

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 (8)

真理的足迹

  
E-BOOK  
网络资源 免费下载

## 真理的足迹

## 勇敢的突破

### 星云假说

“在人类的认识史中，从来就有关于宇宙发展法则的两种见解，一种是形而上学的见解，一种是辩证法的见解，形成了互相对立的两种宇宙观。”18世纪上中叶以前，生产发展水平还不高，自然科学正处于分门别类的研究和收集材料的阶段。与之相适应的，就是一种形而上学自然观的形成。“这个总观点的中心是自然界绝对不变这样一种见解。”不管自然界本身是怎样产生的，只要它一旦存在，那末在它存在的时候它始终就是这样。行星及其卫星，一旦由于神秘的“第一次推动”而运动起来，它们便依照预定的椭圆轨道继续不断地旋转下去，或者无论如何也旋转一切事物消灭为止。恒星永远固定不动地停留在自己的位置上，凭借着“万有引力”而互相保持这种位置。地球亘古以来或者从它被创造的那天起，就毫无改变地总是原来的样子。自然界的任何变化，任何发展都被否定了。这种见解曾长期束缚着人们的头脑，阻碍着自然科学向前发展。直到1755年，康德(1724~1804)发表了《自然通史和天体论》(现译名为《宇宙发展史概论》)，提出了著名的星云假说，才“在这个僵化的自然观上打开第一个缺口”。星云假说用天体内部引力和斥力之间的矛盾运动说明天体的发生、发展和演化，说明自然界处于永恒的运动之中。这样，“关于第一次推动的问题被取消了；地球和整个太阳系表现为某种在时间的进程中逐渐生成的东西。”

康德的“星云假说”是在和传统的宇宙不变观念进行斗争中建立起来的，它的产生并不偶然，而是与康德那个时代的社会历史条件相适应必然出现的结果。

18世纪50年代，欧洲处在激烈的社会变革时期。除了英国的资产阶级革命已经完成外，欧洲大陆的其他各国，正在酝酿着革命的风暴。这时的德国，无论在政治上和经济上都很落后，资本主义的发展异常缓慢，正在形成中的资产阶级的力量也极为软弱。但是，德国在当时，毕竟也是处在资产阶级革命的前夜了。在经济领域中，新的生产关系解放了长时期被封建桎梏所束缚了的生产力，应用机械的工业革命的高潮正在形成。生产技术的发展刺激着自然科学的发展和进步。由于航海、造船、军事的需要，力学、天文学和数学等自然科学在这一时期中取得了重大成就。比如，17世纪中叶到18世纪中叶，笛卡儿对宇宙产生的设想提出来了。斯维登堡、赖特关于银河系的设想，布丰关于天体起源的假说也出世了。这样，自然科学的发展，大量观测和实验所积累起来的材料，就逐渐突破了形而上学的框架，给辩证自然观的革命奠定了坚实的基础。同时，在哲学思想上，从英国的培根一直到19世纪法国的拉美特利、狄德罗、霍尔巴赫、爱尔维修等，唯物主义也得到了

很大的发展。所有这一切，都为关于自然界不断发展变化的理论——康德的“星云假说”的产生创造了条件。

康德的“星云假说”写在他的《自然通史和天体论》一书中。这本书由一个《前言》和三个部分所构成。

在《前言》中，康德指出：“整个大自然，特别是无机界。到处都有这样的证明，使人们认识到物质通过自己的力的作用，会得出某种正确的结果，并能自然而然地满足理性规则的要求。”这表明了康德的自发的唯物主义理解。他甚至还说：“我觉得，我们在这里可以在某种意义上毫不夸张地说，给我物质，我就用它造出一个宇宙来！这就是说，给我物质，我将给你们指出，宇宙是怎样由此形成的。”

康德是根据牛顿的力学原理来研究宇宙起源问题的。但是，和牛顿单纯强调引力作用不同，他看到了斥力的作用。他是用引力和斥力这一对互相联系而又互相区别、互相对立的力来说明天体的运动和发展的。他明确地写道：“我十分谨慎地排除了一切任意的虚构。我在把宇宙追溯到最简单的混沌状态以后，没有用别的力，而只是用了引力和斥力这两种力来说明大自然的有秩序的发展。这两种力是同样确实、同样简单，而且也同样基本和普遍。”这种思想，反映了康德思想中的辩证法因素。

在第一部分，康德从刻卜勒和牛顿的天体力学出发，在阐述行星系统运行的规律性的基础上，又进一步论证了遥远的恒星系统。他认为，恒星都是炽热的太阳，而且都是和太阳系相类似的天体系统的中心。众恒星又组成了巨大的恒星系，即银河系。恒星也和行星一样，环绕着银河系的中心，有它自己的运动。康德还依据当时的天文资料，指出了河外星系的存在，以及由于它们以侧边斜对着我们的视线，所以看起来就像一个个发亮的椭圆形星团。

对于人类居住的地球、它“在宏大的行星世界里好比沧海一粟”。恒星世界又是多得不可想象。“而这样一个不可想象的数字，却又是新的一个不知其位数有多少的数字的一个单位”。这里，反映出康德关于宇宙无限性的思想。

第二部分是全书的主要部分，康德在这部分中，描述了从“原始星云”逐渐形成太阳系的过程。原始分散状态的物质微粒，构成了宇宙最初的混沌状态，这种物质微粒在不停地运动着。由于吸引而不断凝聚，由于排斥而发生旋转运动。康德是这样写的：“密度较大而分散的一些微粒，凭借引力从它周围的一个天空区域里把密度较小的所有物质聚集起来；但它们自己又同所聚集的物质一起，聚集到密度更大的质点所在的地方，而所有的这一些又以同样方式聚集到质点密度更为巨大的地方，并如此一直继续下去”，逐步地凝成大的团块。同时，微粒之间又由于有互相排斥的力，所以康德明确说：“表现在排斥和吸引相互斗争中所引起的那种运动，这种运动好像是自然界的永恒生命。”斥力的作用“使垂直的下落运动变成围绕降落中心的圆周运

动”。

太阳，作为太阳系的中心天体，是引力的中心，它吸引着周围的微粒，使自己“好像是一个无限微小的胚芽在迅速生长，它吸引的下落物越多，对周围物质的吸引力就越大，生长也越快。”同时，又由于斥力作用所产生的微粒的圆周运动，使团块的运动成了一个巨大的漩涡。在漩涡中，质点继续相互碰撞，结合起来，速度足够大的，继续作圆周运动；速度较小的，抵抗不了中心天体的引力就落到中心天体去。这样而发生的旋转运动，逐渐向一个垂直于其转动轴的平面集中，最后形成行星绕太阳运转的圆盘状结构的有规则的天体系统。

接着，康德又提出了彗星、卫星、土星环以及太阳的周围的黄道光等的形成过程，进一步论证了他所提出的天体结构的力学起源。最后，康德把他由原始星云形成太阳系的理论推广到恒星世界。他正确地推论，认为满天的恒星必然各是自己的行星系统的中心，而银河系这个巨大的恒星系统，也是由于相同的力学规律形成的，甚至银河系也有自己的中心。整个宇宙也是从物质的原始分散状态而凝聚成一个中心，再逐步向四面无限地扩展下去。宇宙天体正不断地形成，又不断地毁灭：千千万万的太阳不断地燃起，又不断地熄灭。宇宙万物都是处于永恒的生死成灭的循环中。康德说：这种生死成灭的循环，正像神话中的“火凤凰”，“所以自焚，就是为了要从它的灰烬中恢复青春得以重生”。

康德的这一天体发展理论，必然地要得出否定唯心论、否定宗教神学的结论。康德写道：自然界自身“有足够能力通过它的运动规律的机械发展来促成宇宙的安排”，根本不需要“上帝插手”。对牛顿用上帝的“第一次推动”来回避困难的作法加以嘲笑，说牛顿“不去钻研而满足于提出上帝的直接意志来，是一个苦恼的决断”。这样由于康德理论的提出，“关于第一次推动的问题被取消了”。宇宙天体的生成理论，第一次从神学的禁锢中摆脱出来。

在第三部分里，康德着重论述了地球上的人类决不是大自然独一无二的产物，在其他天体上也必然有人居住，或将来必然有人居住。他还认为，地球上的居民也不是最完善的人类，在离太阳更远，形成得更晚的行星上可能会有更优越、更完善的居民。这是间接地对上帝一次创造人类、人是“万物之灵”等宗教神学谬论的批判。

康德的星云假说，向传统的宇宙不变论打响了第一枪，他大胆地取消了牛顿的“第一次推动”，夺了上帝的权。在这个假说中，太阳系被表现为一种逐渐生成的东西，这对僵化的形而上学的自然观是一场大革命，大批判。正是在这种批判中，康德阐发了他的一些辩证法的观点：关于物质的必然的、自己的运动的观点，关于引力和斥力相互作用的观点，关于宇宙在空间和时间的无限性的观点，关于事物的生死成灭的普遍规律性的观点，关于人类是物质发展到一定阶段上的产物的观点等。

康德的星云假说具有着辩证法的内容，它在本质上是批判的，是革命的。它不但在自然科学中是革命的，同时它也反映了当时欧洲资产阶级革命的要求，是由康德所开始的资产阶级哲学革命的一个重要部分。恩格斯说：“在法国发生政治革命的同时，德国发生了哲学革命。这个革命是由康德开始的。”

康德的“星云假说”对自然科学发展的深远意义，就在于它“包含着一切继续进步的起点”，“如果立即沿着这个方向坚决地继续研究下去，那末自然科学现在就会进步得多。”

但是，康德的星云假说没有产生直接的结果，它的成长不是一帆风顺的。1755年，他的《自然通史和天体论》发表后，在相当长的一段时间里，没有得到应有的重视，反动势力和传统习惯势力用沉默来对待它。在初版印数不多，销路不广，连那个出版商也宣告破产的情况下，这本书没法再版，于是被埋没了。康德的新的宇宙发展理论也没有被人们一下子所接受。反动势力就是这样企图把它扼杀掉。一直到了1796年，即差不多半个世纪以后，法国天文学家拉普拉斯的《宇宙系统论》出版了，提出了和康德相类似的星云假说，充实了它的内容，并作了更为详细的论证。这样，康德的学说才又被人们记起，获得了新生，产生了广泛的影响。

### 李时珍的药物学

李时珍（1518~1593）是我国古代杰出的医药学家，他在长期采药和医疗实践的基础上，系统地总结了16世纪以前我国药物学的宝贵经验。写成了一部190多万字的名著《本草纲目》。对我国和世界的医药学和自然科学做出了不朽的贡献。

李时珍字东璧，号濒湖，蕲州（今湖北蕲春县）人，他生活的时代，正处于中国封建社会已经衰落，资本主义开始萌芽，农民起义不断高涨，阶级矛盾尖锐，农业、手工业生产关系正在发生着变化，商品经济迅速发展的时期。由于社会经济的发展，促进了自然科学的进步，李时珍的药物学巨著《本草纲目》就是在这样的时代背景下产生的。

李时珍从青年时代就随同他父亲全力从事医学工作、他对医药学刻苦钻研，精益求精。由于多年的医疗实践，又积累了丰富的临床经验，他的医术是很高明的，博得了广大群众的信仰和一些知名人士的钦佩。他广泛地接触群众，一方面为群众治病，同时又向群众学习以丰富他的医药知识。有一位患习惯性便秘已30年的老妇人，经过多人医治不见效，李时珍从群众中听说，“牵牛子有下泻作用”，他就用适量的牵牛子给那位老妇人试服，大便果然畅通，此后他还用牵牛子治好了许多病人。这件事给他很大启发，使他深深地认识到在群众中有丰富的医药知识，需要把这些零散的知识很好地集中起来，于是促使他更广泛地虚心向群众学习。如萍、苹、蓴、菴和蓬草的

区别，是请教农民解决的；各种鱼类和兽类的生活习性和繁殖状况，是从渔民和牧民那儿学来的；矿物的采集和制炼知识及铅中毒、煤气中毒等疾病，是访问矿工获得的；旋花有益气作用，是从“北土车夫”学来的。

他还很重视收集单方和验方工作，一面整理前人遗留下米的，一面收集散失在民间的，做为临床实践的参考。凡有显著疗效的，均加以总结推广。

李时珍通过大量的医疗实践，认识到药物学知识在医疗上的重要性，深刻感到有重修“本草”的必要。我国的药物学始自《神农本草经》，记载药物 365 种，梁陶弘景增药一倍，唐《新修本草》又有所增附，直到宋朝的《证类本草》已记载药物 1000 多种了。但是，这些旧本草问题很多，名目混乱，分类不科学，其中还掺杂有方士、巫医的迷信事例。此外，从《证类本草》（1082 年）到李时珍时代已经过 400 多年，在此期间人们对药物的性质、效能有了新的认识，新品种也不断增加，矿业的发展和中外交流也引进不少新的药物。因此，重新编写“本草”已成为当务之急，李时珍适应药物学发展的迫切需要，乃下定决心编著《本草纲目》。

李时珍在给群众治病的同时，即开始专心研究本草。多年来，他研读了经、史、子、集各种书籍，尤其是医书、药书等 800 种，手头又积累了大量单方、验方和自己写下的医案、读书札记等，需要进行整理了。但如何进行整理？他深感只读书不接触实践的研究方法不能解决问题，必须到实际中去，他说：“熟读王叔和，不如临症多。”他为了证实前人对鲮鲤认识，在其“集解”内说：“腹内脏腑俱全，而胃独大，常吐舌诱蚁食之，曾剖其胃，约蚁升许也”。为了证实曼陀罗花有使人笑舞的作用，他亲自作了实验，并吸取前人经验同火麻子花配合，作为外科手术麻醉剂。他说：“八月采此花，七月采火麻子花，阴干，等分为末，热酒调服三钱，少顷皆昏如醉，割疮炙火，宜先服此，则不觉苦也。”这两种药物的麻醉镇痛作用，已为现代医学实践及药理所证实。他为了了解贵重药材白花毒蛇的特性，置生命于度外，曾不畏艰险，几次攀登高山，观察白花蛇的活动，并捕捉解剖，将白花蛇与鼻蛇对比，写成了《鼻蛇传》这一科学著作。

他从朴素的唯物观点出发，从 1565 年起的十多年间，他几次走出书斋，远出旅行进行调查研究，历尽了千辛万苦，先后走访过现今湖北、江西、安徽、江苏、河南等省的山野、矿山。每到一处他都得到当地樵夫、药农和猎户的幫助，采到了许多没有见过的新药草，同时弄清了许多疑难问题。李时珍这种重视实践的精神，是他在药物学上获得成功的关键。

在这样的基础上，他进一步将各种药物进行分类、比较，并着手编写和绘图。直至 1578 年终于完成了这部名驰中外的药物学巨著——《本草纲目》。它凝结了千百万劳动人民的智慧和李时珍终生的辛勤劳动。全书共 52 卷，分为 16 部 62 类，共载药物 1892 种，其中新增加 374 种，附方 11096 个，并附图 1160 幅，规模比过去任何一部“本草”书都大。对每味药物均有集散、叙述、产地、形态、气味、主治、发明以及附方，并有正误、栽培方法和生产

过程。这部巨著曾博得鲁迅先生的高度评价：“本草纲目实在是极其宝贵的”，“含有丰富的宝藏”，“大部分药品的功用，却由历史的经验，才能够知道这程度。”世界上把《本草纲目》看做是伟大的医药学宝库和自然科学的百科全书。

李时珍早在青年时代就专心钻研医药。当他医术闻名之后，被推荐到明朝最高医府——太医院作为补缺。李时珍不愿与院内的方士、巫医同流合污，并坚决反对他们“服丹成仙”的邪论。他向太医院提出要重修“本草”的建议，遭到太医们的攻击，说他“擅动古人经典，狂妄已极”，并讽刺他为卑贱者的“草泽之医”。李时珍在愤怒之下，即辞职南归了。

他在编写《本草纲目》的过程中，首先打破了历代御医、官医为封建帝王、王宫大臣服务而把药分为上、中、下三品的旧框框，创立了为人民群众容易接受的分类系统，采用“析族、区类、振纲、分目”的分类方法。在药用植物方面，把植物分为草部、谷部、菜部、果部和木部五部，30类。如把草部又分山草、芳草、湿草、毒草、蔓草、水草、石草、苔草、杂草九类。这种形态、特性、生态和应用相结合的分类方法，是世界上分类学的创举。是从人为走向自然分类法的尝试，比欧洲公认的植物分类学家林耐的《自然系统》还早175年，而且内容还丰富得多。在药用动物方面，将动物分为虫、鳞、介、禽、兽和人六部，基本符合动物的进化顺序。在全书的分类安排上，先水、火、土、金石，其次是植物，最后是动物，这充分表现出由无机到有机、有低级到高级的进化思想。

他对使用有毒药物主张辩证论治，既要看到有毒的一面，也要看到如利用恰当可以治病的一面：他一方面批判方士服水银以求民生的迷信说法，“岂知血肉之躯，水谷为赖，曷能堪此金石重附之物久在肠胃乎？求生而丧生，可谓愚也矣”。“方士之言不足信”。但另一方面又强调其药效说：“其治病之功不可掩也”，“此乃应变之兵，在用者能得其荣，而执其枢机焉”。意思是说，此药在病变时可作应急之用，关键在于用药者要了解性能善于掌握运用它。他有一定人定胜天的思想，他说：“是升降在物亦在人也”。既指出药物性能有它本身的物质基础，又肯定了人的主观能动性可以加以改变，关键在于认识药物性能和它的发展规律，不然就不可能对它们进行改造，这就是他所说的：“此非窥天地之奥而达造化之权者不能至此”。意思是说，若不能了解自然规律，想达到其对掌握运用，是做不到的。

李时珍具有自发的唯物主义思想和朴素的辩证法观点，这是他在科学上能做出卓越贡献的重要原因之一。他初步认识到很多事物的发展变化规律，他说：“物理万殊若此，学者其可不致知乎”，“物之理性万殊，从之用舍宜慎”。又说：“故天地之造化无穷，人物之变化亦无穷，肤学之士，岂可恃一隅之见，而概指古今六合无穷变化之事务为迂怪哉？”意思是说，自然界变化无穷，社会事物变化也是无穷的，学识浅薄的人，哪能以个人孤立静止的看法，就认为宇宙古今的无穷变化是不可思议的怪事呢？这些分析是对



唯心主义先验论和形而上学观点的有力批判。

《本草纲目》写成之后，李时珍到处活动都找不到刻印的地方，迫切需要这部书的人便只有用手传抄了，12年以后，南京一个出版商看到有利可图，才刻印这部书。1593年，《本草纲目》还未全部刻印完毕，李时珍便与世长辞了。他逝世之前，还希望明朝廷帮助刊印，使这部书能流传更广，造福于人民。但当《本草纲目》第一版（金陵版）刻印完以后，李时珍的儿子李建元将书献给明皇朝时，明神宗朱翊钧只批了“书留览，礼部知道”七个字，便被搁置起来。清代陈念祖在《医学三字经》中，诋毁它是“杂收诸说，反神农本草经之旨”，并大肆叫嚣要把《本草纲目》烧毁，“方可与言医道”。

《本草纲目》的“金陵版”本是历史上极珍贵的文物和科学资料，但在国民党统治时期，“金陵版”在国内几乎绝迹。中华人民共和国成立以后，《本草纲目》才得到了广泛的流传。

《本草纲目》早在明末及清初就传到日本和欧洲，视为自然科学的宝库。1659年，波兰传教士布弥格首先把该书的植物部分译成拉丁文，称为《中国植物志》，对欧洲植物学的研究起了巨大的推动作用。不久这部巨著就有日文、英文、德文、法文、拉丁文、俄文等十余种文字的译本，流传世界各地。

在《本草纲目》中也有些缺点和错误：奴番木瓜（马钱子）有毒，而李时珍说它“苦寒无毒”；还有“烂灰为蝇”、“腐草为萤”等错误论断。有的地方还有些迷信色彩。这些，都是由于历史条件的限制，我们不可苛求于前人。

## 瘟疫新理论

明末（17世纪中叶）集瘟疫学说大成的吴又可，他突破《内经》、《伤寒论》等书关于瘟疫流行、治疗的理论，根据自己的医疗实践经验，写出了有不同见解的《温疫论》（这里的“温”字和现在的“瘟”字意义相同），这本书我国杰出的流行病学专著，给流行病防治理论和建立中医瘟病学说，奠定了坚实的基础。

吴又可名有性，明朝末年江苏震泽（今江苏省吴江县）人。当时，由于大规模农民起义，震撼了封建朝廷的反动统治，以及“中国封建社会内的商品经济的发展，已经孕育着资本主义的萌芽”，促进了文化科学的发展。崇祯十四年（公元1461年），瘟疫流行。山东、浙江、南北直隶（今河北、江苏两省）流行更为严重。当时医家按经典方法治疗，多不见效，死亡颇多。吴又可沉痛而深刻地批判医界泥古不化的害人思想说：“守古法不合今病，以今病简古书，原无明论，是以投剂不效。”（遵守古代的医法，不切合今天的病情，把今天的疾病去同古代医书对号，根本得不出明确的论断，所以，这样开方给药就不见效）“病愈急，药愈乱。不死于病，乃死于医”。于是他自已便总结同瘟疫作斗争的经验，“格其所感之气，所入之门，所受之处，

及其传变之体，平日所用历验之方”，经二年时间，写成《瘟疫论》二卷。这是他勇于创新的胜利成果。

在吴又可之前，一般医家都认为瘟疫（热性传染）是六气（风、寒、暑、湿、燥、火）不和引起的。如《内经》《生气通天论》篇中说：“冬伤于寒，春必病温。”吴又可却根据崇祯十四年大疫流行中自己的医疗经验，突破千余年来的传统观念，创立新说：“夫瘟疫之为病，非风非寒，非暑非湿，及天地间别有一种异气所感”（瘟疫这种病发生的原因，不是风不是寒，不是暑不是湿，而是感染天地间另一种“异气”发生的）。他把这种引起瘟疫的异气叫做杂气。并且肯定它是一种物质，如他说：“气者物之变也”，“气即是物”。但是，这种物质是人们的感觉器官所不能直接察觉到的。而且不受时间地域的限制，人们感染后，就因气不同而得不同的疾病。如他说：“此气无象可见，况无声无臭，何能得睹得闻。……其着无时，其看无方，众人触之者，各随其气而为诸病焉。”更重要的是他对杂气特性的论述。第一，他认为杂气多种多样，而且有特异性。他说：“为病种种，是知气之不一也。……杂气为病，一气自成一病。……然牛病而羊不病，鸡病而鸭不病，人病而禽兽不病。究其所伤不同，因其气各异也。”第二，他认为杂气有特适性。他说：“盖当其特适，有某气专入某脏腑经络，专发为某病。”这也是对病原各有特殊致病部位和作用的正确认识，已为现代医学事实所证实。如伤寒菌寄居在肠道，引起肠伤寒；流感病毒寄居在呼吸道，引起流行性感冒等。第三，他认为杂气侵入的门户是口鼻。他说：“时疫之邪，自口鼻而入。”第四，他认为人感染杂气后，发病与否，同杂气之强弱及人体抵抗力之大小有关。他说：“本气（抗病力）充实，邪不能入。……其感之深者，中而即发；感之浅者，邪不胜正，未能顿发。”第五，他认为杂气有传染性。他说：“邪之着人，有自天受之（从自然界感染）。有传染受之（人间传染）……其年疫气盛行，所患者重，最能传染。”吴又可在当时历史条件下，能有如上各种正确认识，是难能可贵的。

从19世纪中叶起到20世纪上半叶，由于细菌、病毒大量发现，欧美医学才有关于流行过程的完整概念。而在300多年前，祖国医学界吴又可就提出了较完整的流行过程（相当于祖国医学中的“疫”）的概念。他说：“疫者，以其延门阖户，如徭役之役，众人均等之谓也。”（所以叫做疫，就因为它挨门逐户地传播，像古代派劳役一样，劳动人民，人人有份）此概念的含义有二：一是一户之内或户与户之间杂气传播而成疫；二是如同封建社会里服劳役，劳动人民人人有份，无免疫力者都可得病。

现代流行病学按流行强度将流行过程分为“散发”与“流行”。而早在300多年前，吴氏就按杂气盛衰将疫分为两类：（1）疫（相当于流行）——“大约病遍于一方，延门阖户，众人相同，此时行疫气”；（2）微疫（相当于散发）——“其年疫气衰少，闾里所患者不过几人”。

现代流行病学将传染病分为烈性或甲类传染病和一般或乙类传染病。吴

氏在当时就按疫对人体之危害性将它分为二类：(1)常疫——相当于现代乙类传染病之流行；(2)厉疫——相当于现代甲类传染病之流行。如他说：“至于瓜瓢温、疙瘩温，缓者朝发夕死，急者顷刻而亡。此又诸疫之最重者，幸而百十年来间有之，不可以常疫并论也。”

在流行病治疗方面，吴氏特别强调病因疗法。他说：“因邪而发热，但能治其邪，不治其热而热自己。夫邪之于热，犹形影相依，形亡而影未有独存者。”（由于感染邪气而发热，只要治理邪气，虽不治热，热也会自然下降。邪气和发热的关系，就好像形体和影子互相依存的关系，形体没有了，影子就不能独自存在了）他还进一步设想，致病杂气可用特效药制服它。他说：“此受物之气以为病，还以物之气制之。……能知以物制气，一病只须一药之到，而病自己，不烦君臣佐使、品味加减之劳矣。”（感受物质化生的邪气而生病，还要用物质化生的正气去治疗。知道用化生正气的物质可以制服邪气的道理，那么，一种病只用一种合适的药物，就可以治好，用不着君臣佐使地配置、加减药物那样烦劳了）他这一大胆设想，已为现代医学中很多实例所证明。如锑剂治日本血吸虫病，磺胺、抗生素治各种炎症等。

总之，吴又可在17世纪上半叶所著之《瘟疫论》中能大胆革新，提出上述一系列科学认识，确是很宝贵的。这和他善于总结医疗经验，敢于突破传统思想束缚的创新精神是分不开的。

### 王清任的解剖实践

王清任（1768~1831）字勋臣，河北省玉田县人，是清代的医生。他生活的时代，正是我国封建社会的后期，西洋科学文化不断输入，我国的科学文化因之起了一定的变化，不少科学家一面继承我国的传统科学，一面吸收外来的科学成果，而有新的成就。在医学方面也是这样，特别是西医以解剖生理为基础，对于中医也是有影响的。

我国古代劳动人民本来早就创造了解剖学，例如《内经》、《难经》等早期医学著作中，就有很多关于人体解剖的论述。此后历代医书中，也都有零星的记载。但因为传统礼教把人体解剖视为大逆不道，《孝经》一开头便指出：“身体发肤，受之父母，不敢毁伤，孝之始也。”连一根毛发都不许动，当然更不允许进行人体解剖了。所以，在长期的封建社会里，我国解剖学的发展受到了严重的阻碍。

富有创新精神的王清任，勇敢地冲破了当时传统观念的束缚，坚持同传统势力作斗争。他认为在祖国医学上自古以来虽然有许多光辉成就，但根本就不存在什么完美无缺、至高无上的“圣经”。他指出古医书对脏腑的记载，存在很多矛盾，提出了一个又一个的问题。例如，古人论肾，说肾有两个，中间动气地方是命门，但又说左肾是肾，右肾是命门。这不是自相矛盾吗？左右肾本来就是相同的東西，在这里却两立其名，这究竟有什么根据呢？诸

如此类的问题很多。王清任认为，所以存在这些矛盾和错误，就是由于缺少解剖实践的缘故。他反对不做实际调查研究，不明人体内脏的真实情况，就随便著书立说。他说：“著书不明脏腑，岂不痴人说梦。”在这种朴素唯物主义思想指导下，为了认清人体的内脏，王清任渴望能进行人体解剖的观察。在当时封建礼教严重束缚的形势下，想搞到一具人的尸体在室内进行解剖研究是极为困难的。但他并未因此而灰心，总想找到实际考察人体内脏的机会，立志把做为医学基础的解剖学推向前进。1797年，王清任正在河北滦县稻田镇行医。那里正流行着小儿传染病，死亡率很高，穷苦人家多用草席裹着小孩尸体，很浅地埋于义冢内。尸体多半被野狗刨了出来，因此在义冢上露于土外边的破腹露脏的尸体很多。一直渴望能亲自观察人体内脏的王清任，借此机会，便下定决心冒着风险到义冢去解剖观察尸体。尸体大都被狗抓得残缺不全，要想观察到一个完整的尸体很不容易。为了尽可能观察的全面，他将残缺不全的尸体对照着观察。这样，他不辞辛苦地坚持观察了十天，终于看全了30多个尸体的内脏。此后，他又在奉天（今沈阳）和北京三次去刑场观察尸体。为了对照了解人体的构造，他还考察了许多家畜的内脏。

王清任的解剖实践是我国解剖学史上第一次大胆的创新，这种实践本身就是对孔孟之道的有力冲击。通过解剖实践，他纠正了古人对人体构造的许多错误认识。根据解剖观察及行医经验，他写成一部具有创新精神的解剖学专著——《医林改错》，对我国解剖学的发展做出了重大贡献。

王清任在他的《医林改错》中，强调了人的“灵机记性”不在心而在脑。对传统的谬论——谈道德，言理性，大讲灵机在心——严加驳斥。指出他们“其言仿佛似真，其实脏腑未见。以无凭之谈，作欺人之事，利己不过虚名，损人却属实祸。窃财犹谓之盗，偷名岂不为贼！千百年后岂无知者！”一针见血地揭穿了传统势力的虚伪欺骗。他还无情地嘲笑那些不顾实际情况的无知妄论，批判了传统势力在医学中鼓吹的唯心论的先验论。比如他指出那种认为胎儿在母腹，几月由肝经养，几月由胆经养之类的传统看法，完全是主观臆测，“实在无情无理”。他说：“儿在母腹，全赖母血而成，一言事了，何必图取虚名，故作欺人之论？”他还正确地指明了区分胸腔和腹腔的分界物——横隔膜，在横隔膜之上只有心和肺两器官，其余的内脏器官都在横隔膜之下；他指出肺有五叶而不是“六叶二孔”，肺中也没有二十四孔，纠正了古人认为气管是直接插入心脏的错误；指出“阑门”不是分清浊，分粪尿之处。同时他还详细地记述了颈动脉、主动脉、肱动脉、股动脉、肾动脉，并发现了幽门括约肌、总输胆管等。根据对人体解剖观察，他还绘制了25种脏腑图，连同古人画错的内脏图一起收入《医林改错》中，以作比较，改正传统的错误认识。

王清任做解剖观察是为医疗服务的，不是为研究而研究。他认为医生治病，应当先了解人体内脏。他形象地说：医生治病，不了解人体内脏，就好比瞎子走路。他试图将医学理论建立在人体解剖的基础上，这种想法是科学

的，方向是正确的。现代医学的发展，首先就是来自解剖学的革新。没有现代解剖学就没有现代生理学、病理学等等，而没有这些，也就没有现代医学。在《医林改错》中，王清任根据人体解剖理解的气血理论，列举了 20 种气虚病和 50 种血瘀症，还自创方剂 31 个，修改古人妇产方两个，立方的主导思想是逐瘀活血和补气活血。据后人经验，其中不少方剂，对某些病，确有很好的疗效。

王清任这种敢于大胆创新的精神，使一些庸医们惊恐不安。他们对王清任进行了恶毒的攻击，骂他“不仁”，是“狂徒”、“邪人”。说他是教人在尸骨堆里和杀人场上学医道，诬蔑《医林改错》是“无知妄作”。然而真理是骂不倒的，进步的医学家是拥护王清任的创新精神的，他们把《医林改错》比作“清夜鸣钟，唤醒了沉睡的医界。”

### 徐霞客对岩溶地貌的考察

岩溶地貌又名石灰岩地貌，在国外叫“喀斯特”。岩溶地貌在我国分布很广，类型很多，尤以西南地区的广西、贵州和云南三省（区）为最。这个地区深厚的石灰岩层受到地表水和地下水的不断溶蚀，年长日久在岩体的外表和内部，就分别形成孤峰、峰林（石林）、天生桥、落水洞、溶沟溶洞、暗河暗湖、钟乳石、石笋、石柱等各种奇特的自然景物。例如云南的石林，千峰竞秀，有“天下第一奇观”之称；广西的奇峰异洞，千姿万态，素有一桂林山水甲天下，阳朔山水甲桂林”之誉。岩溶地貌不仅可以交织成各种美丽的风景，而且更重要的是它对生产建设和国防建设有密切的关系，为了利用和改造岩溶地区的自然条件和资源，必须对岩溶地貌的成因、分布和发育规律进行实地考察研究，以提供科学依据。我国明代末叶杰出的地理学家和旅行家徐霞客就是世界上岩溶地貌考察的先驱。

徐霞客（1586～1641）是江苏江阴人，自幼立志遍游五岳，博览祖国壮丽山河，探索大自然奥秘。他从 22 岁起到 56 岁逝世时为止的 34 年中（1607～1640 年），持续旅行考察 16 次；不避寒暑，不畏艰险，不信鬼神，百折不回地游历考察了江苏、安徽、浙江、山东、河北、河南、山西、陕西、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、贵州和云南 16 个省（区），并把考察到的有关地理、地质、水文、动物、植物等方面的实地情况和见解，以日记体裁写成一部《徐霞客游记》。这是我国最早的野外考察记录和优秀的地理著作之一，它以优美的文字生动地描述了各地的自然景色、山川源流和风土文物，并试图探索揭示自然界发展变化的规律。游记还记述了在考察旅行中和各种困难作斗争的情况。他最后一次“万里遐征”，是对西南岩溶地区的考察（1636～1640 年），所记资料占全部游记的十分之八，是游记中的精华部分。《徐霞客游记》不仅是我国历史上的一部内容十分丰富多采的文化典籍，而且在世界科学史上也占有重要地位。

徐霞客对岩溶地貌所作的考察和描述，比欧洲人爱士倍尔的工作（1774年）要早 130 多年，他对岩溶地貌的分类也比欧洲人瑙曼的研究（1858 年）要早 220 多年。他对我国西南各省岩溶地貌作出了详细的记述和独到的分析。

比如说，岩溶地区由于地表水和地下水沿缝隙逐渐流入进行溶蚀，造成地下裂隙和空洞。后来地面崩塌成圆洼地，积水就成池塘。圆洼地按大小不同和底部有无池塘，分成各种类型，徐霞客游经贵州普安，记述过这些现象：“从岭头升陟，其上多中洼之岩，大者盘壑为田，小者堕穴为阱。”（黔游日记，崇祯十一年四月二十九日）在云南嵩明的梁王山考察时，他写道：“冈头多中陷之坎洼地，枯者成罨，潴者成天池。”（滇游日记，崇祯十一年九月二十九日）

岩溶地区，地下水侵蚀溶解，造成发达的洞穴系统和地下水道，徐霞客对此作了许多考察，他说阳朔有“飞流下捣，不见下流所溢……盖地穴潜通也”。他还指出北盘江“水多悬流穿穴，故鲜核其源流也”。（粤西游记，崇祯十年七月十九日）对石灰岩溶洞，他考察过 100 多个，对每个洞的调查都很仔细，从倒悬洞顶的钟乳石到耸列洞底的石笋，都有生动描绘，有时还采取岩石标本作进一步研究，对考察过的岩洞大都记有方向和高深宽窄的数字。例如 1637 年他对桂林七星岩溶洞的考察，就为研究石灰岩溶洞提供了一个先例，他先后两次深入这个巨大而复杂的溶洞，在既无助手，又无仪器的情况下，凭着丰富的实践经验，目测步量，对这个地下“迷宫”中的 15 个溶洞的分布、规模、结构和特征作了细致的叙述和分析。1953 年中国科学院地理研究所对七星岩溶洞进行勘察和测量制图之后，证实了徐霞客当时观察和记述的正确性。可见《徐霞客游记》中许多考察记录和重要发现，直到目前仍可供我们研究岩溶地貌时作对比参考，也为我们在岩溶地区进行农林、水利、工业建设和开发交通、矿业提供了丰富的有价值的资料。

徐霞客对于溶洞溶解的石灰石，形成钟乳石或石笋，都有生动的描绘，对于岩洞、钟乳石和石笋的成因，已有独到的见解，他指出岩洞是由流水作用形成的，钟乳石是由石灰岩中的水滴下后水分蒸发、石灰质凝聚而成的。他在记述云南保山的水帘洞时写道：“崖间有悬于虬枝为水所淋漓者，其外皆结肤为石，盖石膏日久凝胎而成。”（滇游日记，崇祯十二年七月八日）这里说的“盖石膏日久凝胎而成”，即指明了钟乳石的成因。在当时尚无化学分析的条件下，他已观察到钟乳石是由于含钙质的水滴蒸发后，钙质附着洞顶，逐渐凝结聚集而成这是难能可贵的。他在解释了落水洞的成因及其与伏流、水系的关系后，正确的指出了地下河道的顶棚陷落，可在地面形成圆洼地、峡谷或天生桥。

经过水的长期溶蚀，由于裂隙、落水洞、洼地等的发展扩大，溶洞、地下河道等的崩塌，使地面变得高低不平，最后被分割成无数并立的峻峭山峰，称为峰林（石林），这是岩溶地貌最显著的特征。他从桂林舟行到阳朔途中，

对看到的峰林地貌，曾这样描述：桂林附近的峰林“诸峰分峙叠出，离立献奇……倒插水中，直如青莲出水，各欲独上”。 “南三十里，则龙头山复铮铮骨立，而阳朔四周，又攒出碧莲玉笋世界矣。”（粤西游记，崇祯十年五月二十二日）

徐霞客在经历了桂、黔二省的岩溶地区绕行云南东部再折至滇、黔、桂交界的罗平时，他在总览西南各地岩溶地貌的基础上，对西南地区峰林地貌的分布，作出了对比分析，写道：“遥望东界遥峰下，峻峰离立，分行竞颖，复见粤西面目。盖此丛立之峰，西南始于此，东北尽于道州（今湖南道县），磅礴数千里，为西南奇胜，而此又其西南之极云。”（滇游日记，崇祯十一年八月十八日）对云南罗平的峰林，这样写道：“罗庄山在城（指罗平）东南六十里，其山参差森列，下多卓锥拔笋之岫，粤西石山之发轫也。”（滇游日记，崇祯十一年八月十八日）由此可见徐霞客在描述岩溶地貌的基础上，还试图深入研究岩溶地貌的分布发育规律。

徐霞客对岩溶地貌的考察记录，是世界上第一部考察岩溶地貌的科学文献，早在300多年前他对岩溶地貌成因的解释，和今天的科学原理基本相符。毛泽东曾提到徐霞客徒步遍游西南并发现长江上游的故事，对徐霞客及其《徐霞客游记》给予高度的评价。徐霞客不愧为一个向自然界开战、向地球进军的前驱者之一，他为我们开发岩溶地区提供了很有价值的研究资料。

徐霞客的一生几乎全部从事于地理考察的野外旅行，是同自然界各种艰难险阻战斗的一生。

徐霞客生活的明朝末叶，一方面是封建统治阶级已经到了腐朽的阶段，政治腐败，阶级矛盾十分尖锐，农民起义风起云涌，反动统治摇摇欲坠，封建统治阶级为了挽救残局，疯狂镇压人民；另一方面在封建社会内部已经孕育着资本主义的萌芽，徐霞客的故乡江浙一带更是当时资本主义萌芽较早的地区，随着生产、贸易和交通的发展，要求对自然条件、自然资源，进行详细的了解，探索自然规律，徐霞客的地理考察正是符合了这个时期的要求。他对功名淡薄，断然不求仕宦，不慕权贵，走上了自学勤功，博览群书，探索自然的科学道路。他不仅阅读了大量古今史书和地理书籍，而且特爱旅游、地志、山海方面的书籍。他反对死读经书。因为，在徐霞客之前，有关地理书籍的传统写法，记载的大多是疆域沿革、建置风俗等，而对山川岭流介绍很少，至于各种自然地理现象，涉及更少，且在传统经典中记载的地理事实，有许多谬论流传，以误传误，徐霞客曾严厉批判这些作者们是“彼不辨端末巨细，悍然秉笔，类一丘之貉也夫”！他立志“朝碧海而暮苍梧”，“欲问奇于名山大川”，进行实地考察。几十年如一日，几乎年年外出，获得了许多超过前人的新见解。他所写的《徐霞客游记》与过去的地理著作大不一样，完全是根据野外考察的资料，按照自然界本来的面目而写成的。

徐霞客坚持自发的唯物主义倾向，批判认为岩溶地貌是“天开神凿”的谬论，指出自然界充满着矛盾，有旺盛的活力，山的形状不是一成不变的，

而是有着各式各样的差异、变化和发展，流水也会劈开山岭，侵蚀岩石而造成多种多样的地貌。他在考察中常遇到一些罕见的独特的自然现象（例如对云南腾冲的火山和地热蒸汽的考察），他从不信鬼神，不畏天命，而是仔细观察，如实记载，以自然界本身来说明自然界，从而作出了科学记述。有一次在湖南茶陵考察麻叶洞时，有人对他说，此洞有“神龙奇鬼”，非有降鬼伏神法术的人不敢进入，徐霞客听后，一笑置之，仍然带着火炬入洞仔细考察。一部《徐霞客游记》同时就是同神学迷信和唯心主义作斗争的科学记录。

徐霞客在地理考察旅行过程中不畏艰险、不怕困难的精神也很突出。在长期的野外考察中，他“不避风雨，不惮虎狼，不计程期，不求伴侣”，“旅泊岩栖，游行无碍”。他经历的波折，遭遇的危险，不胜枚举。他为了探索自然规律，凡登山总是尽力登上最高峰；凡探洞总是到达最深处，凡研究河流总是尽力追溯河源。在探索广西融县的龙洞时，落入深潭几乎淹死。在考察融县真仙岩暗洞时，曾跨过不见首尾的巨蛇，冒着极大的艰险。在辛苦跋涉一天之后，即使晚上露宿于破壁枯树下，牛栏猪圈旁，为了把当时的考察及时记下来，也要点燃油灯或枯草来写日记。徐霞客这种不避寒暑、不畏艰险、勇于探索大自然奥秘的顽强精神，显示了一个科学工作者献身科学的大无畏气魄，使他在科学上取得了丰硕的成果，正如马秀思所说：“在科学上没有平坦的大道，只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人，才有希望达到光辉的顶点。”



## 正邪的争斗

### 拉普拉斯和《宇宙系统论》

19 世纪下半叶，英国伟大的科学家牛顿，在当时生产实践和实验的基础上，集前人力学知识之大成，奠定了古典力学的基本体系，把力学这一门古老的学科，推到了一个新的高度。人们运用牛顿力学的原理，在自然科学和工程技术的领域中，不断获得可喜的成功。到了 19 世纪初，牛顿力学已经发展成为一门理论严密，体系完整的学科。

由于牛顿力学的光辉成就和日臻完善，使得一些科学家踌躇满志，傲然自得起来。他们认为，牛顿力学是阐明宇宙一切奥秘的“完美无缺”的理论，没有什么自然现象是牛顿力学所不能解释的，一旦人们掌握了牛顿力学，科学的真理就被穷尽了。不少人觉得，科学理论的大厦业已建成，日后的科学除了对已有的理论进行修修补补之外，似乎已经无事可做。科学家的任务至多也只有在已知规律的公式的小数点后面加上几个数字罢了。在持有这种想法的人群中，法国著名的科学家拉普拉斯就是典型的一个。

拉普拉斯出身于法国诺曼底半岛的一个农民的家庭，由于家境清寒，靠亲朋的资助才得以求学。18 岁时，拉普拉斯来到巴黎谋生，把一篇关于力学原理的论文呈递给当时的大科学家达朗贝尔审阅，受到了达朗贝尔的器重。经达朗贝尔的推荐，拉普拉斯进了巴黎军事学校，担任数学教师。在他教过的学生里面就有拿破仑·波拿巴。

拉普拉斯在数学和天文学方面曾作出过卓越的贡献。著名的康德—拉普拉斯星云说，由于拉普拉斯的《宇宙系统论》一书的发表，才发生广泛的影响，而且他对宗教的态度比牛顿、康德更为激进。

在天体演化学说中，拉普拉斯抛弃了牛顿把宇宙间天体运行的动因归之于“第一推动力”的观点，大胆取消了“上帝”的作用。在拉普拉斯的主要著作《天体力学》发表之后，有人告诉拿破仑说，在这本著作中拉普拉斯没有提到“上帝”的名字。有一次，拿破仑对拉普拉斯说：“有人告诉我，你写了这部讨论宇宙体系的大著作，但从不提到它的创造者。”拉普拉斯挺直了身子，率直地回答道：“陛下，我用不着那样的假设。”

不仅如此，在天体运动的过程中，拉普拉斯也不许“上帝”来干涉，牛顿虽然很早就解决了太阳系中各个行星的运动问题，但是在回答天体运动过程中，是否会出现由于某些扰动而造成整个太阳系的“事故”问题时，牛顿却再一次引进“上帝”的概念。牛顿的答案是，在太阳系的运动恢复正常而免遭不幸。拉普拉斯却截然相反，他认为根本用不着“上帝”来帮助，拉普拉斯根据准确的计算指出，太阳系的运行是绝对准确有序的，不可能出现任何危机。这个论断否定了“上帝”对太阳系进一步干涉的权利，这在当时是

有进步意义的。比起牛顿、康德来，拉普拉斯是更为彻底的唯物主义者，不愧为 18 世纪至 19 世纪期间的一位战斗的无神论者。

然而，拉普拉斯却对古典力学过于迷信了。他把牛顿关于机械运动的理论，推广到一切现象里去，把整个世界都纳入一个机械的图像之内，企图把一切运动都变成机械运动，完全抹杀高级运动与低级运动、复杂运动与简单运动之间的差别。拉普拉斯进而认为，世界上一切事物，由太阳系中的行星到人的身体内的原子，都准确地遵从着相同的力学规律，因此，任何物理现象都必须由牛顿力学作出最终的注释。

1812 年，拉普拉斯提出了他的著名的“神圣计算者”的观点。拉普拉斯认为，如果在创造世界的时候。存在于自然界的一切力量和自然界各个组成部分的详细状态，被一个智慧渊博的“神圣计算者”全部掌握，那末，他就可以“用一个公式来概括宇宙中最大的物体的运动和最微小的原子的运动，也就是说，没有任何东西不是智慧者确切知道的，它对于未来的东西如同对于过去的东西一样了如指掌。”因而，“神圣计算者”能够预见整个宇宙在无论多少世代以后的一切事情。

在拉普拉斯看来，古典力学已经成为“终极理论”，有了它就能穷尽一切真理。拉普拉斯说：“可以想象，关于自然的知识达到这样一个水平：整个世界的过程都可以在一个简单的数学公式中表现出来，从一个联立微分方程式的巨大系统中，宇宙中每一个原子的运动的位置、方向和速度都可以在任何瞬间中计算出来。”既然未来的一切皆可预先卜知。那么，科学理论自然就没有发展的必要了。

然而，科学巨人的脚步并没有满足“神圣计算者”的奢望而停顿下来。探幽索微，永无尽止，继研究低速、宏观世界之后，人类又向高速，微观世界进军。以牛顿力学为基础的经典物理学，逐步过渡到以相对论和量子力学为代表的新物理学。科学的实践证明，牛顿力学并不是科学上的“终极理论”，而只是科学发展过程中的一座重要的里程碑。在这一点上，牛顿对自己的估价倒是值得赞扬的，1727 年 2 月，牛顿得了胆结石，自认为不行了，他说：“我不知世人对我怎么看法，不过我自己只是觉得好像在海滨玩耍的一个小孩子，有时很高兴地拾着一颗光滑美丽的石子，但真理的大海，我还是没有发现。”

## 分割原子

在原子学说的发展过程中，有一段颇有教训的历史。

古时候，人们仰视日月星辰，奇峰峭壁；俯察长河大川、沙石草木，有时不禁提出这样的问题：品类繁多的宇宙万物到底是由什么构成的？是怎样构成的？

大自然中千变万化的事物，给人们提供了许许多多发人深思的现象。譬

如一堆沙粒，从远处看去似乎它们都是连续的整体，而实际上却是由无数颗小沙粒组成的；天上的银河，一眼望去好像是一条白色的辉带，然而，它却是由数量庞大的星体聚集而成的……，这些现象很容易使人们想到：一切大的东西都是小小的颗粒构成的。

我国早在 2000 多年前的春秋战国时期，墨子就提出了类似“原子”的说法。当时他和庄子发生了激烈的争论。庄子说，要是有一根一尺长的木棍，我今天把它折成两段，明天再把那半段再折成两段，后天又把那半段的半段再折成两段……这样一直折下去，即使折了 30 万年也没个完，可以永无止境地折下去。墨子不同意庄子的看法，墨子说，不可能无限制地折下去，折到后来一定会遇到“尽头”（墨子称之为“端”），在那时，就不能再折下去了，“端”就是不可再分的最小颗粒。

比墨子稍后一些，古希腊有位著名的哲学家，名叫德谟克利特。他和墨子一样，认为对于物体是不可能无限分割的，分到最后，一定会遇到一种不可再分的最小单位，这种最小单位，他名之曰：“不可分者”。这些论点先后被我国翻译成“莫破尘”和“原子”。所以，不论是墨子的“端”，还是德谟克利特的“原子”，都包含着“不可再分”的意思。德谟克利特的继承者，古罗马的卢克莱修，在一本题为《物活论》的书中，又一次表达了德谟克利特的原子观点。以德谟克利特为首的古代原子学说，认为原子是客观存在的，并且是不可分割的，是永恒地运动着的。

德谟克利特的朴素唯物主义的原子学说，在当时的历史条件下，虽然只是一种猜测，但是由于它是用唯物主义观点来解释世界的，因而受到了唯心主义和宗教势力的竭力反对。

然而，古老的原子学说并没有被唯物主义的黑风恶浪所吞没，却一直流传下来。

17 世纪中叶，随着时代的进步，科学的发展，使原子学说又获新生，重新活跃起来。1803 年，英国科学家道尔顿用原子论解释了定比定律，提出了倍比定律，并测出了一些元素的原子量，从此，原子学说就从一种古老的猜测，变成科学的理论，结束了化学史上愚昧的炼金时代。

原子学说阐明：物质是由原子组成的；原子是不可再分的最小微粒；同一种原子的重量、大小都是一样的；一切原子都处在不停地运动中。原子学说的创立和发展，对当时的科学发展无疑起了促进的作用。人们利用这个学说解释了不少过去所不能解释的物理现象和化学现象。到了 19 世纪，原子学说就占据了统治地位。

但是，科学实验只证明了物质是由原子构成的，并没有证明原子是“不可再分”的最小微粒。当时许多科学家并不理解这一点，他们把原子“不可再分”的观点奉为“金科玉律”，因而原子是构成整个世界的“最小砖石”就成了当时不容置疑的信条。

由于原子学说取得了一定的成就，使得不少的科学家沉醉于完美而和谐

的气氛之中，认为既然原子是构成整个世界的“最小砖石”，那末，一当人们认识了原子以及它们的运动规律，真理就被穷尽了。“终极理论”就形成了，科学家除了对已有的理论进行修修补补之外，似乎已经无可作为了。正如普朗克的老师菲力浦·若里所说：“其实，科学已到达了它的顶峰，研究它没有多大意义。大厦已建造好了，如果其中还有什么不足的话，那是可以用一些枯燥无味的修饰工作来消除的。”若里的话并非一己之见，当时多数科学家都作如是观。

然而，正当这些科学家举杯庆贺“终极理论”大厦的落成，举手欢呼科学到达登峰造极的境地的时候，一系列新的科学发现，打破了“终极理论”的迷梦，在人们面前展示了一个崭新的世界。

1895年，德国科学家伦琴，发现了一种不可见的新型射线，因为当时他不知道这是一种什么射线，所以称之为X射线。X射线具有很大的穿透能力，能透过木材和肉体等物质；1896年，法国科学家贝克勒尔又发现了一种新的射线，它是从铀的化合物中放射出来的一种射线，人们称之为贝克勒尔射线；1897年英国物理学家汤姆逊发现了电子；1898年居里夫妇发现了镭。镭具有强烈的放射性，它比铀的放射性还要大几百万倍，镭所放射出来的三种性质不同的射线，经过研究发现：α射线是另一种元素——氦的原子核；β射线是一科高速运动的电子流；而γ射线却是一种波长极短的电磁波

这些科学上的重大发现，把一向被认为是“不可再分”由原子打碎了，剥开了原子的“表皮”，雄辩地证实了：原子的内部还有复杂的结构，它根本不是组成物质的“最小的砖石”。这就有力地否定了把原子学说视为“终极理论”的形而上学的观点。

按理说，对于科学上的新发现，应该伸出双臂来欢迎。但是，被形而上学的“终极理论”思想僵化了头脑的人，无法理解科学土壤中萌发出的新生幼芽，相反，却把它们视之为“不可理解”的“怪物”。

起初，他们试图对一系列的科学发现进行各种解释。然而，他们所用的武器却几乎都是从旧的原子学说的武库中寻找出来的，想把新的科学发现束缚在旧学说的框框中，这当然是徒劳的。于是，他们苦恼、徬徨、徘徊、甚至对科学丧失信心。著名的物理学家洛伦兹哀叹道：“在今天，许多人提出了与昨天他们说过的话完全相反的主张，在这样的时代，真理已经没有标准了，也不知道科学是什么了。我很悔恨，我没有在这些矛盾出现的五年前死去。”著名的科学家玻耳兹曼甚至走上了自杀的道路。这完全是形而上学的“终极理论”所酿成的悲剧。

就在这时，唯心主义乘虚而入，利用一些科学家的混乱思想，出来兜售他们的主观唯心主义。他们把一系列的科学发现歪曲为“物质消失了”，“物理学毁灭了”，并把物理学的发展歪曲为“现代物理学危机”。

正当这时，列宁高瞻远瞩，写出了《唯物主义和经验批判主义》一书，给予唯心主义思潮以严肃的批判，澄清了“终极理论”所造成的迷雾。列宁

指出，就物理学本身而言，根本不存在危机剂问题，而是革命、进步的问题。并作出了“电子和原子一样，也是不可穷尽的”伟大预见，为自然科学的发展指出了光明的道路。

## 劳而少益

进入了 20 世纪之后，人们对微观世界的探索取得了重大的进展。1911 年，卢瑟福建立了原子结构的模型。证实原子内部有着复杂的天地：有一个处于原子中心的原子核，核的周围又有若干电子作绕核运动。1919 年，卢瑟福首次实现人工核反应，用  $\alpha$  粒子从氮原子核中打出质子；1927 年建立了关于微观粒子的运动规律及其性质的基本理论——量子力学；1932 年，英国的查德威克在人工核反应中发现了中子，证实了原子核是质子和中子组成的；同年，美国的安德森在宇宙射线中又发现了电子的反粒子——正电子，它和电子一样重，但是带正电。不仅如此，以后又发现光和电磁波（光也是一种电磁波）同样是物质的一种存在形式，也是一份一份的，每一份称为一个光子。人们把比原子更深入的一个新层次——电子、正电子、质子、中子、光子，……统称为“基本粒子”。继而，人们又发现了许多新的基本粒子，从 1932 年至今，已发现了 300 种之多。

“基本粒子”登上物理学舞台后，“原子不可再分”的说法自然销声匿迹了。但是，基本粒子很快又扮演了以前原子所扮演的角色，被认为是组成各种物质的永远不变、不可再分的基本单元。原来企图在“原子”的基础上建造“终极理论”大厦的希望，现在又寄托在基本粒子身上。

英国科学家爱丁顿，早期在天体物理、相对论和量子论方面都有出色的贡献，可是到了晚年，他把 20 年代关于基本粒子的知识，看做是最后的知识，一味追求所谓“终极理论”。他浪费了半辈子的时间和精力，来研究和推导所谓“精细结构常数”，并试图计算出宇宙中一共有多少个电子和质子。爱丁顿宣称，有了他这个“终极理论”，什么事情都可以从中得到答案。可是，就在他经营“终极理论”大厦的过程中，物理学又向前推进了。

事物完全没有按照爱丁顿的思路发展。正当爱丁顿拼命建造“终极理论”的大厦时，中微子、介子、超子、奇异粒子、反超粒子等新的基本粒子不断被发现，爱丁顿的“终极理论”也就不攻而自破了。

德国著名物理学家海森堡，是量子力学的创始人之一，曾在物理学上取得过出色的成就，但是，海森堡也热衷于追求“终极理论”。早年，他坚持认为基本粒子是一种没有“内部结构”的“物质始原”。由于许多新的科学发现证实了基本粒子结构的复杂性，海森堡又提出一种新理论——“非线性旅量场论”他宣称：存在着一种“非线性旋量物质”，这是一种“没有内部结构”、“不可分割”的基本物质。海森堡认为，既然这种物质是万物的“始原”，是构成世界的“最小砖石”，那么，只要认识了这种物质及其规律，

人们就能穷尽真理，建立“终极理论”。

在海森堡看来，他已经走到“终极理论”的门口，似乎真理的极限已经在望，只要经过一番努力，就可以得到“终极理论”。海森堡花费了十多年的时间，来建造自己的“宇宙”。他说：“在我的理论完成之后，今后物理学将不再向深度的方向发展，而只是向广度的方向发展了。”一句话，一旦建立了一个统一描述基本粒子的理论，科学就到此为止，不再前进了。然而，流光空逝，了无进展，白白浪费了许多宝贵的光阴。

近一二十年的科学实验，向人们提供了许多证据，说明基本粒子并不是“物质的始原”，基本粒子也不是没有内部结构的。

1956年，日本物理学家坂田昌一提出重子—介子复合模型：认为强子一类的基本粒子是由更基本的东西组成的。1964年美国物理学家盖尔曼提出三种具有分数电荷的所谓“夸克”粒子构成强子。1965~1966年我国物理学家根据实验中提供的强子有内部结构的一些迹象，提出了强子是由“层子”组成的层子模型。这些假说，越来越得到更多的实验材料的支持。

事实证明，爱丁顿和海森堡的努力无疑是劳而少益的；任何形式的最终真理和“终极理论”，都会成为束缚我们前进的锁链。

著名的诗剧《浮士德》，也许可以给人们带来启示。19世纪德国大文豪歌德，曾花了60年的功夫，创作了一部世界的诗剧：《浮士德》。歌德在这部作品中描写主人公浮士德一生探求真理的痛苦经历。浮士德老博士在中世纪的书斋中和恶魔靡非斯特订下契约：在他没有表示自我满足之前，恶魔做他的奴隶，一待浮士德表现了自我满足之后，他便要成为靡非斯特的奴隶。契约订立之后，恶魔服侍浮士德走出了中世纪的书斋，返老还童，经历了种种生活，不知厌倦，最后浮士德由于忧愁而双目失明。可是，当他想到完成了改造自然的乌托邦美景时，浮士德不禁满足地赞叹了一声“美呀！停留一会”。这一“停留”便坏了大事，使他沦落为恶魔的奴隶而郁闷地死去。

浮士德的故事具有一定的教育意义，它不但反映了资本主义上行阶段，进步与反动、科学与迷信之间的斗争，而且告诫人们，在从事任何艰难事业的过程中，决不能安于现状，停滞不前。因为“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上，因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明；有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的”。

## 鲜花广场上的极刑

1543年，波兰杰出的天文学家哥白尼，经过了“四个九年”的踌躇，终于发表了他的不朽著作——《天体运行论》提出了著名的“日心说”。哥白尼的学说，冲破宗教设置的禁区，把地球从宇宙中心的宝座上拉了下来，降

为一颗普通的行星，这就沉重地打击了以“上帝创世说”为核心的宗教神学。因此，日心说刚一诞生，就受到宗教教会的压制和迫害。哥白尼的学说被指控为“异端”、“邪说”，著作被列为禁书，而对日心说的传播者则进行了种种的残酷迫害。然而，暴力并不能吞没真理的火光。有不少勇敢的战士，为传播哥白尼学说而进行着不屈的斗争。布鲁诺就是其中最伟大的一个。

布鲁诺出生于意大利，自幼家境贫困，14岁的小布鲁诺就被送进了修道院，过着枯燥、乏味的僧侣生活。但是，神学的枷锁，并没有使他成为虔诚的宗教徒，相反，在布鲁诺的心中却燃烧着叛逆之火。

年轻的布鲁诺，写了一篇题为《诺亚方舟》的短文，大胆地对《圣经》提出种种怀疑。这件事使修道院大为恼火，他们向罗马教庭控告布鲁诺，说他是“异端”，并列举他的种种“罪状”达130条之多。不久，在布鲁诺周围，就布满了恶毒监视的眼睛。在这种情况下，布鲁诺毅然脱掉袈裟，开始过着逃亡的生活。

从1578年到1591年的13年中。布鲁诺的足迹几乎踏遍了整个欧洲。他到处发表演说，热情地宣传了哥白尼学说，同时又发表了《论原因、来源和统一》、《论无限性、宇宙和诸世界》等著作，从各个方面补充了哥白尼的学说。布鲁诺比哥白尼更大胆、更勇敢。他宣称太阳只是太阳系的中心，而不是宇宙的中心；宇宙是无限的，是没有中心的；地球只是宇宙中一粒微小的尘埃。布鲁诺这些“无法无天”的言论和行为，极大地激怒了反动教会。于是，一只只锋利的魔爪朝着布鲁诺伸来。

1591年2月，布鲁诺接到了威尼斯一个名叫莫琴尼格贵族的来信，信中殷勤地邀请布鲁诺回到意大利，并且向布鲁诺保证，在自己贵族的住宅里，教皇的迫害是不会降临到布鲁诺的头上的。谁知这是一场无耻的骗局。当布鲁诺刚刚踏上祖国的土地，就被教会逮捕了，送进了宗教裁判所。

布鲁诺被监禁、被折磨、被凌辱。在毒刑拷打的铁窗中一共度过了8年，然而他还顽强地活着，没有屈服，没有退缩。

1600年2月17日，罗马教会在鲜花广场上对布鲁诺进行了最后的裁判。他被押上了火刑架，宗教裁判官威胁地说：“再过一会你就要站到你的创造者面前去了，赶快放弃你那异端邪说，向上帝忏悔吧！”布鲁诺大义凛然地回答：“我不能够，我不愿意放弃，我没有可以放弃的事物。”在主教的指使下，审判人开始用颤抖嘶哑的声音宣读判词。布鲁诺却骄傲地说：“你们对我宣读判词，比我听到判词还要感到畏惧。”接着，烈火在布鲁诺脚上燃起，在熊熊的烈火之中，布鲁诺坚定地说：“火并不能把我征服，未来的世纪会了解我，知道我的价值的。”

布鲁诺虽然倒下了，但是禁区也被冲开。在拓荒者的血泊中，自然科学开始大踏步地向前挺进。

前赴后继

布鲁诺被烧死的消息传出以后，在当时的文明世界——大学里激起振荡。大学生中间议论纷纷，有的拍手称快，有的忿忿不平，引起争吵，打开群架，甚至拔剑格斗。也有曲涌到当时在英国威尼斯帕多瓦大学执教的伽利略教授屋里倾吐衷肠。伽利略这个“日心说”的信奉者，对布鲁诺的殉难感到万分愤慨。

火刑固然可以烧毁勇士的身躯，但却不能禁灭科学的真理。伽利略决心踏着哥白尼的足迹，在轰击禁区的坎坷征途上继续前进。

1610年初，意大利威尼斯的居民处于骚动之中，他们聚集在“圣马可”广场上，眼望着大教堂钟楼上的一根奇怪的管子。人们交头接耳地议论说，通过这根管子可以看见往日所看不见的景物。这根管子就是伽利略创制的第一架天文望远镜。

通过望远镜，伽利略观察到月亮的表面上有起伏不平的“山脉”和“海洋”，这就驳斥了天上星球完美无缺的神话；观察到木星有四颗卫星，如同月亮围绕地球转一样，这就驳斥了只有地球是一切天体的中心的谎言；观察到金星呈现时盈时缺的现象，这就证明了较小的天体绕着较大的天体公转是自然规律……。所有这些发现，都对地心说是一个沉重的打击，而为哥白尼学说提供了确凿证据。

然而，证据愈是确凿，教会的忿恨就愈是炽烈，他们觉得伽利略的发现太可怕了，伽利略是在煽动顺民们背弃对《圣经》的信仰。因此，基督教会终于伸出铁爪，准备封住伽利略的嘴。

宗教裁判所的法庭发出警告，伽利略必须放弃哥白尼学说，不得为他辩护，否则将受到监禁处分。

教会的告诫并没有能阻止伽利略的科学活动，1632年，伽利略在佛罗伦萨出版了题为《关于托勒密和哥白尼两种世界体系的对话》，以更为巧妙的方式宣传哥白尼的学说，这件事使罗马教庭大为震怒。1633年2月，教皇命令把年近古稀的伽利略送到罗马。宗教裁判所对伽利略进行了多次的审讯，强迫他放弃“邪说”。这时，许多朋友都要求伽利略退让一下，他的女儿舍勒斯特也写了许多痛哭流涕的信来哀求他。然而，伽利略不但没有低头，反而坚定地说：“悔改？！要我悔恨什么？难道叫我把真理隐藏起来……！”

1633年6月21日清晨，伽利略被带进了宗教裁判所的拷问室，直到三天之后他才被放了出来。宗教裁判所判他终身监禁，伽利略被迫在判决书上签了字。可是，在他站起来之后，依然喊到：“但是，地球依然在转着！”

伽利略被监禁后，教会并没有停止对他的迫害，他们强迫他每周作一次忏悔仪式，派特务监视他的行动，不准他接见家属和朋友，使这位风烛残年的老人失去所有的自由。伽利略在教会的长期折磨下，终于双目失明。1642年1月8日，伟大的伽利略离开了人间。

法国著名作家巴尔扎克说过：“创造发明吧，那么你就必然受到迫害，



像罪犯一样丧生；依样画葫芦吧，那么你就像个傻瓜一样过着幸福的生活。”这句话反映顾了部分史实。

不过，历史证明，科学真理终究是不可抗拒的。伽利略 300 多年的沉冤，在 1980 年终于得到平反昭雪，这的确是一件寓意深刻的事情。

1979 年 11 月 10 日，意大利罗马教皇，在一次公开集会上，正式承认伽利略在 17 世纪 30 年代受到教会的审判是不公正的。1980 年 10 月，教皇又在梵蒂冈举行的世界主教会议上，提出重新审理这一冤案。

教皇宣布之后，一些世界著名的科学家组成了一个委员会。委员会由意大利国家核物理研究院院长吉基齐教授任主席。六名成员全部由诺贝尔奖金获得者组成。他们是：美籍华人杨振宁、丁肇中，日本学者江崎，巴基斯坦的萨拉姆，澳大利亚的艾克来，以色列的魏格纳。委员会的任务是：“研究科学同宗教信仰的关系，伽利略案件的科学方面及伽利略学说对现代科学思想的贡献”。

## 烤不毁的真理

17 世纪的西欧医学界，盖伦学说占据着绝对统治的地位。盖伦认为，人的血液是从肝脏中得到一种“自然”的精神，从左心房得到一种“活”的精神，从脑筋里得到一种“动物”的精神。动脉和静脉之间没有任何联系。人的整个机体是由“灵魂鼓动起来的”，而肉体只不过是“灵魂的工具”而已。盖伦的这种说法正合教会的口味，因而盖伦被基督教会奉为“医学之父”，他的学说被视为不容置疑的“绝对真理”。

塞尔维特并没有被禁区所束缚，他经过十年的医学实践和对解剖学的深入钻研，发表了他的名著——《基督徒的复兴》，大胆地对盖伦的学说提出了疑义，并在人类医学史上，第一次发现了心脏与肺部之间的血液小循环。塞尔维特指出：由右心室出来的血液通过肺动脉而进入肺部，再经过肺静脉流入左心房。血液在肺部放出“焦味、煤烟和尘埃”，重新恢复鲜红的颜色，被洗清的血液又回到心脏，再沿着动脉和毛细血管散布到全身。

塞尔维特明确地提出“灵魂本身就是血液”的观点，这就意味着灵魂并不是永存的，它将随肉体的死亡而消失。这一观点不仅推翻了盖伦的愚昧的旧医学观点，而且把斗争的锋芒直指神圣不可侵犯的基督教会，因此，残酷的迫害降临在塞尔维特的身上。

1553 年 1 月，塞尔维特化名发表的《基督教的复兴》一书传到了日内瓦，很快就落到了曾和塞尔维特保持多年通讯联系的论敌、新教派的首领加尔文手中。狡猾的加尔文在这部著作的末尾，看见 MSV 的字样，立即猜到这是米盖尔·塞尔维特·维里涅夫的缩写字母，于是塞尔维特就被加尔文告发，送进了宗教裁判所的监狱。

教会以死刑来威胁，强迫塞尔维特放弃他的“异端邪说”，然而，塞尔

维特坚定地回答说：“我相信自己的言行都是公正的，我不怕死，你们只会用诽谤来反驳我的学说，但是举不出有份量的论证。……我知道我将为自己的学说为真理而死，但这并不会减少我的勇气。”

1553年10月23日，在塞尔维特拒绝放弃自己观点以后，被教会送上了火刑场，在烧死前还把他活活地烤了两个钟头。在这同时，还烧毁了塞尔维特的全部著作。

## 伟大的实验

### 鸡胚胎的研究

亚里斯多德于公元前 384 年生在斯塔吉拉（希腊在小亚细亚的一个殖民地）。他的父亲是个医生，是当地同业公会的会员。亚里斯多德很小就成了孤儿，是一个亲戚把他抚养成人的。看来，亚里斯多德可能在幼年时期就从他父亲那里获得了医学和生物学的某些知识。

亚里斯多德 18 岁进入雅典的柏拉图学院。在那里他一直学习到公元前 347 年柏拉图逝世为止。看来他在很年轻的时候就解剖过一些什么动物。他在这个时期的生活轶事说明，他具有时髦的风度、聪明的才智和严厉的性格，并因此而引起过旁人的嫉妒和不满。柏拉图死后，他就离开雅典，去到阿塔纽斯，一个小王国。这里的统治者赫尔米亚斯召集了一批柏拉图学派的学者。亚里斯多德到这里不久，就和赫尔米亚斯的养女佩西娅丝结婚了。结婚后生了一女孩，取名叫她妈妈的名字。亚里斯多德的妻子不久去逝，以后他就和一个名叫赫佩丽丝的女人建立了家庭。虽然他们没有正式结婚，但他们终身住在一起，并有一个儿子名叫尼可马可斯；亚里斯多德曾为他的儿子写过一篇修身明理的文章《尼可马可斯行为准则》，一直流传至今。

亚里斯多德在阿塔纽斯呆了三年，然后就搬到了列斯波斯岛上的米提林居住。就在那里，他进行了大量的生物学研究工作。大约在公元前 343、342 年，亚里斯多德应聘当过马其顿国王菲利普的儿子亚历山大的私人教师。八年后，他回到了雅典，并建立了自己的学校和图书馆。学校像科学院，而图书馆则起着相当于现代大学的作用，只不过没有现代这么正规的组织罢了。

公元前 322 年，亚里斯多德由于感情上和马其顿人不合，退隐到查尔西斯。他曾经说过，他不想给雅典人以机会，像毁掉苏格拉底那样，再毁掉一个哲学家。不久，他就在查尔西斯与世长辞了。

亚里斯多德和达尔文一样，是最伟大的生物学家之一。是他最早对生物进行了系统观察，并写下了关于各种生物的详细著作，如我们所知的《动物发展史》。在这里介绍的第一个实验，就是他做的。这个实验奠定了后来一切胚胎研究的基础。这个实验好就好在它的问题研究的系统性，以及根据研究结果提出问题的敏锐性。

动植物生长的天性问题，在亚里士多德以前的希腊思想家就曾进行过深入的考虑。一个新的动物或植物是怎样产生出来的呢？看来它并不是由与母体根本不同的材料构成，它不断变化成长，结构很快就变得相互协调，十分精良。这种结构是按预先的计划形成（先成说）的呢，还是随生长的不同阶段一步步形成（后成说）的呢？这个问题至今还未完全解决。很久以来，人们就想知道生长过程，到了公元前 345 年，亚里斯多德只不过是古往先驱者

有关学说的继承人。

亚里斯多德以前流传下来的唯一有价值的医学著作就是《希波克拉底文集》。不管其中的文章是谁写成的，作者都有一个明确的思想，就是可以用非人类动物的胚胎作比较，来了解人类婴儿的生长过程。在一篇名为《关于婴儿的天性》文章中，以非常明白的语言说道：“用二十多个鸡蛋由两只或三只母鸡进行孵化，从孵化的第二天起，每天取一个鸡蛋解剖检查，你将发现，一切情况都和我所说过的一样。就此推广而论，禽类的发育过程可以比作人类婴儿的发育过程。”看来，文章评论家们都认为，该文章并未说明其作者实际上真正进了他所说的考察。这个任务留给了亚里斯多德，下面就是他考察鸡胚胎发育过程的描述。

亚里斯多德写道：“如前面说过，所有的禽类都是卵生，其方式相同，但孵化周期长短不一。就普通的鸡而言，三天三夜之后，便显露出了最初的胚胎迹象。较大的禽类，时间则稍长一些；较小的禽类，稍短一些。这时，蛋黄上升到鸡蛋的尖头一端，鸡蛋的基本组成部分就此固定下来，得到孵化。心脏最初好像一个血点，出现在蛋白之中。这个血点具有生命，在不停地跳动。随着孵化过程，从中伸出两条血管，每条血管带有外皮，延展形成带血丝的薄膜。其中一层血管薄膜包裹住蛋黄。再稍后便可分辨出鸡身，有眼睛，像两个鼓泡，向外突起。眼睛呈此种状态，要延续相当长一段时间，然后才慢慢缩小，塌陷下去。起初，身体下肢不如上肢明显。从心脏伸出的两条血管，一条连通外膜，另一条像脐带通向蛋黄。鸡的生命元素在蛋白之中，营养物质通过脐带从蛋黄中摄取。

“鸡蛋孵化十天后，其中小鸡的各个部分都明显可见了。头部比其他部分显得还大一些，而眼睛又比头还大，但不十分清楚。如果这时把眼睛取出来，可以看到它比豌豆粒还大，呈黑色。如果把眼的外膜剥开，里面全是发凉的白色液体，在阳光下闪闪发光，没有什么固体物质。头部和眼睛的情况大致如此。一些较大的内部器官，也可看出，如可以看清胃和肠子的分布。从心脏伸出的血管，这时已能看出是和脐带相连的，从脐带引出一对血管，一条通往包裹蛋黄的膜（这时蛋黄已变成流体，或者说比一般蛋黄要稀），另一条通往外膜，此外膜包住包小鸡的膜和包蛋黄的膜，以及二者之间的液体（随着小鸡的发育，一部分蛋黄逐渐上升，另一部分则逐渐下降，中间则出现一些白色液体。蛋白质处在下面部分蛋黄之下，如此直至消耗殆尽）。到了第十天，蛋白质都处在最外面，量已减少，发粘变硬，呈蜡黄色。

“小鸡各个组成部分的位置排列如下：首先，最外层是外膜（不是指蛋壳膜，而是指蛋壳膜里面的那层膜）；外膜里是蛋白质液体，小鸡和包住小鸡的膜（这层膜把小鸡和液体隔开）；然后是蛋黄和包住蛋黄的膜（有一条血管通到这层膜，另一条血管遇到外膜）。这就是说，由一层带着类似血清的薄膜包住整个组织，另一层膜只包住胚胎，使胚胎和蛋白质液体隔开，还有一层只包住蛋黄，由心脏大血管引出的脐带与之相通的膜。这样，胚胎与

蛋白和蛋黄两种液体都有膜隔开)。

“在差不多第 20 天,如果打开鸡蛋,触动一下其中的小鸡,它就会动弹,并发出啾啾叫声。它已准备出世了,只要一过 20 天,就会破壳而出。它在壳里把头搁在靠右侧右腿上,用翅膀盖着头。这时还可清楚看到蛋壳膜里那层类似胎衣包住小鸡连着脐带的外膜,整个小鸡还在里面,同时,也可看到另一层类似胎衣,包住蛋黄连着另一根脐带的膜。如前所述,两根脐带都与心脏大血管相连。这时,通往外膜的那根脐带已开始萎缩,并与小鸡脱开;而包住蛋黄那层膜则紧贴在小肠上。这时大量蛋黄已进入小鸡体内,在胃中有黄色沉积物。大约也就在这个时候,小鸡开始向外胎衣方向排泄废物,在胃里也有废物;外面的废物是白色的,胃里的废物也是白色的。蛋黄逐步减少,最后全部用完,进入小鸡体内(如果在孵化十天后,打开鸡蛋,还可在与小肠连接处发现一点蛋黄)。通过上述过程,小鸡发育成长,睡觉、惊醒,动一动,睁开眼,啾啾叫,心脏不断频频跳,充满生命的活力、禽类卵生的胚胎的发育过程就是如此。”

毫无疑问,在亚里斯多德之后,人们对胚胎学的兴趣依然存在。不仅如此,更多的学者还开展了更广泛的观察实验。不过,亚历山大时期各学派流传下来的有关科学著作很少。中世纪的欧洲所知道的古希腊科学是通过阿拉伯学者学来的,是阿拉伯学者发扬光大了古代科学。虽说伽林和阿维森纳的著作是医学和生物学的最重要来源,但绝大部分中世纪科学的最终来源仍然是亚里斯多德。后来的新著作一般都是评述亚里斯多德著作,中世纪的胚胎学更是如此,都只不过是亚里斯多德《动物发展史》的翻版。

继承亚里斯多德生物学传统的一篇最成熟的著作《人体在子宫中的形成过程》是罗马人盖尔斯大约在 1276 年写成的。这篇著作从理论上探讨了父母在生殖过程中的作用,详细说明了胎儿的发育过程,把亚里斯多德关于禽类胚胎的发育过程扩大到了人类胚胎发育过程。盖尔斯著作受到广泛批评,这显示了中世纪胚胎学知识有所增加。据胡森指出,当时弗利·詹姆斯和加博·托马斯批评盖尔斯,说他关于胎膜的论述,援引的不是亚里斯多德的原著,而是阿拉伯著作。

主要问题在于三个胎膜的位置、作用和发育顺序。看来很明显,盖尔斯之所以受到批评,是由于他进行了某些解剖研究和引用了新的权威著作。胎膜的发育顺序也许并不是什么重要问题,但它与先成说和后成说的长期论战有关,由来已久的这一论战一直可以回溯到古希腊科学的萌芽时期。

盖尔斯在引述伽林的著作时,不得不提供出比亚里斯多德原著更丰富更详细的原始材料。这并不是胚胎学革命,而只是后继者对先驱者论述的修正,是传统智慧的进一步发挥。1604 年,法布利西在自己的著作《胎儿的形成》中,描述了亚里斯多德曾记载过的许多构造,也讨论了盖尔斯所遇到的麻烦问题,一致同意,胎膜具有保护胎儿和储存废物的双重作用。大家知道,胎儿的发育过程,可以通过血管的发展情况进行更好的研究。法布利西就曾

对脐带的血液系统作了更详细的论述，这是对建设中的知识大厦添砖加瓦。

读了亚里斯多德的论述，一定会感觉到：一是叙事清楚，说清楚了所观察的各个主要环节；二是重点明确，抓住了整个过程的主要生物学原理，就是蛋白和蛋黄的作用。亚里斯多德把鸡胚胎的胎膜与哺乳动物的胎膜相比较，这实际上说明，他已把胚胎观察从一个物种推广到了另一个物种。

然而，从什么意义上说这种观察研究是一种实验呢？在导言中，我已把实验研究分成两类：一种是考察某种事物或某种自然过程；另一种是通过积极干预，排除干扰，专门对特殊效应进行实验研究。古希腊科学大都富于实际考察和理论探索。利用孵化中的鸡蛋，进行有计划的连续考察，为我们提供了研究方法的一种范例，它包含着某种积极的干预和设计。亚里斯多德不是消极等待小鸡的发育成长，最后出现在他的面前，而是按希波克拉底建议的聪明办法，积极干预了自然过程。

## 消化的过程

威廉·博蒙特是一个农民的儿子，1785年生于康乃狄克州的勒贝龙。1806年，他想外出历险，骑着一匹马，带了一把砍刀、一桶果汁和100块钱离开了家乡。1807年，他在纽约州的抢普伦找到了一个安生立命的职业，当了一个中学的校长。在该校期间，他广泛阅读了医学及其他科学书籍。1810年，他自愿到佛蒙特州的圣·奥尔班斯跟钱德勒大夫当学徒。两年后他取得了自己开业的执照。1812年，在英美战争中，他参加了美国军队，一直服役到1815年。此后，一直到1820年，他都在宾夕法尼亚州的匹兹堡开业行医。然后，他接受军方的委托，重新加入了军队，分配到密西根地区的麦肯纳克要塞工作。在那里，有一个军队雇员因事故受伤，博蒙特在医治其伤口过程中进行了实验，也就是这里要介绍的消化过程实验。

看来，博蒙特乐于在军队工作，在军队的不同岗位上，一直工作到1839年。在这些年，他所进行的消化的化学过程实验研究，使他赢得了国际声誉，特别是在德国，他对诸如约翰斯、缪勒尔等都产生了很大影响。

他在军队工作的最后一个地方是在圣·路易斯。在那里他离开军队，再度自行开业行医。1853年，他不幸坠马，严重受伤，随后感染而死亡。

在19世纪以前，关于消化的研究卓有成效者，要算范赫尔蒙特。他是一个法兰德斯（位处比利时西部法国北部交界地区）医生，医术精良，富有创见，又有实验能力，善于用实验检验和证明自己的消化理论。他的大部分著作都收集在一本命名特殊但又非常普及的书中。这本书叫《粮食的物理学》，其英译本出版于1662年。他像别的优秀科学家一样，在接受某种理论之前，总是先消除其中明显错误的东西。在范赫尔蒙特时期，绝大多数人都认为，消化就好像是由胃产生热量把吃下去的东西煮熟而已。他则用一种很简单的观察说明，就把这种普遍错误之见推翻了。他说：“在鱼的胃里并没有热量，

可是消化能力并不比热血动物差。”也就是说，冷血动物和热血动物消化食物是一样好。

范赫尔蒙特第一个使用碱性处方治疗消化不良，这是他考察胃酸的结果。他说：“我曾多次伸出我的舌头，让一只驯化的麻雀来吃，麻雀想尽可能把我的舌头吞下去，这样就使我的舌头尖感觉到麻雀喉咙里有强烈的酸味。由此我明白了，为什么麻雀那样贪食，为什么它消化那么快。”但是，为消化食物，只是酸还不够。他用醋不能溶解肉来证明这一点。他说，除酸外，还需要各种发酵剂。不同发酵剂对食物的作用不同。一物降一物。范赫尔蒙特关于发酵剂的概念，与现在我们所说的酵素差不多。他知道十二指肠内有碱性溶液。他不仅认为十二指肠和胃里有各种发酵剂，而且还认为各种发酵剂有各种不同的作用。每个地方都有天然酒精在燃烧，煮熟食物，滋养身体。

在范赫尔蒙特之后，直至威廉·博蒙特这段时间内，关于消化的研究，几乎没有取得什么新进展。这反映了范赫尔蒙特关于消化概念的先进性，与生物化学中的其他落后概念大不相同。范赫尔蒙特不仅基本上确立了现代的酵素概念，而且还提出了疾病“侵害”论。他是细菌学鼻祖。他认为，由于外面的微生物侵入体内，利用人体的生命过程，使其自己得到生存和发展，并排出毒性废物伤害人体，这是一般疾病的直接原因。范赫尔蒙特历来就受到医学界的敬仰和尊重。

1822年6月6日，军队雇佣的一名搬运工兼勤杂工，名叫阿列克赛·圣马丁，因滑膛枪走火而打伤了腹部。圣马丁是法国籍加拿大人，年仅18岁，身体很结实。他被送到外科医生博蒙特诊所时，伤势十分严重，枪弹从腹部穿入胃里，从穿孔“流出了当天早饭吃下去的东西”。想必圣马丁的身体确实很好，要不然在他伤口感染发烧时，就经受不了再“放血18~20盎斯”。据博蒙特说：“放血可以减少动脉活动，缓和病情。”

圣马丁的伤口开始逐渐痊愈，但胃里停不住东西，不得不穿紧身衣，使食物保留在胃里，不致漏出来。博蒙特在报告中说：“我用尽了一切可能的办法，花了八九个月的时间，想使伤口愈合，但都没有成功。于是我认为根本就不可能愈合了，便放弃了治疗。”经过18个月，沿伤口边缘长成了一层皱皱巴巴的外膜，塞满伤口，并稍向外突起。这样就不再需要外部加以限制约束，食物就可以停留在胃里了。这是一个“阀门”，很容易用手指压开。这时，博蒙特好像突然明白，圣马丁及其特别异样的伤口是个理想的“实验室”，可以用来进行消化的实验研究。圣马丁非常能吃苦耐劳。博蒙特说，在他利用圣马丁进行实验研究过程中，圣马丁一般很健康，积极锻炼身体，保持充沛精力。他俩结成的特殊伙伴关系，保持了长达九年之久，只间或中断，如圣马丁回加拿大去结婚和暂时更换工作等。1883年，博蒙特指出：“在最近四个月，圣马丁虽然不断接受一系列胃消化实验，但他仍保持着旺盛的精力。”

实验研究工作分两部分进行，一部分是研究各种食物在胃内的自然消化过程，称为体内实验；另一部分是将胃液抽出，研究它对各种食物的作用情况，称为试管或容器实验。圣马丁和博蒙特配合进行的全部工作，可以看成是个大实验，有系统地改变消化条件，以便发现正常消化功能的决定因素。但也可看成是一系列独立的小实验，由这些小实验的结果共同组成一个完整概念。

抽取胃液并不费事，只要让被实验者左侧躺下，压开伤口“阀门”，通入一根橡皮管，然后转身使导管向下，胃液就会自动流出来。十二指肠液也能进行体外研究，只要用手压一压十二指肠区，油黄的胆汁就可通过导管流出。如果胃里尚残存有正在消化的食物，用手托起胃的下部，也可以挤出来。

主要是研究消化的速度、温度以及有利于消化的化学条件。在实验过程中，博蒙特发现，由于胃壁受伤，稍有饮食不当，就会出现病状，他指出：“饮食不当很容易显示出胃壁受伤的病状，但很少有其他症状或特殊感觉。”圣马丁有时比较放纵自己，饮食不当，引起胃内温度少许波动。博蒙特为便于比较胃的自然消化和相应温度下的试管消化，把实验结果汇集成表。

人为消化时，胃液和被消化物的比例一般按一盎司胃液对一特拉姆被消化物计算。放试管的水槽要经常搅动，使尽可能保持温度均匀，使接近于 100 °F。

在体外进行的一次典型的消化实验，其记录如下：“二月七日上午 8 点 30 分，将 20 喱煮熟的鳕鱼肉放入了特拉姆胃液之中浸泡；到下午 1 点 30 分，胃液中浸泡的鳕鱼肉几乎全部溶解，尚未溶解的仅 4 喱。溶液不透明，白色，近乎牛奶。到下午 2 点，鳕鱼肉全部溶解。”

在体内也进行了上百次实验，一次典型实验的记录如下：“9 点钟吃早饭，吃的食品为面包、香肠和咖啡，坚持锻炼，11 点 30 分，胃已排空 2/3，天气情况与往常相似，气温 29 °F；检查时发现胃在作明显的收缩—扩张运动；12 点 30 分，胃已全部排空。”

虽然这些实验的结果是直接对各种食物的消化时间和条件提供了很好的说明，但博蒙特本人及其同时代的人都认为，这些实验还与自古以来的一场重要的理论争论有关，主要争论问题就是：“胃液是否是一种化学溶剂？”有一种理论认为，在生物器官中存在着某种特殊生命力，消化过程就是靠它才有别于腐烂变质过程。而博蒙特却利用圣马丁的胃穿孔，以实验表明消化是一个独立过程。不管是在体内胃里，还是在体外的玻璃容器里，只要保证一定的胃液和相应的温度就行。博蒙特还把胃液密封保存在一个罐子里，经过数年后，再拿出来进行实验，结果表明它仍然具有消化食物的能力。所以胃液不仅是一种浸泡食物的辅助剂，而且也像范赫尔蒙特曾经说过的一样，它是具有特殊能力的消化液。

博蒙特在总结对病人进行多年研究的结果时说：“我想，整个实验结果可以证明，胃液不像至今某些人还以为的那样，是一种“惰性水”，其实它



是一种最普通的天然溶剂，它能溶解各种食物，即使是坚硬的骨头也经不住它溶解。它在胃外具有在胃里完全一样的消化作用，这只要慢慢搅动恒温水槽，保证试管具有和胃里相应的平均温度，即大约 100 °F，就可以得到证明。足够的证据使我得出结论：胃液对食物的作用纯粹是一个化学变化过程”。

虽然是偶然的会为博蒙特提供了一个到处活动的“实验设备”，但他仍然使实验深入细致地说明了所研究问题的各个要点。这个实验是系统地研究问题的典范。虽然实验用的只是一个人的胃，但科学家们从不怀疑博蒙特的实验结果适用于整个人类。为什么呢？因为人们并不怀疑人和人的胃是大致相同的，是可以用一个人的胃代替其他人的胃进行实验的。

博蒙特开始和结束的人类生理学的这一章，并没有达到尽善尽美的程度。其中包含的化学反应，在当时还不可能进行详细的研究。即使在 19 世纪技术范围内可能解决的，有关认识消化过程的一个重要问题，博蒙特也尚未触及到。这就是关于消化发酵剂是如何产生的？是因为食物出现在胃里而促使它流出来的吗？1889 年，巴甫洛夫终于证明胃分泌的刺激是通过神经系统进行的。他把一支狗的胃切一个口子，通入一根漏管，接到胃的入口，这样使狗吞下的食物全都能过漏管漏掉，而不进到胃里。可是事实表明，当狗开始吃东西后，胃就开始进行分泌，继续吃，就继续分泌。既然食物没有进到胃里，那么引起分泌的刺激就必然是神经系统的作用。

但后来又逐渐明白，这种机制还未考虑到消化道和与胃相连的其他器官的分泌。1902 年，乌·姆·贝利斯和埃·赫·斯塔林首先明确指出了荷尔蒙激素的作用。他们用狗作了实验，把狗的一段小肠和消化道其他部分切开，以便对这段小肠单独作刺激实验。切开时，只切断神经系统，仍保留动脉流通。当他们把稀盐酸点滴到和消化系统保持完全联系的十二指肠时，立即出现了胰腺的分泌。当他们对切断了神经联系的一段小肠进行同样的实验时，也出现同样的反应。可是这段小肠，除了有血管与整个血液循环系统联系外，与其他部分并无联系，所以必然有一种化学物质，在肠壁受到稀盐酸刺激时便分泌出来，通过血液循环系统带到胰脏，促使胰腺分泌。他们把这种化学物质称为分泌物。后来他们还从肠壁提取出了这种物质样品，注射到血液中，这样，虽然没有稀盐酸刺激，胰腺也照样产生分泌。

## 磁场概念的诞生

罗伯特·诺尔曼大约生于 1550 年。关于他的早年生活和家庭境遇，情况不明，只知道他当过领航员，在海上漂泊了 18~20 年，那时，他可能是住在塞维尔。对于他的了解，主要是通过他的工作。他曾经在巴勒斯那里当过仪器制造工。诺尔曼是一个有经验的领航员，对当时导航仪器和技术的缺点十分清楚。罗盘是当时最重要的导航仪器，诺尔曼的发明创造也就是围绕罗盘的航海应用进行的。人们早已知道，磁针所指示的北极和实际的北极有偏差，

并认为这是一种有规律性的反应，可用来确定经度。但是从多年的海上生活，特别在莫斯科维航线上的商船航行考验中，诺尔曼认识到比例偏差理论是错误的。后来他发现了磁倾角，磁针不仅指向北极，而且还有规律地向下倾斜。他把这种现象称为“下倾”。诺尔曼认为倾斜度可能与测量位置的纬度成比例，可利用这种比例关系设计一种测量仪器。结果他发明了把磁针装在水平转轴 L 沿垂直刻度盘转动的磁倾角测定圆，诺尔曼把关于磁倾角的发现发表在自己的著作《新引力》一书中，该书于 1581 年，由巴拉德在伦敦出版。

有人给诺尔曼献过赞美诗，他的书也就以几行磁石赞美诗开头，其形式是磁石向装饰用的宝石发出挑战：

我虽是磁石但能导航，  
你虽是宝石但难过印度洋；  
你若没有我帮忙，  
你的光彩再好，也只能在地下埋藏。

除此外，书中还有其他几节这样的赞美诗。

1590 年出版了从德文翻译成英文的《海员的安全哨兵》，这是一本从欧洲大陆渡海的导航手册，是第一本印有木刻版海岸图的英文书，其开头也有一首诗，评论领航员的辛勤工作：

领航员在桅杆顶上辛勤院望，  
凝视着指南针指引的前进方向；  
这不是对世人的不朽教诲？  
这下是对发明者的最高奖赏？

诺尔曼曾经在离伦敦不远的拉德克的一所房子住过，他在那里出售过他制造的航海仪。但详细情况无从知道，根据推测，他大约逝世于 1600 年。正是在这一年，吉尔伯特《论磁》一书出版，大大发展了诺尔曼的发明和发现。

在这里要介绍的实验是认识磁场的的第一步。但是正如我们的许多研究一样，最有说服力的重要实验也只是一系列发现的一个组成部分，也只是对一组类似现象的多次考察的一次考察。所以，研究计划有可能来自于研究过程中一个意外的小小事件的结果。

诺尔曼生动地叙述了他偶然发现磁倾角的过程。早先他就注意到，即使是他自己精心设计制作的罗盘，其平滑转动的磁针也不单是指向北极，而巨还向下倾，如我们现在所说的还具有磁倾角。这种效应需要在结构上加以补偿，所以他不得不在南端放一些小铁片，消除北端的下倾，以达到平衡。但是除了这种表面现象外，他并没有考虑作进一步的深入研究。然而有一天，当他装配好一套精心制成的磁针和转轴后，他发现磁针倾斜得特别厉害。于是他开始把磁针指北一端切短，他写道：“到最后，我切得太短了，以致于毁坏了苦心制作的磁针。因此，我生气了，决心全力以赴，研究这种效应。”

第一步是要设计一个倾角测量装置，以便能够系统测量这种效应。于是他他把磁针装在水平转动轴上，使其转动，使倾斜效应充分显露出来，并测出

强弱程度。

但是，这种效应是磁化还是磁石的其他作用引起的呢？显然，最大可能是磁针指北一端在磁化时从磁石上吸附了“灰尘或增重物质”。诺尔曼为这个想法，设计了一个简单的实验，把一些铁屑放在天平称盘里，用不带磁性的铅码加以平衡。然后把铁屑磁化，结果很明显，他说：“你将发现，它们并不比磁化前重。至于说，如果磁针北端从磁石上吸附了增重物质，那么南端也一样，也应该从磁石另一端吸附了增重物质，所以这不会是引起倾斜效应的原因。”这里有两个问题要解决。“用什么方法能产生这种效应？”“是哪一极（南极或北极）产生这种效应？”

在诺尔曼之前，人们以为，磁针指向北极是由于有一个“吸力点”存在一端。但是，如果能证明没有吸引力或拉力存在，它吸引磁针的指北一端。但是，如果能证明那么吸力点也就随之不存在。可是磁针明明是指向一点，于是就只好把这一点叫做“吸力点”。人们可以说，这只不过是个名称问题，但名称的选取却带来一定的理论意义。如果这一点是代表吸引力原点，那么就可以预料，吸引磁针的吸引力原点和磁针之间必然存在着相应的作用力；如果这一点代表的是某种介质的结构特性，那么就没有什么吸引力存在。

为了解决这个问题，诺尔曼设计的实验十分别致，饶有情趣（下面会看到，从现代观点看，并没有解决问题），他写道：“现在为了证明吸力点不存在，可以取二英寸多长的一小段铁丝或钢丝，穿上一小块瓶塞用软木。软木大小，估计要能使铁丝或钢丝浮在水面上，也就是要用这块软木把铁丝或钢悬浮在水中。

然后把一个酒杯，或汤碗、或茶杯、或其他容器，装满清水，放在平稳而且避风的地方。接着仔细把铁丝上的软木一点一点地削去，直至能使铁丝保持在水面之下2~3英寸的位置为止，让铁丝与水面平行，两头不高不低，如同平衡的天平横梁一样。

然后再把铁丝从水中拿出来，不必去掉软木，将其一端接触磁石的南极，另一端接触磁石的北极，接着再重新放入水中，于是你将立刻看到，它自动绕其中心旋转，表现出前面所说的倾斜效应，悬浮在水中，不下沉到水底。按理说，如果存在着吸引力，那么因为水的下部比上部离吸引力原点要近，磁针就应该在吸引力作用下沉到水底。”

这样看来，地球或者说天体并没有从自己的北极散发出吸引力来吸引磁针北端或整个磁针。诺尔曼认为，应该把磁针指北的能力完全归于“磁石及磁石所赋予磁针的特性”。诺尔曼和吉尔伯特都没有想到的另一种假说，即认为存在着吸引力和排斥力，其强弱随着原点的距离变化而变化；磁针为了保持和地球两极发出的吸引力和排斥力的平衡，就不得不指向地球的北极。这种更复杂的力学理论，大约在250年以后才发现，并成为安培和法拉第的争论焦点。作为文艺复兴时期的两个磁学学者，诺尔曼和吉尔伯特，幸好没有想到这种磁学理论。

诺尔曼及其稍后的吉尔伯特都应用力场的发现来解释说明地磁问题。力场概念已成为现代物理学关于电、电磁和引力的基本概念。

诺尔曼曾说：“我的意见是，如果能用一种方法看见磁力特性的话，它一定是围绕磁石的一个相当大的球形体，其死点在磁石的中心，这也是这种特性的中心。”

虽然这种意见具有先见之明，但很不全面。诺尔曼把磁场特性仅归属于磁石，而对地球却只字未提。吉尔伯特完成了这一步，他在1600年出版的《论磁》一书中，重申诺尔曼实验，证明磁针指北或倾斜都不能用引力来解释（他就是这样认为的），但他指出，只是磁石和磁针具有磁场特性还不够，地球也是一个磁体，也具有磁场，甚至可能是最终磁场。吉尔伯特把磁场特性称为球形特性或磁力球。他从诺尔曼实验得出进一步结论说：“再则，方向也不决定于吸引力，而决定于地球整个力的分布”，是一种球形特性使磁针处于特定的方向。

吉尔伯特用磁石做成地球模型，并利用这种模型表明磁倾角随纬度变化而变化。这种导航思想比诺尔曼导航思想更正确更先进，因为诺尔曼没有用地球磁场来说明问题。

下面就是吉尔伯特在磁场概念诞生时所说的原话：“磁体的球形特性就是磁体的磁力倾泻出磁体，在表面上扩散，隆起成球形。……我们不是说这种磁力形式或磁力球存在于空气、水或其他非磁性介质中，……磁体通过磁力球影响其他磁体，甚至像固体磁石一样激发其他磁体的磁性。”

还有两步尚待完成，但在以后的150年中，比较忽略了磁和电的研究。怎样实现诺尔曼的梦想，让人能看见磁力和磁力球呢？现在任何一个小学生都知道，只要把一些铁屑撒在受磁体作用的纸上，就会立刻看到在磁体上面呈现出球形磁力线。这种方法和对磁力线特性的进一步研究应归功于法拉第。

诺尔曼和吉尔伯特两人都认为磁场与物质无关。但法拉第却成功地用实验证明了这样的事实：转动磁铁棒能产生感应电流。这只要磁铁棒转动，而与其相关的磁场不动。因为电流只有在导体与磁力线作相对运动，即我们现在说的“切割”磁力线时，才能产生。所以，即使磁铁棒和其周围存在着另外的磁场，如果二者相对静止，也不会产生感应电流。

同时，法拉第还证明，只是接通或关掉电磁铁，也会产生感应电流。好像是导线通电时，所产生的磁场就传播出来，而关掉电流时，它就收了回去。法拉第通过探测电磁体附近导体产生的感应电流，揭示出这种效应。没有电流，即使有时有电流，在导体中也不会产生感应电流。而每当通电和关电时，导体中就出现感应电流。这些以及其他一些效应使法拉第，也使其他的人深信不疑，磁场是实际存在的。可能只是由于人们的感受能力限制，使人们不能像感觉土地和水那样直接感觉磁场。

“酒杯”实验充满着实验理论。西奥多里克和亚里斯多德的观察实验，是直接用观察实验结果来证实自己的研究设想；而诺尔曼实验则依靠更复杂

的逻辑，他用实验结果来驳斥原有的引力假说，同时说明新产生的磁场概念。在这个实验中，除了实验科学的实证法或归纳法外，还增加了第二第三方面，即反证法和说明解释法。同时，由于用磁场概念说明的这种效应，还可以用更成熟的引力理论来解释，这就会提醒人们注意，不要以为每个有效的说明就一定是对某一现象的原因的正确认识，不然的话，就有犯错误的危险。

## 植物的液体循环

1677年斯蒂芬·赫尔斯出生在肯特郡别克斯波恩的一个富裕家庭。1697年他进入剑桥本特学院读书。当时在剑桥能够学到的专业多种多样，他和他的朋友威廉·斯塔克利一起对自然史和生物学进行了广泛学习，同时对气体和液体的流体力学也很感兴趣。从有关资料看来，他的科学活动主要是研究气体和液体的流体力学在生命过程中的作用。

赫尔斯曾担任剑桥本特学院的学院委员，一直到1709年，在那以后他成为特丁顿的牧师，并以此渡过了他的余生。虽然确认是哈维发现了人和动物的血液循环，但他不过是对有关假说提供了必要的理论证明。而赫尔斯用马、狗和青蛙长时间进行了一系列残酷的实验，考察了血管系统各方面的情况，绘制出血管系统的图表，还考察了各部分血液的特定压力以及流动的流体力学条件。他的工作明确地解决了哈维遗留的许多重大问题，在当时就引起了一般公众的注意。托马斯·特文宁在他的一首地方记事诗《船》里就曾写道：

绿色的特丁顿清静明朗，  
是从事科学研究的好地方；  
优秀牧师赫尔斯在这里，  
解剖过狗、马和青蛙，  
还用天平称过水气的重量。  
他以探索大自然奥秘为快乐，  
也不时为此而烦恼、惶惶。

虽然当时已经开始了反对残害运动的动物，但这个运动的主要人物阿列克山得·波普，赫尔斯的邻居，却成了赫尔斯的亲密朋友。

大约在1724年，赫尔斯开始进行系统研究，勾画出了植物生理学的基本轮廓。他不仅进行了植物体液循环的研究，而且更重要的是他还研究了植物和其所处环境之间的交换和影响。他说明了被植物根部吸收的水分是怎样输送到叶子，又怎样散发掉的。他对植物的生长过程也感兴趣，并说明了植物各部分是怎样按比例生长的。在赫尔斯还未从事研究工作的前几年，梅奥曾说明过呼吸、燃烧和空气之间的关系，赫尔斯对这个问题作了进一步研究。

1722年，赫尔斯被选为皇家学会会员，1727年被选为议会议员，成为一个显赫人物，当了乔治亚殖民区的托管官员，是公共卫生监督委员会的常务委员，负责检查诸如皇家海军的卫生状况以及施行所谓特别疗法的效果。他

对空气的兴趣导致提倡通风，对空气不流通的狭小空间，如舰上住室、牢房、医院病房等进行通风，增加新鲜空气，曾是他一时的急务。他发明了各种通风装置，其中大多数都被采用。他逝世于 1761 年，这时他仍然是特丁顿的牧师。

古代植物学主要受到亚里斯多德的学生西奥菲拉底著作的支配和影响。绝大部分是记述和分类工作。根据植物的一般形状，把它们分为诸如草本植物、灌木和树木，或者按其药用性质进行分类。这种分类一直沿用到整个中世纪，事实证明是实际可行的。西奥菲拉底对植物和环境的关系也进行了某些研究，并按习性进行了分类，但在这方面大为逊色，只能起到寻找特殊草药的指南作用。就我们所知，在古代并没有进行植物生理学和解剖学方面的研究。

17 世纪中期，显微镜的发展才为现代基础研究工作提供了可能性。罗伯特·虎克，就是为波义耳当过助手的那个虎克，对植物进行了仔细的显微镜观察，他首先认识到细胞是生物的最基本单位。内赫米亚·格鲁又把这种研究工作大大推进了一步，对植物进行了详细解剖，画出了精制的解剖图。

用显微镜观察的最重要发现是发现植物具有网状管路系统，从根部到茎干、枝叶都有管路相通，其中有些充满液体，有些充满空气。鉴于这种事实，格鲁开始想到在植物体内可能有类似动物体内的循环系统。随着这一想法产生了许多问题，经常在他脑海里跳跃闪烁。例如，在植物体内是不是也有一个像动物体内那样的封闭循环系统呢？是什么力量促使植物液流动的呢？植物各部分的生命机能和这个循环系统有什么关系呢？而赫尔斯就是为了回答这些问题而进行了一系列重大实验。

大约在 1670 年，马尔皮格赫已经说明了植物生命过程的基本理论。他抓住了两个要点，其一就是说从树根到树叶一定有一个向上的液体运动，把水分输送到全身。马尔皮格赫认为构成植物体的最基本元素是在树叶中制成的，因此，他的第二个要点就是在植物体内一定有一个向下的运动，把营养物质输送到各个需要的地方。他也领会到这一过程会导致营养物质的储备。由于许多植物是把营养物质储备在根部相连的块茎里，所以营养循环一定是回到根部，即水分循环的出发处。所有这些都只是一种推想，还需要实验证明。做出这样的证明也就是赫尔斯的贡献。

这里介绍的主要实验是一系列有关的辅助实验发展的顶点。首先需要弄清楚，水分从根部输送到叶子，是根部产生的压力输送呢？还是叶子产生的抽吸作用呢？

赫尔斯说道：“7 月 27 日（1716 年），我把一段苹果树枝绑在一根管于的一端，从另一端装满水，然后把整个树枝浸入容器的水中。”

“开始两小时，管子里的水下降了 6 英寸（水充入树枝的输液管路）。当天晚上又下降了 6 英寸，……到第三天晨，我把树枝从水中取出，连同管子一起挂在空气中，在 12 小时之内，它吸收了  $27\frac{1}{2}$  英寸的水分。”于是赫

尔斯结论说：实验表明树枝有很大的呼吸能力，植物液体循环的原动力是叶面水分蒸发，而不是根部水分的压力。但是，实验并没有说明这一过程具体是怎样发生的。

从叶面蒸发的是水吗？把树枝装入密封容器中，收集树枝散发的液体，可以证明，其绝大部分是水。

好，现在该谈主要实验了，即树液是怎样运动的？是类似动物的血液循环呢？还是像潮汐一样起落呢？赫尔斯通过两个完美的实验，一下子就解决了这个问题。循环论者曾假设说，树液是通过树干内部上升，而通过树干外层下降。

赫尔斯在 8 月 20 日（1716 年）说道：“在下午 1 点，我将一段苹果树枝，用弯铅管固定在管子上，但在这之先，我已把某一处的树皮和上一年轮的木质按环状切去了 3 英寸长，然后将管子装满水，管子长 22 英尺，直径为 1/2 英寸。另外，在树枝下部把树皮和上一年轮的木质切去，切成一个 12 英寸长的缺口。从这个缺口可以看到水抽吸得很畅通，其速度为 1/2 英寸/分。半小时后，我就清楚看到缺口的下部比先前湿了，而上部仍然是干的。”

所以，赫尔斯继续说道：“水分上升一定是通里层木质，因为上一年轮木质已被环切掉了三寸长，水分已不可能通过它上升；另外，如果树液是通过上一年轮木质层及其与树皮之间的通道自然下降的话（有许多人这样认为），那末切口的上部就应该湿润。但正好相反，湿润的是下部而不是上部。”这样看来，树液必定是通过树干内层上升，同时也通过上一年轮木质层和树皮上升，切口下部湿润就是证明。所以，并不存在树液循环，至少并不存在严格意义上的完全的循环。如果存在着循环，那除非是某一部分某一方向的运动已被系统中另一部分另一方向的相对运动所补偿掉了。

这个结论还有更强有力的进一步证明，就是看植物一天吸收和蒸发多少水分。赫尔斯表明，按体积作相对比较，向日葵散发水分比人快 17 倍。如果存在循环的话，那就一定非常快。但并没有这种快速运动的任何迹象。

但是，正如许多天才实验家证明，“确实有树液从顶部回到根部”。赫尔斯也发现了这一现象。但这并不证明是循环运动，而倒更证明是潮汐起落。

在赫尔斯进行了一系列（上面只介绍了其中个别精彩片段）独具匠心的实验之后，后继者在长达 100 年之久，对植物生理学几乎没有增添什么新内容。这样说完全不过分。当然这一时期，也有某些贡献。虽然赫尔斯实验几乎完全澄清了植物水分系统的问题，但还遗留下植物和大气交换问题。梅奥（第一个明确区分大气气体的科学家）和赫尔斯都怀疑，植物是不是也从大气中吸取一定的营养。赫尔斯早就把植物的气体交换区别为营养交换和呼吸交换。但是他没有正确理解梅奥所发现的空气中的一个成分，即氧气，被生命过程吸收了。赫尔斯以为呼吸和燃烧过的空气，之所以减少了五分之一的体积，是因为被呼吸和燃烧过的空气失去了相应的弹性，而不是相应的物质被吸收了。由于赫尔斯犯了这种错误，所以他的理论未能正确区别气体的营

养交换和呼吸交换。到 1779 年，德意志医生英根豪斯明确指出，植物的生命过程中有两个截然不同的呼吸循环：一个和动物的呼吸循环一样，吸入氧气，排出二氧化碳；另一个则把二氧化碳当作气体食物吸入，而排出氧气。到了大约 1840 年，空气气体化学已十分明确地区分出氧、氮和二氧化碳，对它们的化学性质也全部进行了研究。1840 年走完了最后一步，鲍森考尔特表明了植物不是从空气中，而是从它赖以生长的土壤中获取氮养分。

## 印遗的条件

康拉德生于 1903 年 11 月 7 日，他是国际上有名的整形外科医生阿道夫·洛伦茨的二儿子。阿道夫·洛伦茨发明了有效治疗先天性股骨脱臼的治疗方法，通过国际行医，他变得很富有。康拉德·洛伦茨的童年大部分时间是在阿登堡的农村渡过的。那个地方在多瑙河畔，离维也纳不远，有他父亲建造的宽敞房屋。像他那样一个小孩，拥有各种动物：鸭子呀，鱼呀，狗呀等等。特别是在阁楼上养的一群穴鸟，其飞翔生活为他的第一篇科学论文提供了原始材料。他 11 岁时进入了维也纳的斯科登中学。第一次世界大战期间，城乡交通越来越困难，洛伦茨一家只好搬到城里宿舍居住。

阿道夫·洛伦茨很想让康拉德继承他的医道，所以在 1922 年就把康拉德送到纽约的哥伦比亚大学医学预科班学习。但小洛伦茨不喜欢呆在那儿，不久就返回家了。后来他进入了维也纳大学医学系学解剖学，但他不是为了行医作准备，而是作为理论科学学习。这段时间他受到亲密朋友本纳德·赫尔曼的很大影响，使他对自然史发生了兴趣。1927 年，洛伦茨发表了自己的第一篇学术论文《对穴鸟的观察》。一年后，他获得了医学博士学位。

洛伦茨不去行医当医生，而到解剖系当了助教。这时，他认识了第一个系统研究天然动物行为的学者奥斯加尔·海因罗茨，有许多资料说明，洛伦茨向他学到了许多东西。1933 年，洛伦茨获得了动物学博士学位，随即便转入动物学系工作。他的主要科学工作是在 1926~1938 年间完成的。虽然后来他还在积极从事研究工作，但他的重大发现却是在那 12 年里做出的。

洛伦茨对多瑙河一向情深，极感兴趣。1930 年他专门买了一只船，以便练习航行，不怕困难地坚持数年努力，终于通过了在多瑙河上的船泊导航考试。他是在 1930 年和他从小就认识的玛加莱西·格布哈德结婚的。

第二次世界大战完全打断了他的科学研究工作。他的传记作者阿列克·尼斯贝特说，他在政治上比较幼稚，深深卷入了战争，还不认识纳粹制度的本性。由于他在医学上的专长，被抽调作了军医。1941 年开始在波兰服役，然后从那里调往东线，最后在 1944 年被苏军俘获。他过了三年的俘虏生活，大部分时间住在前苏联的亚美尼亚。

战后，由于占领国的强力管制，德国和奥地利的科学研究都受到严重阻碍。一直到 1948 年，在哥廷根才成立了马克斯·普朗克研究所，负责管理该



研究所的科学协会大力支持了洛伦茨的工作。洛伦茨利用他在阿登堡的家作为附属研究所和野外工作站。1951年，在巴伦·冯·罗伯格的赞助下，作为专门研究动物生态学的马克斯·普朗克研究所在巴德尔建立了，以后迁到西维森。1962年，洛伦茨担任了该所所长。

1974年，洛伦茨和尼科·廷伯根以及奥托·冯·弗里希共同获得了诺贝尔奖金。

很久以来，在天然环境中过着原始生活的野生动物就是博物学家们的研究对象，不过一般是进行业余研究。直到达尔文才为天然动物的习性研究理出了科学的头绪。他抓住了动物生态学的中心内容，应把动物的习性看成是动物适应环境的一个方面，它和动物的身体构造或生理过程同样重要。他并得出了结论：动物的习性必然被遗传和被自然选择。达尔文以后有些停滞不前。后来在美国又重新引起科学家们的兴趣。通过长期熟悉动物生活的自然环境，就能够理解动物。第一个提出这种思想的人就是美国生物学家魏特曼。他主张用达尔文学说解释动物的习性。他和他的学生们，其中包括有影响的威勒，对各类动物进行了很好研究。洛伦茨自己说，他的最大成就来自魏特曼和他自己的导师奥斯加尔·海因罗茨。

但是达尔文的最初察觉却被大多数心理学家忽视了。某些动物，具体如灵长类动物和老鼠，曾被用来作为实验对象，把它们关在笼子里，试图发现其行为基本特点和刺激引起的条件反射过程，但毫无结果，因为整个实验计划的设计是错误的。可是错误还得到维护，说什么只有脱离自然环境的研究才可能取得进展。

把动物的习性研究由人为条件下转到天然环境中进行自然观察，即开创动物学的新学科动物生态学，是从德国开始的。然而很快就传到了英国，与英国传统的博物学和野生动物习性观察结合起来。但这一领域的中心人物却仍然是德国的洛伦茨。

如果达尔文是正确的话，那么就应该有被自然选择的习性，即严密准确并适于物种繁衍的行为链。最初的动物生态学就是研究区分这些习性，证明习性不是学会的，找出具体方法使某一习性结合另一习性以利于繁衍。这可以用小鸟出世后从窝里清除蛋壳的习性的例子来说明。新打开的蛋壳洁白明亮，很容易吸引侵害者到来。把窝筑在易于暴露的地方的多数鸟类，都有清除蛋壳的习性；而把窝筑在隐蔽不易受到侵害的地方的鸟类，则没有这种习性的神经机能的遗传。

为了使一种习性起作用，单是通过行动后果而操纵反射链运动的遗传神经机能还不够，还必须要有的刺激来触发。问题在于：认识相应刺激的能力和受到刺激后习性就起作用的能力是否是一道遗传呢？结果证明，二者是无关的，“只是有时候才有关”。许多鸟类的幼雏，在它们成长过程中如果不让接触其同类，它们也就不认识其同类。

长嘴涉水鸟的幼雏孵出来时，发育阶段较高，具有“先天系统”，能认

识鸟妈妈，只要鸟妈妈一出现在面前，它们就表现出相应的行为，例如伸嘴去呷接食物；不需要任何学习和训练，只要一见到人就会自己逃跑。实验证明，每一个成鸟的特点很重要，通过分别模拟每个成鸟的特点幼鸟就会作出相应反应，证明它们能辨认出来。这种鸟以及与这种相类似的鸟，其认识习性相关的事物的能力和表现出相应习性的能力，一定是先天的或遗传的。

然而大多数鸟类的发展情况与此不同。在动物生态学界，灰雁的事例是很有名的，它生动说明另一种发展类型。如果幼灰雁完全由人工喂养，那么它们的行为习性就倾向于人。它们似乎是把它们在发展过程中某一适当时机发生在它们面前的无论是什么东西就作为原始对象印遗下来。首先对这种印遗现象做出观察记录的是奥斯加尔·海因罗茨。他注意到，虽然小鸭刚孵出时见人就逃跑躲藏，但小鹅却呆呆地盯着人不动，即使人去碰它也不反抗。这样由人工喂养的幼鹅并不表现出认识成鹅是其同类的倾向，而把人当做其父母。有如海因罗茨指出，刚刚破壳而出的小鹅，第一次睁开眼睛“带着高度准确的印遗事物的注意力”，印遗下第一眼见到的东西，作为其父母的形象。

洛伦茨的贡献是对印遗现象发生的条件进行了系统的实验考察。他最初的发现就使印遗的基本概念变得鲜明突出了。通过几种鸟进行比较，结果证明：“某一种事物只能在鸟的生命进程中某一相当固定时期才能被印遗”。“印遗一经发生，并且印遗时期（其长短随种类不同而异）已过去，相应的反应就不会遗忘”。从而得出两个非常重要的理论结论：与一般动物学设想相反，动物必定有一种先天趋势以填补其本能结构上的空缺（指引导某一行为的相应事物）；但更为重要的是不应把印遗看成是一种学习，否则就大错特错了。学习事物的特点是可能被遗忘或者记错，与其他事物相混淆，而作为动物本能行为目标，一旦印遗以后，就再也不会改变其相应的行为，这种相应的行为方式也就成为其生命要求的一部分，如食来就张口。

这里要介绍的主要实验是想确定动物的所有本能习性是仅仅通过一种事物一次就印遗的呢？还是每一个习性各有相应的印遗时机呢？如果是后者，那么每个习性就分别有相应的客观对象，种类不同，客观对象也不同，只有在适当的时机，相应的对象出现在周围，才能发生印遗现象。实验研究的对象是洛伦茨在阿登堡家中养的一大群穴鸟中的一只幼雏。这只幼雏从小就与其他穴鸟分开，单独由人工喂养。这样它的本能习性要么是先天的，要么就是人使其印遗下来的。但有两种习性例外，一种就是成群飞翔的习性，由冠头乌鸦使其印遗的。当这只幼穴鸟处于能印遗成群飞行时，第一次让它认识相应类型的飞鸟，使其能印遗了成群飞行。即使它进一步成长并生活在穴鸟之中，它还是每天要飞到乌鸦群里去，同乌鸦一起度过它的时光。这一点至少可以肯定一种习性所相应的印遗对象和印遗时机是不相干的。但是当这只穴鸟处于印遗生殖习性时期时，让它生活在其他穴鸟之中，它就和其他穴鸟交配。这样，这只穴鸟是和其他穴鸟一起交配，但和乌鸦在一起飞行，和人在

一起吃食。穴鸟必须在自己生命进程的不同时期才能印遗生殖习性和飞行习性。一般穴鸟飞行、交配和吃食都是和其他穴鸟在一起，但这个实验中的穴鸟却提供，其各主要生活习性是通过不同对象在不同时间印遗下来的。这说明，必然有一个时间顺序，在相应的时间发生相应的印遗。但是这里还遗留下一个关于照料幼雏的习性问题。被用来进行实验的这只穴鸟，当它第一次碰到（洛伦茨说是突然碰到）一只刚长出羽毛的幼穴鸟时，它就收养了这只幼穴鸟，并完全按照其同类具有的特定方式，带领和喂养。要知道，这是它第一次看到幼穴鸟，在这之前没有发生类似的印遗现象。所以可以得出结论：穴鸟不仅具有需要一定对象在一定时机完成印遗的习性，而且也具有先天遗传下来的习性。

最后一个重要问题，如果一只幼鸟被某一适当的对象完成了某一习性的印遗，这某一适当对象可以说是其同类的代表，那么该幼鸟铭记住的是一类呢？还是单独一个呢？答案有点复杂。洛伦茨发现，虽然一只鸟已把某一个人印遗为自己的代理父母，但随其性本能的发育，并继续和人们生活在一起，它也会把其他人认作父母。看来控制印遗过程的天然机制比较复杂。最初认识父母，姑且这么说，选择的是在周围最先看到的東西，不管是人或是鸟。但在后来收留配偶时，则似乎只印遗一个固定的具体形象。

和洛伦茨、弗里希一起获得诺贝尔奖金的廷伯根对各种动物的行为方式，进行了进一步的研究，而且在行为的神经心理学方面比洛伦茨作得更深入细致。廷伯根的一个较早的学生麦克法兰把这种研究更向前推进了一步，他用系统理论的概念和方法说明了各种行为方式的神经机制。但正如廷伯根坚持的一样，行为方式的保持一定符合达尔文主义，即是说，器官的行为适应环境，利于繁衍。

政治偏见深深埋藏于行为习性是由学习而来的主张之中。这种心照不宣的信念统治着早期对动物习性的实验工作，难以摆脱。但英国和欧洲传统的动物生态学家一直坚持天然习性假说。这不仅导致理论改良，而且也促使为检验理论而进行广泛的观察实验。似乎没有多大疑问，可以说，在这期间，洛伦茨和廷伯根的基本思想经受住了时间的考验。

近年来，到动物栖息地去理解动物生活这样一种研究方法，已扩展到灵长类动物的研究，具体说就是对黑猩猩的研究。另外，也对狮子、大猩猩和其他大型动物进行了详细研究。

随着分析了解动物生活的科学的发展进步，专门描写人和动物生活异同的附属文学也繁荣起来。大多数这类半普及性的著作都倾向于人也是按先天的时间顺序来表露其各种习性的，甚至提出说，也可以用适当的对象让人类婴儿形成某种印遗。动物生态学普及推广家，如罗伯特·阿德里，所提出的论据一般都是从比较人和动物行为某些方面的相似性得出的推测。这些推测已被建立在对人类遥远过去想象描写的基础之上，认为人类现在的习性就是从那遥远的过去流传下来的。

并不是落伦茨发现了印遗现象，但他的实验观察对两个对立的假说作出了判断，结论就是：各种不同习性相应对象的印遗过程只能在适当的时间里发生。

## 改进化学测量

琼斯·雅各布·柏济力阿斯于 1779 年出生在瑞典的奥斯特戈特兰。他的父亲是一位教师，还在柏济力阿斯小时候就死了。柏济力阿斯的母亲改嫁，但不久也死了。柏济力阿斯只得由他母亲的姐姐弗罗拉大姨收养。当她和—个再婚的男人结婚后，这孩子就不受欢迎了，只好把他送给一个叔叔去抚养。柏济力阿斯 12 岁时被送到林可宾念书，在那里他得到私人辅导，对他有极大的帮助，这时他对博物学产生了极大兴趣。但他在学校学习有许多困难，他本来应该是一个奋发向上的学生，但他并没有这样做。可能是根据校方的意思，他不得不离开了学校。在 1796 年，他在乌普萨拉开始学医。他很幸运，跟一位优秀教师和著名的化学家（他发现了钛）埃克布格学了一段时间的化学。

他的叔叔帮助他解决了经济困难，让他跟一个药剂师当学徒，后来又跟一个矿泉疗养院的医生当学徒。在这段时间，他学习了定量分析技术，因为需要知道矿泉水中所含的矿物成分，以便登广告，宣传矿泉治疗的奥妙。这时他对医学特别感兴趣，他在这段时间所写的博士论文就是关于电疗法的研究，论述了电在医学中的应用。1800 年他成为斯德哥尔摩外科教授的助手，但是同时他也和一位年轻的矿业主魏特森格共同进行一系列化学研究。1805 年他被任命为斯德哥尔摩东区的“穷人医生”。显然他在这段时间仍继续进行着化学研究。1807 年他成为卡罗林斯卡医学院的化学教授。他在这个岗位上的第一项研究工作是关于矿石的成分问题，但很快就转到了无机化学分析。他建立了严格的崭新的化学实验标准，改变了当时的化学研究方法。1832 年，由于瑞典教育委员会不同意学院和完全大学享有同等地位，他辞去了学院教授职务。他在晚年，1835 年，才和伊丽莎白·玻平斯结婚。这时他已享有很高的国际声望，在他的婚礼上，他被封为男爵。虽然他的名声很大，荣耀无比，但他在老年郁郁不乐，他曾说：“天知道，一旦老了会发生什么事！你工作呀，工作呀，忙碌一生，干了许多大事，可能总结结果是什么也没有。”他逝世于 1848 年。

化学研究在 1810 年开始感到了实验方法中的严重缺陷。道尔顿天才地从非常不准确的实验数据中初步归纳出了元素的结合是原子和原子的化合。考虑到各种元素原子的重量各不相同而形成如下假说：组成一定化合物的各元素成分之间存在着一定的简单的重量比例关系。当时对这个问题的分析推理形式大致如下：如果氢氧化钠是由包含一个钠原子，一个氢原子和一个氧原子构成的原子团组成，其中钠原子重量为氢原子重量的 23 倍，氧原子重量为

氢原子重量的 16 倍，那么凡是氢氧化钠样品，所得其钠、氧、氢的原子重量比例关系就应该是 23 16 1。接着对大量化合物进行分析比较，猜出其组成元素的原子量，再把分解化合物所得的每一种元素的重量除以相应的原子量，就能找出该化合物最基本的原子团结构的化合成分。后来把这种最基本的化合物原子团称为“分子”。例如，硫的原子量是氢原子量的 34 倍，在分析硫化氢样品中得出氢的重量为 0.04 克，与其相化合的硫的重量为 0.68 克，于是  $0.04/1 = 0.68/34=2 : 1$ ，这就是硫化氢中氢原子和硫原子的组成比例。

柏济力阿斯想尽量摆脱当时使用的化学分析法的缺陷和不准确性。他开始给军事学院和医学院的学生编写化学教科书。当他试图把现存的有关定量分析的数据整理出一个系统或顺序时，发现这些数据不仅是紊乱的，简直是相互矛盾的。把结果和各种化合物相对照时，矛盾百出。按道尔顿创立的原子论，化合元素之间的关系有严格的要求，如果已知一定重量的 A 元素和一定重量的 B 元素相化合，同样，它又和一定重量的 C 元素相化合，那么 B 元素和 C 元素如果化合在一起，其重量比例关系也应该是一定的，或者是它们分别和 A 元素化合时的比例一样，或者是那些重量的整倍数，因为这里要考虑到 B 元素和 C 元素相化合时，与它们分别和 A 元素化合时的原子数有可能不相同。但是，如上所述，柏济力阿斯发现，不可能把这些重量的测量结果和假说的要求相一致起来。这样就促使他开始考虑测量的精确性问题。大约就在 1810 年，他意识到化学的进步要求有一种新型的化学实验，即十分精确进行测量的实验，只有通过这种实验，关于化合物的原子成分的假说才能被证明可信。他经过十年专心致志的努力，终于达到了这个目的。

首先用原子论解释化学的道尔顿，以及开创定量分析化学的沃拉斯顿教授都相信化合物元素的重量比是整数关系，例如为 1 : 1, 1 : 2 或者 3 : 2 等等。这可直接从原子论得出，根据假说，化合物中各元素的原子量是不同的但是恒定的。柏济力阿斯熟悉上述这些英国化学家的著作，也知道盖—吕萨克关于气体合成的成功证明，按容积的整数比例，用两个单位容积的氢和一个单位容积的氧化合而得到水。要知道，我们现在所熟悉的原子和分子的区别，在当时还没有说明。考虑到氢氧气体这种容积关系，柏济力阿斯相信，永久气体，即没有被液化的气体的相同容积，在同样的温度和压力下，包含着相同数目的原子。所以在化学研究中发现化合体积和重量之间的整数比。这种观念后来以更精确的形式结合在化学理论中，成为亚弗加德罗假说。虽然后来表明这种观念是不完善的，但它却是柏济力阿斯达到目的的理论基础，使他能够预见化合元素重量的整数比，阐明有关“正确测量”的思想。

当测量得出了符合原子理论要求的整数比，才可以认为测量是正确的。柏济力阿斯在自传中写道：“我不得不使用各种方法进行无数次的反复分析，以便找到一种方法，它能给出最肯定最正确的结果。”即与原子理论相符合的结果。柏济力阿斯并不是发现了元素的化合是按照整数比，而是假设元素就是按照这种方式化合的，然后通过不断改进和完善自己的实验方法和实验

技术，直至得出和理论相符合的结果为止。

他成功的秘密是精益求精的完美主义。他曾说：“最初，我的希望没有成功，因为我还缺乏关于精度要求的经验，也缺乏怎样才能达更高精度的经验。”他对这种困难的回答是密切注意实验中的细节问题，把实验设备设计得尽可能完善，使实验过程中避免化合物的损失。要求纯度的化合反应中使用的容器口必须带唇，使倒出的溶液最后一滴也能滴下来。过滤纸不仅要符合没有灰尘的标准，而且建议，在使用前将它浸湿，以避免溶解于溶液中的化合物被纸纤维少量吸收掉。此外，操作必须细心准确，这包括观察实验中大量的细节问题，如果稍有疏忽，往往就会前功尽弃，毁掉几个星期的辛勤工作。

原子量的确定取决两件事，首先需要知道化合物中各种元素的相应的原子数，例如，锌氧化物，是  $ZnO$ ， $ZnO_2$  或是  $Zn_2O$  等等。其次需要知道化合物中各种元素的化合当量。既知道氧化锌中的锌和氧的化合当量，又知道氧化锌是一个锌原子和一个氧原子所组成，那么各元素的化合当量也就是各元素的原子量。所有各种元素的原子量与氧原子量相比较得出的结果就是它们的标准原子量。

柏济力阿斯得出精确原子量的基本方法利用的是氧化物来取得结果。因为所用的这些氧化物比较普通，而且还比英国喜欢用的氢化物更容易操作些。但是氢化物应用得也相当普遍，所以柏济力阿斯给出的最后结果，既按氧的标准，也按氢的标准。可以用一定量的金属和氧化合成一定量的氧化物，也可以用一定量的氧化物还原成一定量的金属和氧。柏济力阿斯所选用的具体方法取决于操作简便和所得误差小。

推算很简单，化合比就是：

$$\frac{\text{氧化物的重量} - \text{金属的重量}}{\text{金属的重量}}$$

如果原子数量比已从其他的分析比较知道了，那么计算原子量比就更容易，例如，氧化物所包含的是两个氧原子和一个金属原子，那上述比就必须再除以 2。

柏济力阿斯曾介绍过他是如何找出氯相对于氢和氧的原子量的。他在他的《化学论文集》第五卷中说道：“我是通过如下实验来确定氯原子量的：（1）从 100 份干蒸馏无水氯酸钾得出 38.15 份氧，并剩下 60.85 份氯化钾（经四次测量，结果相符）；（2）从 100 份氯化钾可以得到 192.4 份氯化银；（3）从 100 份银可以得到 132.175 份氯化银。如果假设氯酸是由  $2Cl$  和  $5O$  组成，那么由上述数据得到 1 个氯原子量为 221.36；如果按盖—萨克获得的密度计算，氯原子则为 220（相对于氧原子量计算）；如果按氢原子量为标准计算，则为 17.735。”

这一段文字说明，推理很简单，但操作必须仔细。为了最终获得氯元素相对于氧元素的原子量，不得不进行多次不同的测定，每次都要尽可能准确。

柏济力阿斯的結果和現代的測定結果十分吻合，但它只是現代值的一半，原因在於標準氫的計算方法不同。沒有區分原子和分子之前，自然是把氫作為單原子氣體。如果認為氫的最終粒子是原子，氫 H 就是單一的。我們現在知道，氫是以分子  $H_2$  形式存在的，是兩個原子，所以當時把  $2H=1$  來作為標準了，柏濟力阿斯就是這樣做的。現代經過修正得出氯原子相對於氫原子的原子量為 35.47。

從科學方法的角度來看，值得重視的是柏濟力阿斯對“集中”採樣法的貢獻。實驗的採樣有兩種方法：一種是用大量的樣品進行實驗，然後通過平均結果找出典型特性，這叫做“擴大”採樣法；另一種是只選取一個或少數幾個樣品，認為它們是典型的，用它們實驗所得的特性就能代表相似樣品的特性，這稱為“集中”採樣法。關於柏濟力阿斯，正如麥卡內汶所說：“看來，對於他來說，選擇適當的分析方法比整天重複進行測量要重要得多，他很少重複測量，一旦完成測量後，他不是準備去重複檢驗，而是準備為它的可靠性進行辯解。”

到 1818 年，柏濟力阿斯已準備好公布他已知道的 45 ~ 49 種元素的原子量。他後來的一生還是繼續為改善和擴大這些成果而努力。

柏濟力阿斯不僅是一個優秀的實驗家，而且他還象戴維一樣發展了化學電學理論，使這種理論具有更精確的形式。他說：“原子包含著兩種不同的電荷，分別在不同的電極處產生出來，其中一種起著主要作用。化合就是不同元素粒子帶電極性不同而相互作用的結果，所以所有的化合物都是由兩部分組成，其每一部分的帶電性質不同，互相吸引而結合在一起。反之，所有的化合物都可分解成兩個帶相反電荷的元素組成部分。”

這是一種強有力的理論，與無機化合物情況非常一致。但是利伯格發現，氯原子能夠在有機化合物中一個個地取代氫原子，這使柏濟力阿斯理論暫時受到冷遇（但卻使利伯格受到柏濟力阿斯的長期冷遇）。如果氫是帶正電的，在另一種化合物中取代它位置的任何元素的原子，按柏濟力阿斯理論，應該也是帶正電荷，因為它需要和組成部分所帶的負電荷保持平衡。氯能夠取代許多碳氫化合物中的氫，這一事實看起來與柏濟力阿斯理論是直接抵觸的。

最後，還必須提一提，柏濟力阿斯所編寫的化學年鑑總結評述了整個歐洲在 27 年中化學的進展，對後來化學發展和化學工作者產生了廣泛的影響。

柏濟力阿斯的方法是依靠測量的精確性，有了這種精確性，他才能夠推斷出化合物中原子量的比例關係，但他也能利用更直接的方法來檢驗某些元素的原子量。後來杜龍和佩蒂特改進了這種檢驗技術。他們在考察道爾頓關於所有氣體的原子熱容量與原子大小有關的想法時，發現按這種假說應得的結果與實際結果相差很大。在此工作過程中他們發現了一個重要關係，就是原子量和比熱的關係（比熱就是單位質量的溫度升高一度所需的热量），後來證明，這種關係只適用於固體物質，成為原子的熱定理，並弄明白了每種物質的原子量和它的比熱的乘積是一個常數。他們還在雷格諾爾特的幫助下

检验了柏济力阿斯的的结果，发现有些数字应加倍，有些应减半，例如，银和硫的原子量就有这样的错误。虽然他们的定理的确能在一定程度上直接检验柏济力阿斯的的结果，但遗憾的是也有例外，并不能作为完全可靠的指南。随着化学知识的增长原子和分子的区别明确了，加上测量技术的进步，在 19 世纪弄清了绝大多数异常的问题，但为什么赢得的原子量不完全是整数？还有待进一步解释。

1886 年，克鲁克斯第一次提出了某些元素可能是由更基本物质组成的混合物，这些更基本物质的原子质量，如普劳特提出的那样是和氧原子质量成整数倍数的。但这种想法一直到阿斯登发明摄影仪才被证明。阿斯登发展了汤姆生研究电子物理特性的电磁场设备，使其能够分离与电荷相同但质量不同的原子。以前这样的原子，例如说氖原子，都认为是同样的原子。产生紊乱的原因就在于原子的化学性能主要取决于它们的电子，而几乎不取决于它们的质量。偶数原子，即具有偶数电子的原子元素倾向形成两种同位素，每种同位素的原子量都只是接近整数。柏济力阿斯仔细计算出的原子量是这些同位素的混合原子量。自然界中所发现的各种元素是由不同比例的同位素所组成的。这就是为什么像柏济力阿斯那样精细的人所得出的氯原子量也还是一个带小数点的数 35.47（按现代的氢原子标准计算）。

在上述实验中，我们看到了测量技术的改进过程是根据一种“正确结果”的想法来进行的。没有怎样才是正确的这种概念，就不可有正确或不正确的判断。柏济力阿斯只有在原子理论的指导下才能预见和修正他的实验结果。

### 物质的波动性和第三量子数

1888 年，奥托·斯特恩出生在德国的西里西亚省的斯赫劳。他的父亲是一个买卖兴隆的粮食商兼磨坊主。家境富裕大大有利于斯特恩从事科学事业。他是家中五个孩中最大的一个。他的中小学教育是在布列斯劳（现在在波兰境内）完成的。从 1906 年开始，他以当时时髦的方式遍游德国各个大学，同时在弗雷堡、慕尼黑和布列斯劳也做一些工作。他是一个无忧无虑的，无所牵挂的年轻人，比当时德国的绝大多数大学生都自由。他随心所欲从事一些与其事业并无直接关系的工作。由于他对热力学感兴趣，促使他回到了布列斯劳，因为那里有一所重点研究热力学的物理化学学校。就是在那里，于 1912 年他获得了物理学博士学位。

在这一年，他开始受到爱因斯坦的影响。他和爱因斯坦一起到布拉格工作，1913 年又一起迁到苏黎克。斯特恩对爱因斯坦的分子研究比相对论更感兴趣。1914 年，他和马克斯·博恩相识，并开始在一起工作。就在这一年，他被批准为无薪俸的大学讲师。

第一次世界大战期间，斯特恩虽在军队服役，但仍继续着他的科学研究工作。他在波兰当了一段时间的气象员，到战争最后一年他被抽调到柏林的



纳恩斯特实验室工作。

战后，他发明了分子束方法，研究自由原子，模拟光线。在这里要介绍的原子束实验是他证明物质波动性的基础。在古典物理学中，物质被认为纯粹是微粒。1923年，他搬到汉堡，建立了自己的实验室，更多更新的设备使他有可能进一步发展他的分子束方法，最后真正证明了物质的波动性。

面临纳粹制度的威胁，斯特恩于1933年离开德国，迁居到美国，在卡内基研究所工作。他和被希特勒赶出的某些德国人不一样，虽然离开了祖国，但从未停止过工作。1943年，他荣获诺贝尔奖金。1946年，他在加利福尼亚州的伯克莱退休，1969年，在该地逝世。

斯特恩从他自己发明的分子束设备的发现与其埋头所检验的假说问题有关。这些假说与传统的物理学背道而驰。尼尔斯·波尔在卢瑟福证明原子核形式的启示下，发展了原子的电子理论。如果原子的正电荷和绝大部分质量都集中在小小的原子中心或原子核内，那么便可假设原子的其余部分质量和相应平衡的负电荷就应该分布在原子核的周围。自然就会把电子看成很小的带电体，并可想象它们像行星一样绕原子核旋转。这种概念提出了一系列从属概念和问题。如果说电子有轨道，那么这些轨道在空间又是怎样分布的呢？如果说电子是沿着那些轨道旋转的，那么其角动量，即旋转的原动力又是什么呢？如果轨道位于一个或几个平面之内，像太阳系的行星轨道一样，那么这些平面的相互关系又是怎样的呢？最后，如果电子是能够绕自轴旋转的小小带电体，那么它们自旋的方向又是怎样的呢？

波尔提出，炽热的气体和固体放射出光可以解释为是电子改变了自己的轨道，并在改变轨道过程中释放出能量，这些能量就等于放射的光的能量。但是在早些时候就已经知道，白炽的物质所发射出的光似乎并不具有连续的光谱，而是个别波长的光谱。为解释这种现象，波尔提出，电子只能机械地具有某几个可能的轨道，这几个可能的轨道数被称为“基本量子”数  $n=1, 2, 3, \dots$ 。量子一词的意思是指当电子从一个固定轨道跃迁到另一轨道时，以一定波长的光线形式所放射的不连续的一束束能量。

原子现象的进一步研究表明，还应该存在着第二量子数。电子似乎不只有某一个角动量，而且还以某几个固定速度沿轨道旋转。原子的这一结构特性就以字母  $L$  来代表。 $L$  和  $n$  可以相互联系起来，因为所允许的角动量只能以从  $0$  到  $n-L$  之间的整数来代表。

行星运动的其他主要特性，轨道平面的方向和自转方向，是不是也能从电子运动中得出呢？能不能弄清楚电子轨道只能在几个固定的平面之内呢？是不是也能弄明白电子自旋是量子化的呢？为表示这些可能的特性，又提出了两个量子数，一个是  $m$ ，代表电子的“空间量子化”，即代表电子轨道平面和某一固定平面，如外面强加的磁场，所形成的几个允许的角度。第四量子数  $s$  代表电子只能绕某一固定轴顺时针或反时针旋转，后来被称为“上旋”或“下旋”。看来电子的所有性质用这四个量子数都能代表了。

这些量子数是把电子运动当做粒子运动来考虑，看一看传统力学原理需要做什么改变，才能符合它们的特性。但是早已表明，电子束遇到障碍时，表现出了特别奇怪的性状，它们既有波动的干涉效应，也有波动的绕射现象。这种特性使当时的标准物理学发生另一个根本的改变，寻找某种可能的方法，把粒子特性和波动特性综合起来。德布罗格利提出，传统物理学中两个单独的，毫不相关的特性应该统一起来，使它们可以转换，于是他把波的波长和粒子的质量  $m$ ，速度  $v$ ，用以下公式联系起来。

$$\lambda = h / mv$$

此处， $h$ —普兰克常数。这个关系式是不是不仅适用于电子，而且也适用于原子、炮弹、行星等等而普遍成立呢？很明显，斯特恩分子束可能是检验这种想法的一种好方法。如果一束分子能够产生绕射现象，那么德布罗格利原理就将具有更大的意义，而成为一个普遍的物理学定理。所以分子束被用来检验这种想法。

从物理学发展的前后关系中可以看出，斯特恩实验所具有的重大意义，但是还不止此，它还说明实验研究中的另一个有趣问题，就是某些技术设备具有提供一系列问题的巨大能力，而在发明这种设备的时候，往往没有想到它会具有这样的能力。

斯特恩—格罗克设备主要由三个可以拆换的分设备组成：一个是获取等速分子（或原子）束设备，另一个是产生陡变磁场设备，第三个是用金属晶体作成的格栅绕射靶，如果德布罗格利所决定的特性关系是正确的话，原子束波就会发生绕射。

为获取适当的原子束，斯特恩及他的助手格罗克利用一个小坩埚，装上相应的样品，进行高温加热。坩埚开有一小缝通真空室，在高温推动下，样品物质的原子从缝中逸出就形成原子束，不过其中的原子具有不同的能量或速度。为获取等速的原子，阻止其他速度的原子，他们采用了费泽奥测光速的办法。问题在于原子的速度很高。如果两个槽轮装配在同一轴上，让它们各自向相反的方向转动，那么就只有那些正好在一个槽取代另一个槽的时间内越过两轮之间距离的原子才能顺利通过。这样通过的原子就具有大致相等的速度。

他们的智慧也表现在他们发明的第二个设备，即高强度磁场设备中。因为原子束通过磁场很快，为了产生和辨别出通过时有什么效应，例如说，由于空间量子化的神秘特性而使原子束分裂，磁场必须强而集中。为此他们把一个极做成像刀刃一样，另一极做成尖槽形，让原子束沿着这样狭窄的缝隙通过，就能产生最大效应。

他们用以探测原子束绕射的设备，没有新的特殊性，使用的是埃尔萨塞发明的电子绕射基本技术。这种技术由戴维森和杰默在 1927 年进行了改进，所以当斯特恩在 1929 年与斯特曼合作研究原子绕射问题时就直接借用了这种技术。他们用锂晶作为绕射靶，用一个小室收集绕射的氦原子，绕射原子

的数量通过测定小室的瞬时压力变化来确定。

所有这些方法一旦被想出来，设备也建立起来，实验本身就非常简单了。这反映了实验家的聪明才智。因为运动的电荷会产生磁场，而轨道电子是一种电荷，并且根据原子理论它们在不断运动着，所以它们应该产生各自的磁场。如果每个原子的所有电子的轨道仅在量子理论可能允许的一个平面内，那么每个原子的磁场就与该平面相关。于是，当有一个外磁场影响这些原子时，它们就会随其内磁场的情况对那个外磁场取一定方向。

如果存在如我前面说过的空间量子化，那么我们所想象的原子这样的小磁体的取向就不会是任意的，例如说“全是顺时针方向”，在斯特恩所研究的具体情况下，它们相对外磁场取两个不同角度。这和按第三量子数计算结果相符。每一个取向相对应于一个可能的电子轨道平面。

如果关掉外磁场再看原子束的图像，在照片上就只能看到模糊的单影；但是如果打开外磁场，原子束就立即分裂成两半：一些原子随其相应的量子化情况走一条路，另一些原子也随其相应的量子化情况走另一条路。这就是斯特恩所发现的现象。

物质波动性的证明也很直截了当。埃尔萨塞，戴维森和杰默已经用实验表明，电子能够绕射。很明显，这证明电子具有某种波动性，但这还只是一种特例，还不能作为一般物质都具有波动性的证据。毫无疑问，电子在一种情况下具有物质粒子特性，在另一种情况下，又具有波动特性。但氦原子是一种比较重的普通物质原子，如果它们也表明出绕射效应，那么德布罗格利关于物质都具有波动性的定律就更加牢固地建立了。

为了进行这种实验，他们把设备作了重新安排。原子束发生设备和一对开槽轮仍用来保证获得等速原子束，另外再安装上锂晶靶，原子绕射探测器。如果原子束像粒子流一样机械反射，那它就会像皮球碰到挡板一样反弹回来，反射角就大致等于入射角。但是如果它像波一样绕射，那么就会像绕射波前一样有绕射原子散布。这里再次表示出，斯特恩所设计的实验，是直截了当回答问题。

毫不奇怪，虽然前一两代物理学家几乎不能理解这些实验，但斯特恩和埃斯特曼却正好找到了他们所预料的结果，收集绕射散布原子的小集气罐的压力变化形式，升到某一顶点，正好说明氦原子束具有波动特性。

分子束实验法像斯特恩的学生又有学生一样在连续不断的发展。设备更加完善，出现了测量各种物质的原子束效应的新方法，但是不管又做出了多少出色的工作，这个领域的主要成就仍然是其奠基者斯特恩所取得的。

即使是汤姆生和卢瑟福所做的关于亚原子粒子特性的一系列令人信服的证明，也可能被新概念推翻。德布罗格利定律普遍适用于所有物质，就是比较重的整个原子也可能产生波动效应。发现这种效应所产生的结果和影响，目前还没有全部吸收到关于自然科学的哲学思想中来。

## 实践的考验

### 地球的模样

地球——人类的母亲。人类世代代在她的怀抱里生活，成长。可她的形状如何呢？大小又怎样呢？这却是一个长期迷人的大难题。

广袤大地，或山峦重叠，蜿蜒起伏；或茫茫平原，绵延千里；或波涛汹涌，一望无际……。

这一切和古时候人类的活动范围相比，简直大得无法形容。人类要认识地球真是谈何容易。

还在人们对地球所知甚少的时候，奇妙的神话传说已充斥人间。我国就流传着天是地支撑的，地是浮在水面的，水下有巨鳌支撑。要是鳌鱼眨一下眼睛，大地就要震动，企图用此来解释地震现象。

在古埃及，尼罗河水的泛滥十分可怖，威胁着人民的生命财产，使人们把整个世界都想象为一团混沌的洪水中产生出来的。他们的天地观认为，世界是一只方盒子，稍呈凹形的大地是盒子的底，天是盒子的顶，撑在从大地四角升起的一座大山顶上。尼罗河则是宇宙之河从南方分出来的一个支流，流过大地的中央。

劳动人民用这种直观而朴素的感觉，找到了预防洪水的季节，减少了生命和财产的损失。

在我国古代，人们也根据直观和推测，提出过“天圆如张盖，地方如棋局”的“天圆地方”说。

随着人类征服自然能力的提高，开始把自己的活动范围从陆地扩展到海洋。生长在地中海岸的古希腊人，便是有悠久历史的航海民族。他们最初对地中海的认识，简直幼稚得可笑，他们对地球的认识更为有趣：在陆地的四周为海洋，而海洋之外便是海水永远也填不满的深渊了。

然而，不管幻想家把那深渊描述得如何可怕，勇敢的航海探险家并不惧怕落入深渊。他们驾驶着船队，从希腊出发，向南方奋进！

奇怪！船队没有落入深渊，反而到达了一个新的天地——埃及。

人们已经无法考证这之中有多少次失败；但最早进行成功尝试的，是在公元前 580 年左右，由希腊航海探险家、科学家泰勒斯（约公元前 625 ~ 545 年）开创的。

他的船队终于征服了地中海，到达埃及，随后又征服了美索不达米亚平原。这位科学家的天才航行，把埃及的几何学，巴比伦的天文学，以及这两国的古代文明带回到希腊，使希腊这个野蛮的民族进入了铁器时代。

新的航线打通了，地球又将是什么样子呢？许多因循守旧的希腊人，并不因发现了新的天地而改变旧有的想法。他们只是简单地把过去的想法加大

一些，设想地球包括着现在的欧洲和非洲的一部分，外边仍然是海，海外依然是无底的深渊。

勤劳智慧的航海者，从不迷信这种主观臆断。他们一方面进行着极其勇敢的探险，不断发现新天地，扩大着视野；一方面又以其丰富的实践和前人积累起来的知识，科学地探索着地球的真正形状和大小。

繁星点点的夜空，很早就吸引着人类祖先的注意。人们一步一步地留心对宇宙结构图像的探索。古希腊哲学家毕达哥拉斯（约公元前 580 ~ 500）年），最早从纯数学推理出发，认定宇宙和大地都是球形的。其根据是“球形是一切几何立体中最完善的”。尽管这种说法毫无科学依据，但他提出地球是球形的想法，却是十分可贵的，使地球为“球”的概念产生了。

不过，任何科学真理，都不可能单纯依靠思维来获得，唯一的途径是致力于对自然的观察和实践。毕达哥拉斯学派提出地球为球形的概念，不久就为航海者的实践所证实了。

当古希腊的船队从希腊自北向南往埃及航行时，北斗星的位置越来越低，而南方的星空则出现一些陌生的星群。当航海船队快接近大陆时，总是先看到地平线的山尖，其后才看见山麓。如果大地是平的，就不会出现这种情形。反复地实践在航海者脑海中也渐渐地形成了一个概念——只有地球是球形的，才会产生这种情况。

由于科学家，探险家们的贡献，也因古埃及，巴比伦的几何学、天文学知识传到了希腊，到了公元前三世纪，由古希腊的伟大科学家亚里士多德（公元前 384 ~ 322 年）集其大成。他系统地总结了航海家的经验，第一次较完整地提出了地球形状的理论：大地实际上是一个球体，一部分为陆地，一部分为海洋。地球外面由空气包围着。当一艘船消失在地平线时，桅杆仍露在水面上，这说明洋面并不是平的，而是弯曲的。月食一定是地球的阴影掠过这个卫星的表面时引起的。既然这个阴影是圆的，那么大地本身就应该也是圆的。

尽管亚里士多德的天地观有着充足的道理，但当时并没有获得很多人支持。一个重要的原因是，当时人们没有搞清引力。他们认为，如果亚里士多德说得对，那么住在地球另一端的人，怎么能脚朝下走路呢？那里的水不会流向天空吗？

然而，亚里士多德的伟大之处，不仅在于他做出了杰出的科学贡献，还在于他造就了一批精明强干的学生。这批学生后来便成为他学说的勇敢捍卫者。

他的一个学生亚历山大里亚，后来成为大帝，并利用当时的科学成就，发动了一次大规模的渡海远征，先后征服了小亚细亚，击败波斯，攻占埃及，并在埃及建立了以自己名字命名的亚历山大里亚城（今日的亚历山大港）。来自四面八方的船队，使这个港城迅速地繁荣起来。

几年之后，亚历山大里亚又从埃及出发，继续征服了美索不达米亚、整个中亚细亚，并一直渡海到达印度的旁遮普河。

这位军事科学家在航海远征中，随军带着工程师，地理学家和测量学家。这些航海科学家绘制了被征服国家的地图，搜集了大量的自然科学、历史、地理资料。

随军中，有亚里士多德的另一个学生第凯尔库斯。他在一张当时已知的世界地图上，第一次标出了一条纬度线。这条纬度线从直布罗陀海峡划起，沿着红海一直延伸到太平洋。

面对着地球不断扩大的事实，科学家们利用逐步丰富起来的数学和天文学知识，确信亚里士多德关于地球是球形的说法是正确的，并对另一个浩大的课题——她到底有多大感到了兴趣。

公元前三世纪末，又出现了一位出色的科学家埃拉托斯特尼（约公元前273~192年）。他认定地球是一个椭圆形的回转体。他还从印度洋和大西洋的潮汐相似，推断出两洋相通，提出欧、亚、非只不过是个体岛。

他根据从西班牙出发，沿着非洲南端航行到印度的事实，推断出大西洋一定是被一块自北而南的陆地所隔开。

另一位名叫辛尼加的人，根据埃拉托斯特尼的论证，预言从大西洋向西航行，必将还有一块新大陆，并且也可以找到通往印度的道路。

这一杰出的预言，成为1000多年后哥伦布、麦哲伦贡献的理论基础。

埃拉托斯特尼晚年定居埃及的亚历山大里亚城，是该城博物馆里的图书管理员，并继续从事自然科学的研究。

有一次，他到亚历山大里亚正南方5000希腊里的塞恩城（今天的阿斯旺水坝附近），听当地居民讲，在夏至日那天正午，太阳正好在头顶上，凡直立的物体都没有影子。他神奇地注意到，这种情况在亚历山大里亚从未发生过。

他挑选助手，选中在夏至日那天正午，分别在亚历山大里亚和塞恩进行实地竿影测标。果然证实，塞恩的杆与杆影夹角为零，亚历山大里亚的杆与杆影夹角为7.2度，恰为地球360°的1/50。于是，只要通过简单的几何计算，即可得出地球的周长为25万希腊里（10希腊里=1英里）。这个数字与目前的地球周长已很相近。

这一成就的惊人之处在于，它一下子又把地球的大小扩大了好多倍。然而，它的真正意义，远不止只是弄清了地球的大小，还在于又加剧了人们的好奇心。既然地球如此之大，那么，在人们尚未发现的那些部分，到底还有什么东西呢？

又过了100多年，富有科学传统的亚历山大里亚城，出现了一位杰出的科学家托勒密（公元90~168年）。他祖籍希腊，出生和居住在埃及。他除了对天文、数学等方面作出过杰出贡献之外，对人们认识地球的贡献也是惊人的。

他坚决认为，在测量和绘制地图时，必须先弄清地球的经纬度，然后才能取得圆满的结果。他把当时已知的资料集中起来，绘出了一个从马来亚半

岛沿海，中国海岸直到直布罗陀海峡和不列颠、斯堪的纳维亚，以及俄罗斯草原，还包括尼罗河源头的不明湖泊在内的世界地图。

这的确是一个了不起的成就。可以这么说，那时除了美洲、澳洲、南极洲之外，地球上的陆地已均在其范围之内了。

令人惋惜的是，正当人们对地球的认识逐步深化、日趋佳境之时，欧洲进入了漫长而黑暗的中世纪。科学受到了最野蛮的摧残。

那时，谁要是再说一句大地是球形的，就立即被斥为异教，甚至有杀头之险。荒唐的教会，借助宗教的“权威”，硬把大地又拉回到“平地”，甚至天地也重新毗连起来。

直到 1000 多年以后的 15 世纪，反动教堂中仍然用地球对面人头向下的画片来“嘲笑”大地为球形的学说。

从实践中来的科学假说，被压制、摧残达 1000 多年之久，这不能不说是极大的悲剧；但科学真理毕竟是不可战胜的。15 世纪之后，人们对地球的认识又开始向纵深发展，其迅猛之势，前所未有。

### 牛顿和法国测量队的功劳

资本主义的兴起，向中世纪的反动教会猛烈地开火。商业的发展，推动了航海事业的兴旺和科学事业的繁荣。哥伦布为了实现 1000 多年前辛尼加的预言，勇敢地沿大西洋进发，意外地发现了美洲新大陆。麦哲伦和他的同事们，英勇果敢，前赴后继，终于完成了人类历史上第一次环球航行，最后从事实上证明大地是球形的。

那么，地球的形状究竟是不是一个正圆球体形呢？由于航海事业需要精确地判别方向，对地球形状的探索就日感迫切。1668 年，牛顿发现了万有引力定律，他以极其丰富的想象力，认为行星由于其自身的旋转，应当在两极扁平而赤道突出。这一天才的预言，为判断地球更精确的形状提供了理论根据。

1672 年，法国科学院派李希尔到达赤道附近去观测火星冲日。当时他随身带了一只很准确的摆钟，到达开罗之后，他发觉摆钟每天总是慢两分钟，他不得不缩短摆长，来校正摆钟的快慢。当李希尔回到巴黎后，摆钟又变得快起来，必须重新放长摆的长度，这是什么缘故呢？

牛顿受到李希尔摆钟的启示，他由此思考到，摆钟变慢的原因是重力加速度变小的缘故，一则是由于赤道附近的离心加速度大；二则是由于赤道部分凸出而造成引力变小。因此，牛顿认为，地球不是正圆球体，而是一个扁椭圆球体，长半轴  $a$  与短半轴  $b$  之差同地球的长半轴  $a$  之比  $(\frac{a-b}{a})$ ，即为

扁率，牛顿推算的地球扁率应为  $1/230$ 。

但是，当时法国天文台台长为世代袭任的卡西尼家族所把持。他们祖孙四代，一贯坚持地球的极轴长于赤道外直径像一支竖立的鸡蛋。和牛顿力学

原理唱对台戏。恩格斯在《自然辩证法》一书中还为此写了一个札记。

1718年卡亚尼的儿子雅克公布了他去法国境内测量子午线一度弧长的结果，企图证明地球的形状是尖长的。但是牛顿以及一些科学家如波达、拉格朗日、拉普拉斯，达兰贝尔等，认为测点距离太短不足以说明问题，因此仍然坚持自己的意见。双方各执己见，争论不休。究竟谁是谁非呢？到就要看谁的论据经得起实践的检验。

1837年，法国科学院为了解决地球形状的争论问题，派出了两个远征测量队，一个去南美秘鲁，一个去北欧极地拉卜兰德。经过九年的实测，测量结果是拉卜兰德地区的子午圈弧度比秘鲁约长1.5公里，事实证明牛顿力学的推算是正确的。测量队员克雷勒忠于科学，实事求是，公布了测量成果，并计算出地球扁率为 $1/297.2$ 。这么一来，迫使卡西尼的第四代重孙多米尼科不得不再度进行十年的复测，在事实面前推翻了祖先的成见。从此以后，再也没有人怀疑地球是一个扁椭圆球体了。

今天，由于人造卫星、航天飞船、遥感技术的发展，人们对地球的形状和大小的认识也达到了更加精细的程度。大地考察卫星所拍摄的准确照片，纠正了以往地图上的微小差错。特殊的监控设备，甚至连山脉的微小起伏，地球板块的缓缓蠕动，也能察觉得一清二楚了。

## 空气的压力

空气是人类赖以生存的重要环境之一。它有许多重要的性质，如重量、成分、密度以及压力等，然而，在很长的一段时间内人们并不了解空气。17世纪的欧洲，人们曾经围绕着“空气是否具有压力”的问题，展开过一些争论。

空气究竟有没有压力？要弄清这个问题，单纯的理论上的辩论是不能解决问题的，孰是孰非，还得由科学实验来判断。

1640年，在意大利佛罗伦萨市，有一个名叫托斯坎斯基的人，他在自己的住宅里挖了一口深井，装上了一架由著名工匠制造的强有力的抽水机，打算用它来抽出深井中的水。然而，说也奇怪，抽水机却偏偏抽不出水来，水还没有到井口，在离水面大约10米高的地方就不肯上升了。这是什么原因呢？

人们企图用亚里士多德的学说来进行解释。亚里士多德在物理学中曾经有过一条所谓“自然界憎恶真空”的原理。在回答液体在管中升降现象时，亚里士多德认为，大自然有一种憎恶真空的本能，为了惧怕管中出现真空，进而消灭真空，水就沿着管子上升了。长久以来，人们对于亚里士多德的说法确信无疑，然而，这一次却大大地失灵了，为什么憎恶真空只限于10米以下呢？难道10米以上的大自然就不再憎恶真空了吗？显然，这个理论不能自圆其说。



对于这个问题，一时谁也说不清楚，于是人们就跑去请教当时意大利德高望重的物理学家伽利略。伽利略虽然不赞同亚里士多德的观点，然而也未能作出确切的回答，只是说：“也许是因为井太深了，水没有到达井口就由于本身的重量而掉下去了……。”后来，伽利略逐步意识到，这个问题很可能与空气的压力有关，遗憾的是，不久他就告辞了人世，没有能亲自用实验来证明它。研究空气压力的问题，落到了伽利略的学生托里拆利的身上。

托里拆利是 17 世纪意大利的数学家、科学家。公元 1608 年生于意大利的华耶查城，自幼酷爱科学，20 岁负籍罗马，在著名的数学家、伽利略最好的朋友卡斯德利的门下攻读数学。卡斯德利始终不遗余力地在他的学生中传播伽利略的学说，因而年青的托里拆利十分尊重伽利略，自称为是“伽利略分子”。在这种意义上，可以说他是杰出科学家伽利略的学生，是伽利略科学事业的继承人。

托里拆利坚决反对亚里士多德关于“自然界憎恶真空”的说法，他决心用实验来驳倒它。1643 年，他和助手维维安尼，做了一个关键性的实验。他们把水银注入一头封闭的玻璃细管内，用手指压住开口一端，然后把玻璃管倒过来，使开口的一头插入盛有水银的杯里，当他们把手指拿开之后，水银并不是全部流到杯里，而是水银在降落了一段后，便稳定地保持在一个高度，再也不继续下降。这显然是有一种外力使水银保持在玻璃管内，托里拆利认为，这种外力就是水银面上的空气压力。如果没有空气压力，水银应该由管中全部流出。经过多次实验，结果都是一样。

不仅如此，托里拆利还反复测量了玻璃管中水银柱的高度，结果都是 76 厘米。这说明，空气的压力刚好等于管内水银柱高所表征的压力。大家知道水银的比重是水的 13.6 倍，如果把玻璃管中的水银换装成水，那么空气压力所能支持的这一高度则应是： $76 \text{ 厘米} \times 13.6 = 1033.6 \text{ 厘米} = 10.336 \text{ 米}$ 。这就十分清晰地解决了托斯坎斯基住宅内那口深井的水，为什么抽到 10 米就再也上升不了的原因。这是因为井的深度超过了 10.336 米。

托里拆利的实验解决了自伽利略以来许多人绞尽脑汁而不得其解的难题。这个实验不仅驳倒了亚里士多德的“自然界憎恶真空”的观点，证明了空气压力的客观存在，而且取得了定量测试空气压力的数值。托里拆利在这些实验的基础上，成功地制造了水银气压表。

另一个用实验证明空气压力存在的科学家是法国的巴斯噶。巴斯噶是托里拆利的同时代人。当巴斯噶获悉托里拆利的实验之后，曾于 1647 年 11 月 15 日写信给他的助手皮埃，信中说：“你是会了解的，如果在山顶上水银柱的高度显得比山麓低些，那末就可以从中作出结论，这种现象的唯一原因，是空气的重力。”

根据巴斯噶的指示，皮埃制作了两个水银气压计，一个要放在法国中部的皮依·德·顿山的山麓，另一个手拿着沿着斜坡向上爬山，并注意观察水银柱的高度变化。随着爬山高度的增加，皮埃观察到水银柱逐渐地慢慢下降。

巴斯噶得到实验报告之后，立即把实验结果和结论发表于世，产生了很大的影响。巴斯噶和皮埃的实验，把托里拆利的工作向前推进了一步。

在用科学实验来证明空气压力的科学家中，还有一位颇为著称的人——德国科学家冯·葛里克。葛里克原是一位军需官，1646年他被任命为普鲁士马德堡市的市长。葛里克对于科学研究有着强烈的兴趣，他为了证实大气压力的存在，先后花费了4000镑的巨款，投入了大量的时间和精力来从事实验。葛里克从1651年开始进行研究，终于在1654年获得成功。

1651年，葛里克首先把密封的水桶中的空气抽出，结果发现木桶被大气压力压炸了。接着，他又用薄钢片做了一个球，抽去其中的空气，结果铜球也被大气压力压扁了。后来，葛里克又精心制作了两个直径为37厘米的铜质半球，这两个半球不但十分坚固，而且做得十分精密。一个半球上开孔，孔上设有活栓，两个半球合起来时，吻合得非常密贴，几乎完全不漏气。葛里克发现，当球内有空气时，两个半球很容易分开；如果将球内空气抽出后，由于球体受到外表单方面的大气压力，造成压力不平衡，因而很难把两个半球分开。

1652年，葛里克为了改进真空技术，发明了空气唧筒，他利用这架自制的抽气机，可以把钢球内部的空气抽纯到一定的真空度。这就为日后的大气压力实验，提供了重要保证。

当一切准备工作都就绪之后，1654年，葛里克决定当众表演他精心设计的实验。这一天，跑来看热闹的人很多，当时的皇帝和宫廷中的达官贵族也都前来观看。葛里克先把那个抽成真空的钢球放在地上，同时吩咐手下的人在两个半球的活栓上各系上八匹强有力的大马，然后叫这16匹马分别朝相反方向用力地拉。可是，这16匹马用尽了气力却无济于事，铜球依然如故，结合紧密。最后，又增添了4匹马，用20匹最精壮的马来拉，才把这个铜球拉开。拉开的那一刹那，外面的空气突然冲入球内，发出一声巨响，在场的人都被吓了一跳。这个实验明白无误地证明，空气不但具有压力，而且压力之大，是十分惊人的。

葛里克的马德堡半球实验。否定了亚里士多德的“自然界憎恶真空”的学说，证实了真空是可以办到的，从而启发人们去进行真空技术的研究。葛里克发明的抽气机，后经波义耳的改进，被用来研究“空气的弹力和重量”问题，并由此导致波义耳发现了气体的体积随压强而改变的客观规律，对科学发展起了一定的推动作用。

托里拆利、巴斯噶以及葛里克的科学实验，犹如一位公正无私的法官，以它极大的权威性，结束了“空气是否有压力”的争论，否定了亚里士多德的错误观点，使人们对空气的认识与研究，大大向前迈进了一步。

## 水成论与火成论

现在我们都知悉，地球表层的岩石圈，是由三种不同的岩石构成的：“水成”的沉积岩，“火成”的岩浆岩以及由这两种岩石经过变质作用而形成的变质岩。这种岩石知识，已成为常识而为人们所共知。然而，它的得来并非易事，是人类经过长期的实践才总结出来的。在地质学史上，围绕着岩石的起源与成因，特别是针对火成岩的成因，曾展开过一场“水成派”和“火成派”的激烈争论。

水成派的代表人物维尔纳，是德国萨克森地方一个名叫弗莱堡矿业学院的教授。他出身于矿业家庭，300年来，其家族都和采矿事业有着联系。维尔纳继承家庭传统，酷爱地质学，并在地质地论的研究上作出了杰出的贡献。他首创了矿物分类法，提出了按成分区别岩石的方法，并使地质科学系统化。而且，地质学作为一门课程也是由维尔纳首先在1755年开设的，当时这门课程的名称叫做“地知学”。维尔纳也因此成为18世纪欧洲的一位享有盛誉的地质学家。维尔纳虽然一生没有发表多少著作，然而，由于他的讲课内容丰富，语言动人，因而很多人纷纷从欧洲各国，慕名来到弗莱堡矿业学院聆听维尔纳的讲课。不多久，在维尔纳的周围就逐渐形成了一个地质学派，像著名的地质学家布赫、洪堡德等人都是他的学生。

维尔纳根据化学家波义耳关于饱和溶液中晶体沉淀的实验，建立了岩石起源与成因的理论。维尔纳认为，地壳上的所有岩石，都是从原始的海水或洪水时期沉积而成的，甚至像玄武岩、花岗岩一类的岩石，也是借助于水中的各种盐类的结晶作用而形成的。他否认在漫长的地球史上有过火山的现象，而且把现代火山活动解释为煤和硫磺在地下燃烧的结果。

维尔纳的理论很快被传播开来，并成为当时地质学上的权威学说。以维尔纳为首的学派，由于主张一切岩石都是在水中沉积而成的，因而被人们称之为“水成派”。

在生产实践中，用维尔纳的岩石成因理论来解释沉积岩的生成，基本上是正确的；但把花岗岩、玄武岩这样明显的火成岩也说成是水成成因，则是说不通的。1788年，出了个与水成派针锋相对的火成派代表人物——英国地质学家哈屯。哈屯原先学医，但他从未行过医，反而对地质学发生了浓厚的兴趣。他依靠经营农业而赚了大量的钱，这使他有可能潜心研究地质，并到14个国家进行地质考察。科学的实践活动使他扩大了知识眼界，并促成他在地质学理论上有所建树。哈屯强烈地反对维尔纳的水成论，提出火成岩是由高温的岩浆冷却结晶而成的观点。哈屯认为，地球犹如一个熔炉，地球内部是炽热熔融的岩浆，而地球的坚固表面则是这个大熔炉的炉壁，熔炉封闭得很紧，只有一些火山口算是安全的阀门。哈屯指出，熔融岩浆从地下的裂缝中迸发出来，经过冷凝固化而形成结晶岩层，如玄武岩、花岗岩就是这样形成的。由于哈屯引进岩浆作用，并用以解释火成岩的成因，因而人们称之为“火成派”。

哈屯的理论刚一露头，就遭到水成派的围攻，两个学派展开了激烈的论

战。双方的争论不仅持续了好几十年，而且，斗争情况也越演越烈。有一次在苏格兰爱丁堡附近的小山下，两派开了一次现场讨论会。讨论会从争论开始，继而发展到互相指责和谩骂，最后达到了白热化的程度，竟用拳头代替争辩，相互殴打了一阵，方才散场，真可谓“水火不相容”！

然而，单纯理论上的争辩并不能解决问题，武斗更不是解决问题的办法，只有实践才是检验理论真假的唯一标准。火成派为了证实自己的学说，进行了广泛的野外地质考察和科学实验。哈屯在实践中发现岩脉的存在，并看到穿插在其他岩石与围岩相接触的地方，有明显的烤焦现象。哈屯的好友，英国业余科学家霍尔爵士，在 1790 年至 1812 年共 22 年的时间里，用一系列的模拟实验，有力地支持了哈屯的学说。

一天，霍尔在利斯的一个玻璃厂里看到了一个很有启发的现象：如果让熔融的玻璃非常缓慢地冷却，它就会结晶化，并变成不透明体，而如果让熔融的玻璃迅速地冷却，它就会变成透明状态。这种现象正如我们日常制造白糖和冰糖一样。白糖就是在冷却较快，结晶较速的情况下形成的，如果我们将白糖做成极浓的浓溶液，控制它的温度慢慢地下降，它就能在一定的温度条件下进行结晶，生成粗大颗粒的冰糖。霍尔认为熔岩的形成，正和在玻璃厂里所看到的现象相类似。于是他花费了不少的资金和精力，从遥远的维苏威火山，运来大量的火山熔岩，放在一个炼铁工厂的高炉中进行融化。实验证明：如果让熔融岩石慢慢地冷却，就得到像玄武岩那样的结晶质岩石；如果让它突然冷却，则得到玻璃状的岩石。霍尔这个模拟实验，生动地揭示了火成成因机制。

霍尔还把石灰岩放在一个封闭的容器中加热，实验的结果表明，它并不像水成派所说的那样，会被分解掉，而正是像哈屯所指出的那样，在冷却后变成了现在被称为变质岩的大理石一类的岩石。霍尔又把散砂装在一个盛满海水的铁壶中加热，这些散砂就变成了像砂岩一样坚硬结实的岩石，这些模拟实验的结果都支持了哈屯的岩石成因观点。

接着，地质学家德马列在法国中部的一个采石场里，发现了黑色的典型的玄武岩，他顺着这个岩体追索下去，最后到达一个火山口，这就更有力地证明了玄武岩的火成成因。德马列不愿作口头上无休止的辩论，面对前来和他争论的人，只是说：“你去看看吧！”

后来，在冰岛上发生了大量炽热的玄武岩流喷溢地表，铺盖了大片地区的事件。这件事轰动了西北欧，也给水成派提出了严峻的挑战。

在大量的科学事实面前，水成派维尔纳的大弟子布赫，开始怀疑自己老师的观点。后来他到德国、意大利的一些火山地区亲自作了详细调查研究，发现这些火山地区并没有维尔纳所说的煤层，自然更谈不上什么煤的燃烧了。另一个大弟子洪堡德远渡重洋，到拉丁美洲进行地质考察，他登上厄瓜多尔首都附近的皮晋查火山，亲自俯伏在火山口的边缘进行观察，得到了许多第一手资料。在事实的教育下，布赫和洪堡德认识到火成岩的水成成因说

是错误的，转而赞同哈屯的观点。另外，英国剑桥大学的地质学教授席基威克也转变了立场，他最初赞同水成派的观点。曾坦率地表示过，自己“满脑子都是维尔纳的思想，甚至准备牺牲自己的见解，接受维尔纳所有的信条——做一个维尔纳的奴隶”，然而，当他和他的好友罗德里克、麦其生一同前往欧洲各地进行地质考察之后，发现原生岩层并不像维尔纳所说的那样是在水中结晶而成的，而是熔融岩石的固化或凝固的结果，从而接受了哈屯关于火成岩的成因学说。席基威克公开宣称，由于他追随维尔纳，使他白白浪费了好几年的宝贵光阴……，就这样水成派开始从内部瓦解了。

