

历史 | HISTORY

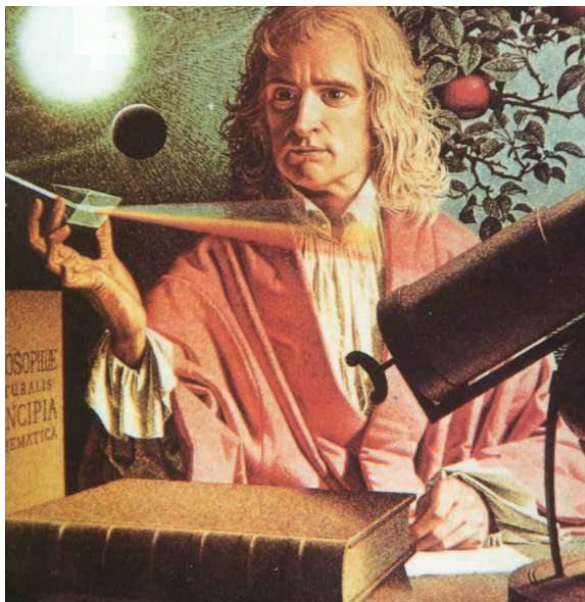
牛顿 传记演变、神话、 炼金术士与发现问题

●文 / 张九庆（中国科学技术发展战略研究院）

牛顿是科学史上一个最重要的科学家，因为在数学、物理学和天文学方面的伟大建树，被众多的科学家排行榜列为首位。有人把他排在影响

整个人类发展历史进程的 100 人中的第二位，在穆罕默德之后、耶稣基督之前。牛顿作为一个伟大人物，可能是拥有传记最多的一位科学家。

牛顿传记的演变



首先为牛顿写出最有影响的回忆录的人可能有两位，一位是他的侄女婿康迪特（J·Conduit），另一位是他的朋友、同是皇家学会会员的斯图克利（W·Stukeley）。康迪特是应法国皇家科学院的丰特内尔（B·B·Fontenelle）之邀，于 1727 年写成牛顿回忆录的（不过到了 1806 年原文才正式发表）。这篇回忆录经由丰特内尔的进一步整理加工成《牛顿的颂词》，以法文发表在《历史与

回忆》一书中，1728 年后被译成英文。康迪特和丰特内尔共同完成的纪念文章虽然很短，但其包括了故事和趣事片断的写法，以及对牛顿数学和光学贡献的客观描述，奠定了以后很多传记作品的基础。一些关于牛顿的性格、晚年生活的方方面面、疾病、死亡和葬礼的分析都来自这篇文章。关于牛顿观察苹果启示出万有引力的传说也出现在康迪特的文章里，据说这个传说出自牛顿自己之口，可能是他对侄女说的，也可能是他对斯图克利说的。斯图克利大概是在 17 世纪 20 年代完成其传记作品《牛顿生活回忆》的，记录了与牛顿交往的亲身经历和感受。这篇文章同样记录了牛顿与苹果的神话故事。这两篇文章成为我们了解牛顿晚年生活的最重要的原始资料。第一篇由英国人撰写并发表的牛顿的传记是伯奇（T·Birch）写的，1738 年发表在《历史与评论大辞典》里。这篇传记包含了牛顿与别人的通信的片断，人们由此可以了解牛顿在成名之前的思想和行为。牛顿作为一个单独的词条，于 1760 年出现在不列颠大百科全书的第五版里，撰稿者为匿名。1778 年，意大利人弗瑞塞（P·Frisi）首次完成了大致可以成书

的长篇传记《牛顿的颂词》，这篇传记把牛顿放在时代和社会背景里，认为牛顿原理的成功与当时英国的文化环境密切相关。18世纪最后一篇牛顿传记出现在《数学与哲学辞典》中，词条作者为数学家哈顿（C·Hutton）。像这些文章题目暗示的那样，18世纪里的牛顿是一个神圣的、没有瑕疵的、天才的科学家。

从19世纪开始，牛顿的名声开始动摇。随着时间的推移，人们期待更为丰富的牛顿的历史传记。一些作家公开谴责牛顿的唯一神论观点，牛顿对微积分的贡献也不得不分给莱布尼兹，牛顿与其他科学家的矛盾也逐渐被披露。法国物理学家拜沃特（J·Biot）在1821年曾撰文提到，1692年牛顿的疾病曾导致他在一段时间里精神反常。对牛顿最沉重的一击来自一位天文学家贝里（F·Baily）。贝里是一个天文学家，在他的1835年的一篇“关于弗兰斯梯德（J·Flamsteed）”文章中，首次提到了牛顿与弗兰斯梯德的不和。贝里还整理出版了弗兰斯梯德的自传和书信，表明牛顿远不是一个温和的、忍耐的人，而是一个欺凌弱小者。作为一位著名的天文学家，弗兰斯梯德曾完成了《不列颠星表》。贝里研究了弗兰斯梯德与别的科学家的通信，发现牛顿曾利用自己在皇家学会的地位，通过贬低弗兰斯梯德的学术成就等手段来打击报复他，因为他不愿意向牛顿提供有关观测数据，也不积极发表这些数据。在弗兰斯梯德看来，牛顿多次使用了他的数据而未能提到他的贡献。

在19世纪里，布鲁斯特（D·Brewster）和德·摩尔根（De Morgan）是塑造牛顿形象的两个重要的人物，前者致力于重新构建其对牛顿的英雄崇拜，后者不断地发表文章批评前者的过分的英雄崇拜倾向。布鲁斯特的《忆牛顿的生活、著作和发现》出版于1855年，提供了更多的帮助我们理解牛顿的资料。例如，作者第一次详细论述了牛顿的光学贡献；作为牛顿以前天文学演化的背景，作者也评述了天文学家胡克的成就。该作品的明显不足便是作者的主观性。象很多崇拜型作者一

样，布鲁斯特忽略了那些不满足他心目中的牛顿形象的证据，强化了牛顿的单面人形象，回避了牛顿漫长复杂的科学生涯中的那些有争议的问题。例如，他用较长篇幅讨论了牛顿的学术研究，却明显地忽略了莱布尼兹作为一个独立发现者和另辟蹊径者对微积分的贡献，把莱布尼兹说成是牛顿的后来人，这也是德·摩根批评布鲁斯特的重要原因。德·摩尔根是一个数学家和逻辑学家，对数学史有很深的了解。他认为牛顿对待莱布尼兹比对待弗兰斯梯德还要不公平。德·摩尔根通过分析牛顿在与莱布尼兹优先权争论中的表现，多次批评牛顿的道德不纯洁和人格弱点。不过在19世纪里，即使承认牛顿存在这样那样的人格缺陷，也没有人对牛顿的科学生涯的评价基础产生动摇。

对牛顿的进一步彻底解剖发生在20世纪40年代以后。1936年，经济学家凯恩斯（J·M·Keynes）从一个收藏者手里购买了一批有关牛顿的秘密资料。这批资料包括文件、手稿和笔记本，曾因为“没有科学价值”被剑桥大学在50年前拒绝收藏。通过几年的研究，凯恩斯在1942年在皇家学会俱乐部发表了一次名为“牛顿其人”演说，给出了一个与传统模式截然不同的牛顿形象，即牛顿不再只是一个科学家，也是一个醉心神学和炼金术的人。凯恩斯在演说中说：“从18世纪迄今，牛顿被认为是现代第一个和最伟大的科学家，一个理性主义者，一个教会我们依据冰冷、不掺色彩的原因进行思考的人。我不这样看他。我认为，凡是留意过他包好的箱子里的东西的任何人，都不会这样看他。那些东西是他1696年离开剑桥时留下的，有些散乱的部分已经到了我们手里。牛顿不是那个理性时代的第一人。他是最后一个术士，最后一个巴比伦人和苏美尔人，最后一个伟大的心灵，用与那些早在1万年前就建立我们知识遗产的人同样的目光，观察着这个看得见的和充满智慧的世界。牛顿，1642年诞生于圣诞节的生下来就没有父亲的遗腹子，是最后一个奇妙的孩童，寻访初生基督的使者能够对他表示真诚的和适当

的敬意。”

从此以后，随着牛顿的这些证据材料和更多的档案文件的公诸于众，牛顿的传记作者开始有能力来描述牛顿的多面的形象，尽管他们的侧重点各有不同。这个阶段的传记有着明显的倾向，除了全面描述牛顿的科学成就、优先权之争和社会交往活动外，还试图揭示神学或者炼金术对牛顿的生活、科学的影响及其原因。这些重要的传记作者包括曼纽尔（F·E·Manuel）、韦斯特福尔（R·S·Westfall）、霍尔（A·R·Hall）、克里斯琴森（G·E·Christianson）、怀特（M·White）、科恩（I·B·Cohen）等。例如，1968年曼纽尔出版了关于牛顿的心理学传记《牛顿的画像》。传记分析牛顿的科学之外的生活的方方面面，并特别用弗洛伊德的学说对牛顿的性格进行了精神分析。作者认为，牛顿的天才成就及其性格的形成与他未曾见过父亲和母亲改嫁的幼年创伤密切相关。韦斯特福尔是当代最重要的牛顿研究者和17世纪欧洲科学史研究者之一，1983年他因为《永不息息：牛顿传》被美国科学史学会授予菲泽奖。他的这本传记被认为是牛顿的标准和权威传记。作者不回避关于牛顿的有争议的问题，在详细描述牛顿的科学生涯和个人生活中，勾勒了牛顿作为科学家、哲学家、神学家、炼金术士、皇家学会会长、造币厂厂长的复杂一生。1984年克里斯

琴森出版了《在造物主面前：牛顿与他的时代》，重点描述牛顿的神学观点对其一生的影响。正如书名所暗示的，作者给读者传达这样的观点：牛顿抱有强烈的信念，相信科学（自然哲学）必须用来展示自然世界前造物主的持续出现，除非上帝改变地球的运动，地球的未来和其上的生物的未来都被打上了神的烙印。最近的一本传记是怀特1997年出版的《牛顿：最后的巫师》，作者把重点放在解释牛顿进行炼金术的原因以及炼金术对他科学工作的影响上面。作者得出的一个重要结论是：牛顿对炼金术的研究对他的科学上的重要发现是很关键的，他的炼金术和他的科学紧紧相连。

对历史人物及其成就的评价和解释无不打上历史的烙印。18世纪的视角不同于20世纪的视角，传记作者下的牛顿形象经过了200多年的演变。毫不奇怪的是，那个纯粹的、高尚的、透明的、单面的科学天才不见了，一个集多种身份和多重性格于一生的科学天才站在我们面前。正如霍尔所说，“学术的回报，一个没有掩饰的牛顿形象，除了满足于表露真相的渴望，使得他的伟大和显著的智慧比以前任何时候更好地被理解。”或者象克里斯琴森所言，“你既无法了解也无法同情一个人，除非分享他的脆弱与坚强，他的失败与成功。”

牛顿的苹果与传记中的神话

1666年夏天某个凉爽宜人的傍晚，在英格兰林肯郡伍尔斯索普，一个年轻人，走进自家的花园里，坐在一棵苹果树下，开始继续埋头思考多少年来迷惑不解的问题。当他紧锁眉头的时候，一只历史上最著名的苹果掉下来，打在23岁的牛顿的头上，无疑牛顿感到了一阵疼痛，但更多的是惊喜。牛顿正苦苦思索的问题是：什么力量使月球保持在其环绕地球运行的轨道上，以及使行星保持在其环绕太阳运行的轨道上？而这只打中

他脑袋的苹果使他找到了问题的答案——引力理论。正是苹果催生的万有引力，奠定现代科学的基础。

这是科学中的典型的神话故事。牛顿的苹果和阿基米德的浴缸、爱因斯坦的质能公式 $E=mc^2$ 、凯库勒的蛇等，成了科学神话故事的象征物。

牛顿的传记作家会相信这个神话吗？大部分作者处于一种半信半疑的矛盾心理。例如，韦斯特福尔相信的基本事实是，“牛顿在比较月球的

离心力和重力时，脑子里一定是有某种想法的，有充分理由相信是落下的苹果诱发了这种想法。”；但是他反对将这个传闻的作用夸大，“这一轶闻将苹果与知识相联，就如同将犹太与耶稣相连，他能重复流传也不足为怪。……这种传闻将万有引力庸俗成了一个闪念，而闪念是不可能形成科学传统的。朗格朗日并不因为牛顿有这一闪念而称他为历史上最幸运的人；万有引力也没有在牛顿开始努力时就呈现给他。”实际情况是，“他犹豫过，挣扎过，暂时受过挫折，因为这个工作很复杂——单是在力学领域就足以令人头疼，而整个内涵更使其复杂性增加许多倍”。而在怀特看来，苹果故事完全是虚构的，虚构的目的在于掩饰这样一个事实：不是苹果而是牛顿的炼金术研究促进了牛顿的引力理论研究，“各种版本的故事的共同特点是他们直接源自牛顿，因此我们只能信以为真。或许，1666年夏季的某一天，牛顿确实坐在了苹果树下，看到了苹果的下落，与其他多种因素一起，激发了他的理论。但是苹果的故事更有可能是后来编造的，至少是一种为设计一个特别的目的一一压制牛顿引力理论的灵感来源于他同时进行的炼金术工作的事实而进行的夸张。”

当科学家被描绘成向上帝盗取火种的普罗米修斯时，各种给与普罗米修斯的灵感启示的圣物

也由此产生。一方面，这个圣物的产生来自于科学家自己，他们为了证明天才只是某些人的独特行为。“普罗米修斯式的风格的例子更是不胜枚举，从高斯(Gauss)（‘如同灵光一闪，谜团解开了’）到物理学家特斯拉(Tesla)（‘想法如闪电般地击中了我，转瞬之间，真相大白了’），中间还有电子记账卡的发明者罗兰·莫雷诺(Roland Moreno)，他承认想法的产生是在‘一个早晨，从睡梦中醒来，点燃一根大麻烟时’，还有英国数学家克里斯托夫·塞曼(Christopher Zeeman)：‘……这夜稍晚些时候，我是坐在马桶上。就在那时灵感就像炸弹一样地击中了我。’”另一方面，圣物出自他人的杜撰，目的是让他们心目中的科学家的发现故事更加引人入胜和简单易懂，毕竟这些新发现的产生过程在很多人看来是难以搞清楚的，因为圣物为普通人到达理论提供了捷径。“在不能了解一个新理论的来龙去脉的情况下，人们满足于抓住背景、次要部分，在个人的小博物馆里将它视为圣物。这样人们就避免理解更多；他们用个护身符使自己免受觊觎他们的形而上学的折磨。而且同时将浴缸、苹果和数学方程式上升为所揭露真理的通灵物，就像古代国王让人在他们的墓地里放的物品一样，确切表明这是一场一流的安葬：人们将伟大的人物或新的观点列为圣品。”

作为炼金术士的牛顿

从历史来看，炼金术士并不是一个简单的贬义词，实际上炼金术本身具有多层含义。

科学意义上的炼金术是把廉价金属转换成为贵金属的方法或者制造出为人类服务的长生不老药，即化学上的物质转换的技术。早期的炼金术士是古希腊时期的工匠，有雄厚的技术功底。他们接受了亚里士多德观念，即一种物质在和别的元素结合时会丧失其全部特性，变成崭新的物质，因此，金属中那些廉价、不够完善的金属，

经过一段时间的处理，就会变成尽善尽美的黄金。炼金过程要求制造大量的设备，也要求各种试剂，这和现代意义的化学实验没有两样。在中国和印度流行的炼丹术也和医学结合起来。到了17世纪左右，科学意义上的炼金术一步步地发展成现代化学，炼金术士变成了化学家。

宗教意义上的炼金术是对上帝通过物质转变方式创造世界的思索，炼金术一直伴随着占星术和占卜学等一起流行。大约到了公元四世纪，神

秘主义开始走向高潮。他们把贱金属经由消失、再现、完善而转化成黄金的过程同人类灵魂的死亡、复活和臻于完善的过程联系起来并加以发挥，结果把炼金术变成了晦涩难懂、充满臆测的符号体系，炼金术士成为巫师。但它受到了传统的宗教势力的打压，因为神创世界是宗教教义的基本内容。

江湖意义上的炼金术则把炼金术变成了骗人的职业。一些炼金术士陷入了幻术和骗术的泥坑，蜕变成无耻之徒，沉溺于骗人的勾当，伪称他们会变出黄金，以便骗取钱财，因此使得炼金术变得声名狼藉遭人唾弃，炼金术士更是变成了骗子的代名词。

不同意义的炼金术，诱惑了许多不同目的和心智的人，也造就了复杂的炼金术士群体。

牛顿进行过炼金术研究，既不是在他生命的晚年，也不是作为简单的业余兴趣，而且牛顿花在炼金术上的时间似乎并不亚于他花在数学和物理上的时间。牛顿在科学生涯的后期中断了神学研究，也没有中止炼金术研究。这些在两本传记都得到了证实和描述。事实上，与牛顿同时代并对牛顿产生过影响的摩耳、巴宾顿、巴罗、波义耳等人也都曾痴迷于炼金术。

牛顿对炼金术的研究开始于大学时代。牛顿在他的房间后面，也就是在剑桥大学大门口与三一学院礼拜堂之间的花园里，设立了一个进行光学和炼金术实验的实验室。化学实验比起光学实验要费事费时得多，牛顿常常彻夜守在炉火旁，直到一次实验完成。牛顿在研究过程中，并不是完全孤立的，他参加了当时炼金术活动的核心团体“哈特立布圈子”的一些活动，牛顿更和其中的最著名的人物波义耳有过交流。

牛顿的兴趣在合金上，特别是物质的结构以及相结合的力。牛顿在《光学》一书中记录了关于炼金术的一些疑难问题，这些记录是他生前公开过的极少部分资料。在未曾公开的笔记里，有很多炼金术的文献，还有关于火焰、蒸馏、由矿石中提取金属，以及许多物质和它们的反应的炼

金术实验的记载。

尽管炼金术的终极目的在于炼金，牛顿晚年对财富也不无兴趣，但是在牛顿留下的炼金术遗稿中，丝毫没有表现出他对金子和财富的兴趣。

按照韦斯特福尔的说法，牛顿的目的是为了找出某种关于物质变化的通用的技艺，一种真理。也就是说，炼金术中存在的真理才对牛顿有着吸引力。因此，韦斯特福尔对牛顿的炼金术研究是持肯定态度的。

而怀特则认为韦斯特福尔抬高了牛顿的动机，牛顿研究炼金术是他的自大心理在作祟。牛顿相信在那些卷帙浩繁的炼金术文献中存在着打开知识大门的钥匙。他害怕如果自己不竭尽全力的话，别人会抢在他的前面获得成功，找到点金石。牛顿的这种自大心理也体现在他与胡克、莱布尼兹等人的优先权争斗中。

一个更为综合的说法是，牛顿研究炼金术、神学如同他探究数学、天文学、光学、力学等一样，是为了寻找一种能够统一揭示宇宙秘密的自然哲学。

牛顿在物理上最著名的发现是万有引力定律。流行的传说是，牛顿发现万有引力定律的灵感来源于一只下落的苹果。当然，这样的传说在这两本传记中都没有得到认可。现在看来，一时触发的灵感至少经过了将近二十年的努力——文献参考、数学运算、试验印证、同行竞争等等，牛顿才得到了实质性的成果。在这些努力中，牛顿的炼金术研究对此有没有贡献呢？

韦斯特福尔没有做出正面的回答，但他分析了牛顿的哲学思想的矛盾。牛顿的物理学信奉的是机械哲学：物质具有惯性，物质的运动由其机械学原理来解释；而炼金术则认定物质中存在活性成分，牛顿可以借此来完善自己的机械哲学。这种矛盾似乎否定了牛顿的炼金术研究与他的物理学之间的直接关联。

怀特给出的答案则是肯定的。他认为，牛顿正是在成功制造的轩辕十四锑的实验中，发现了吸引力，因为这个锑合金的晶体形状是：一颗星

在中心，光线（力线）向这个中心汇聚，这对他最终领悟出万有引力做出了没有预料到的贡献。这种解释与苹果传说一样难以令人相信。怀特更为大胆的结论是，炼金术的发气原理和超距作用，更是融入到了牛顿的头脑之中，使他摆脱了以太的束缚，逐渐形成了重力的概念。

无论动机和目的如何，也无论他的炼金术研究是否有益于他的其他科学研究，有一点是可以肯定的，即使按照现代科学的标准，牛顿进行的主要是科学意义上的炼金术——化学，尽管由于他有时无法洞穿笼罩在其中的迷雾，掺杂着一些宗教的思想。

科学史家丹皮尔在《科学史及其与哲学和宗教的关系》中给了牛顿很高的评价。他认为，牛顿对于化学的见解远远超过当时的化学家。例如，牛顿认为火焰与蒸汽不同的看法比亚里斯多德关于火是四元素之一的说法和当时化学家用盐、汞、硫三原质来解释物质的见解，更接近于现代的思想。化学史家亨利·莱斯特在《化学的历史背景》一书中也写道：“在大科学家中，全盘接受了波义耳化学思想的，只有牛顿。”

遗憾的是，即使他有领先的化学思想，但是牛顿没有把它成形为公开交流的正式文献，因而他对化学的贡献也是微乎其微的。这是科学史家柯瓦雷等人的结论。

科学发现得益于问题

牛顿在科学上的伟大不像科学神话中描述的那样，得益于坐在苹果树下冥思苦想中看见苹果下落时突然迸发的顿悟，而是得益于对问题的敏感关注和寻求答案的热情专注，这一段时间正是他进入剑桥大学读书和在剑桥大学担任卢卡斯讲座教授的创造奇迹与辉煌的年代。

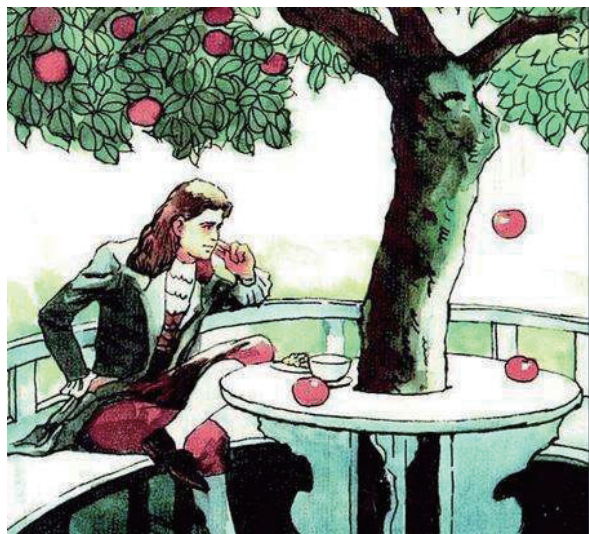
科学哲学家劳丹在《进步及其问题》中把科学问题分为经验问题和概念问题。自然界中使我们感到惊奇或者需要说明的任何事物构成经验问

依据现代的观点，我们不能按照职业来衡量一个人是否科学家，不能按资格证书来衡量一个人是否科学家，不能按单位性质来衡量一个人是否科学家，不能按照宗教信仰、性格特征、道德思想等来衡量一个人是否科学家，而是按照他是否采取了一系列科学方法进行研究活动来衡量他是否是一个真正的科学家，按照他是否在专业学术期刊上发表了有科学价值的论文来衡量他是否是一个成功的科学家。

大约是在1678年的一个早晨，大火毁掉了牛顿的部分科学与炼金术的文献和整个实验室，之后牛顿把大部分时间用在了物理学和数学的研究中，并于1684年完成了划时代的巨著《自然哲学的数学原理》，走上了他作为一个著名科学家的顶峰。牛顿的晚年脱离了科学研究，从科学家转变成了经营管理者（造币厂厂长）、行政管理者（皇家学会会长），并长时间地陷入了与其他人之间的恩恩怨怨之中。

炼金术和化学既有重叠的部分，也有相差太远的部分，与其笼统地称牛顿进行过炼金术研究，还不如说牛顿进行过粗糙的化学研究，至少牛顿采用了科学的实验方法；与其说牛顿是最后的一个炼金术士，还不如说牛顿是一个未成功的化学家，因为他没有提供给科学共同体有价值的科学文献。

题，由这种理论或那种理论显示出来的问题则构成概念问题。科学进步的基本单位是已解决问题（经验的或者概念的），科学的目的是不断扩大其解决经验问题的范围，不断缩小反常问题和概念问题的范围。牛顿从不轻易放过任何问题，既力求解决经验问题，也力求解决概念问题。正如研究欧洲十七世纪科学史的美国著名科学史学家和牛顿研究的专家、牛顿传记《永不歇息》一书的作者韦斯特福尔（Westfall·R）在其著作《近



代科学的建构》中所言：“牛顿在整个科学是特别是 17 世纪科学史上的地位是举世公认的。牛顿的功绩是不朽的，他代表了人类智慧的最高成就；而且他同时也对 17 世纪科学的主要流派进行了汇总，解决了当时科学革命中悬而未决的一些重要问题。在解决问题的同时，牛顿的研究成果绝不意味着科学探索应该到此结束或中断”。

牛顿上剑桥大学后最早买的东西是笔记本，以便供他随时记录下读书心得。对他一生影响较大的著作有笛卡尔的《几何学》、查尔顿的《生理学》、伽利略的《对话》和胡克的《显微学》等等。他把读书心得总命名为“哲学问题表”。当然这里的哲学问题不只是现代意义上的哲学，而是包括自然科学在内的全部知识。“哲学问题表”含有 45 个小标题，涉及到物质特性、时间和运动、宇宙的秩序以及感官特征等多方面的内容。从这些问题之中选择有深度的问题，主要集中在数学、力学和光学领域，进行求解引导着牛顿在科学的道路上跋涉，这一方面说明牛顿是“站在巨人的肩膀上”走向科学的深处的，另一方面也说明他

对巨人的著作采取了怀疑和批判的态度。从读过的笛卡尔的《几何学》他选出了两个中心问题，即给区线划切线和求曲线下的面积，这就是我们现在所知道的微分和积分问题。在继续伟大的数学难题的同时，他几乎是平行地进入“哲学问题表”中的运动与力学问题和光学问题。

牛顿需要解决的另一类问题不是直接来自于读书心得的，而是别人强加给他的，即来自于别人的提问或者与胡克等科学家之间的科学争论。在与胡克的争论中，牛顿形成了著名的《光学》的“31 个问题”，这些问题概括了 1664 ~ 1665 年间引起牛顿注意的所有重要现象；在求解哈雷提出描写太阳的行星运动轨迹问题时，牛顿写出了《论轨道物体的运动》的论文，证明了行星的椭圆轨道问题，并同时证明了开普勒第二、第三定律。

牛顿把所有问题综合起来给出答案，完成了划时代杰作《自然哲学的数学原理》一书。这部书的出版不仅使牛顿自己进入到了伟大科学家的前列，也被称为是近代科学史上继哥白尼的天文学革命之后的又一次科学革命。

牛顿说自己是在海边散步的小孩，随意中捡到了一些精美的贝壳和卵石，这无疑是牛顿的谦逊说法。如果把科学领域比喻为沙滩，这些贝壳卵石就深藏在一大堆沙粒和砾石之中。科学家带着好奇心去寻问，心目中精美的贝壳卵石有着怎样的特征？会在什么地方出现？然后就遵循着自己的问题去求找答案。如果没有问题，就没有寻找，更没有结果。这个寻找答案的过程就是科学研究活动中的一个解题的过程。每一个科学家的真正的科学生涯都要从提出问题开始，牛顿只是其中的一个典型事例。科技