

因为疫情在家的牛顿,都做了些什么?

转眼间,大家已经因为疫情在家待了一个月有余。在这期间,伟大的物理学家牛顿在家躲瘟疫的那段辉煌岁月广为流传开来。那么,牛顿在这段时间里到底都做了些什么呢?

铺垫:三一学院的生活

1661年6月3日,牛顿以公费生的身份进入剑桥大学最著名的学院——三一学院学习。彼时三一学院的课程多反映了4世纪时的亚里士多德主义,并且当时的剑桥大学并不是知识中心,这也使得牛顿开始无视大学里教授的标准课程,有时间和机会去阅读和思考各种其它的问题,将几乎所有的业余时间都花在阅读当代哲学家的著作上。

学习期间,牛顿用笔记记录了他的读物和对它们的一些想法,其中的一部分笔记题为“一些特定的哲学问题(Quaestiones quaedam Philosophicae)”,从中我们可以发现他对于伽利略、托马斯·霍布斯(英国政治家、哲学家)、亨利·莫尔(英国哲学家、伦理学家、神学家)、罗伯特·波义尔、柏拉图和亚里士多德等人的著作都有涉猎。而其中最令牛顿感兴趣的是笛卡尔——尽管笛卡尔的学说并不在当时的课程范围内。

有趣的是,牛顿对于哲学的兴趣很快就转向为物理学(尽管当时还没有这一学科的定义),他很快就发现了一些几乎所有之前的哲学都没有涉猎的内容,这一点在他关于笛卡尔的笔记——尤其是关于笛卡尔的光学理论的笔记中最为明显。牛顿被光和视觉深深地迷住了,他陆续进行了很多实验,全然不顾这些实验可能会使他失去视力(如尽可能长时间地盯着太阳等)。

大概在1663年末的时候,牛顿开始研究数学——这也是学校里几乎没有传授的课程。1664年,他购买了各种各样的前沿书籍,包括弗朗西斯·范·舒滕(荷兰数学家)、笛卡尔和沃利斯(英国数学家、物理学家)在几何、代数和无穷级数方面的工作。在这段时间里,牛顿完全通过自学学习了当时绝大多数的数学知识,并且对于纯数学和如何将数学应用到生活中十分感兴趣。此间,牛顿也留下了一句流传后世的名言:“Plato is my friend, Aristotle is my friend, but my greatest friend is truth(柏拉图是我的朋友,亚里士多德是我的朋友,但我最重要的朋友是真理)”。

但是,当时牛顿必须解决一个重要的问题,那就是如果他希望能够继续学业,他必须在剑桥大学获得一个更加长期的学者职位——然而在之前的3年里,他并没有在常规的课程中

表现出色。幸运的是,牛顿最终还是在1664年4月获得了奖学金,使得他能够再进行4年的学业。这笔奖学金也让牛顿在一定程度上能够财务自由,他便更加沉迷于研究中,经常整夜不睡觉或者白天不吃东西。然而,在不到1年的时间里,他就不得不离开剑桥大学——因为1665年英国爆发了大瘟疫。

伍尔索普的学习生活

牛顿于1665年的初夏离开了学校,期间曾在1666年3月返回学校,但是6月份又因为瘟疫离开,直到1667年4月才最终得以返回。在这两年的大学停课期间,牛顿回到了乡下伍尔索普的母亲家中。50年后,他回顾起这段岁月,在解释完自己这段时间的工作后,又补充道:“所有这一切都发生在1665~1666年的两年瘟疫期间。在那段时间里,我正处在我的创造生涯的鼎盛时期,并且比从那以后的任何时间都更加重视数学和哲学。”这一记录出自牛顿《奇迹年(annus mirabilis)》的记录。

当然,这也可以视为牛顿努力的自然结果,伍尔索普休闲的环境使得牛顿能够更加自由地去追求他想做的工作。明显的一点是:在此期间,牛顿为他以后的工作奠定了大量的基础,甚至有些工作直到30年后才得以发表。这些工作可以归结为3个方面:微积分——研究变化的数学,对理解我们周围的世界至关重要;万有引力;光学和光的行为。

在数学研究方面,牛顿列出了他想要研究的22个问题,把它们分成了五类。他首先研究了曲线的切线(微分)和曲线的积分问题。通过这些“新的分析”,他计算了双曲线下包围的面积,并且最后得到了能够求出当时几乎所有已知的代数曲线所包围面积的方法。在1665年秋天,他把这些想法扩展,将求解曲线扫过的面积视作一个运动的点扫过的面积。他使用“通量(fluxionals)”一词来描述这一方法中面积的增加,这标志着现代版微积分的出现。并且在其中,他已经将“速度”视作一种通量,将其定义为无穷小时间间隔内的偏移量。

然后,他还发现了积分与微分之间的关系,并且在几个级数展开求和的过程中发现了广义二项式定理——这是他的第一个重大发现。在同一年,他亦获得了学士学位。

1666年,牛顿两次回顾这些数学问题,并且将这些研究结果总结为3篇论文:一篇写在1665年11月13日,标题为“用物体的轨迹求解它们的速度(to find ye velocities of bodys

by ye lines the describe)”,剩下两篇均发表于1666年,前一篇题为“求解运动学问题,以下命题是充分的(To resolve problems by motion these following proposition are sufficient)”,最后一篇包含了对于他的微积分理论的完整描述,写于1666年10月。

数学并不是牛顿唯一研究的学科,实际上,他大部分时间都花在了关于力学和光学的问题上。

在力学科学中,笛卡尔通过分析运动的物体所具有的内力(称作“物体运动的力量”)的影响来处理碰撞问题,而牛顿则主张“作用在物体上的外力和物体运动变化具有因果关系”的观点。同时他意识到,彼此分离的两个物体的动量保持不变,即使它们之间发生碰撞也不会改变——这在之后成为了动量守恒原理。由此看来,牛顿似乎已经找到了第二运动定律。然而在这一点上,他却对更加复杂的圆周运动问题感到了困惑,最终牛顿同意了笛卡尔的观点:即运动的物体始终努力地从中间向外退——这显然符合笛卡尔关于运动物体具有固有的“离心力”的思想。牛顿将半径为 r 速度为 v 的圆周运动的物体的离心力计算为 $F=mv^2/r$ ——这使他回想起他对于伽利略的“关于两个主要世界体系的对话(Dialogue Concerning the Two Chief World Systems)”的研究。他用他的结果表明,地球的自转不会将物体甩向空中,因为重力(用物体掉落的速度来衡量)大于地球旋转产生的离心力。然后他继续证明,如果假设开普勒第三定律是正确的(R 正比于 T 的 $2/3$ 次方),那么这意味着离心力(也即重力)必须具有 F 正比于 R 的二次方之一的形式。再一次地,他似乎已经非常接近于发现万有引力定律了,但是我们的这一想法低估了从单一结果推演到整个动力学系统所需要的飞跃——在牛顿能够制定普适的运动学规律之前,必须做出几项重大的进步——因此,直到30年后,万有引力定律才被提出。

同样,在伍尔索普的日子里,牛顿也在继续尝试研究他所谓的“色彩的聚合现象(celebrated phaenomena of colours)”(这也是光谱学实验最早的开端之一),其部分原因是罗伯特·胡克于1665年出版了《显微图谱(Micrographia)》。胡克提出一种理论:颜色是亮与暗的混合,并且光是由“脉冲”产生的,他提出的色标范围是从鲜艳的红色(被认为是添加了最少暗度的纯白色光)到暗蓝色(被认为是光线完全被黑暗所遮掩,即全黑前的最后一步)。牛顿意识到情况并非如此——从远处看时,写着黑色字的白色纸张并不会显示出彩色,而是黑白混合,显示

出灰色。

当时许多研究人员在用棱镜进行色彩实验,他们的主要观点是:棱镜以某种方式使白光(如来自太阳的光)着色。在这些实验中,笛卡尔、胡克和波义尔将屏幕放在靠近棱镜的位置,并且看到穿过棱镜的光线呈现为多种颜色的混合。在伍尔索普家楼上的研究中,牛顿进行了一项实验:光束从窗户进来,前进22英尺,穿过棱镜,在远处的墙壁上投射出光谱。白光被分成了不同的颜色,每种颜色都被棱镜弯曲了不同的量。然后他利用这一系统进行了许多实验,其中最关键的是他称之为“判决实验(Experimentum Crucis)”的实验:在光谱行进的路途中放置一个带有小缝的屏幕,使得只有一种颜色的光(如蓝色)穿过去照射到墙上,然后他在蓝光的路径上放置第二个棱镜,纯蓝的光并没有改变,证明棱镜没有使颜色发生改变,因此得出一个至关重要的结论:白光仅由混合在一起的不同颜色组成,棱镜仅能分离这些颜色。他将通过3个棱镜的不同颜色的光重新组合,获得了白光,证实了这一观点。

而以上这些都不能解释固体的颜色。牛顿朝这个方向的努力不太成功,因为他错误地认为这些颜色全都是由反射造成的——如果一个物体看起来是蓝色的,那是因为它优先反射蓝光。牛顿还研究了胡克发现的一种奇特现象,即如果将一块弯曲的玻璃与一块平坦的玻璃片接触,则在接触点周围会看到非常细的环,这也是胡克提倡“脉冲”论的主要原因。牛顿通过对这些环(现在被称作“牛顿环”)的尺寸进行定量处理,知道了弯曲玻璃的曲率,从而提取出脉冲的长度,但是他认为这些“脉冲”是构成光的微粒介质中的某种振动干扰,而不是像胡克所假设的那样确实是光。从这里我们也可以看到牛顿坚定的信念——光是由粒子组成的。

后续:重返剑桥

此后,瘟疫结束,牛顿在1667年回到剑桥,事业开始蓬勃发展——当选为三一学院初级研究员,一年后的1668年,他获得硕士学位并当选为高级研究员。1669年,原来的卢卡斯数学教授萨克·巴罗辞职,牛顿被任命为替补,开启了他的辉煌的发现事业……一直到1689年,牛顿几乎都待在剑桥大学,在许多领域做出在后世广为人知的成就……

怎么样,在读完牛顿的故事后有没有大受鼓舞?如果是的话,那就抓紧在家学习吧。说不定下一个牛顿就是你。(小琪)