

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (5)

现代科技



现代科技

不断拓宽的化学领域

勇闯有机化学领域

18 世纪的资产阶级革命，几乎席卷了整个欧洲，一些国家纷纷推翻了封建专制政权，建立了资产阶级统治的新秩序。

大工业的发展，使钢铁、冶金、纺织等工业得到了迅速扩大。一些化学材料和制品供不应求，近代有机化学就是在这种社会需要的推动下产生和逐步发展起来的。

有机化学的设立是以有机化合物的提纯、有机分析和有机合成；特别是有机合成成为主要标志。

有机化学的早期研究，只是从动植物有机体中提取和分离有机化合物，如蔗糖、樟脑、麦芽糖等。直到 18 世纪后半期，这种对有机化合物的分离和提纯工作才得到较快发展。

有机化学之所以能产生和发展，这是和德国化学家维勒的工作分不开的。

维勒是瑞典化学大师贝采利乌斯的得意门生之一。他早年在德国求学，获博士学位之后，去瑞典留学，跟着这位化学大师继续深造。

1825 年回到德国，一方面从事教学工作，一方面继续进行化学研究。1827 年，他从自己制得的纯净的三氯化铝，又还原出金属铝，这一研究成果，使他在化学界名声大振。

1828 年，他在进行氰化物与铵盐溶液相互作用的试验中，意外地发现了一种白色沉淀物，按照他的推测，这种沉淀物有可能是氯化氰酸铵。物镁。

后经过反复研究，才否定了自己的判断，认为这种白色沉淀物不是氰酸铵的白色结晶体。

那么，这种沉淀物究竟是什么呢？

维勒穷追不舍，继续研究。维勒通过一系列的实验，证明这种白色沉淀物就是尿素。

维勒从无机物人工合成有机物的这一意外发现，具有历史意义，它不啻一枚炸弹，引起了整个化学界的轰动。

在 19 世纪以前，化学界流行一种“生命力”的说法。

生命力论者认为：动植物有机体具有一种生命力，依靠这种生命力，才能制造有机物质。因此，有机物质只能在动植物有机体内产生：在生产和实验室里，人们只能合成无机物质，不能合成有机物质，特别是不能从无机物质合成有机物质。

这种把有机物质神秘化的“生命力”论，人为地在有机化合物和无机化合物之间造成了一条不可逾越的鸿沟，严重地阻碍了有机化学的发展。

维勒从无机原料合成了有机尿素，在无机物和有机物之间架设了桥梁，使生命力论受到了致命的打击。

有机化学至此开始宣布了正式产生，并逐步得到了迅速发展，或为一门独立学科。

有机化学的兴起，人们希望用无机物来制造各种有机物。

但是，有机化学遵循什么规律呢？

1835 年，维勒在给他的老师信中写道：“有机化学当前足以使人发狂。

它给人的印象就好像是一片充满了最神奇事物的原始热带森林；它是一片狰狞的、无边无际的、使人没法逃得出来的丛莽，也使人非常害怕走进去。”

维勒终于在“原始森林”面前退缩了，他放弃了有机化学的研究。

维勒把有机化学描绘得如此富有魅力而又充满了恐怖，确实道出了有机化学刚从其他学说分离出时的复杂与艰难。

但这并没有使所有的人望而却步，德国化学家李比希和他的学生就勇敢地闯进这片“原始森林”，为有机化学的发展，开辟了一条崭新的道路。

1803年5月12日李比希出生在德国一个经营化学品和颜料的商人家庭。

他的父亲是一家药房主人，经常为配制某种特别复杂的、医疗用的浸膏，或蒸馏某种液体，调制各种药品做一些化学、试验。

李比希在药房长大，父亲那种勤于动手，认真研究和探索的精神，给了李比希很大的影响。而对药物的调制和试验，使李比希从少年时代就开始对神秘的化学现象产生了浓厚的兴趣。

李比希家里的人口较多，父亲惨淡经营，也仅够维持一家人日常生活的开支，日子过得非常拮据。

李比希上小学时，听说集市上有个卖灵丹妙药的“化学家”，会做炸药。这时，他灵机一动，就跑去向那位“化学家”请教，不仅学会制作炸药，还学会了制造雷管，甚至还依法设计制造了一种压雷管用的专门仪器。

街道上的孩子们知道后，非常新奇，纷纷跑来观看。李比希就把自己制作的炸药，做成一个个小炸弹，卖给孩子们，用这笔买卖的收入，来帮助父亲养家糊口。

后来，李比希又背着老师，将土炸药带入教室，下课时，就和几个同学在院内设置几个靶场，进行演习试验。

一次上课时，老师正专心地推算一条定则，忽然，教室里发生了可怕的爆炸，硝烟顿时弥漫了整个教室，课堂秩序大乱，尖叫声，哭喊声响成一片。老师又惊又气，像一头被激怒的公牛般地冲进了校长办公室。

李比希被校长赶出了小学校门。

失学后李比希并没因此停止他对化学的研究和试验。回家后，他成了父亲的得力助手，甚至有时能够替代父亲做一些比较复杂的试验，调制一些成分复杂的药物。

到他15岁进药房工作时，他就选定以化学研究为自己的终身事业。

他所工作的这家药房叫葛平海姆药房。由于他勤奋能干，药房主人非常赏识他，常常允许他独立地干一些活计。

李比希总是以最快的速度完成自己的工作，然后就利用空闲时间开始钻研化学。

有一次，李比希对某种化学药品进行不同方式组配时，得到一种物质，它具有酸的种种特点，李比希感到异常兴奋。

几天后，他又制出了更多的这种新物质，并把它贮存在空炮弹壳里。

正忙于实验的李比希，还不知道危险就在眼前。

事实上，他制出的这种新物质，含有可爆炸性质的银盐和汞盐，特别是在干燥状态下，即使轻微一碰也会发生猛烈爆炸。

不幸的事终于发生了。一天晚上，他在研磨物料时，研、滚落下来，正撞在空弹壳上，一声巨响，石破天惊……

李比希还没明白怎么回事，老板就把他解雇了。

父亲看他如此痴迷化学研究，就把他送入波恩大学，专门学习化学，后来，又随该校的化学教授迁到埃尔兰根。

当时，德国的大学对化学很不重视，师资力量非常薄弱，教学设施也十分简陋，甚至连化学试验室也没有。

李比希回忆这一段学习生活时说：讲课富有华丽词汇，缺少实际知识和真正的研究。

这浪费了李比希两年宝贵的时光。

1822 年，他来到了法国的多科工艺学院，就学于法国著名化学家盖吕萨克。

在这里，他才感到自己接触到了真正的化学。他完全被迷住了。他把以前自己发现的那种差点使他丧命的新物质——雷酸作为自己的重点研究对象，开始踏入化学前沿。

李比希研究了雷酸的化学式，使他对这种新物质有了全面的认识 and 了解。在巴黎的学习，也使他获得了丰富的经验和化学知识。

在朋友的建议下，学有所成的李比希决心当一名化学教师，立志从根本上改变德国化学落后的状况。

1824 年，李比希回到德国，经当时著名的科学大师亚历山大·冯·洪堡和盖吕萨克的推荐，李比希被破格任命为吉森大学的化学教授。

李比希到该校所办的第一件事，就是说服当地政府和学校，办一个化学实验室，用以教学和研究。

在教学中，李比希亲自教学生做实验来掌握化学知识。经过李比希的不懈努力，吉森大学成为欧洲乃至世界闻名的化学研究中心。

李比希广泛宣传化学教育的重要性，在他和学生们的努力下，德国各大学也纷纷效仿，建起了化学试验室，加强化学教育和科学研究工作。这为德国在 19 世纪化学工业称雄世界奠定了基础。

李比希在世界上最早建立了大学化学实验室教育体制，培养了一大批超一流水平的化学家。

这些化学家又带起一批化学家，形成了化学界享有盛名的“吉森学派”。它不仅左右了 19 世纪的化学研究，而且强烈地影响了 20 世纪的化学发展方向。

有人作过统计，在 20 世纪获诺贝尔化学奖的伟大科学家中，有 1/3，与吉森学派有学术渊源关系。

贝采利乌斯之所以能享有化学大师之称，是因为他把无机化合物的分析达到了完善的程度。

然而，有机化合物的分析，即使对于那些拥有先进实验条件且富有经验的化学家来说，也还是一个最困难的领域。

李比希解决了这一问题。

他在进行这项试验时，发明一种新型实验仪器——燃烧仪。然后采用拉瓦锡、盖吕萨克、贝采利乌斯普遍使用的燃烧法，用计算二氧化碳的含量来测定有机物的碳量，用计算水的重量求氢和氧的量，进而确定碳、氢、氧的含量和比例。

这种方法在当时轰动一时。因为化学大师贝采利乌斯若要得出某个物质的可靠的分析数据，得要两个半月时间，而李比希只需一天。

李比希对有机化合物的分析，不仅速度快，而且也把有机分析提高到精确定量阶段。这种改进，使科学家掌握了打开通向有机化学广阔领域的大门的钥匙。

这是一项重大的成就！

1828年12月的一天晚上，李比希与德国著名化学家维勒相识。共同的爱好和兴趣，使他们成为真正的好朋友和同事。在有机化学领域中，他们确立了“同分异构现象”。

李比希在吉森实验室里，研究了和人类密切相关的脂肪类、脂肪酸类、醇类等有机物。1832年，他发表了关于苦杏仁油的论文。

在这篇论文中，他指出苯基是从苦杏仁油中制造出来的一系列有机物中一个不变的组成部分，还提出了分子结构概念。

这给有机化学发展指明了方向。

后来，他又继续对乙醚、乙醇和它们的衍生物进行深入研究。指出在这些物质中存在共同的乙基，进一步阐明了分子结构对化学性质的影响。

李比希提出的有机化合物是由“基”（分子结构）组成的观点，拉开了有机化学理论发展的序幕，为后来建立的有机化学的基因理论，提供了依据。

李比希对化学这一领域的贡献是多方面的。

1831年，李比希筹备编辑了《化学年鉴》，意在扩大化学影响并为人们提供发表化学研究成果的阵地。

很快，《化学年鉴》走向世界，成为国际性的著名化学刊物，至今，还具有相当高的权威性。

为了使化学走出实验室，增强化学的应用性。1840年，李比希撰写出版了《有机化学在农业及生理学中的运用》，开拓了施用化学肥料增强土壤肥力的新途径。

不仅如此，他还精心配制农用化肥，并购买了一大块不毛之地，亲自动手栽培植物，来观察土壤肥力的改变情况。

李比希的化学成就举世闻名，而他的热情好辩也同样闻名于世。

只要是李比希认为不正确的观点，他就毫无顾忌地加以评论，主动发起辩论的攻势，直至取得胜利；如果是自己观点的错误，他就襟怀坦白地予以承认，毫无保留地支持对方的观点。

李比希和维勒的友谊就是从辩论开始的。

李比希与贝采利乌斯关系的破裂也是源于辩论。

李比希和法国著名化学家杜马，同出师门，但他俩的关系若即若离，时好时坏，究其原因，也是因为辩论……

李比希一生中先后同十几位著名的科学家论战过，内容涉及19世纪中叶化学实践的各个方面，在客观上，扩大了化学的影响，使人们明辨了是非，对化学理论的完善和发展起到了一定的积极作用。

1873年4月，这位在有机化学原始森林中漫游的勇敢者在慕尼黑与世长辞。

然而，李比希的逝世并没有使有机化学的研究陷于一片沉寂，他的学生凯库勒从他的手中接过大旗，像一匹狂劲的黑骏马，沿着他的足迹，再次闯进有机化学这片原始的森林。

偶然事件改变一生

凯库勒 1829 年出生于德国的达姆斯塔德市，中学时，就懂四门外语，从小热爱建筑，立志长大后要当一名优秀的建筑大师。

18 岁，他以优异的成绩考入了吉森大学。

这是德国当时最为著名的一所大学，校园美丽、学风淳朴，更为值得骄傲的是，这所大学还拥有一批知名度极高的教授，而且，允许学生可以不受专业的限制，选择他们喜爱的教授。

凯库勒在上大学前，就为达姆斯塔德设计了三所房子。初露锋芒的他深自信自己有建筑的天赋。

因此，进入吉森大学，他毫不犹豫地选择建筑专业，并以惊人的速度很快修完了几何学、数学、制图和绘画等十几门专业必修课。

在他正准备扬起自己的理想风帆时，一个偶然的事件，却改变了他人的人生道路。

这就是赫尔利茨伯爵夫人的案件。

此案开庭审理时，凯库勒参加了旁听。在黑森法庭，他见到了本案的真正的判决者——大名鼎鼎的李比希教授。

教授手里拿着一枚戒指。这是一枚价值连城的宝石戒指，上面镶着两条缠在一起的金属蛇，一条是赤金的，一条是白金的，看上去精美绝伦。

李比希教授测定了金属的成分，然后缓缓地站起身来面对着台下急不可耐的听众，用一种平和而又坚定的语气说道：

“白蛇是金属铂，即所谓‘白金’制成的。现在伯爵夫人侍仆的罪行是明显的，因为白金从 1819 年起，才用于首饰业中，而他却硬说这个戒指从 1805 年就到了他手中。”

清晰的逻辑分析，确凿的实验结论，使罪犯终于供认了盗窃戒指的事实。

这个案件的审理，使凯库勒对这位知名教授产生了一种由衷的敬佩之情。

其实，凯库勒在吉森大学早就听说了李比希教授的大名，同学们也多次劝说他听听这位教授的化学课，但他对化学毫无兴趣，不愿意将时间花费在自己不愿做的事情上，因此，对这位教授的了解也仅限于道听途说。

这次偶然的接触，使凯库勒一改初衷，决定去听听李比希教授的化学课。

课堂上，李比希教授那轻松的神态、幽默的语言、广博的知识把凯库勒带入了一个全新的世界，这个世界像梦一般的美，强烈地吸引着凯库勒，使他产生了极大的兴趣。

自此，凯库勒就常去听李比希的化学课，渐渐地他对化学研究着了魔。

不久，凯库勒放弃了建筑学。

1849 年秋天，这是一个充满着诱惑的秋天，是一个洋溢着丰收喜悦的秋天！凯库勒经过艰辛的努力，以优异的成绩，跨进了李比希的化学实验室。

环状碳链理论

人们在慨叹建筑业失去一位优秀的设计家之余，却惊喜地发现在有机化学这片原始森林中矗立起一座精美的大厦！

凯库勒投身化学的时期，正是有机化学成为化学主流的时期。有机化学以前所未有的速度向前发展：

化学家们发现了有机化合物大量存在的事实，并人工合成了许多罕见的有机化合物；维勒和李比希基因理论的提出；法国化学家日拉尔“类型论”的建立等等。

这无疑大大丰富了有机化学知识，但此时的有机化学无论如何也不能和无机化学相比，因为无机化学的研究有道尔顿原子论的理论为指导，而有机化学没有。

没有理论指导的实践，必然是盲目的，混乱的：

为了描述醋酸的结构，人们使用了 19 种表达方式，谁是谁非？化学家们各持己见，互不相让，有机化学界一片混乱。

1895 年，已颇有建树的化学家凯库勒担任了根特大学的化学教师。他在根特大学的化学实验室里集中研究了有机化合物的主干——碳链问题。

大家知道，自然界中的碳原子，不像其他无机元素那样单个地组成物质分子，而是在碳原子之间形成手拉手似的碳链。短的链有几个碳原子，长的链有成百上千个碳原子。

凯库勒通过对醋酸的氯化研究，认识到碳链在化学反应中是不变的，牢固稳定的。

紧接着，他又用琥珀酸、富马酸及顺丁烯二酸等有机化合物，进行了一系列的实验研究，来加以印证。

不久，凯库勒表述了他对碳链的见解，还提出了有机化合物的结构理论。他以碳四价为核心，建立起碳链结构理论。

凯库勒的理论，后来经过俄国著名化学家布列特列夫的发展和完善，成为经典性的有机化合物的结构理论。

日新月异的有机化学，使在根特大学从事系统化学教授的凯库勒感到传统的教材已经过时，应该重新编写一本有机化学的新教科书以适应新的课题的需要。

但是，凯库勒在收集资料过程中，深深地感到化学界的混乱。为了提高化学家的理论统一性，他于 1859 年秋来到了卡尔斯鲁厄。

凯库勒此行的目的，是要和化学教授卡尔·魏尔青商讨关于召开世界化学家会议的问题。会议的主要内容，是解决化学家们在化学价、元素符号、原子和分子概念等方面的不同意见。

凯库勒的这种想法立即得到世界化学界的响应。

1860 年 9 月 3 日，第一届世界化学家大会在德国卡尔斯鲁厄城召开，来自十几个国家的 150 位化学家出席了这次大会。

这次会议解决了所有无机化学存在的混乱问题，可以说达到了预期目的。

但是作为会议发起人的凯库勒却很不满意。因为在这次会议上占主导地位的是无机化学，他的有机化学结构问题却被大多数人淡忘了。

也许是有机化学真像维勒所说的那样是一片狰狞的、可怕的原始森林，

大多数化学家不敢问津。也许是凯库勒的科学探索已经超越了这个时代，而使同时代的人无法理解？总之，凯库勒的问题未能引起人们的兴趣。

卡尔斯鲁厄会议没有解决凯库勒的有机化学结构问题，原因何在？凯库勒无暇顾及，因为不久后苯的结构问题使他大伤脑筋，弄得他疲惫不堪。

苯是一种重要的有机化合物，自从法拉第从煤焦油中分离出来以后，一直没有人对它进行深入研究。后来，化学家们研究了苯的化学性质，又使有机化学结构理论处在风雨飘摇之中。

因为碳在苯中的结构呈环状而并非链状！

难道有机化学的结构理论真的错了吗？

凯库勒精心研究了苯，但是化学家实验的结果却毋庸置疑，多次实验，无一例外。

有的化学家面对“铁的事实”，放弃了碳链学说。但凯库勒坚信碳链理论的正确，因为它是建立在以往多次实验的基础上的。对苯的化学性质研究不能被其表面所迷惑，而要在深层次上去认识它。凯库勒以此作为自己研究苯的出发点。

凯库勒把自己关在实验室中，艰难地进行探索。

就在凯库勒的研究进行到最困难的时候，他的爱妻死于难产。事业的坎坷，家庭的不幸，使凯库勒差点绝望。但很快他就从痛苦中站立起来，重新走进实验室，他要从微观世界中找到他人生的支撑点。

1865年圣诞节后的一天，凯库勒因研究苯分子结构已疲惫不堪。于是他搁下一叠厚厚的手稿，把安乐椅移近温暖的壁炉。

火光像春天的暖流一样抚慰着凯库勒的整个身心，他感到无比的惬意和舒适。

他仿佛又回到无忧无虑的童年，躺在春光明媚的草地上，尽情欣赏那些结构风格迥异的建筑物。

他睡着了……

突然，他看到了6个碳原子连成了一条链子，变成一条怪蛇，在白光中弯弯曲曲地游动，忽而又跳起了奇形怪状的蛇舞。舞着，猛然蛇头一抬，跃入李比希教授的掌中，变成了赫尔利茨伯爵夫人的蛇形宝石戒指……

凯库勒猛然一惊，睁开眼来，梦中的情景依然历历在目：碳原子——链子——蛇——戒指，凯库勒顿悟。

碳链理论根本没有错！苯不过是一个首尾相接的环形链子。苯的分子是个环状的碳链构成的分子，仍然是链状的！

凯库勒从此把研究重心转向环状碳链的角度上来。

1865年1月，凯库勒发表了《论芳香族化合物——苯的结构》论文，一个崭新的有机化合物结构理论——环状碳链理论诞生了！

苯分子结构发现之后，对有机结构理论的研究就发展更快了。人们在它的启发下，又进一步提出了平面网状、立体网状等多种有机物质的结构理论。

分子结构的概念是有机化学中最重要的、最基本的概念。分子结构式在有机化合物的组成、结构和性质之间建立了关系。从此有机化学沿着先测定分子结构然后再用人工方法制取的方向迅猛向前发展。

从凯库勒之后，有机化学结构理论成为化学研究的主导方向。

如果凯库勒能有机会再参加世界化学家会议的话，等待他的绝对不是人们的冷淡和健忘。

1896 年 6 月 13 日，凯库勒逝世于柏林，终年 67 岁。

有机化学结构学说奠基人

凯库勒碳原子四价学说和苯分子结构的发现，使混乱的有机化学研究有了一个统一的方向，而奠定有机化学结构学说基础的则是俄国化学家布特列洛夫。

1861年，也就是凯库勒环状碳链理论提出的同一年，布特列洛夫在德国“自然科学家和医生代表大会”上作了题为《论物质化学结构》的报告。

在这篇报告中，布特列洛夫系统地提出了有机化学的结构理论，基本上确立了近代有机结构理论。只可惜他晚年离开了自然唯物主义而陷入神学的泥潭。

在有机化学理论发展的漫长过程中，值得一提的还有德国的被人们称为无产阶级的化学家的卡尔·肖莱马。

1834年9月30日，卡尔·肖莱马出生在德国西南部达姆斯塔德城的一个手工业工人家庭。全家11口人都靠着他父亲的木匠手艺来生活，因此家庭非常贫困。

1853年，没有念完中学的肖莱马就不得不辍学，到外乡去独立谋生。

肖莱马在中学时代就对化学充满着浓厚的兴趣。他在海德堡一家药房当配药助手时，尽管事情很繁杂，他仍然尽量挤出一点时间到海德堡大学去旁听著名化学家本生的化学课。

随着他对化学认识的加深，一种强烈的化学研究欲望，促使他放弃一切来学习化学。

1895年肖莱马进入吉森大学化学系。虽然只学习了一个学期，但他却充分地利用这短短的一段时间，不仅学习分析化学实验课程，还选修了化学史，这为他后来从事化学研究，打下了初步的基础。

1859年秋，肖莱马来到了英国，在曼彻斯特欧文斯学院当化学教授罗斯科的“私人助手”，两年后，成为该校化学实验的正式助手。从此他开始独立进行科学研究工作。

年轻的肖莱马首先将眼光投向一直吵闹的沸沸扬扬的有机化学研究。

虽然此时有机化学界因为凯库勒碳原子四价的提出和环状碳链理论的建立而平静了许多，但还是存在着一些问题，如：

碳原子的四个价是否统一？一些特殊的烷烃是否有两个并行的异构系列？

当时的人们作如是说：碳原子的四个价是不同的；烷烃有两个异构系列。

但是地位低下的肖莱马却对这些权威人士的结论持怀疑态度。几年的研究经验给了他一种直觉——这些结论不太可靠！

为了证明这种直觉的正确性，他一头扎进了实验室。

从事这项实验就得与脂肪烃打交道，而这种化合物是异常危险的，它具有很强的“腐蚀性”。为了便于直接地观察和研究，肖莱马与别人不同，他采用纯样品进行试验，因此他的脸上常带伤痕。

1864年，肖莱马发表了题为《论〔二〕甲基与氢化乙基的同一性》的科学论文。用实验上的强有力论据证明，乙烷、丙烷都没有异构现象，只是从丁烷起产生异构物，并证实碳原子四个化合价的同一性。

这样，肖莱马就彻底推翻了关于两种烷烃异构系列的碳价相异的全部现

存理论，为原子结合理论的定型化打开了一个突破口。

恩格斯为此给予了高度评价，说他是有机化学的奠基人之一。

1871 年肖莱马当选为英国皇家学会会员。

肖莱马不仅是一位优秀的化学家，还是一位优秀的共产主义者。

早在 60 年代初期，他就和恩格斯相识，结下了深厚的革命友谊，又通过恩格斯与马克思相识并很快成为亲密朋友。

肖莱马的家庭出身和社会经历，使他深切感受到阶级压迫的苦难。他一辈子也忘不了一个德国资本家对他说过的话：“马儿应当乖乖干活，以便吃到燕麦。”

基于对资本主义制度的深刻认识，肖莱马在马克思、恩格斯的帮助和影响下，很快地成为了一名自觉的共产主义者，并加入了德国工人阶级政党和共产国际组织。

在革命斗争中，他始终坚定地站在马克思、恩格斯一边，受到了马克思、恩格斯的高度信任，他的住址一度成为马克思、恩格斯的秘密通讯处。

在有机化学研究工作中，肖莱马自觉以马克思主义的辩证唯物论为指导思想，取得了突出成就。不仅如此，他在教学中还增设了“化学哲学”和“化学史”两门课，向学生宣传马克思主义。

可以说，肖莱马是 19 世纪末唯一在哲学上达到辩证唯物主义水平的先进学者。

正当革命和科学事业都需要肖莱马继续作出贡献时，无情的肺癌夺去了他的生命。

1892 年 6 月 27 日，肖莱克因医治无效，与世长辞，终年 58 岁。

恩格斯怀着沉重的心情参加了肖莱马的葬礼，并特意在德国社会民主党的中央机关报《前进报》上发表了悼念他的文章。

肖莱马虽然对流行于有机化学界的“类型论”有所突破，但还没有能从立体的角度考虑问题。

1815 年，法国化学家比奥发现，某些天然存在的有机化合物在液态或溶液的情况下，有旋光性。这一发现成了建立有机立体化学的一大开端。

1874 年 9 月，范霍夫（荷兰化学家）发现了不对称碳原子存在的事实，范霍夫的这一发现，成功地解释了旋光异构。

范霍夫 1852 年出生在荷兰一个著名的医生家庭中，父亲满心希望他长大后能够继承自己的衣钵，成为一名医学家，但他后来却成为了一名化学家，师承凯库勒学习化学，后来又又到法国武兹实验室学习。

在武兹实验室，他发现了甲烷正四面体的空间结构，研究了具有不对称碳原子化合物的旋光异构。

1874 年，获得博士学位的范霍夫回到了荷兰的鹿特丹。

第二年，范霍夫把他在凯库勒实验室和武兹实验室多方面的研究成果，写了一篇名为《立体化学》（又译为《空间化学》）的著名论文。

这篇论文，引起化学家们极大的争论。

支持者们说这篇论文是机智而精明的理论，具有划时代的意义。

反对者们则多方进行攻击。一个典型的代表是莱比锡著名化学家柯尔贝，他说：

“范霍夫博士不对精确的化学作认真的研究，而是幻想着乘上希腊神话的神马，用他的《立体化学》宣布自己达到了科学的顶峰，看到了原子在空

间如何组成立体结构的，人们要问这神马从哪里来的？这大概是范霍夫从他工作的兽医学

院借来的。”

这位著名教授的尖刻攻击，不仅没有扼制住立体化学理论的发展，反而帮助了范霍夫宣传了他的学说，使更多的人了解了立体化学，也使范霍夫“一朝醒来，名声大噪”。

1878 年，范霍夫发表了著名专著《有机化学概念》，这部书是有机化学奠基性的著作之一。

范霍夫不仅是有机化学的奠基人，还是物理化学的奠基人。

范霍夫在学术上的贡献极多，一生发表有重要学术价值的论文 200 多篇，出版专著 9 部。

1901 年，范霍夫荣获了诺贝尔化学奖，他是历史上获得诺贝尔化学奖的第一位专家。

至此，有机化学的立体化学理论才基本完成。

诺贝尔

有机化学是在资本主义大工业生产中，应社会的需要才产生和逐步发展起来的。

日益丰富的有机化学知识为合成有机化合物创造了条件。

在人工合成有机化合物中，染料首先异军突起，并迅速走向市场，创造了极大的社会效益。

过去人们使用的染料都是从有机植物中提取的。但在 1856 年英国皇家化学学院霍夫曼的学生柏琴却在实验中偶然发现，利用无机物也可以人工合成染料，便改变了这种局面。

从此，人们有目的地先分析天然染料的结构，然后用无机物做原料，相继合成了多种染料。

德国是个有机化学研究异常活跃的国家，染料的合成研究以野火燎原之势在德国迅速发展起来，并很快把人工染料堆入了市场，合成染料给德国的化学工业增添了异彩。

在 1886 年到 1900 年期间，德国 6 家最大的化学公司共取得了 948 项染料专利，而英国只取得 86 项，德国人几乎垄断了全世界人造染料的生产。

德国人发了大财！

人工染料的合成缓解了大工业生产中的纺织业对染料的需要。而且由于成本低，价格相对便宜，很受欢迎。

可以说，人工合成染料的发现，真正达到了丰富人民生活，造福于人民的目的。

但是事物的发展往往是出人意料的。“有利必有弊”这是中国的一句古话。当诺贝尔研制出近代炸药时，他可能没有想到，仅仅在他去世后的半个世纪，就有数以千万计的人倒在他所研制的炸药的硝烟中……

1833 年 10 月 21 日，一个瘦弱的婴儿在瑞典首都斯德哥尔摩诞生，听他的啼哭，看他的身体，使人难以相信，他就是后来的震撼了整个世界的炸药大王艾尔弗雷德·诺贝尔。

诺贝尔的父亲伊墨纽·诺贝尔，是一个普通的机械师，很早就工厂做工，虽然他没有受过高等教育，可是他喜欢化学实验，特别钟爱于制造炸药，对建筑学也很有见解，是个热心于科学的人。

诺贝尔从小体弱多病，但意志顽强，从不甘心落后，父亲对他非常赏识，也很关心诺贝尔的兴趣爱好。

一天，年幼的诺贝尔看见他的父亲又在制造炸药，便问道：

“爸爸，炸药伤人，是可怕的东西，你为什么要制造它呢？”

“因为它还可以用来开矿，筑路，许多地方都需要它呀！”父亲说。

“那我长大了也要做炸药。”诺贝尔似懂非懂地点了点头说。

“我倒希望你成为一名出色的机械师。”父亲抚摸着他的头说。

1841 年，诺贝尔 8 岁，进了当地的一所正规小学学习，但他只读了一年就被迫退学了。

1842 年春，他的母亲带着他们兄弟几个离开了家乡来到了圣彼得堡，与父亲一起生活。

由于此地没有瑞典学校，诺贝尔兄弟只能由家庭教师教授学业。

这时他的父亲因创制了一种水雷，受到了一个俄国将军的重视，后来又

从事机械发明，境遇已经有了很大的改变。

在父亲的鼓励下，年岁稍大的诺贝尔就离开家庭，去各地旅行，访求名师。18岁时，他对科学、文学和哲学已经有了一定的修养。

对年轻的诺贝尔来说，学习上的最大障碍，就是语言的障碍。为了学好外语，他常常选一些外国名著译成瑞典文，再转译成外文，然后将译稿与原著对照，来检查自己的掌握情况。依此方法，他先后学会了俄文、英文、法文和德文。

1852年，他回到家里，在父亲的工厂里工作，渐渐在技术上显示出他的非凡才能。父亲有了这个得力的助手，事业如日中天，日渐兴旺。

然而，好景不长，由于俄皇易人，俄国政府废弃前约，使父子俩的事业跌入深谷，1859年，父子俩不得不返回瑞典再谋生计。

当时，许多国家迫切要求发展采矿业，加快采掘速度，炸药不能适应这种需要，成了一个急待解决的大问题。

年近60的父亲，回国后重整旗鼓，和三个儿子一起研究制造炸药。

1862年，父亲突然中风，从此再未能康复。

按照父亲的想法是要用硝化甘油制造出更好的炸药。

硝化甘油是意大利人苏雷罗在1847年用硝酸和硫酸处理甘油得到的一种有机化合物，是一种比其他火药威力大得多的猛烈炸药。

但是，这种炸药特别敏感，容易爆炸，制造、存放和运输都很危险，人们不知道该怎么使用它。

他的父亲在实验中和前人一样失败了，而且不能再实验了。诺贝尔继续了父亲的实验和研究，从此，他就在死神的威胁下为人类向大自然索取动力。

1862年的夏初，诺贝尔做了一次十分重要的实验：

在一个小玻璃管内盛硝化甘油，塞紧管口；然后，把这个玻璃管放入一个稍大一点的金属管内，里面装满黑色火药，插入一只导火管后，再把金属管塞紧。

装好以后，诺贝尔兄弟俩人一起来到水沟旁，点燃导火管后，把金属管扔入水沟。

结果，发生了剧烈的爆炸，水花四溅，地面震动，显然比同等数量的黑色火药的爆炸要猛烈得多。

这次成功的实际意义不在于实用，而在于诺贝尔第一次发现了引爆硝化甘油的原理——黑色火药的爆炸，可以引发分隔开的硝化甘油完全爆炸。

1863年，诺贝尔和他的弟弟一起，在斯德哥尔摩海伦坡建立了一所实验室，从事硝化甘油的制造和研究。在实验中他努力寻求硝化甘油爆炸的引爆物。

经过无数次的试验，这年的年底，诺贝尔终于发明了使硝化甘油爆炸的有效方法。

起初，诺贝尔用黑色火药作引爆物；后来，他发明了雷管来引爆硝化甘油。

1864年，他取得了这项发明的专利权。

但是，在当时大批量生产硝化甘油，仍然充满了风险；而且在运输和贮存时，经常发生事故。诺贝尔是个永不满足而又具有丰富想象力的人，他继而发明了固体炸药，后又以胶质炸药取代了它。

诺贝尔发明炸药经不断地创新与改进，在西欧各国的爆破工程中被广泛

采用，盛行起来。

炸药的广泛使用，给采矿和筑路带来了效益，也给诺贝尔带来了巨大的财富。但他关注的并不是钱。在诺贝尔著名的遗嘱中，他把财产中的大部分留作基金，以基金的利息作为奖金，每年颁发一次，给予在物理、化学、生理和医学、文学、和平事业方面有贡献的人。

这就是自 1901 年起颁发的举世闻名的诺贝尔奖金。

物理化学的产生

19 世纪，西欧及北欧各国仍处于工业革命时期，各工业部门以更高的速度向前发展；地质部门为提供更多的矿物原料，进行大规模勘探和广泛的地质科学研究；在化学理论的领域正展开一场辩论……

于是分析化学便肩负起了两个重要方面的任务，一方面为生产的需要，为地质科学的发展，提供更多更可靠的分析方法；另一方面，要为各种新科学理论的建立、巩固、完善继续作出贡献。

因此，19 世纪以来，分析化学得到了迅速的发展，化学家们几乎分析了他们能找到的一切化学物质。通过分析，进一步研究它们的组成和性质。

早期的分析，主要是组成分析。这一时期对组成的化学分析的特色，主要是定量化，从一般的定量发展到微量，并形成分析的系统方法。

19 世纪早期，系统定性分析日渐成熟。德国化学家罗塞，比较明确地提出了系统定性分析方法，这种方法经过深入研究后，越来越完善，被用于地质普查、冶金、考古、医药、食品等方面成分分析工作。

定性分析，逐步向定量分析转化，逐步形成重量分析和容量分析方法。

当时的定量的分析是把析出的沉淀烘干灼烧，仔细称量获得的定量，分析结果是很准确的。这种方法称为“干法分析。”

在“干法分析”发展的同时，“湿法分析”也发展起来了。

“湿法分析”早期是滴定分析。以滴定法为主的容量分析，在 19 世纪 30 年代以后，达到了极盛时期。容量分析中的关键要素是指示剂，在 1893 年，灵敏的指示剂已有 14 种之多。

在无机化学、分析化学、有机化学发展的同时，物理学和化学的边缘学科——物理化学也发展起来了。

物理化学的形成是 19 世纪下半叶的事情。这个时期的资本主义生产造成了比过去世代代总共造成的还要大的生产力，又以异乎寻常的精力致力于自然科学，创造了无可比拟地超过以往各个时代的高度发达的技术。自然科学的各个学科，包括物理化学，正是在这个时期得到了迅速的发展。

“物理化学”这个术语，是 18 世纪中叶首先为罗蒙诺索夫所使用的。但这一学科真正成功地发展起来，有赖于荷兰的范霍夫、德国的奥斯特瓦尔德，他们两人在 1887 年合办了《物理化学杂志》，此后物理化学的概念被化学界所接受。

物理化学这一学科的理论体系和各不同分支的建立，与各国化学家坚持不懈的研究和实验分不开，更与范霍夫、奥斯特瓦尔德、阿累尼乌斯三位伟大化学家的名字分不开。

他们三人后来都获得了诺贝尔化学奖金，被一些科学史家称为“物理化学三剑客”。

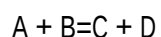
化学热力学是以热力学定律为基础的，还包括质量作用定律和化学平衡。

质量作用定律的主要内容包括：

化学反应中质量的作用，也就是反应“力”的作用，这一作用与反应物的质量乘积成正比；

如果相同质量的不同体积的物质起作用，这时质量的作用与体积成反比。

这一定律，经范霍夫等人的研究，达到定量化，其现代形式可以表示如下：



$$\text{正反应速度 } V_{\text{正}} = K_1 [A] \cdot [B] \quad (2)$$

$$\text{负反应速度 } V_{\text{负}} = K_2 [C] \cdot [D] \quad (3)$$

在反应速度的研究基础上，又提出了化学平衡的概念。

法国科学家勒夏特列创立了比较完整的化学平衡学说，提出了著名的勒夏特列平衡原理，这一原理描述了化学体系中的各种因素对化学平衡状态的影响。

美国化学家吉布斯又把化学平衡的研究由单相平衡推进到复相平衡，提出著名的“吉布斯相律”。

吉布斯的工作，使质量作用定律、勒夏特列原理等经验定律纳入了和谐的理论体系之中。

辉煌的数学世纪

数学之王

高斯，1777 年 4 月 30 日生于德国布伦什维克，父亲是一位勤杂工，没有受过正规教育，母亲是一位石匠的女儿。

高斯的舅舅是一位精明能干又懂得不少知识的商人，经常给他讲故事，并教他读书写字。

高斯有一个出众的数学头脑，很小就表现了杰出的数学才能。在他 3 岁的时候，有一次，当工头的父亲正在算帐，给工人发薪水，这时小高斯怯生生地说：“爸爸，您算得不对，应这样算。”

原来，小高斯一直暗地里跟着父亲计算。

“真的吗？”父亲惊异地复核了一次，果然孩子说的是正确的。

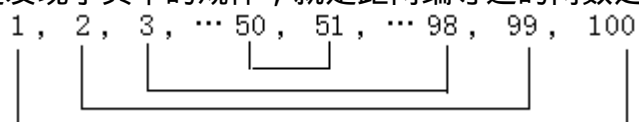
7 岁时，高斯上了小学，特别喜欢算术课，在他三年级时，又一次表现出了他非凡的数学才能。

一天，彪特耐尔老师照例来上算术课。

“今天我给大家出一道难题，计算从 1 到 100 所有数字的总和，看谁能做出来，如果做好了，就把答案送到讲台上来。”彪特耐尔看不起这些农村的孩子，不安心在乡村小学的教学工作。

这一道题对于小学生来说，确实是一道难题，只见其他同学都在费劲地把数字一个接一个地相加着，但没过多久。小高斯就把答案交到讲台上去了。答案是 5050，一点没错！

高斯怎么算得如此迅速呢？原来他没有把 100 个数字机械地累计相加，而是发现了其中的规律，就是距两端等远的两数之和都等于 101，即



$$1+100=101;$$

$$2+99=101;$$

$$3+98=101;$$

.....

$$50+51=101。$$

这样一共是 50 个 101，就推出从 1 到 100 的数字总和是：

$$50 \times 101=5050$$

高斯的才华使彪特耐尔非常惊异，同时感到内疚。他原来认为农村孩子笨，而高斯比城里的孩子还要聪明，从此他便安心于乡村教学，努力教好这些孩子们。为了使高斯的求知欲能在自己的课堂之外得到更多地满足，老师特地从汉堡买来各种数学书送给高斯。

在这以后的几年里，彪特耐尔悉心教导高斯，和他一起讨论问题，促使高斯加速进入数学王国。

由于高斯在童年时代就表现了惊人的数学才能，因而受到了布伦什维克公爵的重视，他答应资助高斯接受高等教育。1792 年，高斯被送到卡罗琳学院深造。

1795 年，高斯进入哥廷根大学。从此踏上了科学研究的道路，在数学、

物理学和天文学方面都做出了杰出的贡献。

在数学方面，高斯第一个用尺规作出了正十七边形，解决了这个数学史上著名的难题。

尺规作图，是古希腊学者提出的数学问题。在高斯以前，人们已经能用直尺和圆规作出正三边形、正四边形、正五边形、正六边形、正十边形和正十二边形。当他们试图作正七边形、正十一边形、正十七边形时，遇到了很大的困难。

于是他们认为这样的正多边形不可能用尺规作出。高斯把正十七边形作出来了，是一个非常了不起的成就，推翻了人们的错误认识。高斯还进一步证明了这种作图可能性的条件。

在代数学方面，高斯证明了代数基本定理，即每个代数方程必具有一个复数形式的根。在数论中，他 19 岁时就发现并证明了二次互反律。他证明了算术基本定理——每个自然数都可以表示为素数乘积的形式，而且这种表示是唯一的。

高斯还对数学的许多分支，像复变函数、微分几何、超几何级数、统计学、椭圆函数论、分析等都有重大贡献。

由于他对数学的许多贡献和许多新思想，而受到了所有数学家的赞誉。一位数学家说：“如果把 18 世纪的数学家想像为一系列的高山峻岭，那么最后一个使人肃然起敬的峰巅是高斯——那样一个广大的丰富的区域充满了生命的新元素。”

由于高斯的光辉成就，他受到了同代及后代人的赞扬和尊重，并称他为“数学之王”。

高斯一生善于独立思考，不断地学习和钻研。他对自己的论文都是深思熟虑并经过反复修改才拿去发表，不成熟的论文决不发表。他的座右铭是：“宁可少些，但要好些。”

但是，高斯的谨慎、求全、求好的品德，一方面在某种程度上影响了他的聪明才智更好地发挥，一方面由于他不愿意把不成熟或他自己认为不成熟的数学思想公诸于世，而又影响了数学的更快发展。

美国数学家贝尔曾说：在高斯死后，人们才知道他早就预见了一些 19 世纪的数学，而且在 1800 年之前已经期待它们的出现。如果他能把所知道的一些东西泄漏，很可能现代数学比日前还要先进半个世纪或更多的时间。

高斯对千古之谜的第 5 公设问题也进行了研究。

早在 1792 年高斯 15 岁时，就有了非欧几何的思想萌芽，17 岁时发现欧氏几何平行公设不能成立。

高斯在进行大地测量学的研究中，对球面内的几何学进行了研究。后来在研究前人经验的基础上，用包括反证法在内的各种方法对第 5 公设进行了试证。

经过多年的探索，高斯在 1816 年终于发现，第 5 公设根本不可证明。并由此发现，在欧氏几何之外，实际上还存在另外一种几何，高斯先后把它称为：“反欧几里德几何”、“星际几何”、“非欧几里德几何”等，这就是“非欧几何”。

高斯的非欧几何思想十分卓越，而且形成得很早，多次发现了一些重要定理。

由于欧氏几何根深蒂固，同时，早已闻名于欧洲数学界的高斯特别谨慎，

又受康德唯心主义学说的压力，而害怕别人嘲笑他“无知”，怕人们发出“愚人的叫喊”和攻击，不敢发表自己的观点和研究成果，并终止了对非欧几何的研究，直至 1855 年 2 月 23 日逝世。

这样，一朵有可能在高斯那里开出的科学之花，含苞萎缩了。

另一路进军者

在高斯发现非欧几何的同时，匈牙利数学家亚诺什·波耶也几乎同时发现了非欧几何，并勇敢地把它公诸于世。

且说 1820 年的一天，在维也纳工程学院读书的一个青年小伙子收到了一封家信，父亲在信中说：“你必须像痛恶淫荡的社交一样痛恶它。它能剥夺你的所有的闲暇，你的健康，你的休息，以及一生的所有快乐。这个无底的黑暗或许可以吞吃掉一千个灯塔样的牛顿，而在大地上将仍不会有光明。”

痛恶什么？竟如此严重！

这是一封父亲亚诺什·法卡什写给儿子亚诺什·波耶的信，严厉告诫儿子放弃对欧氏几何第 5 公设的证明。

法卡什之所以对第 5 公设的证明深恶痛绝，是由他亲身体会总结出来的。

法卡什有一肚子的苦水。

法卡什早年在数学上很有造就，对第 5 公设之谜也产生了浓厚的兴趣，在 1796 年有幸去德国游学，在哥廷根结识了数学之王高斯，共同的志趣使两人很快成为关系密切的挚友，从此不断地进行书信往来，研讨学术问题。

不过，高斯和法卡什研究第 5 公设有所不同。高斯认为第 5 公设不可证明，并发现了非欧几何。而法卡什始终认为第 5 公设是可以证明的，因此注定要失败。

法卡什在第 5 公设的研究中，耗费了大半生时间，始终没有在数学上取得重大成就，只能在一个小城中学当一个普通的数学教师。

法卡什回想自己的一生，虽然耗费了大量的时间和精力，却得不出任何结果，断送了光辉的前程，就连数学之王高斯在第 5 公设的研究中，也没有发表任何成果。

前人的失败，自己的教训，使法卡什对这个数学之谜深恶痛绝。当得知儿子步人后尘时，做父亲的怎能不苦心相劝呢？

大家不禁要问，波耶是怎样对第 5 公设产生兴趣的呢？他听从父亲的劝告了吗？

波耶于 1802 年出生在匈牙利的柯罗日瓦尔，在父亲的影响下，从小喜欢数学。波耶中学毕业后，在父亲的指导下，已掌握了高等数学的基础知识。这时，法卡什想把儿子送到高斯手下深造，未能实现。

1820 年，波耶以优异成绩考入维也纳皇家工程学院，但对数学仍然抱有特殊的偏好。

就在这一年，波耶开始试证第 5 公设，并征求父亲意见。法卡什知道后，多次写信劝告：“老天啊，希望你放弃这个问题……”“希望你不要再尝试了……我熟知一切方法都到尽头了；并且我在这里埋没了人生的一切亮光，一切快乐。”

波耶不听父亲的劝告，没有被父亲的悲观言论所吓倒，执意研究第 5 公设。

1822 年，波耶从维也纳工程学院毕业后，因成绩优秀，被留校进行特种军事工程研究，一年后，被征到军队服役，成为一名勇敢的军官。

从工程学院的学习，到后来的军旅生活，波耶一直把全部业余时间用于第 5 公设的研究上。在研究过程中，他广泛吸取前人的研究成果，力图证明

第 5 公设。

经过几年的苦心研究，波耶终于证明第 5 公设在欧氏几何理论中是一个独立的公设，企图用欧氏几何的其他公设来证明第 5 公设是不可能的。从而解决了这一数学难题。

1823 年，波耶写成论文《空间的绝对几何学》，阐述这一发现。他在写给父亲的信中说：“我坚决地决定出版自己的关于平行线的著作，只要情况一旦允许我把资料整理就绪。现在我还没有达到目的，但是我已获得这样可注目的一些结果；如果这些遭受摧残的话，那真是太可惜啦。”

法卡什不相信 21 岁的儿子会超过自己，更不相信儿子能在平行线理论上有什么作为。

波耶在证明第 5 公设不可证明后，由此引出一条相反的定理：过直线外一点，可引无穷多条平行线。从这一定理出发，波耶又推出了一系列新的定理，从而形成了一个严密而完整的新的几何系统，创立了非欧几何。

当高斯发现非欧几何时，由于害怕遭到传统势力的围攻，而不敢发表，把它锁在书柜里。但年轻的波耶勇敢地向传统观念挑战，决心把自己的见解公布于众。

1825 年，波耶在完成了他的非欧几何学后，亲自回到柯罗日瓦尔，向父亲详细介绍自己的研究过程和结果，并请求帮助把自己的论文《一种包含绝对真实的空间科学》出版。

法卡什已失去了探索和创新的勇气，在传统观念的束缚下，对波耶非凡的工作抱着不以为然的态度，拒绝了儿子的要求。

波耶对父亲感到失望，便向维也纳工程学院的老师求援。1826 年，他把非欧几何学的德文抄本，寄给艾克维尔数学教授。不幸的是，这个抄本被遗失了。

波耶毫无办法，只好再去求父亲。在多次请求后，法卡什才勉强同意把波耶的论文以附录的形式，出版在他自己正在写的《试论数学定理》这一著作中。

法卡什似乎看到波耶发现了什么新东西，但无法评价。从小就崇拜高斯的波耶，请父亲把自己的论文寄给高斯，希望能得到这位数学权威的评价。1831 年 6 月，法卡什写了一封信连同儿子的论文一起寄给了高斯。

信件向哥廷根飞去，也带走了波耶的心。他多么希望得到高斯的支持啊！

波耶急切地盼望高斯的回信，满怀信心地认为，对数学无所不知的高斯一定能理解和赞赏自己的研究工作。

1832 年 3 月，高斯终于回信了。

高斯在信中说：“……称赞他等于称赞我自己，因为这研究的一切内容，你的儿子所采用的方法和他所得到的一切结果，几乎全部和我的一部分在 30 至 35 年前已开始的个人沉思相符合。……关于我自己的著作，虽只有一小部分已经写好，但我的目标本来是一生里不愿意发表的，大多数人对于那里所讨论的问题都抱着不正确的态度。”

他又说：“使我快乐地感到惊奇的是现在可以免去这劳力的耗费，并且特别高兴的，在我面前有这样惊异姿态的正是老友的儿子。”

从这封信的内容来看，高斯肯定了波耶的研究成果，但也不能过分称赞，那样等于自夸，之所以不愿意发表自己的成果，是为了回避传统势力的围攻。

波耶对高斯模棱两可的回信很失望，同时为和高斯的想法相符合而感到

欣慰，更加坚信自己的理论是正确的，期待着尽快得到科学界的承认。

由于学术上的分歧，法卡什只给很小的篇幅附印儿子的论文。经过一再压缩，波耶的论文和他父亲的著作终于在 1832 年出版了。

罗巴切夫斯基的非欧几何

然而俄国数学家罗巴切夫斯基的非欧几何论文，已经在这之前发表了。

就在波耶论文发表的这一年，俄国数学家罗巴切夫斯基因为车祸，几乎成了一个半残废，第二年从军队退役，回到老家。

在这以后，波耶一直过着穷困潦倒的生活。就是在这样艰难困苦的生活中，他仍然从事非欧几何的研究。

1860年，波耶逝世。他的非欧几何没有得到世人的承认。

就在波耶潜心研究第5公设，并发现非欧几何时，比他大10岁的俄国数学家罗巴切夫斯基也大体同时发现了非欧几何。

罗巴切夫斯基于1792年出生在俄国的下诺夫哥罗德，就是现在的高尔基市。他3岁丧父，由善良的母亲把他一手拉扯长大。

由于家境贫寒，生活都难以维持，母亲无法把儿子送去读书，后来在政府的救济下，罗巴切夫斯基才转为公费上学。

1808年，罗巴切夫斯基进入喀山大学学习。他更加发奋读书，努力学习。他的思想活跃，具有生动活泼的气质，敢于主持正义，见义勇为，并且关心他人，助人为乐。

罗巴切夫斯基有坚强的意志，惊人的毅力，能勤奋地学习，不断地探索，又有良好的学习方法，因此他的各门功课都是优秀，特别是他的数学才能和独创精神赢得了全校师生的赞扬，为他后来攀登数学高峰奠定了坚实的基础。

1811年，罗巴切夫斯基大学毕业，因成绩突出而留在喀山大学任教。由于他在数学上的成就，22岁时就当上了喀山大学的副教授，24岁晋升为教授。

罗巴切夫斯基在1816年出任教授后，也加入了试证第5公设的行列，通过几年的努力，他失败了。但是，在失败中，罗巴切夫斯基对第5公设产生了怀疑，并进一步认识到第5公设是不可证明的。

在第5公设不可证明的思想基础上，罗巴切夫斯基开始探索一种新的几何学体系。1823年，他在一份教学提纲中提出建立新几何体系的可能性，并把它上交给校方。

校长马格尼斯基认为，罗巴切夫斯基的设想是狂妄的，彼得堡科学院认为他的学说是邪说。

在困难和挫折面前，罗巴切夫斯基没有像其他数学家那样失败后就放弃了对第5公设的研究，他的最大特点是对于大家难以解决的问题敢于提出新见解，敢于碰硬，敢于创新，勇往直前。

罗巴切夫斯基对新的几何学体系进行不断的理论探索。他提出一个与第5公设相反的假设：过直线外一点至少可以作两条直线和已知道线不相交。

这是一个与第5公设相矛盾的假设，按照这一假设应当推出与欧氏几何相矛盾的结果。但是并没有引出矛盾，而是推出了一个新的几何传统，逻辑严密。罗巴切夫斯基把这种抽象的新的几何系统最初称为“抽象几何学”。

1826年2月11日，罗巴切夫斯基在喀山大学的一学术会议上，宣读了他的不朽论文——《几何原理的扼要简释及平行线定理的一个严格证明》。

在这篇论文里，罗巴切夫斯基提出了“过直线外一点至少可以作两条直线和已知直线不相交”的“罗氏公设”，与欧氏几何中前四条公设相结合，推出了逻辑上毫无矛盾的非欧几何，或叫双曲几何。

罗巴切夫斯基宣读论文的这一天，后来被定为非欧几何学的誕生日。

但在当时，参加学术会议的委员们根本不相信罗巴切夫斯基的学说，否定它的价值，《喀山大学学报》也拒绝发表。

罗巴切夫斯基认为：“任何科学赖以开始的起初概念是由感觉获得的，而由先天获得的是不应该完全相信的。”他坚信自己的思想是正确的，并不因为受到攻击和谩骂而退让，相反，为了维护真理而不屈不挠地坚持斗争，继续发展自己的思想和学说。

这时候，喀山大学的政治形势发生了变化。1825年老沙皇亚历山大一世死后，惯于献媚的马格尼斯基向王太子康斯坦丁大献殷勤，而贬低尼古拉。但是他根本没有想到尼古拉继承了王位，于是被撤职，压制和打击罗巴切夫斯基就是他的罪行之一。

罗巴切夫斯基升任物理数学系主任，1827年又担任喀山大学校长。

罗巴切夫斯基就是在喀山大学这样特定的政治形势下，得以在该校的学术会议上宣读了非欧几何的论文，让世人知晓，而匈牙利的波耶作为一个服役军官，虽经种种努力和斗争，都无力使他的论文尽快问世。

罗巴切夫斯基是一位十分大胆的数学家、管理学家和教育家，对旧的传统势力和封建思想不卑躬屈膝，敢于抵制各种不正之风。

他在担任物理数学系主任和大学校长期间，对上级教育部门下达的指示有时不听，在他看来，教育部门的指示有时违反教育规律，不符合实际情况，不应该盲目执行。对违反客观规律和学校声誉的指示和意见，不管官职多大，一律抵制和反对，不怕丢官，不怕坐牢。

一些不明真相受欺骗的人，对他的正义行为经常进行诬蔑和诽谤，甚至嘲笑和谩骂，但他从不因为这些舆论而放弃自己的观点和理想，从不放弃对科学的真诚，对真理的追求。

罗巴切夫斯基在从事教育行政事务活动之余，继续研究他的新几何体系。1829年，他写成了《论几何学的定理》的论文，终于在1829年底至1830年初的一期《喀山大学学报》上发表了。

罗巴切夫斯基的不朽功绩，在于他向人类几千年来确信不疑的欧氏几何体系进行了挑战，推翻了欧氏几何是唯一可能的空间形式的说法。非欧几何的产生，改变了欧氏几何中的平行公理，是几何学的重要组成部分，对整个数学的发展起了很大的促进作用。

非欧几何是人类空间认识史上的一次质的飞跃，它后来在相对论中得到了论证，并在天体物理学和原子物理学中得到应用。

然而在非欧几何创立之初，它备受冷落，即使在波耶、罗巴切夫斯基和高斯的故乡匈牙利、俄国和德国，同样没有引起人们的重视。

到德国杰出数学家黎曼创立了一种更为广泛的非欧几何时，非欧几何才逐渐为人们所瞩目。

接力赛中又一棒

1826年9月17日，黎曼生于德国汉诺威的一个乡村牧师家庭，虽然家庭贫困，但小黎曼的头脑特别聪明。

6岁时，黎曼上学后即崭露出他的数学天才。几年后，他甚至超过了乡村数学教师的水平，解题方法更高明。由于贫穷的乡村教师在教学之余，还要忙一些家里的活计，便经常请黎曼代他上数学复习课，这对黎曼数学水平的提高很有好处。

1840年，黎曼进入大学预科学习，因学习的勤奋和成绩的突出而得到校长的赏识，便把自己的私人图书馆向黎曼开放。

黎曼立即钻进图书馆里，如饥似渴地阅读起来，对那些数学书籍尤感兴趣，以惊人的速度和难以令人相信的理解力，攻读数学名家的著作。

1845年，黎曼以优异的成绩考进哥廷根大学。父亲希望他学习神学，将来成为一名出色的牧师，然而黎曼迷恋于数学。又被哥廷根大学浓郁的数学研究气氛所感染，便放弃神学而改学数学。

这时，高斯已经年迈，黎曼便成了德国另一个著名的数学家狄黎克雷的学生。狄黎克雷在数论和级数方面取得了很大成就，并熟悉德国和欧洲其他数学家的成就和思想，这对指导黎曼的数学发展起了很大作用。

黎曼在数学上很快成长起来。

1851年，黎曼完成了博士论文《复变函数论的基础》。在这篇论文里，他把单值解析函数推广到多值解析函数，并且引入“黎曼曲面”的重要概念，确立了复变函数的几何理论基础。因而他是复变函数论的创始人之一。

这是数学史上的一篇出色的论文，高斯给予了很高的评价：“作者对论文中讨论的课题进行了深入而透彻的研究，能够进行创造性的、真正数学的思维，具有极其丰富的独到见解。”

高斯最后肯定这是一篇很有价值的论文，远远超过了对博士论文的要求。

黎曼开始研究非欧几何学。波耶和罗巴切夫斯基认为第5公设不可证明，都提出了自己的新几何体系。

罗巴切夫斯基的非欧几何体系是以“过直线外一点至少可以作两条直线与已知直线不相交”为前提的。黎曼在研究这个问题中，认为在一种更为广义的曲面中，根本没有平行直线。

根据这一结论，黎曼又演绎出了一种新的几何体系，这样就出现了两种非欧几何，一种就是罗巴切夫斯基的双曲几何，一种就是黎曼的椭圆几何。

黎曼在学术上有所进展，然而他的工作却无着落。在获得博士学位后，他由于出身贫寒等原因，一直没有找到正式工作。

黎曼希望能在数学研究气氛浓厚的哥廷根大学工作，第一步便是申请编外讲师。

按照德国大学的惯例，申请人首先要进行论文演讲，由申请人自己呈报3个演讲题目，然后学校学术委员会根据其水平最后定夺。

一般来说，申请人要呈报3个题目，学术委员会让申请人演讲第一个题目，第二个题目和第三个题目只是做做样子而已。因此，第一个题目都是申请人花费时间最多的，经过精心准备和深思熟虑的。

黎曼向学术委员会呈报了3个演讲题目，认真地准备着，希望能像博士

论文那样获得评委们的高度评价，从而登上这所著名大学的数学讲坛。

欧洲最大的数学权威高斯，也是学术委员会的评委之一。当他看到黎曼的演讲题目时，不禁被吸引住了；“关于几何基础”不就是自己从18世纪末就开始思考的问题吗？由于害怕世人的围攻而没有发表，后来匈牙利的波耶和俄国的罗巴切夫斯基终于大胆地把它发表出来，并创立了非欧几何，了却了自己的一桩心事。

现在黎曼又提出这个问题，难道又有什么新见解吗？高斯很想知道。

但是，从题目的排列顺序来看，“关于几何基础”排在第三位，高斯不禁眉头一皱，难道这个题目仅仅是做做样子吗？

对于黎曼，高斯是了解的。这个青年数学根底深厚，思想活跃，对很多数学问题都有独到的见解，对这个题目肯定有所研究，于是决定打破常规，让申请人演讲第三个题目，一方面看看“具有独创精神”的黎曼如何应付这个挑战，一方面满足自己难以遏制的好奇心理。

学术委员会向黎曼发出通知，要求他演讲第三个题目。

黎曼感到非常突然。

为了应付这一次演讲，黎曼集中精力准备了第一个题目，而把第二、第三个题目搁置一边了。当演讲日期快要临近的时候，却临时换了一个题目，这是黎曼没有料到的。

在通常情况下，申请人如果准备不充分，可以拒绝演讲，等准备成熟时，再一次申请。

而富有挑战精神的黎曼并没有放弃这次机会，他对提出的3个题目都有所研究，只不过第一个题目研究得更充分罢了，何况他对第三个题目已有思路 and 结果，只缺少严密的论证。

黎曼立即投入到第三个题目的研究中，力争在最短的时间内完成这一工作。

夜深人静，人们早已结束一天的劳作而进入了梦乡。

在一片黑暗中，哥廷根大学宿舍区却透出一一点微弱的光亮。煤油灯好像已经疲倦了，只放射出昏暗的弱光。灯光下，一个青年好像毫无倦意，正在进行紧张的数学研究。

这个青年就是黎曼，演讲日期越来越接近，他不得不夜以继日地奋战。为了写出出色的论文，他的大脑像一台高速机器，超负荷地转动。

演讲日期到了，高斯和其他评委们静静地坐在演讲厅上。高斯心情激动，急切地期待黎曼汇报新成果。

黎曼胸有成竹地走上讲台，滔滔不绝地演讲起来。

“在欧氏几何中，过直线外一点只能作一条与已知直线平行的平行线；在罗巴切夫斯基的非欧几何中，过直线外一点至少可以作两条与已知直线平行的平行线；而我认为，过直线外一点根本不能作出与已知直线平行的平行线……”

在黎曼的演讲过程中，高斯和其他教授为之惊异，赞叹不已。

这是数学史上最为成功的学术演讲之一。黎曼对已知几何作了纵贯古今的理论概括，创立了新的非欧几何体系，即椭圆几何，开辟了微分几何发展的新途径。

黎曼终于成为哥廷根大学的编外讲师，自豪地站在哥廷根大学神圣的讲坛上，传授自己丰富的数学知识。

此后，黎曼又取得了一系列的成果。

在《关于利用三角级数表示一个函数的可能性》的论文里，指出可积分函数不一定是连续的，并给出判断积分存在的准则。而在这之前，法国著名数学家柯西曾证明，连续函数必定是可积分函数。

在论文《在给定大小之下的素数个数》中，提出“黎曼猜想”，至今还没有人能证明。

黎曼对数学的许多重要分支都曾作出贡献，以他名字命名的数学术语、概念和方法有十几条，诸如“黎曼曲面”、“黎曼几何”、“黎曼猜想”、“黎曼函数”、“黎曼映射定理”等。

1866年7月20日，由于过度劳累，黎曼因病逝世，年仅

通过一代又一代数学家的研究，关于第5公设的数学之谜终于揭开了。

欧氏几何和非欧几何的关系。有点类似牛顿力学和相对论力学的关系，当考虑局部不变的性质时，欧氏几何是正确的；当考虑宏观宇宙时，就要采用非欧几何。

非欧几何的创立，不仅在微分几何、微分方程、复变函数论等领域里有重要作用，而且也为后来的现代物理学，特别是广义相对论的建立准备了必要的数学工具。

高等代数的开创性进程

19 世纪数学的另一伟大成就，是高等代数的开创性进展。

代数学的主要内容之一是求解代数方程和代数方程组。

早在古代数学的发展中，数学家们就发现了一次、二次、三次、四次代数方程的根式求解法。后来数学家们开始向五次和五次以上的高次代数方程进军，力图用同样的方法求解高次代数方程。在这个过程中，开创了一个新的数学分支——群论。

在对高次方程的根式求解中，做出杰出贡献的是两位不到 30 岁的年轻数学家阿贝尔和伽罗华。

阿贝尔是挪威人，于 1802 年 8 月 5 日出生在克里斯卡尼亚附近的一个贫苦乡村牧师的家里，幼年丧父。由于家里生活非常困难，使阿贝尔不能按部就班地求学深造。

阿贝尔自幼聪明好学，数学成绩出众，因家境贫寒，常常依靠周围的人和亲友的帮助，使他在求学时期就结交了许多朋友。

从中学时代起，阿贝尔对数学更感兴趣，这和学校的数学教师霍伦波很有关系。霍伦波有较高的数学知识，对班级的数学尖子阿贝尔非常喜欢，注意培养他的数学才能，发掘他的数学天赋，借给他数学家的名著。

从此，阿贝尔一头扎进数学家的著作里，刻苦攻读，成了“数学迷”。

中学还没有毕业，阿贝尔就向当时公认的数学难题，关于五次方程的代数解法展开了进攻。

我们知道一元一次方程的求根公式，也了解一元二次方程的两个根的求根公式。

比如在二次方程 $ax^2 + bx + c = 0$ ，其中 x 是未知数， a ， b ， c 都是已知数，那么这个二次方程的根可用公式： $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 来计算。

凡是给出这样一个公式的，就把方程称为“可以代数求解”，凡是给不出这样一个公式的，就把方程称为“不可以代数求解”。

二次方程的代数解法，很早就解决了。三次、四次方程的代数解法，已在 16 世纪由意大利数学家塔塔里亚和费拉利等人解决了。

数学家的目光自然地转移到五次方程或更高次方程的求根公式上。在 17 世纪和 18 世纪，几乎所有数学家都研究过这个问题，但都没有成功。著名数学家欧拉和拉格朗日也研究过这个问题，拉格朗日说，这个问题好像是在向人类的智慧挑战。

既然许多人的尝试都失败了，是否像欧氏几何中的第 5 公设不可证明一样，根本不存在四次以上高次方程的代数解法呢？但是，这也需要数学证明。

1801 年，高斯在他的《算术研究》一书中指出，某些高次代数方程能够用根式法求解。但是，他没有进行严格的证明。

阿贝尔在中学就向这个难题进军，充分发现了他初生牛犊不怕虎的闯劲，以及青年人那敢想敢干的蓬勃朝气。当然，他的努力失败了，毕竟他还太小，掌握的数学知识太少，单凭朝气和闯劲是解决不了问题的。

1820 年，阿贝尔在亲友的帮助和支持下，考入大学。当时，这所大学没有数学系，而阿贝尔的特长在数学方面，于是他在完成学校规定的课程外，把全部时间和精力用于研究数学。

在大学期间，阿贝尔继续研究五次方程的求解问题。怎样用加、减、乘、除和开方的代数运算，来求出五次方程的解呢？他冥思苦想，反复运算，希望有朝一日能解决这个难题。

阿贝尔善于学习前人的经验，特别对一些数学大师的著作深有研究。欧拉、拉格朗日、柯西、高斯等人的著作和文章，都对阿贝尔很有启发。

通过不断的探索和研究，在 1824 年，22 岁的阿贝尔根据意大利数学家鲁芬尼的预言，证明了五次代数方程用加、减、乘、除、开方等代数运算将根明显地表达出来是不可能的。

在此基础上，阿贝尔写成论文《论代数方程，证明一般五次方程的不可解性》，从而解决了几百年一直没有解决的问题，开辟了近代代数方程论的道路。这篇论文，以后被收进阿贝尔的全集，流传至今。

但在当时，阿贝尔必须自己掏钱来印刷论文。贫穷的阿贝尔读书都要别人资助，哪里有钱呢？阿贝尔深知这一结果的重要性，为了让更多的人知道，便咬紧牙关，把论文浓缩成只有 6 页的小册子，印刷了出来。可惜的是，由于论文太短，他的证明就显得不够充分了。

阿贝尔满怀信心地把这些小册子寄给外国一些著名的数学家，希望得到他们的肯定。

但是，阿贝尔没有想到，一个 22 岁的不知名的小人物，解决了几百年悬而未决的大问题，这能叫人相信吗？当那些数学权威们收到他那印得很差的论文时，有的人随手翻了一下便扔进了垃圾堆，甚至有人连翻都没有翻，就弃之一边了。

当数学之王高斯收到小册子时，觉得用如此短的篇幅来证明这个著名的问题是不可可能的，便随手放进了书堆里。他哪里知道，这个小册子是阿贝尔无钱出版而高度浓缩的呢？

大学毕业后，阿贝尔为了得到名家指点，钻研自己喜爱的数学，在 1825 年来到德国柏林。由于找不到工作，只得靠投稿加做工来维持生活。但不管遇到什么困难，他都离不开数学，而是仍然按照他的计划和目标向数学王国冲锋陷阵。

阿贝尔是一个意志非常坚强的人，他钻研数学的目的，不是为了金钱，也不是为了出人投地，更不是为了成名成家，而是为了科学。即使再极端的困难，甚至在连肚子都填不饱的情况下，他仍然没有放弃数学研究，而是信心十足地探讨数学问题。

1826 年，阿贝尔到了法国。他把写成的长篇论文《论一个非常宽广的超越函数族》，托人转交给大数学家柯西，直到年底一直音讯杳然。

由于阿贝尔在国外受到冷遇和歧视，生活又没有保证，1827 年，他只好回到挪威。回国并不意味着生活有了保障，等待他的仍然是穷困潦倒。

不久，阿贝尔在朋友的帮助下，到一所军事学院代课，生活稍有改善。由于贫穷就像老朋友一样始终没有离开过他，已经把他的身体折磨得越来越虚弱了，生命留给他的时间已经很少了。

阿贝尔抓紧最后的时间，拼命研究数学，又取得了一些成就。

1829 年 4 月 6 日，这位年仅 27 岁的青年数学家逝世。

在阿贝尔短暂的一生中，他在数学的许多方面都取得了很有创见的成就。

首要的成就是，证明了五次方程不可能用一般数学方法求解，震动了整

个数学界。

其次是彻底证明了二项式定理。

再次是创立了椭圆函数论，等等。

如果大数学家高斯、柯西等人在认真地看过阿贝尔的杰出论文后，为他说上一句话，就会使他摆脱贫困，而不至于英年早逝，那么阿贝尔将不知道要解决多少数学难题，数学发展的步伐就会大大加快。

英年早逝的天才

挪威 27 岁的数学家在数学史上写下了光辉的一页，法国 21 岁的数学家伽罗华也为数学做出了杰出的贡献。

伽罗华于 1811 年出生在巴黎附近的布拉兰镇。这时的法国已由轰轰烈烈的大革命而转入波旁王朝的复辟时期。他的父亲参与政界活动，是一位热衷于民主共和的政治家；母亲是一位法官的女儿，聪明而有教养，曾当过教师。

法国的政治形势和家庭环境，对伽罗华的成长和处世都有一定的影响。们罗华的启蒙老师是母亲，善良的母亲对他要求非常严格，亲自给他上课和批改作业，在作业中如果哪里有错，必须重做，直到正确为止。母亲不仅教给儿子各种基本知识，还介绍了古希腊文学中的英雄故事。

1823 年，伽罗华考入一所皇家中学，在中学时，伽罗华最感兴趣的课程是数学，很快，课本上的数学内容已不能满足他了。数学老师为有这样的学生而高兴，亲自为他找来拉格朗日、高斯、柯西等数学名家的著作，伽罗华如获至宝，津津有味地读起来。

伽罗华很快就坠入数学王国的深河而不能自拔，在数学领域中表现出来的深刻的理解力令人吃惊。

由于他对数学有特殊的偏爱，而对其他科目没有好好学习，因此他在报考巴黎著名的综合技术学校时，没有被录取。1828 年，他考入了巴黎师范大学。

这一年，年仅 17 岁的伽罗华在老师的鼓励和指导下，写出了第一篇学术论文——《关于五次方程的代数解法问题》，并把它提交给法国科学院。

这篇论文标志着伽罗华数学研究的开始。

然而伽罗华太年轻了，才只有 17 岁，数学界的权威们根本没有把这个毛头小伙子放在眼里，他的论文当然没有受到重视。

经伽罗华和他的老师一再请求，法国科学院决定审查伽罗华的论文，负责审查的是当时的大数学家波松和柯西。

审查会议终于开始了，不幸的是，柯西怎么也找不到伽罗华的论文，原来他把这个“小人物”的论文弄丢了，评价无从谈起。

这件事发生在大数学家柯西的身上，是很不应该的，人们无法原谅柯西的草率和不负责任的态度。

柯西无可奈何地建议伽罗华重写论文，去参加科学院举办的大奖赛。

1829 年，伽罗华把论文修改整理后，又呈送科学院。因柯西离开法国，这次负责审查的是院士傅立叶，然而，傅立叶不久因病逝世，在他遗留下来的文稿中，伽罗华的论文又被弄丢了。

伽罗华的研究成果再次石沉大海！

法国科学院的草率令人难以容忍！

伽罗华的论文又一次失去了被肯定的机会。当他在 1830 年底得知这一消息时，显得非常暴躁，但他血气方刚，相信自己的理论是正确的，便继续努力，勇往直前。

1831 年，伽罗华写成了《关于用根式解方程的可解性条件》的论文，第三次送交审查。

审查人波松无法对伽罗华的论文做出判断，当然也就不会发现其中所包含的划时代的数学思想，于是写下了他的审查结论：“完全不能理解！”

伽罗华生不逢时，他的光芒四射的论文就这样被否定了。

伽罗华的论文三次遭到厄运，是很不公平的，这个 20 岁的年轻人能经受住这种挫折和打击吗？伽罗华没有退缩，倔强的性格使他继续向方程论、群论、函数等领域进军。

伽罗华在勤奋研究数学的同时，积极参加政治活动。

1830 年 7 月，法国人民掀起了推翻波旁王朝的第二次资产阶级革命，革命取得了胜利，推翻了波旁王朝复辟的封建专制制度，但是革命的成果落到了金融资产阶级的代理人路易·菲利浦的手中。

伽罗华积极参加这一革命，走在人民斗争的前列，并组织同学共同为推翻封建国王的独裁统治而斗争。他还揭发学校的校长在“七月革命”中的两面派行为，而被学校开除。

被开除后，伽罗华并没有改变自己的主张，而是更积极地投身到反对路易·菲利浦的斗争中，还参加了激进的共和主义组织“人民之友”，经常串联一些进步青年，进行革命宣传和集会，上街游行示威。

他的这些活动，引起了官方的注意，遭到了反动政权的迫害，两次被捕入狱。

伽罗华在监牢里毫不屈服，慷慨陈词，进行不妥协地斗争，并发誓：“如果为了唤起人民需要我死，我愿意牺牲我的生命。”

伽罗华性格倔强，刚正不阿，既痴情于数学研究，又热心于政治活动，从而把科学理想和政治信念结合起来，追求真理，并为真理而不懈地斗争。

监狱生活没有阻止伽罗华的数学研究。监狱里虽然生活苦，条件差，但伽罗华仍能静下心来，抓紧一切时间刻苦钻研数学。

9 个月的监狱生活，伽罗华的身体遭受了严重的摧残，1832 年 4 月，因病出狱就医，不久期满释放。

伽罗华出狱后，打算继续从事数学研究，可是，由于受人挑逗和爱情的原因，伽罗华与人相约在 5 月 30 日决斗。

在决斗前夕，伽罗华写了两封遗书。

一封是写给革命战友的。他说，我请求我的革命战友们不要责备我不是为自己的祖国而献出生命，我曾想尽办法拒绝决斗，但是迫不得已才接受了挑战。

伽罗华在生命的最后时刻，仍然想着他的祖国，他的战友。

另一封是写给好友舍瓦列耶的，内容是他精心研究的数学成果。伽罗华说：“这些想法在我的脑海里已经有一段时间了”，请你把它“刊载在《百科评论》杂志上”，并请你“公开向雅可比和高斯请教，请他们发表自己的意见，谈谈这些理论的意义和价值”。

伽罗华还是忘不了数学。

1832 年 5 月 30 日，伽罗华在决斗中身受重伤，第二天去世，年仅 21 岁。

伽罗华的一生是极其短暂的，然而却为数学做出了重大贡献。

伽罗华的主要成就，是彻底解决了用根式解代数方程的可能性的判断问题。他发现了每个方程必有反映其特性的置换群存在，从而应用群论的方法解决了代数方程可用根式求解的条件。

从此，代数学的中心问题不再是解方程，而渐渐转向代数结构本身的研究。

伽罗华为群论的建立、发展和应用奠定了基础。他和阿贝尔是近世代数

的创始人。

可是，伽罗华的成就在当时没有受到重视。

直到 1846 年，法国数学家刘维尔把伽罗结的成果刊印在自己创办的数学杂志上，人们才开始了解这些成果的重要性。法国数学家若当在 1870 年出版的著作《置换和代数方程专论》中，进一步阐述了伽罗华的思想。

这样，伽罗华超越时代的天才思想，才逐渐被人们理解和承认。

人们为伽罗华这样的天才过早地离开人间而感到惋惜。有人说，如果伽罗华还活着，将使数学发展加快数十年。

的确如此。

然而，他的论文三次遭厄运，他本人被学校开除，又两次被捕；即使在死后，他的成果也不被人理解和尊重，我们怎么能责怪这位不足 21 岁的年轻人呢？

康托尔的集合论

科学的道路是崎岖不平的，创立新思想的人，大多受到传统势力的反对、打击和迫害，康托尔创建的集合论，是又一个典型的例子。

1845年3月3日，康托尔出生在俄国波得堡一个具有犹太血统的家庭，11岁时，与父母移居德国法兰克福。

康托尔从小就学习勤奋，喜欢独立思考问题，并对数学产生强烈的兴趣，成为一名数学家是他的远大志向。

1863年，康托尔考入德国著名的柏林大学，按照他父亲的主张学习工程学。当时处于科学研究旺盛时期的数学大师魏尔斯特拉斯，正在柏林大学任教，他对康托尔影响很大。

康托尔越来越不喜欢工程学，在征得父亲的同意后，不久转为学习纯数学。

1867年，康托尔获得数学博士学位。他的数学论文没有什么独创性的见解，为此产生了是否授予他博士学位的争论。以严厉著称的克罗内克教授提出反对意见；而魏尔斯特拉斯等教授认为，康托尔的论文写得很出色的，观点鲜明，证据充分，虽然没有创新，但还是基本符合博士论文的要求的。

为了激励青年人勇攀科学高峰，康托尔最终还是得到了博士学位。

魏尔斯特拉斯把这一情况告诉了康托尔，并勉励他要刻苦钻研，不断进取，多出成果，为母校争光。

康托尔非常激动，决心为数学发展做出贡献，报答母亲的关怀。

1869年，康托尔担任哈勒大学的讲师。

1872年，康托尔在研究高斯的论著时，将其数论中的一个结论，外推到适合无穷集合的情形，开始了他的集合论的研究。

我们知道，数字1的后面是2，2的后面是3，3的后面是4……那么最后边的是什么呢？数学家称之为“无穷”，从1到“无穷”组成的集体，被数学家称为“无穷集合”。

从古希以来，人们在讨论集合的时候，有很多问题迷惑不解。

伟大的科学家伽利略也与无穷集合打过交道，提出过一个悖论：一方面，整数和偶数可以一一对位，从而认为它们同样大；另一方面，偶数又是整数的一部分，这样一来就得出了部分可以等于整体的结论。

伽利略最终以“不可理解”而放弃了对这个问题的研究。

在19世纪以前的科学家，对无穷集合这个无底的深渊，绝大多数都是绕着走，躲开它。而康托尔勇敢地对这个深渊进行探秘。

康托尔废寝忘食地进行研究，首先熟悉一下这一领域的历史发展状况，看前人的思路是怎样的，研究不下去的问题是什么，为什么研究不下去。然后，根据自己的研究，解决这些问题，并进一步发现新问题，解决新问题。

康托尔的数学思想是有创造性的，提出了一一对应的概念，从而得出了比较无穷集合大小的方法：

比如，是整数集合大还是偶数集合大？对这个问题，康托尔采取配对的方法，把每一个整数和每一个偶数配成一一对应：

1, 2, 3, 4, 5,

2, 4, 6, 8, 10……

这样的排列和配对将永远进行下去，以至无穷。

康托尔的配对方法不是随意的，而是要所有的元素都恰好配对，如果能找到这种配对，那么这两个集合就有相同的“势”，或称这两个集合是等势的。

从上面的排列和配对来看，整数集的每一个元素正好对应偶数集的另一个元素，因此，整数集和偶数集是等势的。两者一样大。

于是，康托尔得出结论：如果在两个集合的元素之间可以建立某种一对一的对应关系，则这两个集合就定义为等势的，也就是大小一样的。

这是测量有穷集和无穷集大小的一把“尺子”。

无穷集都是等势的吗？不一定。康托尔证明了，一个正方形面上的点的集合，并不比正方形一边上的点的集合有更高的势；一条线段上的点的集合，比自然数集有更高的势。

康托尔研究的结果，是非常有趣和怪异的。这使他感到困惑，他说：“我得到了它的结论，但我不敢相信它。”

难道是这个结论错了吗？

康托尔检查了每一步骤，反复运算，无论是研究过程还是研究方法，都是正确的。

康托尔深信不疑。

1874年，康托尔发表了无穷集理论的第一篇论文，标志了集合论的诞生。

对这一篇论文，康托尔是忐忑不安的，自己怪异的结论能使数学界接受吗？同时，他也认为新生事物的产生不是一帆风顺的，过一段时间，自然会得到人们的承认，阿贝尔和伽罗华的理论就是一个例证。

然而，论文发表后，并没有引起普遍的斥责和打击。

康托尔信心倍增，1878年，又发表了第二篇关于集合论的论文，数学界仍然风平浪静。

紧接着，康托尔发表了一系列论文。

在论文中，他引进了“可列”一词，把凡能与正整数构成一一对应的任何集合都叫可列集合。他还证明了有理数集是可列的，所有代数数全体构成的集合也是可列的，而实数集则是不可列的。

康托尔还提出了“超穷基数”和“超穷序数”的概念，关于它们的理论，更是一大创举。

随着康托尔发表的集合论的论文不断增多，他立即遭到了一些人的攻击，有人说他“信口开河”，有人说他“无病呻吟”。渐渐地讽刺、嘲笑、围攻接踵而来，几乎压得康托尔透不过气来。

当时的权威克罗内克，对康托尔进行了严厉的批评和打击，更带动了一大批人向康托尔射去了讨伐之箭。

在巨大的压力和打击下，1884年，康托尔得了精神分裂症，并发展到精神崩溃，成了一个疯子，每天都自言自语地说：“我是对的！”“你们是错的。”

康托尔被送进了医院。

真理毕竟是真理。康托尔的集合论得到了一些数学家的支持，著名的希尔伯特说过：“没有人能把我们从康托尔为我们创建的乐园中赶出去！”

1897年，康托尔的集合论在第一次国际数学家会议上，最终得到了承认。

康托尔的集合论对现代数学的结构产生了重大影响，它在数学的不少分支得到了应用。

一代数学巨人康托尔于 1918 年 1 月 6 日逝世。

细胞学说的建立

血液循环的发现

生物学是研究生命运动的科学，它与人类的生存和生活有着密切的关系。由于生命运动是自然界中最复杂、最高级的物质运动形式，由于自然界中生物种类的异常繁多、不同物种之间又存在极大的差别，所以古代没有形成真正科学而系统的生物学。

随着近代科学的兴起，对生物的观察和实验研究也加强了，初步形成两条研究路线：一是以林耐为代表，着重研究群体，主要运用观察和分类的方法；一条是以哈维为代表，着重研究个体，主要运用解剖和实验的方法。

近代生物学的突出成就，是建立了细胞学说和生物进化论。

这里着重探讨细胞学说的建立。

从哈维发现血液循环到建立细胞学说，经历了 200 多年时间。这一方面是由于需要新的研究工具，就是显微镜的发明和改进；另一方面是由于生命现象太复杂、大奥秘的特点所决定的。

血液循环理论是随着医学的发展而建立起来的。

在欧洲，医学一直是一门主要学科。然而，在医学界，古罗马时代留传下来的盖伦学说，一直占据统治地位。

古罗马医生盖伦，在医术和医学上有杰出的成就，但是他关于心脏血液运动的看法是不正确的。他认为血液是从右心室通过心脏中隔流入左心室的，并在体内消耗干净，用想像中的各种“灵气”来解释生命现象。

意大利医学教授维萨里在 1543 年出版了解剖学巨著《人体结构》，指出人的心脏的中隔很厚，并由肌肉组成，血液不可能通过中隔从右心室流入左心室。

西班牙医生塞尔维特在 1553 年出版的《基督教的复兴》中，认为血液从右心室流入肺部，经过空气净化后，鲜红的血液又从肺部流入左心室，形成循环，即小循环。

塞尔维特已接近发现血液循环，但还没等他继续研究下去，他就因触犯教义而被活活烧死。

然而，塞尔维特关于血液循环的观点却被哈维继承和发展了。1628 年，哈维出版了《心血运动论》，指出了血液在整个人体内不断循环即大循环的理论，用简洁的语言阐明了血液循环学说，使生理学成为一门独立的科学。

哈维是怎样发现血液循环的呢？

当时已经知道两种血管，就是动脉和静脉。盖伦认为血液在静脉一端被制造出来，在动脉的一端被消耗干净。

哈维巧妙地进行了这样的计算。人的心脏容血量约 2 英两，每当心脏收缩时，会把这些血液压入动脉；而当心脏放松时，又有同样多的血液从静脉重新流入心脏。如果心脏每分钟跳动 72 次，那么人的心脏在 1 小时内的排血量就有 $2 \times 72 \times 60 = 8640$ 英两，大约等于人体体重的 3 倍。

很显然，这样多的血液既不可能于 1 小时内在动脉末端消耗干净，也不可能从静脉始端重新制造出来。

因此，血液必然通过某种途径形成一个循环。哈维第一次把血液循环的动因归结为心脏肌肉的机械收缩。

哈维描述了静脉血液流到右心室，然后进入肺里，在肺里变成鲜红的血液后流回左心室，从左心室进入动脉血管流遍全身，再流到静脉后回到右心室，完成一个循环过程。

哈维的正确理论也遭到传统观念的强烈反对。他们提出：动脉血是通过什么途径流入静脉的呢？

哈维死后，在 1660 年，意大利人马尔比基用显微镜看到了青蛙肺部的毛细血管。1688 年，荷兰人列文虎克在青蛙的脚里看到了血液通过毛细血管的实际循环过程。

科学仪器帮助人们发现了动脉血流向静脉的毛细血管，完全证实了哈维关于血液循环的发现。

有生源说和无生源说

预成论和渐成论所争论的是生物个体发育问题。

但是，生命是从哪里来的呢？这是人们在认识生命过程中最早提出来的一个问题。围绕这个问题，形成两种观点，一是无生源说，一是有生源说。

无生源说认为，生命物体能从非生命物体中自发产生，如腐草化萤，滞水孳蚊。

有生源说认为，物种都是由以往生物繁殖而来的，原始生命是一切后来生命的渊源。

在世界各国的大多数早期文化中，都有神造人和天地生万物的神话传说。这是早期人类对自然现象的无知和对灾难的无法躲避而产生的臆想。

我国古代的荀子说：“积土成山，风雨兴焉；积水成渊，蛟龙生焉。”由此可见，这个蛟龙是自然产生的。类似这种自然产生说，如汗液生虱、腐肉生蛆等，中外古代都很盛行。

甚至有人认为，把破烂衣布加上杂粮等物品放在阴暗人稀处，只要“处方精确”，过一段时间就能产生“人造小矮人”。还有人认为，把小牛打死后勤埋在地下，露出双角，过一段时间把角锯掉，就能从角里飞出蜜蜂。

在17世纪中期，意大利医生雷迪首先对无生源说提出怀疑。

他是首先用实验的方法来研究自然发生问题的学者。他把一块鲜肉分成两份，分别放入两个洁净的容器内，一个容器口上加上牛皮罩，另一个容器敞口。

过一段时期，他发现两块鲜肉都已腐败，无罩容器内的腐肉长有蛆虫，而有罩容器内的腐肉却没有蛆虫。

雷迪断定，腐肉表面的蛆虫是外面的苍蝇排卵所致，不是由腐肉直接产生的。

雷迪的实验第一次动摇了非生源说。

18世纪，意大利博物学家斯巴兰兹尼，通过实验沉重地打击了非生源说。

斯巴兰兹尼于1729年生于意大利，从小喜欢小动物，经常和蚂蚱、甲虫等作伴。中学毕业后考入波洛尼亚大学，开始微生物学的研究。当时，人们普遍认为生命可以自发产生，就连有位博物学家也说：“怀疑甲虫、蚂蚁产自牛粪，就是怀疑理性、感官和经验。”他还说埃及田野的老鼠是由尼罗河的淤泥生出来的。

可是，斯巴兰兹尼认为，生命不可能自发产生，有生命的动物包括微生物在内，一定都有母体，就像每个人都有母亲一样。

怎样证明自己的想法呢？

斯巴兰兹尼苦苦思索。有一天，他偶尔翻到了雷迪所写的小册子，立即被小册子的实验吸引住了，顾不得深更半夜，立即重做了雷迪的实验，并得到了相同的结果。

这个实验使斯巴兰兹尼非常兴奋，紧接着，他又去证明微生物也有母体，而不能自发地产生。

微生物作为生物的一大类，和植物、动物并列，共同组成生物界。

实际上，微生物大都处在动物和植物还没有分化的阶段，或者兼有两者的特征，而两者特征又都不典型。我们一般把肉眼难以看见的小动物，比如

细菌，称为微生物。

一天，斯巴兰兹尼在报纸上看到一条消息，说的是英国一个叫尼达姆的神父，用显微镜看到一些小动物，从羊肉汁里奇妙地生殖出来，轰动了学术界。

斯巴兰兹尼根本不相信这么回事，小动物决不会从羊肉汁里生出来。他想，可能是尼达姆在做实验时，装羊肉汁的瓶子没有把盖子盖上，或者是加热的时间还不够而造成的。

“我要亲自做这个实验，揭开这个秘密。”斯巴兰兹尼自言自语。

说干就干。他把几种不同的种子分别放进烧瓶里，并把瓶口封死，然后用大火熬，其中一部分瓶子只煮几分钟，而另一部分瓶子则煮几小时。

已经深夜4点了，斯巴兰兹尼把最后的几个瓶子捞出来，放在一边。这时，他才感到饥饿难耐，便恋恋不舍地离开实验室。

几天后，斯巴兰兹尼检验实验结果。当他用显微镜观察煮过几小时的瓶中汤汁时，什么也看不见，根本没有尼达姆所说的那些小动物。当他再观察只煮过几分钟的瓶中汤汁时，竟惊奇地看到许多小动物在蹦跳游戏。

斯巴兰兹尼认为，只煮几分钟的瓶中汤汁出现小动物，是因为这些小动物的生命力能经得起几分钟的热力，它仍然能在种子的母体中进行繁殖，而经大火长时间煎熬后的液体就什么也生不出来了。

根据这个实验结果，斯巴兰兹尼写成一篇出色的论文发表在1768年的学术杂志上，引起强烈的反响。

当尼达姆看到这篇论文时，开始也感到惊奇。维护自己的观点和面子的心理驱使他去寻找新论点，来证明无生源说。

为什么在斯巴兰兹尼长时间烧煮后的汤汁里，找不到小动物了呢？尼达姆思考着。突然，他想到，一定是长时间的烧煮损伤了生长力，甚至烧死了生长力，因此，汤汁才生长不出小动物来。

尼达姆终于找到了原因，兴奋地给斯巴兰兹尼写信说：“你的实验看起来好像是成功的，但只能骗别人，而骗不了我。由于你长时间地烧煮，大大损伤了生长力，当然在汤汁里生不出小动物来。如果你不损伤生长力，那么肯定能生出小动物来。”

尼达姆最后又郑重地宣称：“正是靠这个生长力，亚当的肋骨，才能长成夏娃。”

斯巴兰兹尼看完信后，觉得尼达姆说的有一定道理，难道是自己错了吗？不！生物是不会自发地生长出来的，他坚信这一点。斯巴兰兹尼喜欢用事实说话，他又投入到紧张的研究中，寻求实验依据。

他又把几种不同的种子放进不同的瓶子里，灌满清水。这一次，他把一部分瓶子的瓶口用火熔合封死，另一部分瓶口只用木塞塞住。再把两种不同封口的瓶子分别分为两组，第一组只烧煮几分钟，第二组则烧煮几小时。

过了几天，斯巴兰兹尼来到实验室，用显微镜逐一观察每个瓶子里的汤汁。

他发现只煮几分钟的瓶子中，用火熔合封口的瓶子里的汤汁不见小动物，而用木塞封口的瓶子里却看到了蹦跳的小动物。

斯巴兰兹尼非常兴奋，这是驳斥尼达姆的最好证据。用木塞封口的瓶子里由于有空气进入，才使汤汁生出小动物，这说明空气里也有微生物。

斯巴兰兹尼胜利了！

他向世界宣布：一切生物都有母体，不可能无缘无故地生长出来，蜜蜂繁殖蜜蜂，甲虫繁殖甲虫，细菌只能由细菌繁殖出来。

尼达姆一时哑口无言。

这样，在无生源说和有生源说的论争中，无生源说认为生物是自发产生的，有生源说认为生物是由以往生物繁殖而来的，两者斗争激烈。但有生源说根本没有回答生命是怎样来的，只是说明了生命来自生命，因此，还不能给无生源说以致命的打击。

在预成论和渐成论的争论中，渐成论的代表人物贝尔，已经向人们表明，生物机体都来自一个未分化的胚层，那么这种胚层又是由什么构成的呢？

要回答这个问题，就必须深入研究它的微观结构。正是在寻找比组织更深层次的有机体结构单位的过程中，细胞学说建立和发展起来了。

生命深层的物质

显微镜的发明，使人的眼睛能够洞察入微。

1665 年，英国科学家胡克在显微镜下观察软木塞片，发现木片上布满了许多蜂窝状的小格子，他把这些小格子叫细胞。

当然，胡克发现的并不是细胞，他看到的不过是细胞的空架子——细胞壁。

荷兰的列文虎克，几乎与胡克同时运用显微镜发现了细胞。他观察了水滴、毛发、种子等大量物体。1674 年，他在显微镜下发现了红血球。1683 年，他观察到细菌。

列文虎克不但观察了植物细胞，还观察了滴虫、轮虫等动物细胞和单细胞生物，并且生动地描绘了它们的形状，在英国皇家学会引起了巨大的影响。

胡克和列文虎克等人，在显微镜下观察过细胞，并积累了丰富的资料。但他们都不是专攻生物学的，因此，虽然看见了细胞，但是没有理解它的重要性，特别是没有认识到细胞在生物体结构中的重要性。

究其原因，一方面是显微镜还比较粗糙，使观察者无法看清细胞本身的结构；另一方面是在生物学的发展中，研究群体的分类学逐渐成为生物学发展的中心。因此，在 18 世纪，对生物个体的研究相对削弱，没有取得什么进展。

到了 19 世纪，在科学家提出细胞学说以前，哲学家先认识到细胞对生物的重要性。

在德国，自莱布尼茨和康德后，逐渐形成一种自然哲学思潮，试图探索宇宙及生命的起源和演化过程。

在这种思潮的影响下，德国在 19 世纪初逐渐形成了以哲学家谢林和生物学家奥肯为代表的“自然哲学”流派。

这个流派认为，有机世界是由一些具有某些共同性的基本单位构成的。谢林认为，自然界是一个有机的整体，构成这个整体的最高本原和基本单位是同一的。歌德认为，叶子是各种不同植物的典型单位结构。

奥肯认为，脊椎节是一般动物原型结构的基本单位。他在 1805 年进一步提出，一切生物都含有一种叫“原浆”的物质，它是地球演变过程中从大海里的无机物中产生的，由于表面不断加厚，逐渐形成极小的球状小泡，即“原胞”。

奥肯说，这种原胞是构成所有生物机体的基本单位，它有两种生命，一是它自己的生命，一是作为有机体组成部分的生命。由于它有自己的生命，所以当它们暂时所属的生物体死亡后，它们仍然继续生存着，形成另一个生物体的组成部分。

当然，这些是奥肯的猜测，没有实验依据。

但是，由于奥肯是一位比较有影响的生物学家，他的猜测激起了其他生物学家的热情，试图在有机体结构中寻找这种“原胞”，于是对有机体进行显微解剖，终于导致了细胞学说的产生。

植物和动物细胞的发现

较早认识到细胞是植物的结构单位的，是德国植物学家特雷维拉努斯和冯·莫尔。

特雷维拉努斯在对植物进行大量的显微解剖中，发现在植物的机体内，确实存在奥肯所说的那种“原胞”，也就是植物细胞。通过对各种植物细胞的不断观察，他认识到细胞确实是植物机体的基本结构单位。

冯·莫尔在对植物的显微解剖中，与特雷维拉努斯几乎同时发现了植物细胞，也提出了细胞是植物的基本结构单位的思想。

在显微解剖中，科学家们所用的显微镜都有一定的色差现象，因此，他们无法看清细胞的纤细结构。到 20 年代，意大利的阿米西等人制成了改进的消色差显微镜，使人们得以观察到细胞的详细情况。

1831 年，英国植物学家布朗用这种消色差显微镜，在观察显花植物的细胞时，发现每一个细胞中都有一个细胞核。

这是对细胞内部结构的首次发现。布朗在同年发表了关于这个发现的论文。

1835 年，捷克生物学家普金叶观察到母鸡卵中的胚核，即细胞核。他指出，动物的组织，在胚胎中是由紧密裹在一起的细胞质块组成，这些细胞质块与植物很类似。

他在 1837 年，又发现了神经细胞的核和树突以及小脑皮层的烧瓶形大细胞，并依据观察结果，描述了有机体的构成。

动植物细胞的发现和组织学的发展，为细胞学说的建立打下了基础。到 30 年代末，德国的施莱登和施旺建立了细胞学说。

施莱登于 1804 年出生在德国，在海德堡大学法律系毕业后，从事律师工作。但由于工作不顺利，对生活失去信心，而开枪自杀，侥幸未死，然而额头上留下了永久纪念的疤痕。

伤愈后，施莱登放弃律师工作，转攻植物学和医学，获得博士学位，被聘为耶拿大学植物学教授。

施莱登认为，研究个体植物的生长，比研究植物分类和植物的宏观构造更有意义，因为在植物的个体发育的研究中，将会对植物生理和它的本性有更多更深的认识。

在对植物进行大量显微解剖的研究中，施莱登对细胞有了比较深刻的认识。1838 年，他发表了《植物发生论》一文，建立了第一个较为系统的细胞学说。

他认为细胞是一切植物中普遍存在的最基本的活的单位，各种各样的器官组织和独立个体都是由细胞组成的。细胞是一个独立自主的单位，具有两种生命特征，一个生命是它自己的，这是主要的；另一个生命是属于有组织植物结构的部分，这是次要的。两个生命过程都是“形成力量”的表现，这种力量充满整个自然界构成活的生物。

关于植物细胞的形成，他特别重视布朗发现的细胞核，认为一个新细胞起源于一个老细胞核。他还具体阐述了细胞的形成机制：首先从成胞原浆中结晶出核仁，核仁生长形成细胞核，然后再形成细胞膜，最后成为细胞；老的细胞破碎后，其中每一个碎片都可以形成一个独立而又完整的新细胞。

施莱登的细胞学说仅限于植物界，把细胞学说扩大到动物界，建立统一

的细胞学说的是德国生理解剖学家施旺。

1837 年 10 月，施莱登把他对细胞研究未发表的成果告诉了他的好友施旺，这对 36 岁的施旺很有启发。

施旺研究细胞学的特点，是力图把细胞学说和有机体的发育研究或胚胎研究联系起来。在自己多年研究的基础上，1839 年，施旺发表了《关于动植物的结构和生长一致性的显微研究》这篇著名论文。

这篇论文分为二部分。第一部分描述了在蝌蚪体内脊索和各种不同来源的软骨的结构和生长；第二部分指出了各种不同的动物构成基础都是细胞；第三部分详细阐明了细胞理论。

施旺认为：“有机体的基本部分不管怎样不同，总有一个普遍的发育原则，这个原则便是细胞的形成。”一切动物的受精卵都是一个单细胞，无论这些细胞大如鸡蛋或者小如哺乳动物的卵，都是一样的。一切有机体都是以单一细胞开始有生命，并以其他细胞的形成而发育着。

施旺指出，动物细胞在所有方面都与植物细胞相似，“细胞是有机体，动植物体都是这些有机体的集合物，它们按照一定的法则而排列在动植物体内”，细胞是所有有机体构造和发育的基础，这就推倒了分割动植物界的巨大屏障，为动物和植物之间架设起一座桥梁。

关于细胞形成的机制，施旺同意施莱登关于细胞从无结构的成胞原浆中通过结晶而自由形成的思想。

施旺认为，在细胞形成中有两种力量起着作用。一种力量是有机细胞的代谢力，它把细胞间物质转变为适合细胞形成的物质；另一种力量是有机细胞的吸引力，它使细胞间物质发生浓缩和沉淀而形成细胞。正是这两种力量，使细胞本身具有生命，并使它在有机体中具有自主性。

这样，在 19 世纪 30 年代末，生物学中的统一的细胞学说就建立起来了。

细胞学说使全部生物学发生革命。恩格斯说：“发现细胞是这样一个单位，整个植物和动物体都是从他的繁殖和分化中发育起来的。由于这一发现，我们不仅知道一切高等有机体都是按照一个共同规律发育和生长的，而且通过细胞的变异能力指出了使有机体能改变自己的物种并从而能实现一个比个体发育更高的发育的道路。”

“有了这个发现，有机的有生命的自然产物的研究——比较解剖学、生理学、胚胎学——才获得了巩固的基础。机体产生、成长和构造的秘密被揭开了；从前不可理解的奇迹，现在已经表现了一个过程，这个过程是依照一切多细胞的机体本质上所共同的规律进行的。”

细胞学说的建立，使人们对生命现象的本质开始有所了解，神创论显得荒谬和多余了，无生源说和预成论也不攻自破。

细胞学说的建立，对于唯物辩证法的自然观的形成，也起到了直接的推动作用。

因此，恩格斯把细胞学说、进化论、能量守恒和转化定律一道誉为 19 世纪的三大科学成就。

当然，细胞学说在建立之初不是十全十美的。

施莱登和施旺关于细胞形成机制的解释，特别是关于细胞自由形成的见解还缺乏严格的实验根据。

德国植物学家冯·莫尔在显微镜下对细胞的形成和发育过程进行了长期的观察，发现新细胞的形成过程，是伴随着老细胞的分裂来完成的。

这一分裂过程是，老细胞的细胞核首先分裂为两个细胞核，然后整个老细胞再分裂为两个新细胞。这就是细胞的有丝分裂过程。

莫尔在 1839 年底发表了这一研究成果。

此后，瑞士的格耐里、德国的莱迪希、雷马克等人，相继发现了细胞的分裂过程，证实了莫尔的重要发现，从而否定了关于细胞自由形成的观点。

从 19 世纪 70 年代以后，随着显微技术、切片设备技术和细胞染色技术的发展，人们对细胞内及核内的构造有了更多的了解。

1875 年，德国植物学家斯特拉斯伯格在其出版的《细胞组成和细胞分裂》中，非常清楚地阐明了植物细胞分裂时发生的复杂过程。在 1879 年，德国的弗莱明用染色方法发现了细胞核内的“染色质”以及细胞的有丝分裂。第二年，他又发现了染色体的纵向分裂。

这样，细胞学说从 19 世纪 30 年代到 80 年代，经过许多人的努力而逐渐得到了完善。

生物进化论的确立

布丰的见解

前面说到，细胞学说的建立是近代生物学取得的一项伟大成就。

而生物进化理论的确立，是近代生物学取得的又一项伟大成就。

进化论思想的发生可以追溯到古代。古代人在农业生产和驯养家畜的实践中，已朦胧地意识到生物的进化。

古老的自然哲学很早就对生物的起源和进化进行过猜测。古希腊和古罗马人猜想，包括人在内的高等动物是由鱼变来的，高等生物是由低等生物发展而来的。到 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。

瑞典著名生物学家林耐，在建立双名制命名法的基础上，建立了第一个完整的生物分类系统。这是 18 世纪生物学的最高成就。但是他认为“造物主一开始创造多少种，现在就存在多少种”，因而导致了物种不变论。

随着科学的进步，上帝创造万物和物种不变的观点，越来越遭到怀疑和反对。许多人都在思考：动物和植物为什么有那样繁多的种类？不同种类的差别是怎样造成的？不同种类之间有没有联系？人是如何产生的？

于是，许多人指出了生物进化思想。

18 世纪中期，首先提出物种进化思想的是法国皇家植物园园长布丰。

布丰的代表作是《自然史》，共 44 卷，从 1749 年开始出版。在这部著作中，他试图描述一个从恒星、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。

布丰认为，地球和其他行星原来是离开了太阳的熔化的物体，地球的地层是逐渐形成的。按照这种见解，地球存在的最初时期，它上面就不可能有生命。当地球上有了生物的时候，生活条件的改变就必须反映在有机体的结构上。布丰在论述动植物的比较之后相信，在动植物之间并没有显著的分界线。

布丰和他的助手一起研究了 200 多种不同的四足兽，发现在它们之间存在某些类似性和亲缘性，认为它们可能最初起源于同一对亲体。

他说：“在动植物里面，且不说有好几个物种，即使只有一个物种是通过直接遗传过程从别的物种中产生出来的，只要这个论点成立，那么自然的力量便不能再加以限制了。而且只要有足够的时间，大自然就能够从一个原始的类型发展出一切其他的生物物种来。”

由此可以看出，布丰是一个物种可变论者，但他没有指明生物是由低级到高级的发展。由于迫于教会的势力，布丰又不能不说物种是造物主亲自创造的。

布丰的观点，影响了当时的许多生物学家，曾经得到布丰资助过的拉马克，建立起了第一个较为系统的生物进化论学说。

拉马克的分类

拉马克，1744 年生于法国北部的一个没落贵族家庭，在 11 个兄弟姐妹中是最小的，少年时代在亚眠城的一所教会学校求学，16 岁丧父，17 岁时以志愿军身份参加作战部队，不久因病就医，开始对植物学产生兴趣，22 岁退伍，靠抚恤金度日。

退伍后，拉马克来到巴黎，不久进入高等医科学校。当时学医必须选修植物学，拉马克便经常到皇家植物园去听讲座，而结识了布丰和对植物学非常感兴趣的法国启蒙思想家卢梭。

布丰的物种可变思想，卢梭哲学思想中的朦胧生物进化观念，对拉马克产生很大的影响。

于是，拉马克专心研究植物学。在不断地研究皇家植物园里的植物物种和标本的基础上，他写成了三卷本的《法国植物志》，于 1778 年出版。

《法国植物志》受到了法国著名植物学家布丰的赞赏。1779 年，在布丰的提议下，拉马克成为科学院的院士。1781 年，在布丰的资助下，拉马克赴欧考察。

在将近两年的考察期间，拉马克到过普鲁士、奥地利、匈牙利、荷兰等国，采集了大量的植物标本，结识了许多植物学家，开阔了眼界，提高了认识，为以后的植物学研究打下了一定的基础。

回国后，拉马克应邀参加了由狄德罗和达兰贝尔主持的法国百科全书的编写工作，主要负责其中的《植物学辞典》的编写。拉马克逐渐成为法国著名的植物学家。

1789 年，法国大革命爆发，拉马克热情洋溢地赞扬这一革命。1793 年，新政府把皇家植物园改组为自然历史博物馆，并在博物馆内设有各类学术讲座。

拉马克一直从事植物学研究，按理说应该担任植物学讲座教授。由于在林耐的分类系统中，蠕虫纲是最紊乱的一纲，因此人们一般不愿意从事这项工作，使“蠕虫和昆虫”这一讲座无人问津。年过半百的拉马克，为了事业的需要，毅然改变自己的专业方向，担任这一讲座的教授，以极大的热情来攻克这一难题。

1794 年，拉马克首先创用了无脊椎动物和脊椎动物这两个概念，把动物分为两大类，从而明确了自己研究的动物是无脊椎动物。

在无脊椎动物方面，由于林耐的分类是初始的，也是比较粗略的，因此只分为蠕虫和昆虫两个纲。

拉马克在分析大量的各种无脊椎动物标本的基础上，为了反映无脊椎动物的众多类型，他把无脊椎动物分为 10 个纲：软体动物纲、蔓足虫纲、环虫纲、甲壳虫纲、蜘蛛纲、昆虫纲、蠕虫纲、放射虫纲、水螅纲和滴虫纲。

拉马克的这一分类方法，克服了林耐在分类上的弱点，形成了 10 个无脊椎动物纲和林耐划分的 4 个脊椎动物纲，共同组成了一个动物分类的新的体系。拉马克成为无脊椎动物学的创始人，为现代无脊椎动物学的研究奠定了基础。

拉马克对古生物学也颇有研究，他创立了无脊椎动物的古生物学。

最早生物进化思想

在对动物进行分类研究的基础上，拉马克研究了动物的进化问题。1809年，他的巨著《动物哲学》出版。

在这部著作里，拉马克根据当时的科学材料，全面系统地讨论了生物的本质、物种的性质、生命发展的趋向以及环境、习性与变异的关系等有关进化问题，集中地反映了他的进化论思想。

《动物哲学》的内容可分为三个部分：生物按等级向上发展；生物进化的动力；生物适应环境的演化机制。

拉马克认为，生物是进化而来的，进化具有向上发展的方向。他把无脊椎动物和脊椎动物划分为6个等级，依次排列，建立起了一个从最简单的滴虫类、水螅类动物开始的逐渐上升到高等哺乳类动物和人的分类系统，一目了然地显示出动物由低级到高级的进化次序。

而在拉马克以前，人们对各种动物的分类次序是逐渐下降的，布丰就认为动物由高级向低级不断退化。拉马克认为这不符合自然界的“实际次序”，他说：“在自然界中，所有的动物都可以依照它们结构的复杂性程度排成阶梯……在较低的梯级上排列着简单的有机体，而在较高的梯级上则排列着比较复杂的有机体。”

拉马克曾把生物的进化看作一个直线系列，但他逐渐认识到生物的发展是一种复杂的现象，存在着两种情况，一种是直线式的上升，一种是分枝式的发展。于是他进一步把生物进化直线系列改成有多个分枝的系谱树。

在这种进化系谱树中，他假定从原始的胶质粒子进化到单细胞的原生动物。然后再分为两条进化路线，一条是从单细胞动物进化为辐射对称动物，如水螅和海盘车；一条是向一切左右对称动物进化，最后进化到高等动物和人类。

关于生物进化的动力，拉马克认为，有内外两种力量推动着生物的进化。

他说，每种生物都有一种内在的力量，它有天然的向上发展的能力，能从最简单的单细胞生物一步步地发展到复杂的高等生物。物种又有转化，而没有中断和绝灭，生物发展的链条是连续的。

但是，生物进化并不是直线的。拉马克认为，这是由外力的作用造成的，由于生活环境的变化，必然影响到生物的生活习性的变化，生物不断地改变自身，因此就打乱了生物逐级向上发展的倾向，在同一级水平上，生物繁衍出种种不同的类型，演变出新的物种。

关于生物适应环境的演化机制，拉马克提出“用进废退”和“获得性遗传”两条重要法则。

用进废退，就是经常使用的器官就发达，不使用就退化。拉马克说：“凡是没有达到其发展限度的动物，它的任何一个器官经常利用的次数越多，就会促使这个器官逐渐地巩固、发展和增大起来，而且其能力的进步与使用的时间成正比例。同时，器官经常地不使用，会使其削弱和衰退，并不断地缩小它的能力，最后必会引起器官的消灭。”

获得性遗传，就是指用进废退的变化是可以遗传的。拉马克说，由于生活习性的变化，就会使动物发生相应的变化，这种后天获得的变化可以遗传给后代，就是获得性遗传。

例如长颈鹿，原来生活在非洲干旱地区，由于牧草稀少，只好吃树上的

叶子，低树叶子吃光了又吃高树叶子，因而不得不用力把颈伸长，前肢也伸长而高出后肢，形成高大的动物了。

伸长的肢颈又遗传给后代，于是在环境朝一定方向变化影响下，经过许多世代向同一方向努力，长颈鹿得到同一方向的发展，最后形成现代的长颈鹿。

又如，鼯鼠世代代生活在地下，惯常很少使用眼睛这个视觉器官，这一生活习性使它的眼睛萎缩、退化，并慢慢转化为遗传，最终丧失了视力。

拉马克是历史上第一个提出比较完整的进化理论的学者，他以唯物主义和历史的观点打击了神创论和物种不变论，为科学的生命观的确立作出了重大贡献。他的生物进化理论，推动了动物学以及整个生物学的发展，为达尔文学说的建立提供了有利条件，为科学的生物进化论奠定了基础。

拉马克的物种变异的进化的思想，后人称之为拉马克主义。

拉马克的进化论，由于时代的局限，也有某些缺点。他认为生物进化的动力来自生物天生的向上发展的倾向，是动物要改进自己来适应环境的本能努力，是生物体内要求不断完善的内在冲动，从而过高地估计了动物心理因素的作用。

由于拉马克进化理论本身的某些缺陷，以及他和居维叶等人的在学术上的意见分歧，而遭到了拿破仑、居维叶等人的非难和打击。当 65 岁的拉马克把他的《动物哲学》呈现给拿破仑时，拿破仑说：“我接受这本书，仅仅是由于你的灰白的头发。”他漫不经心地把这部著作随手扔给了侍从。

拉马克是一位追求真理、追求进步的学者，始终把为科学事业作出贡献当作自己的最大乐趣。他说：科学工作“能予我们以真实益处；同时，还能给我们找出许多最温暖、最纯洁的乐趣，以补偿生命场中种种不能避免的苦恼。”

拿破仑的侮辱和居维叶的打击，没有动摇拉马克对科学的不懈探索，他仍然一如既往地从事科学研究，撰写《无脊椎动物的自然历史》。

由于长期在显微镜下观察低等动物的纤细结构，拉马克的视力渐差。到 1821 年，他的双目失明，这对他是一个沉重的打击，从此他不能再去观察多年来潜心研究的动物了。

这时，《无脊椎动物的自然历史》已完成九卷，还有两卷没有完成。拉马克非常痛苦，为了完成这一巨著，他以惊人的记忆力和毅力，口述其内容，由他的女儿做笔录，终于实现了未了的心愿。

拉马克为科学奉献了毕生的心血，但他的学说没有得到科学界的公认和尊重。他的一生是在贫穷和冷漠中度过的。

他结过 4 次婚，有的妻子贫困患病而死，有的妻子另求富贵飘然而去，到头来他依旧是个鳏夫。他有好几个儿女不幸死在他之前，只有女儿柯尼利娅照料着他，直到他生命的最后一天。

但是，拉马克把个人的痛苦置之度外，把自己的一切贡献给了科学。

1829 年 12 月 8 日，拉马克逝世。

拉马克逝世后，他的女儿买不起坟地，只好租了一块坟地安葬了父亲。这块坟地租期只有 5 年，5 年后，拉马克的尸骨被掘了出来，埋在公共的大墓地里。

当后人重新认识拉马克的伟大时，意欲为他建造一座陵墓，然而他的尸骨早已不知去向，只能为他建立一块纪念碑。

贪玩的学生

生物进化论的奠基人是英国著名生物学家达尔文。

查理·罗伯特·达尔文，1809年2月12日生于英国希鲁兹别利，祖父和父亲都是著名的医生。

达尔文的母亲喜欢栽培花卉和果树，年幼的达尔文经常和兄妹一起采花捕蝶，渐渐地喜欢上了草木花卉。8岁时，他被送进一所私立小学，但他不喜欢课堂上老师讲的枯燥的《圣经》，却喜欢在课后观察蝴蝶、蜜蜂，捕捉昆虫。

上中学后，达尔文依然喜欢野外活动，学习成绩很一般，老师认为他“是一个平庸的孩子，远在普通的智力水平之下”，他的父亲认为他“除了打鸟、养狗、捉老鼠外，什么都不会干，将来会丢全家的脸”。

中学毕业后，父母希望儿子能继承家业，便在1825年把他送到爱丁堡大学学医。但他对医学不感兴趣，闻到解剖用的尸体气味便恶心不止。他经常和高年级学生一起到海边采集海生动物标本，和这一带的渔民交上了朋友，有时还登上渔船捕鱼捞虾。

因为有对生物学的高度和认真态度，他居然在简陋的显微镜下发现了前人的两个错误。一是发现了板枝介所产生的带有鞭毛并能运动的幼虫，而过去被研究家们错误地认为是板枝介的卵。另一个发现是观察到类似蠕虫的海蛭的卵衣，而过去被人们认为是墨角藻幼年阶段的球状体。

他把这两个发现写成了科学论文，在爱丁堡大学的自然科学学会上宣读，获得了好评，这使达尔文研究生物学的热情更高了。

医学院的两年就这样过去了，他的医学课程学得很糟糕。父亲看到儿子学医不成，“习性”不改，非常气愤，就把达尔文送到剑桥大学去学神学，想让他将来成为一个牧师。

达尔文对神学院的陈词滥调同样缺乏兴趣。

有一次，一个学生向牧师提问：“老师，世界上各种各样的生物是怎样产生的呢？它们之间有什么关系呢？”

牧师庄重地回答：“世界上的一切生物都是上帝按照一定的目的创造出来的。比如猫，被创造出来是为了吃老鼠，而创造老鼠就是为了给猫吃。自然界的万物都是不会变化的。”

达尔文不以为然，对神学课程心不在焉，浪费了许多宝贵时间。

然而，在此期间也发生了对他“整个一生影响最大的一件事情”，这就是结识了亨斯洛教授。

亨斯洛是著名的植物学和矿物学教授，非常赏识达尔文的生物学才能，他们一起去近郊采集标本，有时为了采集稀有植物标本，他们还要长途跋涉。在旅途中，亨斯洛把接触到的每一种新奇的植物和动物以及每一块有特点的地层都当成生动的教材，向达尔文传授知识。

1831年，达尔文经亨斯洛的介绍，跟随该校著名地质学教授席基威克前往北威尔士，考察那里的古岩层，学习发掘和鉴定化石。

达尔文掌握了进行野外考察的知识和技术。

这一年，达尔文在剑桥大学毕业。

意义深远的环球考察

8月，英国政府决定派遣军舰“贝格尔号”进行环球考察，需要一位博物学家同行。亨斯洛和席基威克推荐了达尔文。然而，他的父亲正在为儿子联系牧师职业，不同意他前往。在舅舅的劝说下，达尔文终于如愿以偿。

1831年12月27日，“贝格尔号”从英国德文港扬帆起航，达尔文也随之开始了他的科学航程。

海面上狂风呼啸，恶浪翻滚，军舰剧烈地颠簸着。达尔文渐渐地觉得无法站立，开始呕吐，视线模糊。晕船将他折磨得精疲力尽，甚至就要昏死过去。

然而，追求科学真理的美好理想激励着他，使他充满了战胜困难的坚定信念。

这次航行历时5年，经历了佛得角群岛、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。达尔文爬高山、涉溪水、入丛林、过草原，搜集珍奇的动植物标本，挖掘古生物化石，历尽千辛万苦。

面对气象万千的自然世界，面对欣欣向荣的生物种类，达尔文对物种不变论产生了最初的怀疑。

达尔文发现，南美洲和太平洋上的一些岛屿虽然在地理上是隔绝的，但是许多动植物品种十分相像。他把在化石中发现的古生物和现存的物种进行比较，也有某些类似。

他把考察中的情况和随身携带的赖尔的《地质学原理》中的观点进行比较，认为对上面的事实只能用物种变化来解释。这样，在达尔文的头脑中孕育了物种演化的思想。

1836年10月，“贝格尔号”凯旋回国。

通过这次环球考察，达尔文不仅为日后研究准备了丰富资料，而且从一个天真幼稚的未来牧师转变为一个训练有素的博物学家，从一个物质不变论者变为物种进化论的奠基人。正如达尔文自己所说：“贝格尔舰上的旅行，是我一生中最重大的事件，并且决定了我的全部研究事业。”

回国以后，达尔文一方面忙于标本鉴定和资料整理，写作地质学和动物学这方面的著作和论文，另一方面对生物进化问题进行深入的研究和思考。

物种为什么会变化？

达尔文决心解开这个不解之谜。

从1837年开始，达尔文广泛搜集一切有关动植物在人工培养或自然状态下发生变异的事实，并同时着手进行一些最初的动植物育种实验。

达尔文认识到人工培育的动物品种进化的关键是人工选择。达尔文系统地描述了中国关于金鱼人工选择的过程和原理。

在中国古代，就有人把一种带有朱红色鳞的金鱼放在缸里饲养，由于生活环境的改变，鱼就渐渐表现出各种形态上的变异，人们把不同形态的鱼挑选出来，分缸饲养，结果变化越来越大，经过长年累月的不断选择，终于培育出现在的不同品种的金鱼。

达尔文还用同样的原理，描述了对各种植物和果树的人工选择。

于是达尔文得出结论：具有各种不同特征的动植物品种、可起源于共同祖先；它们在人工的干预下，保留和发展了对人类有利的变异，逐渐形成了人们所需要的新品种。

那么，在自然界中的物种是怎样进化的呢？

1838年10月，达尔文偶然翻到马尔萨斯的《人口论》。马尔萨斯认为，人口是按2、4、8、16、32、64……的几何级数增加，而食物只能按1、2、3、4、5、6……的算术级数增加，由于这种矛盾，人类就会发生杀婴、战争等生存斗争。

达尔文从马尔萨斯的生存斗争的观点中受到了启示，认为在自然界到处都存在着自觉或不自觉的生存斗争，生物必须跟生活的环境作斗争，才能生存和传留后代。在斗争中，有利的变异就被保留下来，不利的变异将被消灭。也就是说，一种生物产生的后代，能够适应环境的就生存了下来，不能适应环境的就被淘汰了。这就是自然选择。

从人工选择到自然选择，是达尔文思想上的一个飞跃。

为了充实实验依据，达尔文继续研究。直到1842年，他才把自己的观点写成35页的概要，1844年，又进一步地扩充为230页的《物种起源问题的论著提纲》。

达尔文继续进行调查、实验，认真地考察小麦、玉米等农作物的选育过程，仔细地比较鸡、鸭、鹅、牛、羊、猪、狗、猫等家禽家畜各个品种之间的差异，还着重研究了各种家鸽品种之间的差异和起源问题。

在掌握了大量的选择、变异、进化等方面的实验证据后，1856年5月，达尔文开始写作酝酿近20年的生物进化论巨著——《物种起源》。

地质学家赖尔劝达尔文尽快正式发表自己的研究成果，以免被他人抢先，但这尔文不愿急于求成。

当达尔文详细阐述生物进化论的书稿写到一半时，1858年6月18日，他收到了华莱士的一篇《论变种无限地离开其原始模式的倾向》的论文，令他震惊的是华莱士用近乎相同的语言提出了有关生物进化的自然选择原理。

华莱士是另一位英国生物学家，比达尔文小14岁，在生物学的许多方面，与达尔文有相似的经历。他曾到南美亚马逊河流域进行探险并研究热带地区的自然史，后来又马来群岛和印度尼西亚群岛考察动植物的地理分布，也受到过马尔萨斯《人口论》的影响。

相似的经历得出相同的结论，他们唯一不同之点，就在于达尔文的自然选择是根据人工选择对家养动物的作用所作的类推，而华莱士没有注意到人工选择的作用。

华莱士把自己的成果寄给达尔文，希望得到他的评价。

达尔文看过华莱士的论文后，非常惊讶。为了避免引起误解，他打算单独发表华莱士的论文，并放弃《物种起源》的写作，于是把这一想法告诉了赖尔。赖尔非常了解达尔文的研究过程，建议把华莱士的论文和达尔文在1844年写的提纲同时发表，并劝达尔文抓紧进行《物种起源》的写作。

1859年11月24日，生物学史上划时代的巨著《物种起源》在伦敦问世。

在这部著作里，达尔文从分类学、形态学、胚胎学、生物地理学、古生物学等方面，通过大量的事实，证明不同生物之间具有一定的亲缘关系：古代生物现存生物之间有着共同的祖先；现存生物是远古少数原始类型按照自然选择的规律逐渐进化的产物；生物由低级到高级、由简单到复杂不断地进化。

关于生物进化的机制问题，他认为，一切动植物都有高速率增加的倾向，即具有巨大的繁殖力。但是动植物的所有后代不可能都得到生存和繁衍。

在家养条件下，饲养者只把那些优良个体挑选出来加以培育，使之繁殖，即用人工的办法实现生物的选优汰劣。

而在自然条件下，是通过生存斗争来实现的。这种生存斗争包括三个方面。一是种外斗争，就是物种和生存环境的斗争；二是种间斗争，就是不同物种之间的斗争；三是种内斗争，就是同一物种之间的斗争。经过斗争，最适者得以生存繁衍，不适者则被淘汰。

达尔文的人工选择和自然选择的基本方面是相同的，由于自然选择只是利用微细的连续的变异而发生作用，因此进化的过程比较缓慢，而人工选择的过程则是比较迅速的。

此外，达尔文认为性的选择也是与自然选择密切相关的一种自然选择形式，它也推动着物种的变异和进化。

达尔文的进化论是生物科学各门学科的有关理论综合起来，形成一门统一的科学，第一次对整个生物界的发生、发展作出了规律性的解释。达尔文指出，整个生物界从最低等的单细胞生物到最高级的人类，都是自然界长期进化的产物，从而有力驳斥了神创论、不变论，为辩证唯物主义自然观的确立奠定了重要的自然科学基础。

列宁说：“达尔文推翻了那种把动植物物种看作彼此毫无联系的、偶然的、神造的、不变的东西的观点，第一次把生物学放在完全科学的基础上，确定了物种的变异性和承续性。”从而解决了生物学上最基本最困难的物种起源和发展问题，完成了一次伟大的革命。

物理新天地

气体中的放电现象

19 世纪末，物理学的天空，猛然闪出了三道金色的闪电，照亮了正在世纪末的阴云下艰难跋涉的人们，人类的目光终于不再凝重。

这三道闪电就是：1895 年伦琴发现的 X 射线；1896 年柏克勒尔发现的天然放射性；1897 年汤姆生发现的电子，正所谓一年一道闪电，道道辉煌灿烂。

以这著名的三大发现作为坚实的基础，人们又进一步研究发现了原子的可变性的大量化学同位素。

与此同时，人类认识也开始长驱直入到原子核内部。原子不可分的神话被毫不留情地打破，为现代电子技术这座摩天大楼夯下了厚重的基础。

这三大发现是科学技术从 19 世纪进入 20 世纪的隆隆礼炮，它庄严地宣告：科学技术新时代来到了。

而新物理学完全可以说是从 1895 年，德国的伦琴（1845～1923）教授发现了 X 射线时开始的。

当然，在这之前，已经有无数的学者对气体中的放电投入了特别的关注，并进行了大量的实验，尤其是法拉第、普吕克尔、盖斯勒、克鲁克斯和汤姆生爵士。

其实早在 18 世纪上半叶，德国的文克勒先生，就曾经用一架起电机，使在抽去了一部分空气的玻璃瓶里，因放电而产生了一种前所未见的光。令人遗憾的是，文克勒只是记录下了这种神秘的光，却没有能够深入持久地研究下去。

1836 年，卓越的法拉第先生也饶有兴趣地注意到了低压气体中的神秘的放电现象。他并且还企图来试验一下真空放电。然而，由于无法获得高真空，他的这一想法也只能流产。

接下来，历史的重任又落到了德国波恩大学的普吕克尔的肩上。

普吕克尔总是在思考着这样一个问题：当电在不同的大气压下，通过空气或者其他气体的时候，究竟会发生什么样的现象呢？

这个问题苦苦地折磨着他，无论醒里梦里，无论白日黑夜，普吕克尔决心搞清楚这个问题，不然，他会永无宁日的。

普吕克尔找到了优秀的玻璃工匠盖斯勒先生，因为要想找到问题的答案，得需要一个玻璃管，而且在管的两端封入装上输入电流用的金属体，并需要能把玻璃管内的压力减少到最低值的抽气泵。

盖斯勒先生没有辜负普吕克尔的殷切厚望，1850 年，成功地研制出稀薄气体放电用的玻璃管。普吕克尔真是激动万分，久久地握住盖斯勒的手不放，他打心眼里感激这位厚道的工匠。

利用这个玻璃管，普吕克尔实现了低压放电发光，再次捕捉到了那道神秘的电光，并把这种电光深深地铭刻在心。

科学的道路是没有尽头的。盖斯勒不无遗憾地发现，抽空的玻璃管放电发光的亮度不同，是同玻璃管抽成真空的程度有关系的。

而普吕克尔也多么地希望有一台真正的抽气机，从而创造出一段绝对的真空啊！

两人不谋而合。这对科学上的真正的朋友，再度携起手来，向着未知的

世界一路求索而去。

在科学史上，托里拆利曾经用水银代替水，形成了“托里拆利真空”，这对盖斯勒震动很大，他因此则设想，流水式抽气泵要是改用流汞效果一定会更好一些的。

盖斯勒找来了有关抽气机用水银的大量资料，又经过无数次试验，最后决定利用水银比水重 13 倍的比重差，来提高流水式抽气泵的性能。

功夫不负有心人。无数次的失败以后，盖斯勒终于研制成功一种实用、简单而且可靠的水银泵，用这种泵几乎可以全部抽空玻璃管中的空气，人类制造真空的梦想终于成真。

用水银泵抽成真空的低压放电管，使普吕克尔先生完成了对低压放电现象的研究。后人为了纪念这位不同寻常的玻璃工人，就把低压放电管命名为“盖斯勒管”。

普吕克尔利用盖斯勒管进行了一系列的低压放电实验，他一次又一次地为盖斯勒管阴极管壁上所出现的美丽的绿色辉光而叹为观止。

1868 年，为科学事业贡献了毕生精力的普吕克尔先生，因劳累过度，心脏停止了跳动。死的时候，他的眼睛没有闭上，他没有完成他的事业。

为他送葬的他的学生约翰·希托夫看到此情此景，不禁泪如泉涌，他决心沿着老师没有走完的道路，继续走下去。

而与此同时，一位英国物理学家，叫做威廉·克鲁克斯的，也成了普吕克尔的这一未竟事业的继承者。

当他们把一只装有铂电极的玻璃管，用抽气机逐渐地抽空的时候，他们发现，管内的放电在性质上，经历了许多次的变化，最后在玻璃管壁上或者管内的其他固体上产生了磷光效应。

1896 年，希托夫经过反复的实验证明，置放在阴极与玻璃壁之间的障碍物，可以在玻璃壁上投射阴影。同时，从阴极发射出来的光线能够产生荧光，当它碰到玻璃管壁或者硫化锌等物质的时候，这种光就更强。

1876 年，戈尔茨坦重复并证实了希托夫的实验结果，并且把这种从阴极发射出的能产生荧光的射线，正式命名为“阴极射线”。

克鲁克斯也提供了他所获得的证据，比如说，这些射线在磁场中发生偏转，这就说明它们是由阴极射出的荷电质点，因撞击而产生磷光。

人们还发现了阴极射线的一系列物理现象。

例如，1890 年，舒斯特观察了阴极射线在磁场中的偏转度，测量了这些假想质点的电荷与其质量的比率。他还假定这些质点的大小与原子一样，推测出气体离子的电荷远比液体离子大得多。

阴极射线的发现，犹如晴空里一声霹雳，引出了诸如 X 射线、放射性和电子等一系列重大的发现。

伦琴发现 X 射线

在对阴极射线情有独钟的人群中，德国的物理学家威尔海姆·伦琴很快取得了非同凡响的收获，并把自己的名字永远刻在了天地之间。

1845 年 3 月 27 日，在德国鲁尔地区一个人杰地灵的小镇——莱尼斯，随着“哇”的一声啼哭，伦琴来到了人世间。

伦琴是个聪明而又勤奋的孩子，在读书期间，他就以优异的成绩而深受好评。

从 1888 年起，他从国外学成回国后，担任了巴伐利亚州维尔茨堡大学物理研究所所长。正是在这个研究所期间，他独具慧眼，发现了具有极强穿透力的 X 射线，从而声名远播。

自从担任物理所所长之后，他就一直孜孜不倦地研究着阴极射线，无论遇到多大的挫折，他始终都没有放弃。

在研究过程中，伦琴发现，由于克鲁克斯管的高真空度，低压放电时没有荧光产生。

1894 年，一位德国物理学家改进了克鲁克斯管，他把阴极射线碰到管壁放出荧光的地方，用一块薄薄的铝片替换了原来的玻璃，结果，奇迹发生了，从阴极射线管中发射出来的射线，穿透薄铝片，射到外边来了。

这位物理学家就是勒那德。勒那德还在阴极射线管的玻璃壁上打开一个薄铝窗口，出乎意料地把阴极射线引出了管外。

他接着又用一种荧光物质铂氰化钡涂在玻璃板上，从而创造出了能够探测阴极射线的荧光板。当阴极射线碰到荧光板时，荧光板就会在茫茫黑夜中发出令人头晕目眩的光亮。

伦琴不止一次地重复了勒那德的实验。

1895 年 11 月 8 日晚，劳累了一天的伦琴刚刚躺上了床，正想美美地做个梦。突然，好像有一股神奇的清风吹入了伦琴的灵魂深处，他赶紧一骨碌跳下了床，又好似有一个无形的神灵，牵引着他，他走到了他所熟悉的仪器旁，再次重复了勒那德的实验。

命中注定，一项石破天惊的科学奇迹产生了。伦琴欣喜地发现，这种阴极射线能够使一米以外的荧光屏上出现闪光。

为了防止荧光板受偶尔出现的管内闪光的影响，伦琴用一张包相纸的黑纸，把整个管子里三层外三层地裹得严严实实。

在子夜时分，伦琴打开阴极射线管的电源，当他把荧光板靠近阴极射线管上的铝片洞口的时候，顿时荧光板亮了，而距离稍微远一点，荧光板又不亮了。

伦琴还发现，前一段时间紧密封存的一张底片，尽管丝毫都没有暴露在光线下，但是因为他当时随手就把它放在放电管的附近，现在打开一看，底片已经变得灰黑，快要坏了。这说明管内发出某种能穿透底片封套的光线。

伦琴发现，一个涂有磷光质的屏幕放在这种电管附近时，即发亮光；金属的厚片放在管与磷光屏中间时，即投射阴影；而比较轻的物质，如铝片或木片，平时不透光，在这种射线内投射的阴影却几乎看不见。

而它们所吸收的射线的数量大致和吸收体的厚度与密度成正比。同时，真空管内的气体越少，线的穿透性就越高。

为了获得更加完美的实验结果，伦琴又把一个完整的梨形阴极射线管包

裹好，然后打开开关，然后他便看到了非常奇特的现象：尽管阴极射线管一点亮光也不露，但是放在远处的荧光板竟然调皮地亮了起来。

伦琴真是欣喜若狂，他顺手拿起闪闪发亮的荧光板，想吻它一下，突然，一个完整手骨的影子鬼使神差般地出现在荧光板上。

伦琴顿时吓得不知所措，他不知这到底是在做梦，还是在做实验，他狠狠地在手上咬了一口，手被咬得生疼，他意识到自己不是在做梦，这一切都是真的。

伦琴赶紧开亮电灯，认真检查了一遍有关的仪器，又做起了这个实验。这时，天光已经微微发亮，在重重云层下，一轮美丽的红日，即将喷薄而出，给整个人类带来她无穷无尽的光和热。

伦琴没有时间去想别的东西。他看到，那道奇妙的光线又被荧光板捕捉到了。他又有意识地把手放到阴极射线管和荧光板之间，一副完整的手骨影子又出现在荧光板上。

伦琴终于明白，这种射线原来具有极强的穿透力和相当的硬度，可以使肌肉内的骨骼在磷光片或照片上投下阴影。

这时，伦琴的夫人走了过来，给伦琴披上了一件大衣，然后轻声地劝伦琴该去休息了。伦琴却一把抓住了夫人的手，放在荧光板和阴极射线管之间，荧光板上又出现了夫人那完整的手骨影子。

这是事实，千真万确的事实。伦琴一下子抱住了夫人，在实验室里足足转了五个圈子，他太激动了，激动得不知如何是好，两行热泪止不住地流了下来……

次日，伦琴便开始思考这一新发现的事实，他想，这很显然不是阴极射线，阴极射线无法穿透玻璃，这种射线却具有巨大的能量，它能穿透玻璃，遮光的黑纸和人的手掌。

为了验证它还能穿透些什么样的物质，伦琴几乎把手边能够拿到的东西，如木片、橡胶皮、金属片等，都拿来做了实验。

他把这些东西一一放在射线管与荧光板之间，这种神奇的具有相当硬度的射线把它们全穿透了。伦琴又拿了一块铅板来，这种光线才停止了它前进的脚步。

然而，限于当时的条件，伦琴对这种射线所产生的原因及性质却知之甚少。但他在潜意识中意识到，这种射线对于人类来说，虽然是个未和的领域，但是有可能具有非常大的利用价值。

为了鼓舞和鞭策更多的人去继续关注它，研究它，了解它并利用它，伦琴就把他所发现的这种具有无穷魅力的射线，叫做“X射线”。

1895年12月28日，伦琴把发现X射线的论文，和用X射线照出的手骨照片，一同送交维尔茨堡物理医学学会出版。

这件事，成了轰动一时的科学新闻。伦琴的论文和照片，在三个月内被连续翻印5次。大家共同分享着伦琴发现X射线的巨大欢乐。

X射线的发现，给医学和物质结构的研究带来了新的希望，此后，产生了一系列的新发现和与之相联系的新技术。

就在伦琴宣布发现X射线的第四天，一位美国医生就用X射线照相发现了伤员脚上的子弹。从此，对于医学来说，X射线就成了神奇的医疗手段。

柏克勒尔

如果从纯粹科学的观点来看，继 X 射线这一重大发现之后，1896 年，汤姆生等人又有一个更重要的发现：当这些射线通过气体时，它们就使气体变成导体，在这个研究范围内，液体电解质的离子说已经指明液体中的导电现象有着类似的机制。

在 X 射线通过气体以后，再加以切断，气体的导电性仍然可以维持一会儿，然后就慢慢地消失了。

汤姆生发现，当由于 X 射线的射入而变成导体的气体，通过玻璃绵或两个电性相反的带电板之间时，其导电性就消失了。这就说明，气体之所以能够导电，是由于含有荷电的质点，这些荷电的质点一旦与玻璃绵或带电板之一相接触，就放出电荷。

从这些实验可以明白，虽然离子是液体电解质中平常而永久的构造的一部分，但是，在气体中，只有 X 射线或其他电离剂施加作用时才会产生离子。

如果顺其自然，离子就会渐渐重新结合乃至最终消失。玻璃面的表面很大，可能吸收离子或帮助离子重新结合。

如果外加的电动势相当高，便可以使离子一产生出来就马上跑到电极上去，因而电动势再增高，电流也不能再加大。

伦琴的发现还开创了另一研究领域，即放射现象的领域。

既然 X 射线能对磷光质发生显著的效应，人们很自然地就会提出这样的问题，这种磷光质或其他天然物体，是否也可以产生类似于 X 射线那样的射线呢？

在这一研究中首先获得成功的是法国物理学家亨利·柏克勒尔。

柏克勒尔出身于科学世家，他的整个家族一直都在默默地研究着荧光、磷光等发光现象。他的父亲对荧光的研究在当时堪称世界一流水平，提出了铀化合物发生荧光的详细机制。

柏克勒尔自幼就对物理学相当痴迷，他不止一次地在内心深处宣读誓言，一定要超出祖父、父亲所作出的贡献，为此，他作出了不知超过常人多少倍的努力。

那一天，当他冒着刺骨的冷风，参观完伦琴 X 射线的照片后，他既为伦琴的发现所激动，又为自己的无所建树而汗颜。他浮想联翩，猜想 X 射线肯定与他长期研究的荧光现象有着密切的关系。

在 19 世纪末物理大发现的辉煌乐章中，柏克勒尔注定要演奏主旋律部分了。

为了进一步证实 X 射线与荧光的关系，他从父亲那里找来荧光物质铀盐，立即投入到紧张而又有条不紊的实验中。

他十分迫切地想知道铀盐的荧光辐射中是否含 X 射线，他把这种铀盐放在用黑纸密封的照相底片上。

他在心里想，黑色密封纸可以避阳光，不会使底片感光，如果太阳光激发出的荧光中含有 X 射线，就会穿透黑纸使照相底片感光。真不知道密封底片能否感光成功。

1896 年 2 月，柏克勒尔把铀盐和密封的底片，一起放在晚冬的太阳光下，一连曝晒了好几个小时。

晚上，当他从暗室里大喊大叫着冲出来的时候，他激动得快要发疯了，

他所梦寐以求的现象终于出现：铀盐使底片感了光！

他又一连重复了好几次这样的实验，后来，他又用金属片放在密封的感光底片和铀盐之间，发现X射线是可以穿透它们使底片感光的。如果不能穿透金属片就不是X射线。这样作了几次以后，他发现底片感光了，X射线穿透了他放置的铝片和铜片。

这似乎更加证明，铀盐这种荧光物质在照射阳光之后，除了发出荧光，也发出了X射线。

1896年2月24日，柏克勒尔把上述成果在科学院的会议上作了报告。

但是，大约只过了五六天，事情就出人意料地发生了变化。

柏克勒尔正想重做以上的实验时，连续几天的阴雨天，太阳躲在厚厚的云层里，怎么喊也喊不出来，他只好把包好的铀盐连同感光底片一起锁在了抽屉里。

1896年3月1日，他试着冲洗和铀盐一起放过的底片，发现底片照常感光了。

铀盐不经过太阳光的照射，也能使底片感光。善于留心实验细节的柏克勒尔一下子抓住了问题的症结。

从此，他对自己在2月24日的报告，产生了怀疑，他决心一切推倒重来。

这次，他又增加了另外几种荧光物质。实验结果再度表明，铀盐使照相底片感光，与是否被阳光照射没有直接的关系。柏克勒尔推测，感光必是铀盐自发地发出某种神秘射线造成的。

此后，柏克勒尔便把研究重心转移到研究含铀物质上面来了，他发现所有含铀的物质都能够发射出一种神秘的射线，他把这种射线叫做“铀射线”。

3月2日，他在科学院的例会上报告了这一发现。他是含着喜悦的泪水向与会者报告这一切的。

后来经研究他又发现，铀盐所发出的射线，不光能够使照相底片感光，还能够使气体发生电离，放电激发温度变化。铀以不同的化合物存在，对铀发出的射线都没有影响，只要化学元素铀存在，就有放射性存在。

柏克勒尔的发现，被称作“柏克勒尔现象”，后来吸引了许多物理学家来研究这一现象。

因研究这一现象而获得重大发现的是波兰出生，后来移居法国的女物理学家居里夫人。她挺身而出，冲向研究铀矿石的最前沿。

没有多久，皮埃尔·居里也加入了妻子的行列。他们不知吃了多少苦头，才相继提炼出钋、镭等放射性元素，引起了全人类的高度重视。

居里夫人也因为这一卓越的研究工作，荣获了1903年诺贝尔物理学奖，1911年诺贝尔化学奖也授予了她，她成了一生中两次获诺贝尔奖的少数科学家之一。

X射线的发现，把人类引进了一个完全陌生的微观国度。

X射线的发现，直接地揭开了原子的秘密，为人类深入到原子内部的科学研究，打破了坚冰，开通了航道。

镭的发现

在柏克勒尔对于铀的放射性质进行了开创先河的观察和研究以后，跟着便发现铀的射线也像 X 射线，能使空气和其他气体产生导电性，而钍的化合物也经人发现有着类似的性质。

1896 年起，居里夫人和她的丈夫一起进行了系统的发现，在各种元素与其化合物以及天然物中寻找这种效应。

玛丽亚·斯可罗多夫斯卡娅，即著名的居里夫人，1867 年 11 月 7 日诞生于波兰华沙的一个书香门第之家。父亲是大家的物理教授，母亲是钢琴家。玛丽亚具有父亲的智慧和母亲的灵巧，从小就对科学实验发生了浓厚的兴趣。

1891 年，她到巴黎求学。学业完成后，她原本打算回到正在遭受着沙皇铁蹄践踏的祖国，去为祖国竭尽自己的绵薄之力，同时，也为父母尽一个女儿的孝心。

但是，同法国物理学家皮埃尔·居里先生的相识、相恋和成为终身伴侣，彻底改变了她原来的计划，她只好侨居法国，并于 1897 年生了一个可爱的女儿。

柏克勒尔现象，引起了居里夫妇的浓厚兴趣，射线放出来的力量究竟是从哪里来的呢？这种放射的性质又是什么呢？

居里夫人把自己的全部身心都投入到铀盐的研究中去了，她广为搜罗并研究了各种铀盐矿石，她被铀盐矿石神奇的射线所吸引，她把特别的爱奉献给了这种特别的矿石。

接受过严格而又系统的高等化学教育的居里夫人，在研究铀盐矿石时想到，没有任何理由可以证明铀是唯一能发射射线的化学元素。她猜想，一定还会有别的元素也具有同样的力量，只不过人们目前还不知道罢了。

她依据门捷列夫的元素周期律排列的元素，逐一进行测定，结果很快发现另外一种钍元素的化合物，也自动发出射线，与铀射线相似，强度也较接近。

居里夫人认识到，这种现象决不只是铀的特性，必须给它一个新名称，居里夫人就把它命名为“放射性”，铀、钍等有这种特殊“放射”功能的物质，叫做“放射性元素”。

后来，在她的丈夫皮埃尔先生的帮助下，她又测定了能够收集到的所有矿物，她想知道还有哪些矿物具有放射性。

在测量中，她获得了又一个戏剧性的发现，在一种来自当时的捷克斯洛伐克的沥青铀矿中，她发现，其放射性强度比原先设想的要大不知多少倍。

那么，这种不正常的而且过度的放射性又是从哪里来的呢？用这些沥青铀矿中的铀和钍的含量，决不能解释她观察到的放射性的强度。

因此，只能有一种解释，这些沥青铀矿中含有一种比铀和钍的放射性作用强得多的新元素，而且不是当时人类所已经知道的元素，它一定是一种未知的元素。

居里夫人的发现吸引了皮埃尔先生的注意，居里夫妇携起手来，并驾齐驱，向科学的未知领域发起强有力的进攻。

在条件极其简陋的实验室里，经过居里夫妇锲而不舍的长期努力，1898 年 7 月，他们宣布发现了这种新元素，它比纯铀放射性要高出 400 倍。

为了纪念她饱经磨难的祖国波兰，新元素被命名为钋（即波兰的意思）。

1898 年 12 月，居里夫妇又根据大量的实验事实宣布，他们又发现了第二种放射性元素，这种新元素的放射性比钋还强，他们把这种新元素命名为“镭”。

但是，由于没有钋和镭的样品，也没有钋和镭的原子量，当时的科学界，几乎没有人愿意相信他们的这个惊世骇俗的新发现。

居里夫妇决心，无论付出什么样的代价，都要提炼出钋和镭的样品，这一方面是为了证实它们的存在，另一方面，也已为了使自己更有把握。

当然，这是一件非常困难的事情。

因为藏有钋和镭的沥青铀矿，是一种价格昂贵的矿物，这种矿物主要在波希米亚的圣约阿希姆斯塔尔矿，通过对这种矿物的冶炼，人们可以提取出制造彩色玻璃用的铀盐。

居里夫妇是一对经济相当拮据的知识分子，他们无力支付购买沥青铀矿所需的高昂的费用。但他们没有被眼前的这只“拦路虎”所吓倒，他们几乎想尽了各种各样的办法。

经过无数次的周折，奥地利政府这才正式决定，先捐赠一吨重的残矿渣给居里夫妇，并且许诺，如果他们将来还需要大量的矿渣，可以在最优惠的条件下供应给他们。

居里夫妇这才长长地松了一口气，他们从朋友那里东挪西借，筹到了一笔钱，因为他们仍须购买这种原料，并且还需要付出运到巴黎的运费。

他们再次陷入漫长的等待之中。

一天凌晨，太阳刚刚升起来，一辆像运煤货车似的载重马车，便停在了居里夫妇的家门口。

居里夫人高兴极了，她所日夜期待的沥青铀矿终于运到了，她所梦绕魂牵的镭就藏在这里呵！

她急急忙忙地用刀割断绳子，一把扯开那些粗布口袋，把一双纤细手深深地插进那棕色矿物中，她一定要从中提炼出镭来。

居里夫人立即投入了繁重的提取工作中去，她每次把 20 多公斤的废矿渣放入冶炼锅里加热熔化，连续几个小时不间断地用一根粗大的铁棍搅动沸腾的渣液，而后从中提取仅含百万分之一的微量物质。

从 1898 年到 1902 年，经过无数次的提取，处理了几十吨矿石残渣，终于得到了 0.1 克的镭盐，并测定出了它的原子量是 225。

镭终于横空出世了！

镭的发现在科学界爆发了一次真正的革命，1903 年，居里夫妇因此而双双获得了诺贝尔物理学奖。居里夫人这一巨大成功绝不是轻而易举就能获得的，它凝聚了居里夫人多少汗水、多少泪水，完全是居里夫人心血的结晶。

居里夫人

居里夫人从小就孜孜不倦地追求真理，渴求知识。她有着过目不忘的惊人的记忆力和洞察入微的敏锐的观察力，中学毕业时，就曾经获得过金质奖章。

但在当时的波兰，是不准女人上大学的，她也曾经哭过，也曾经闹过，但都无济于事。在她的母亲去世以后，她和姐姐相依为命，患难与共，她俩都渴望能去巴黎上大学。

16岁的她，为了凑足姐姐去巴黎上学的路费，同时也为自己出国做好准备，到人家去当了家庭教师，以争取微薄的收入，在8年中，先后为三户人家当过家庭教师，过着寄人篱下，困苦不堪的生活。

1891年，24岁的她只身来到了灯红酒绿的巴黎，并以优异的成绩考入了她向往已久的巴黎大学。

一开始的时候，她住在姐姐的家里，但是因为路途太远，她只好在学校附近租了一间小阁楼，冬天奇冷无比，夏天又酷热难当，没有钱吃些好的，经常靠嚼生硬的干面包艰难度日。

尽管日子过得跟苦行僧似的，但她的学习成绩是那样地出类拔萃，只用了一年的时间，就获得了物理学硕士学位，又过了一年，获得数学硕士学位。

苦难的生活越发磨砺了她坚强不屈的意志，她自始至终地沿着科学的道路，一如既往地求索下去。

居里夫人在一生中获得了许多荣誉，除两次获诺贝尔奖以外，还获得其他奖金8次，各种科学奖章16枚，各种荣誉称号、学位称号107个。

她无愧于她的时代，她成了本世纪最伟大的科学家之一，然而，金钱和荣誉都没有阻止她前进。引用现代物理学之父爱因斯坦的话说，居里夫人是一位“没有被荣誉腐蚀的人”。

居里夫人不仅仅在早年求学的道路上，倍尝人世间的种种艰辛，作为一个女科学家，在成名之后，也曾经遭受过数不清的压制、诽谤和攻击，这真是做人难，做女人更难，做名女人更是难上加难。

1911年法国科学院要选举新院士，接替去世的热内尔。在保守派的操纵下，拒绝接受富有开拓精神而又卓有成就的居里夫人。

1911年11月4日，法国的一家下流报纸还对居里夫人进行了无耻的人身攻击，他们捏造居里夫人所谓的私生活方面的问题，企图把她置于死地而后快。

原来，居里先生生前有个学生叫朗之万（1872~1946），后来成了著名的物理学家，他几乎和爱因斯坦同时发现了质能关系式。居里逝世后，他和居里夫人合作，开展了许多颇有成效的研究工作。

但法国封建保守势力为了达到他们不可告人的目的，乘居里夫人赴布鲁塞尔参加索尔威物理学会议期间，对她进行了恶毒的人身攻击，说她和朗之万关系不正当，出现过所谓的“实验室中的罗曼史”。

他们还花钱雇佣了一批流氓地痞，围攻居里夫人的住宅，向里面扔石头，砸玻璃，喊下流口号，然后又在报纸上大肆渲染。

事后，给她散布流言的一些人承认了错误，但这件事使居里夫人百感交集，感慨万千，更加认清了世态炎凉，人情冷暖。

居里夫人因长期接触和研究放射性物质，受到了放射性的严重伤害。1934

年春天就开始卧床不起，7月4日溘然长逝，一代伟人就这样永远地离开了我们。

继居里夫人发现镭之后，另外一些新的放射性元素如钋等也相继被发现。从此，探讨放射现象的规律以及放射性的本质成为科学界的热门话题。

随着X射线、放射性和下面即将叙述的电子的发现，原本就脆弱的以古典物理学理论为基础的传统观念，被震撼得摇摇欲坠，整个物理学都处于危机之中。向原子内部发动总攻和分裂原子，已成为世纪更替时期科学领域中最振奋人心的口号。

卢瑟福

1899 年，蒙特利尔的卢瑟福教授，通过大量的实验，发现铀的辐射里有两部分，一部分无力贯穿比 1/50 毫米更厚的铝片，另一部分则能贯穿约半毫米的铝片，然后，强度就减少一半。

卢瑟福把前者命名为 α 射线，这种射线能够产生最显著的电效应；把后者命名为 β 射线，这种射线贯穿性较强，能通过不漏光的遮幕，使照相底片变质。

两年以后，法国化学家维拉尔（1871 ~ 1937）又发现了更富贯穿性的辐射，这就是 γ 射线，这种射线在贯穿 1 厘米厚的铅片之后，还能照相，并使验电器放电。

而居里夫人的镭放射所有这三种射线，比铀都容易得多，与其一般活动性成比例，所以，研究这些辐射，也以用镭最为便利。

后来，柏克勒尔确定， β 射线是电子流，它非常易于为磁铁所偏转，也非常易于为电场所偏转。

经过进一步的研究，柏克勒尔证明， β 射线在所有方面都类似于阴极射线，尽管它的速度大约为光速的 60% 至 95%，但比已经试验过的任何阴极射线的速度都大，所以， β 射线就是阴性的微粒或电子流。

卢瑟福确定， α 射线是氦离子。因为强度足以使 β 射线产生相当大的偏转的磁场和电场，并不足以影响很容易被吸收的 α 射线。它能够被磁场和电场所偏转，但其方向与 β 射线偏转的方向相反。

卢瑟福又通过大量的实验证明， α 射线是氦的组成物，并由此可知， α 质点是荷有两倍于单价离子的氦原子，其原子量为 4，而它们的速度约为光速的 1/10。

贯穿性最强的 γ 射线，不能为磁力或电力所偏转，它是一种电磁辐射，它与其他两类射线不是同类的，而和 X 射线相似，由一种与光同性质的波所组成，其波长经科学测量，远比光波为小。它似乎同某些 X 射线一样，含有发射体所特有的各种单色成分。

1899 年，卢瑟福教授发现，从针发出的辐射变化无常，尤其容易被吹过放射物质表面的空气流所影响。

卢瑟福认为这种效应是由于有一种物质放射出的缘故，这种物质的性质好像一种有暂时放射性的重气体，这就是当时所谓的“射气”。

这种射气慢慢地扩散到大气里去，犹如挥发性液体的蒸汽一般。它的作用像是以高速度依直线进行的辐射的独立源泉，然而随着时光的流逝，其活动性就变得衰弱起来。

同年，居里夫妇发现，如果把一根铁棒或木棒暴露在镭射气里，那么，铁棒或木棒自身也能够获得放射性质。

而卢瑟福从钍那里也得到了相同的结果，并且进行了更为详细的研究。

如果把铁棒或木棒从装有射气的容器内取出来，然后再塞入检验筒内，那么，这根铁棒或木棒就可以使筒内的气体电离。

如果把暴露于钍射气而得到放射性的铂丝，用硝酸溶液充分地进行洗涤，铂丝的放射性丝毫也不会受到损失。

但是，如果用硫酸或盐酸溶液来进行洗涤，铂丝的放射性就差不多会全部丧失。而把酸液蒸干，就可以得到含有放射性的渣滓。

这些结果，都表明铂丝的放射性是由于积有某种新的放射物的缘故，这种放射物与各种化学试剂有其一定的反应。这种新的放射物当是它由之形成的那种射气分裂的产物。

后来，威廉·克鲁克斯先生发现，如果用碳酸氨使铀从其溶液中沉淀，而再次溶化其沉淀物于过量的试剂之中，那么，所剩下的就是少量不再溶化的渣滓。

克鲁克斯把这点渣滓称为铀—X，运用照相机来加以试验，发现它异常活跃，而那些再次溶解了的铀，却不再有照相效应。

柏克勒尔也获得了类似的结果，他发现异常活跃的渣滓如果放置一年，就会丧失其活动性，而不活动的铀反而恢复了它所固有的放射性。

卢瑟福和索迪发现钍也有相同效应，当它被氨溶液沉淀时，钍的活动性，就消失了一部分。

而把滤液蒸干以后，就得到了放射性非常强的渣滓。然而，经过一个月以后，渣滓的活动性就全部丧失，钍则恢复其原有的放射性。

这种活性的渣滓，卢瑟福把它叫做钍—X，它毫无疑问地是另外一种化学物质，因为它只能够被氨全部分开，其他的溶液即使能使钍沉淀，也不能使它与钍—X分离开来。

因此，卢瑟福断定这些未知的化合物，应当是另外的个体，不断地由母体发出，而渐渐丧失其活动性。

放射物质所散发出来的射气量是非常少的。科学家们从几分克的溴化镭里，只能得到一个极小极小的射气泡。

在通常情况下，它的数量之微小，远不足以影响抽空器内的压力，除了利用其放射性探索它之外，还无法运用其他的方法去探索它。通常所能得到的，是它与大量空气的混合物，并且只能和空气同时从一个容器输入另外一个容器。

卢瑟福教授还进一步研究了钍—X放射性的衰变率，并且获得了相当重要的发现，也就是在每一段短时间内的衰变率与这段时间开始时的放射物的强度成比例。

并且，铀—X也有着类似的现象，这与化合物按每个分子分解为比较简单的物体时，在量上的减少遵循着同样的定律。但是，当两个或多个分子互相反应引起化学变化时，两者所遵循的定律就不一样了。

卢瑟福根据自己对于射气与其遗留下来的放射物的实验结果，提出了一个学说来解释所有已知的事实。

这个学说就是，放射性是基本原子的爆炸分裂造成的。

在数以百万计的原子中，这里或那里，不知道什么时候，就忽然有一个爆炸开来，射出一个 α 质点，或一个 β 质点和一个 γ 射线，所遗留下来的部分就成为另外一个不同的原子。

如果射出的是一个 α 质点，这个新元素的原子量就会有所减少，减少的数值是一个氢原子的原子量的四个单位。

科学家们还注意到一个非常奇怪的现象，这就是镭的化合物可以不断地发热，通过实验得知，每1克纯镭每小时可以发热大约100卡。

以后的结果表明，1克镭与其产物平衡的时候，每小时发热135卡。这种热能的发出率，无论把镭盐放在高温或者液态空气的低温下，都不会改变，甚至在液态氢的温度下也不至于减少。

卢瑟福认为，热能的发射同放射性有关系。丧失了射气的镭，如果以电的方法加以测量，其放射性的恢复与其发热本领的恢复保持同一速率，而其分离出来的射气发热量的变化，也与其放射性的变化相应。

在过去的漫长岁月里，人类一直无法证明有单个原子存在，我们只能依照成万成亿的数目对原子作统计式的处理。

而现在，利用放射性，我们完全可以探索单个 α 质点的效应了。

如果我们运用比激发火花所必需的强度稍弱的电场对几毫米水银柱压力下的气体施加作用，这种气体就进入非常灵敏的状态。

一个 α 质点，因为速度极大，从而与气体分子发生碰撞，而产生成千上万的离子。这些离子，受到强电场的作用，也作急速的运动，通过碰撞而产生其他离子。

这样一来，一个 α 质点的总效应，就会成倍地增加，并足以使灵敏静电计的指针，在标尺上大约有 20 毫米或者更大的偏转。

卢瑟福用一个非常薄的放射物质膜，使指针转动减少到每分钟三四次，而计出所发射的 α 质点的数目，由此估算出镭的寿命。计算结果表明，镭的质量在 1600 年中减少一半。

卢瑟福关于放射性的研究，最后指明了物质嬗变的可能性。

当然，一直到了后来，人们才发现了加速这些变化的人为的方法，尤其是控制住这些变化的人为的方法。

这些变化的发生完全取决于原子内部的偶然情况，并且变化发生的频率也符合人们所熟知的概率的定律。

后来，卢瑟福又发现，运用 α 射线进行撞击时，可以引起几种元素的原子的变化，如氮。氮的原子量为 14，它的原子是由三个氦核（共重 12）与两个氢核所组成。

在受到 α 质点的猛烈撞击时，氦核就被毫不客气地击破，氮原子组成成分中的氢核就以相当高的速度射出。

从这个地方，我们就可以看到，运用人力随意分裂原子即单向嬗变的可能性，此后，这种方法又被慢慢地扩大。

然而，破坏起来是轻而易举的，而建设起来却是难上加难，这不等于说我们能够用轻而简单的原子造出重而复杂的原子来。

当时，有一些证据可以表明，复杂的放射性原子发放出能量来，因此，人们起初以为，物质的演化历程是单向的，即由复杂原子分裂为简单原子与辐射能。

但是，以后的研究证明，虽然重原子分裂时发出能量，而轻原子形成时，也能发出能量来。

不过，当时佩兰认为，这种粒子是“气体离子”，因而，佩兰没有通过实验来讲进一步研究。

汤姆生的贡献

1897 年，英国物理学家汤姆生把电子的发现推向高潮。

汤姆生把这些阴极射线导入绝缘的圆柱，测量其电荷，并观测到它们给予温差电偶的热量，而求出了其动能。

最后，汤姆生发现，在高度真空的状态下，阴极射线不光能够为磁场所偏转，也能够为电场所偏转，他因而测量了这种带电粒子流的偏转程度。

汤姆生运用一个高度真空的玻璃管装着两个金属电极：阴极和开有小缝的阳极。从阴极发出的阴极射线一部分，穿过小缝后，再被第二个小缝削细一些。

这样得到的小束射线，经过上下置放的两块绝缘片之间，射在玻璃管另一端荧光幕或者照相底片上。

如果把绝缘片连在高电压电池的两极，则其间产生电场。整个仪器放在一强力的电磁体两极中间，使得射线也受到磁场的作用。

汤姆生对克鲁克斯的观点持赞同的态度，他认为阴极射线是一种动能极大的微粒子。但是要进一步弄清楚阴极射线的本质，就必须称量出阴极射线中一个带负电粒子的质量。

汤姆生假定阴极射线是带有负电的质点的急流，由计算就可以看出来，阴极射线的电场偏转度，亦如其磁场偏转度，是按照质点的速度及其电荷与质量之比而改变的。

所以，通过测量电场与磁场的偏转度，就可以得出速度与电荷同质量之比的具体数值。

1897 年 2 月，汤姆生得出他求得的结果，阴极射线每秒 10 万公里，它的质量只有氢原子质量的 $1/1840$ ，它带的电荷量与法拉第电解定律计算出的数值基本相同。

汤姆生还求得质点的速度是光速的 $1/10$ 左右，但其电荷与质量之比则无论气体的压力与性质及电极的性质如何，都没有改变。

在液体电解质中，以氢离子的电荷与质量之比为最大，约为 10^4 ，汤姆生求得气体离子的电荷与质量之比为 7.7×10^6 ，也就是说，为液体中氢离子的电荷与质量之比的 770 倍。

这些结果也许表明，在气体内的阴极射线的质点中，电荷比在氢原子中大得多，而质量却小得多。

汤姆生暂时假定这些质点比原子小，他借用牛顿所常用那个名词微粒去称呼它们，并且说它们是人类寻求多年的各种元素的共同成分。

1898 年和 1899 年，汤姆生测量了 X 射线在气体中所造成的离子的电荷。

他利用了威尔逊在 1897 年所发现的方法，即离子和尘埃一样，可以成为潮湿空气中蒸汽凝成雾滴的核心。

从这些雾滴在空气阻力下降落的速度，就可以计算雾滴的大小。从凝结的水的体积，可以求得雾滴的数目，再从已知电动势所产生的电流，可以求得电荷的总量。

没过多长时间，另外一位科学家测量了离子在渗入气体时的扩散速度，并由此计算出离子的电荷。

汤姆生认为，阴极射线的粒子要比原子小，并推测说这种粒子是建造一切化学元素的物质。1898 年，汤姆生和他的学生又把他的研究进一步引向深

入。

他们采用云雾法与磁场偏转法，证明了阴极射线粒子的电荷同电解中氢离子所带电荷是同一个数量级的，当时，他把这种带负电的粒子叫做微粒，只是到了后来，才改称电子。

由此可见，并不是说微粒的电荷比液体中氢离子的电荷更大，而是其质量更小。这些微粒绝对是原子的一部分，不管元素的性质如何，都是其原子共有的成分。

从汤姆生求得的结果来看，每一个微粒的质量大概是氢原子的 $1/770$ ，接着，米利根又有了新的更精确的测定。

1910 年，米利根进一步改进了威尔逊的云雾法，又在 1911 年测量了小油滴在被电离的空气中降落的速度。

而当一油滴捉到一离子时，其速度便会猛然改变。这样求得离子的电荷为 4.775×10^{-10} 静电单位。则从气体分子运动论就可以求得一个氢原子的质量约为 1.66×10^{-24} 克，所以一个电子的质量约为 9×10^{-28} 克。

这个伟大的发现终于解决了自从古希腊时代就遗留下来的一个历史问题，即不同的物质是否有共同的基础的问题，同时，这个发现也阐明了“带电”的意义。

汤姆生认为，一个原子含有许多更小的个体，他把这些个体叫做微粒，并且这些微粒彼此相等，其质量等于低压下气体中阴离子的质量。

在正常的原子中，这些微粒所组成的集团，构成了一个中性的电的体系。那些个别的微粒，行为虽然好像阴性的离子，但聚集于中性的原子中时，其阴电效应便被某种东西抵消了。这种东西使微粒散布的空间，好像有与这些微粒之和相等的阳电似的。

关于气体的带电现象，汤姆生认为，是由于气体原子的分裂，致使微粒脱离此原子。脱离出来的微粒，性质如阴性的离子，每个都带有一恒量的阴电。

剩余的原子的另一部分，性质就像一阳性的离子，带有正电荷，和比阴电子更大的质量。

因此，汤姆生得出结论，带电现象主要是由于原子的分裂，其中一部分质量被放出，则脱离了原来的原子。

从此，电子作为电的不连续性结构的最小粒子而被科学界承认了。电子不再是一个抽象的概念，而是一个经由汤姆生及其他一些人新发现的实实在在的物质粒子了。

汤姆生的研究工作，在 1897 年 4 月，一个春暖花开，莺歌燕舞的日子里，第一次公开报告时，不知什么原因，在当时并没有激起一场轩然大波。

但是，过了不久，便引起强烈的反响，人们欢呼雀跃，奔走相告，为人类的这一重大发现再次激动万分。汤姆生所领导的卡文迪许实验室，也因此而成为世界上最为引人注目，对莘莘学子最富有魅力的实验中心。

其实，汤姆生关于电子的发现，跟前不久的一种研究，多多少少都有些关联之处。

按照麦克斯韦的理论，光既然是一种电磁波系，那么，它必定是由振荡的电体所发出的。由于光谱是元素所特有的而不是元素的化合物所特有的，所以这些振荡体必为原子或者原子的一部分。

按照这种推理，洛伦兹在汤姆生的发现的前几年，创立了一种物质的电

学说。这个学说预料，光谱的出现当受磁场的影响。

当光源放在强磁场之内时，其所发出的钠光谱的谱线即行变宽。运用更强的磁场还可以把单一谱线分成两条光线。

根据测量这些线条之间的距离所获得的资料，按照洛伦兹的学说，就可以算出振荡质点的电荷与其质量之比的新值为 1.77×10^7 ，与根据观察阴极射线和运用其他方法所得到的结果较为接近。

洛伦兹用“电子”这一名称来称呼这些振动的带电质点，而它们就是汤姆生所谓的微粒，我们也可以把它们当做是孤立的阴电单位，因为电子既然有电能，就必定有与质量相当的惯量。

这样，洛伦兹的学说就成为物质的电子学说，而且和由汤姆生发现而来的观点完全融合在一起。只不过汤姆生是用物质去解释电，而洛伦兹则是用电来解释物质。

接着人们便发现还可以用许多别的方法获得微粒或电子，例如高温下的物质及受到紫外光作用的金属，都能发出电子。

此后，这种热效应在无线电报与电话所用的热离子管中，就取得了重要的实用意义。

电子是世界上最轻的运动粒子之一，大约 10^{24} 个电子合起来，其重量也不足 1 克的千分之一。但是，无数个电子汇集成的强大的电流，却以接近光的速度运动，真可谓浩浩荡荡，一泻万里，成为新时代的动力源泉，为生产自然化开辟了无限广阔的道路。

在 20 世纪，人类充分利用 19 世纪研究电子的科学成果，通过电子管技术的发明，开创了一个对 20 世纪科学技术起着关键作用的新技术领域，即电子技术。

伦瑟、柏克勒尔和汤姆生三人的伟大发现，可谓石破天惊，揭开了 20 世纪科学技术新纪元的序幕！

从此以后，原子不可分的古老神话，被毫不留情地粉碎，科学开始了向原子更深的层次即原子核与基本粒子的进军，人类认识再度进入另外一块同样迷人的辉煌地带……

