时所观测到的事实,所以成为目前影响最大的宇宙学说。这个学说认为,宇宙始于约 200 亿年前爆炸的一个高温、高密度的“原始火球”,它由光子和其他基本粒子所组成,它的起始温度高达 1032K,爆炸 1 分钟后它的温度降至约 1010K,基本粒子开始结合成原子核,温度缓慢下降,几十万年后降至约 109K,形成了氢、氦等原子,继续降至约 106K 后核反应逐渐停止,宇宙则继续膨胀,至温度为几千度时辐射减退,这时宇宙间的物质主要为气态物质,其后弥散于空间中的物质慢慢聚集成星云,进一步演化成为各种各样的天体。

伽莫夫的模型预言,宇宙早期核反应生成的氦元素应该保留到今天,估计应占宇宙物质的 25%。此外,现在还应该存在大爆炸的余热,估计温度在绝对温度 10 度左右。

但是,伽莫夫的这个假说,由于在元素形成问题方面遇到的困难,而被冷落了近 20 年。

彭齐亚斯和威尔逊发现宇宙微波背景辐射所用的天线

1964 年,两位美国科学家彭齐亚斯和威尔逊,在调试他们的天线时,发现有一些无法排除的噪声。他们尽了一切努力,甚至曾以为是天线上的鸟粪引起的而加以清除,但所有的努力都无济于事,噪声依然存在。他们

发现，此噪声在微波波段，属于热噪声，相当于绝对温度 3 度左右。

这个消息传到了普林斯顿大学，天体物理学迪克等人正在试图用实验证实大爆炸的余热。迪克立刻断定，这种无法消除的热噪声就是伽莫夫当年预言的宇宙大爆炸的余热。然后，他们一起协力合作对此进行了确认。这种余热以热辐射的形式存在于宇宙之中，具各向同性，因此无法被排除。后来，人们把彭齐亚斯和威尔逊发现的这种热辐射称为宇宙微波背景辐射。由于这一发现，彭齐亚斯和威尔逊两人荣获了 1978 年的诺贝尔物理学奖。

微波背景辐射的发现，对大爆炸宇宙理论是一个极大的支持。后来，人们又重新研究了宇宙中氦元素的含量，即所谓氦元素的丰度，发现大约在 20%—30% 之间，与伽莫夫的预言基本相符。从此，宇宙大爆炸理论获得了新生，得到了人们的普遍接受。后来，更多的科学家转入大爆炸理论的研究，使该理论有了更大的发展，使该领域的研究成为当前自然科学的最大热门之一。

当然，大爆炸宇宙模型也还存在着许多待解决的疑难问题，毕竟它还是一种假说。另外，解释宇宙起源的现代宇宙理论还有几种，有的观点与大爆炸宇宙理论差别很大，甚至相反。总体来看，在这些宇宙起源理论中，大爆炸宇宙理论是最成功的一个。

太阳也会老——恒星的演化

对我们人类来说，太阳是最重要的一个天体。我们每天早晨看到它从东方升起，傍晚从西边落下，日复一

日，年复一年。在我们的心目中太阳永远充满着活力，是不会老的。

其实不然，人们之所以丝毫感觉不到太阳的衰老，只是因为人类个体的寿命与太阳的年龄相比实在是太微不足道了。现代天文学告诉我们，太阳也不过是宇宙中千千万万颗恒星中的一员，所有的恒星都有其自身从生到死的一生。只是有的寿命长些，有的寿命短些。大体上，一颗恒星的一生要经历以下几个阶段：

(1)引力收缩——恒星形成阶段由于弥散于星际间的物质分布不均匀，密度较大处便成为引力中心，星际物质逐渐向该处聚集形成星际云。星际云因引力作用而收缩，起初收缩得比较快，星际云在收缩过程中转化为恒星胎，后来收缩速度转慢，恒星胎逐渐转变为恒星。

(2)主序星阶段在恒星形成之后，恒星内部的氢核聚变成了它的主要能源，其后恒星的辐射压力、气体压力与恒星的自吸引力趋于平衡，恒星基本上既不收缩也不膨胀，这是恒星一生中时间最长的相对稳定时期。不同质量的恒星稳定时期各不相同，质量越大的恒星时间越短，质量越小的恒星的时间越长。

(3)红巨星阶段氢核聚变反应主要在恒星的中心部分进行，随着时间的推移，靠近中心部分的氢逐渐耗尽而形成氦核，氦核的周围则仍然是进行着氢核聚变的壳层。当氦核的质量达到恒星质量的10~15%时，其核心部分又因引力而收缩，温度随之升高，至中心温度达到1亿度时，3个氦核聚合为1个碳核的核聚变就要发生。这时星体的内部膨胀，吸收热量，而星体的表面积扩大，温度降低，这就成了红巨星。

(4)高密恒星——恒星演化的最后阶段当红巨星内

部能够发生核反应的物质都耗尽时，它的末日也就来临。其质量小于 144 个太阳的，就成为白矮星，现在已经观测到的白矮星有 1000 颗以上。质量在 144~2 个太阳之间的，成为“中子星”。中子星的存在首先出自理论预言，人们认为现已发现的几百颗脉冲星就都是中子星。有人运用广义相对论研究中子星结构，认为它们的直径一般只有几十公里，而密度则大得惊人，它的外壳的密度约为 $10^{11}\sim 10^{14}$ 克/厘米³，里层密度约为 $10^{14}\sim 10^{15}$ 克/厘米³，内部密度则更达 10^{16} 克/厘米³。质量超过两个太阳的将成为“黑洞”。黑洞也是广义相对论所预言的一种天体。1939 年美国理论物理学家奥本海默从广义相对论推断，当一个大质量天体的外向辐射压力抵抗不住内向的引力时，它就要发生塌缩，塌缩到某一临界大小时便因巨大的引力作用而形成一個被称为“视界”的边界，视界之外的物质和辐射可以进入视界之内，但视界之内的物质和辐射不可能逸出视界之外。因为对于任何探测手段来说它完全是“黑”的，所以把这种天体称为黑洞。黑洞的存在现时还没有最后证实，目前认为最有可能是黑洞的天体为天鹅座 X-1，其质量约为太阳的 55 倍。70 年代中期又有人推断黑洞不是完全“黑”的，它也可能向外辐射，甚至会出现剧烈爆发。

上面说的是恒星一生发展的规律。不过，我们最关心的自然还是太阳的情况。它正处于一生的什么时期，它的寿命到底有多长等等这些问题，都是人们迫切希望知道的。因为太阳的任何变化都与我们息息相关。

现代天文学研究表明，太阳已有约 50 亿年的年龄，正处壮年期，它的寿命大约为 100 亿年左右，也就是说它还将停留在主星序阶段照耀地球 50 亿年。然后，它的

半径将增加 100 倍或更多，成为一颗红巨星，吞没包括地球在内的所有内行星。最后，太阳将变成一颗白矮星。那是它的归宿。

应该说，现代天文学的研究结果对人类的最终前途是悲观的。因为，人类即使“无病无灾”地一代一代繁衍下去，再过 50 亿年，也会与太阳、地球一起毁灭。不过，50 亿年毕竟是一个极为漫长的过程，在这 50 亿年里什么事情都可能发生。或许人类早已移民到别的星球去了。总之，这 50 亿年的“大限”不应该成为人类悲观的理由，不然，那可是真正的杞人忧天了。

探索地外文明

随着人们对宇宙视野的扩大，人们开始提出地外文明的问题，即所谓的外星人。1755 年，康德在《宇宙发展史概论》中，除了提出关于太阳系起源的星云假说外，还提出了另一个假说——外星人假说。康德是科学史上以理论形式提出外星人问题的第一人。

康德说，其他行星上是否有人？对这个问题似乎可以轻率地讲一些似是而非的话来随便开玩笑，但那是哲学的侮辱。他认为，这是一个严肃的问题，应当认真思索。

他引用了一个诙谐的故事作为对这个问题的回答。在一个乞丐的头上，生活着一群生物。长期以来这些生物一直把它们的住所当作一个其大无比的球，而且把自己看作是造化的唯一杰作。后来它们中的一个小丰登涅尔(法国启蒙思想家)，意外地看到了一个贵族的头，它随即把它的同类叫在一起，狂喜地告诉它们：“我们不是

整个自然界唯一的生物，你们看，这里是一个新的大陆，这里住着更多的虱子！”

康德认为，大多数的行星一定会有人居住，即使现在还没有，将来也总会有。比如木星，现在还没有居民，因为它正处于形成过程之中，可以猜想，当它形成时期结束以后，就会有人居住。所以在康德看来，认为地球是唯一有人类居住的天体的人，其目光之短浅，无异于乞丐头上的虱子。

康德认为，太阳系的各个行星都有人居住，这点未被后来的科学所证实。业已证明，太阳系除了地球以外，其他行星上都没有生命。但太阳系只是整个宇宙的一个极小的成员，而且从诞生到现在也只有 50 亿年左右的历史。天文学家估计，宇宙从大爆炸到现在已有 200 亿年左右的历史。类似太阳的恒星约有 1020 个。有的科学家估计宇宙有生命的行星至少有 108 个。此外，凡是条件适宜的地方星际分子都有可能通过化学进化过程演变出生命。因此，虽然目前尚未发现地球以外的生命，但在宇宙其他天体上存在生命几乎是可以肯定的。现代天文学中有一门分支学科叫“宇宙生物学”，主要就是研究地外生命及其相关问题的。

那么，外星人是什么样子？他们的文明程度又如何呢？等等这些问题是我们人类最感兴趣的，但却也是最难回答的。

应该说，外星人不一定都像地球人这样。因为，我们人类的外形是地球的自然条件决定的，是碳化合物经过几十亿年演化的结果。在条件和地球相差很大的其他天体上，可能存在着生理结构和地球上人类相差很大但能适应那里的条件的高级生物。比如，地球生命的代谢

是氧气——水体系，在另一星球上的生命是否会以氮气——液氨体系或别的什么物质体系形式？另外，我们现在并不能完全确认，整个宇宙中的物理和化学规律都是相同的，都服从与地球上一样的科学规律，包括一些最基本的物理学和化学常数。至于地外高级生物的文明程度，可能有的还非常落后，可能有的与我们接近，有的或许远比人类先进。这一切还都是谜。

现在，人类非常热衷于通过各种现代手段与外星人联络。也许，我们与外星文明根本就不是同一层次的，存在如同蚂蚁与人之间那样的鸿沟。如果真是这样，那么人类的一切努力不但是徒劳的，而且显得很荒唐可笑，可是，除此之外，人类又能做些什么呢？但愿有一天人类能与地外文明联络上。可是，那一天真的来临时，人类又会是什么感觉呢？是感到幸运还是可怕？但愿人类不会因此而尴尬。

现代大陆构造学说

我们在初中的地理中就知道，我们赖以生存的地球有七大洲，并能在地图上很容易指出它们的位置。可是，面对地图，你是否曾想过这样的问题：七大洲是怎么形成的？它们自古以来就是今天这个样子的吗？

多少个世纪以来，人们不断地探索着地球的奥秘，试图解开这个谜。终于，在 20 世纪建立了系统的大陆构造理论。从而完成了地学上的一次革命。

20 世纪前的大陆构造假说

在 20 世纪以前，人们也曾提出过许多大陆构造假说，其中影响最大的当属“槽台说”，它在 19 世纪后期到 20 世纪初曾牢牢占据着统治地位。

“槽台说”的基本观点是：根据地壳的活动程度，把地壳划分为两大构造单元：强烈的活动地带和相对稳定的地块。前者称为“地槽”，后者称为“地台”。地槽作为一个活动地带，在其发育的初期，以缓慢的下沉为主。一边下沉，一边沉积，所以形成了巨厚的浅海相地层。当地槽发展到一定阶段时，就回返上升，发生强烈褶皱，由海槽隆起为山脉。与此同时，还有大量的基性和超基性岩浆活动和花岗岩侵入，随后是基性安山岩喷发。最后，地槽褶皱带遭受侵蚀，高山削为平地。活动性的地槽转化为稳定的地台。地台则是地壳上比较稳定的地块。地台所在地区除了整体略有上升和下降运动外，地层不像地槽区那样发生强烈褶皱。岩浆活动也不及地槽区强烈。

“槽台说”的确立，是地质学史上一次大的进步，标志着人们从纷乱的地质现象中已经归纳出条理来了。但“槽台说”也存在致命的缺点，其中之一就是只强调地壳的垂直运动，而忽视地壳的水平运动。在这样的思想指导下，必然得出“大陆固定”和“大洋永存”的结论。这样，它就无法解释被大洋相隔万里的欧非大陆与美洲大陆上的生物有着亲缘关系这一铁的事实。为此，当时的人们又提出了“陆桥说”来解释。

“陆桥说”认为，两块大陆之间曾经存在着狭长的

“陆桥”，生物通过这座桥互相迁移和传布，后来这座桥沉没了，两块大陆被大洋隔开，致使其上的生物有亲缘关系。

应该说，“陆桥说”虽然解释了两大陆间生物亲缘关系这一事实，但确实无法令人信服。这样狭长的陆桥的存在太过牵强了，如果真的有这么长的陆桥，那它的宽度应与其长度相称，那它就不是一座桥而是一块大陆了。而且在海底科学探测也没有发现这样的陆桥。另外，有一些事实用“陆桥说”也无法解释。例如，胡安·费尔南斯群岛的植物与临近的智利植物并没有亲缘关系，反而和被海相隔很远的火地岛、南极洲、新西兰及太平洋诸岛的植物有亲缘关系。又如，澳大利亚的有袋类动物和临近的其他群岛的不一样，反而和远隔重洋的南美动物有亲缘关系，如此等等。

其实，这一切事实很明显说明，大陆固定论的思想已进入了死胡同。只有承认大陆是活动的，在很早以前这些大陆曾靠得很近，甚至是连在一起的，这些生物亲缘关系的事实才能得到完满的解释。这样大陆漂移学说就应运而生了。

大陆漂移学说——魏格纳

大陆漂移的思想自古就有。古希腊的泰勒斯曾有大地是浮在水上的圆盘的设想，古代中国人也提出过“地若浮舟”的地动理论。1620年，弗兰西斯·培根与后来德国地理学家洪堡也已注意到大西洋两岸轮廓的相似，并认为这不是偶然的现象。1668年天主教神甫普赖斯主张在大洪水前美、欧、非三大洲连在一块，并猜想当年

诺亚方舟是沿着不太宽的大西洋航行的。1756年德国神学家利连撒尔曾根据许多大陆相对两岸的轮廓相似性，认为地球曾在大洪水以后发生过破裂。1858年意大利的斯奈德也利用一些地质学材料说明非洲与美洲过去是一块大陆。到20世纪的头几年，欧洲的一些学者(如皮克林、泰勒等)也提出了类似的猜想。可是真正使大陆漂移说作为一种系统的假说出现在科学界并轰动一时的，却是魏格纳。

魏格纳1880年，魏格纳出生于柏林，在大学学的是气象学专业，并于1905年获博士学位。他一生喜爱探险，具有不畏艰险，勇往直前的精神。为了观察高空气象，1906年同他的弟弟两人乘高空气球在空中连续飞行了52个小时，打破了当时的世界纪录。

1910年的一天，魏格纳卧病在床。他百无聊赖，盯着挂在床对面的一幅世界地图。看着、看着，他忽然发现了一个奇妙的问题：为什么大西洋两边大陆的轮廓线是那样相似？非洲的几内亚湾刚好能填进巴西亚马孙河口突出的大陆；而沿着北美东海岸到特立尼达和多巴哥的凹形地带，恰好能镶进欧洲西海岸到非洲西海岸的凸形大陆；如果把它们并合在一起，正好是一个完整的大陆。世界上怎么会有这么巧合的事呢？难道它们原来就是一整块大陆，后来才分成了几块？不过，魏格纳当时不知道前人已提出过这种想法，认为没有根据来证明这点。因此，这想法在脑子里闪过之后就没再放在心上。

第二年秋天，魏格纳偶然翻看一本论文集，忽然，他眼睛一亮，原来论文集中有一篇文章谈到南美洲和非洲的古生物化石非常相似，比如一种叫中龙的爬行动物，既见于巴西东部，又见于非洲西南部。显然中龙不可能

插翅飞过大西洋。因此作者推测，巴西和非洲很可能有过陆地的连结。这才使魏格纳开始认真研究这个问题。

1912年1月6日，在法兰克福地质学会上，魏格纳作了题为“大陆与海洋的起源”的讲演，首次提出了大陆漂移的假设。1915年，他的不朽著作《海陆起源》问世了。在这部著作中，魏格纳系统地论述了大陆漂移的理论。

魏格纳提出，距今3亿5千万年以前的古生代，地球上只有一块大陆，叫做联合古陆或泛大陆，在它的周围是一望无际的海洋，叫做泛大洋。大陆是由较轻的硅铝质组成的，漂浮在由较重的粘性大的硅镁质组成的大洋壳上。

由于地球由西向东旋转产生的离心力，加上月球潮力等的作用，在距今2亿年左右的中生代，大陆就像漂浮在水面上的冰面一样，开始分崩离析，美洲与非洲、欧洲分离，中间形成了大西洋，非洲的一部分脱离了亚洲，诞生了印度洋。到了距今大约二三百多万年的第四纪初期，大陆漂移到了今天这样的位置，而现在大陆仍在漂移中。

魏格纳意识到，仅仅用两岸轮廓的相似还不能说明美非大洲过去是连在一起的，还必须用对应两岸的地质构造、生物分布的连贯性来作为根据。他曾打比方说：“就像我们把一张撕碎的报纸按其参差不齐的断边拼凑拢来，如果看到其间印刷文字行列恰好齐合，就不能不承认这两片碎纸原来是连接在一起的。”

为此，魏格纳从古生物学、地质学、古气候学三方面收集了大量的证据。在古生物学方面，他指出，大西洋两岸的许多生物有亲缘关系。在地质学方面，大西洋

两岸的岩石、地层与皱褶也是相吻合的。在古气候学方面，能在两极地区找到热带沙漠的征兆，在赤道森林中找到冰盖，说明在 25—35 亿年前，今天的两极地区是炎热的沙漠，今天的赤道地区则出现过冰川。

魏格纳的大陆漂移说是划时代的。他在当时地质资料尚不充分，海底地质几乎处于空白，固体地球物理研究才刚刚起步，而传统的“固定论”又根深蒂固的情况下，居然超越俗流，“异想地漂”，提出了一个面目全新的地壳运动假说，不能不引起学术界的轰动和震惊。

对于科学的变革，斯梯芬·图尔明有一句名言：“在任何科学领域中，进步和变革不会产生于老一代的伟大学者的思想变化，相反，进步和变革必然是年青一代打破了他们的老师的传统而取得的。”而在 20 世纪初在地质学领域中举起革命的大旗向传统的大地构造理论挑战的魏格纳竟是一个地质外行。

《海陆起源》一书一出版，就轰动了整个地学界。短短几年，这部著作被译成英、俄、日、法等多种文字，传遍了全世界。它打破了人们对地球表面海陆起源与分布的传统认识，吹响了现代地学革命的号角。

不过，魏格纳的大陆漂移说风行了几年后，很快就冷落了下来。反对该学说的声音占了上风。这固然是由于保守思想作怪，但很重要的一个原因是这个学说还不完善，特别是它不能给出令人信服的大陆漂移的动力。地球物理学有关重力的测量的确证明了，洋底岩石比陆地岩石重得多，但是他们毕竟都是坚硬的石头，根据人们的经验和知识，很难想象大陆壳可以在固体的洋底壳上一漂千里。魏格纳曾设想由于地球的离心力和潮力引起大陆漂移，但许多科学家的计算证明，这两种力很小，

远不足以使大陆发生漂移。

1928年11月，一个关于大陆漂移的讨论会在美国纽约举行，全世界14位著名的地质学家参加了这次会议。经过激烈的争论，有5人支持大陆漂移学说，2人有保留的支持，7人反对。会议主席只好做了一个折中的结论：“漂移的机制还没有找到，不过对于解释古生物分布之谜来说，大陆漂移说比陆桥说要好。”对此，魏格纳本人也不得不承认：“形成大陆漂移的动力问题一直是处在游移不定的状态中，还不许可得出一个能满足各个细节的完整答案。”他不无遗憾地说：“漂移理论中的牛顿还没有出现。”

但是，魏格纳并没有气馁，而是继续坚持为自己的理论搜集证据。1930年，他第四次去格陵兰岛考察。非常不幸的是，他于11月2日他过完50岁生日的第二天遇难，为科学献出了自己的生命。他的遗体直到次年4月才被找到。

魏格纳的牺牲，使大陆漂移学说失去了旗手，反对派抓住动力机制及其他一些细节问题大作文章，而支持这一学说的人一时又拿不出更有力的证据，这一学说日渐消沉，最后终于销声匿迹，有很长时间，在大学的教科书和讲义中再也见不到它。

海底扩张说

20世纪50年代，由于古地磁学的发展，沉寂了20多年的大陆漂移学说又复活了。

许多岩石都具有相当稳定的磁性，它是在岩石形成的地磁场作用下取得的，它的磁化方向与岩石形成时的

磁场方向一致，这就是所谓化石磁性。对化石磁性的研究表明，从古到今纬度已发生了很大的变化，甚至地球磁极也在不断迁移。人们又进一步发现，北美与欧洲的磁极迁移曲线在形状上相同，但前者位于后者的西面。为什么会有两条磁极迁移曲线？难道地球有两个旋转极？这当然是不可能的。可是如果北美与欧洲两块大陆移动靠拢，这两条曲线就合而为一，而大西洋却不存在了。这就有力地说明欧美两块大陆过去的确是相连的。这些现象只有用大陆漂移说才能作出圆满的解释。所以英国的布莱克特在 1954 年宣布，英国在两亿年以来向北移动了很大的距离。1962 年英国的朗科恩编辑出版了《大陆漂移》论文集。大陆漂移又重新成为人们谈论的题目。

魏格纳曾认为大陆是在海底上漂移的，假设了海底的平坦性与可塑性，可是海底的实际情况究竟如何，当时人们并不很清楚。

随着科学技术的发展，世界各国纷纷派船对海洋进行考察和调查。例如，1925—1927 年德国派遣“流星”号考察船赴大西洋海域考察；1946 年美国派出 8 艘考察船赴太平洋海域进行考察。他们从所获资料分析，总结出三大发现：

其一，发现全球裂谷系。原来海底并不是人们过去所想象的那样平坦，而是高山逶迤，低谷连绵。例如大西洋底就有高达 3000 米，长达数百公里的大山脉，并与印度洋、太平洋底的山脉相连，全长 65000 公里，而且，这些山脉中又有许多裂谷。

其二，海洋底部热流异常，测到的海底热流量要比预料的大得多，例如大西洋裂谷所测得的热流量，相当于 300 米厚的煤层烧了几百万年所放出的热量。

其三，发现海底磁条带。在海洋底部探测的古地磁，发现地磁曾有过几次反向，即南北磁极曾多次调换方向。

此外还发现海洋沉积层的厚度很薄。根据固定论，海底同大陆一样古老，都有 30 亿年的历史，若每年沉积 1 毫米，沉积物也应有 30 公里厚，可是实测结果平均只有 05 公里厚。从海底取出的最古老的岩石样品距今只有 13 亿年，可是海洋动物早在 5 亿年以前就已经存在了。海底居然比海水年轻，这是同固定论格格不入的。这说明了海底始终处于不断的更新之中。

面对海底这些重大的新发现，60 年代初，美国地质学家赫斯和迪茨不约而同地提出了一种新的理论——海底扩张说。这一假说认为，大洋中脊和裂谷体系是地幔物质上升的涌出口，炽热的地幔物质不断从这里涌出，并冷凝成为新的海底。由于这一过程不断进行，后来新生的洋底就推开原来的洋底向两侧移动扩张。与此同时，“冻结”在邻近洋底上的大陆，也随着不断扩张的洋底向两侧移动。这样，魏格纳的大陆漂移说多年不能解决的难题——大陆漂移的机制，却被海底扩张说轻而易举地解决了。

海底扩张学说很快得到了绝大多数科学家的承认，一时间，有关海底扩张的文章纷至沓来，成为地学界最热闹的话题。

这样，大陆固定论很快寿终正寝。1967 年被认为是从固定论占优势转为活动论占优势的一年。

板块构造学说

如果说海底扩张说的建立，是对魏格纳大陆漂移说的科学论证，那么，板块构造说的提出可以说标志着由魏格纳开创的活动论思想的全面复兴。海底扩张说提出不久，1965年世界上一些地质学家和地球物理学家来到英国的剑桥大学聚会。他们从四面八方带来了各种信息，并开诚布公地交流思想和讨论问题。正是在这次聚会中，许多新的思想又萌发出来。1968年勒皮雄、摩根等综合了威尔逊的“转换断层”，布拉德的刚性大陆以及由地震测量所得到的“低速层”和“岩石圈”等概念提出了板块构造学说。

他们发现大陆经过一亿多年的漂移，其轮廓变化很小，就设想大陆的漂移是坚硬的板块运动。他们把地球分为欧洲、非洲、亚洲、南极洲、美洲和大洋洲六个巨大板块，它们是地幔软流层之上的巨大刚性块体，漂浮在软流层上。板块在大洋中脊处增生和在海沟处消减，地幔的热对流是板块运动的动力来源，岩浆自大洋底脊谷中涌出，冷凝成地壳的一部分，同时把板块推向两侧，海洋板块在与大洋板块交接处沉入大陆块的下面，便对大陆板块产生强大的挤压，从而造成大陆漂移。

板块构造学说深刻地说明了两亿年以来联合古陆破裂、漂移的过程。但两亿年前的情况又是怎样的？联合古陆是否是自古就有的？魏格纳没有研究这个问题。板块构造学说则认为联合古陆也有形成的历史，它是由几块大陆焊接起来的，乌拉尔、阿巴拉契亚、加里东等褶皱山脉就是焊接的接缝线，即褶皱山脉是古大洋闭合的结果。

地球上最古老岩石的年龄是 40 亿年左右，估计板块运动大约是在 30 亿年前开始的。地球的未来又将如何？板块构造学说认为，几亿年以后各大陆将会在太平洋区域重新汇集，又组成了一个新的联合大陆。板块不断产生又不断消失；大陆分久必合，合久必分；大洋扩张了又封闭，封闭了又扩张。地壳下面不断缓慢地发生着这种循环运动。板块构造学说是在海底扩张的基础上形成的，它既肯定了大陆漂移的事实，又基本上解决了它的致命弱点——漂移的动力问题，使人们认识到板块运动是地球运动的一种基本形式。

有人说大陆漂移、海底扩张、板块构造是一个主题的三部曲，具体内容虽然不同，但其思路是一脉相承的。海底扩张是大陆漂移假说的一种新形式，板块构造是海底扩张假说的引申。

“板块构造学说”，又称“全球构造学说”，它的确立，是 20 世纪以来地球科学所取得的最伟大的成就。有的科学家认为它在科学史上的地位可以与哥白尼的“日心说”，达尔文的“进化论”相比。因此，板块构造学说的提出，被称之为“地球科学的革命”，它将对科学的发展和人们的认识带来深刻的影响。