

伽利略与教会

厉光烈[†]

(中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

我年轻的时候,从有关物理学史的书籍中看到,伽利略晚年向教会妥协,承认自己有“不道德行为”,在忏悔书上签字,我很不理解:为什么他不能像布鲁诺那样勇敢地与教会作斗争呢?经过“文化大革命”,看到自己的导师和周围老一辈科学家的遭遇,我才对他当年的处境有所理解.因此,我一直想把他与教会既妥协又斗争的经历讲给生活在幸福时代的年轻人听,免得他们对伽利略产生像我当年一样的误解.

伽利略·伽利雷(Galileo Galilei, 1564—1642),意大利物理学家,近代实验科学的先驱者,被后人誉为“近代科学之父”^[1].

1564年2月15日,伽利略诞生在意大利比萨城一个没落的贵族家庭,从小聪明、灵巧,父亲对他寄以厚望.他最初上的是一所修道院的学校.在那里,他专心学习哲学和宗教,一度想当一个献身教会的传教士.父亲得知后,立即接他回家,劝他去学医.17岁那年,他听从父亲的劝告,进入比萨大学学习医学.但他对医学并无兴趣,而是把课外时间大多用于学习和研究古希腊的哲学、欧几里得的《几何原理》和阿基米德的数学著作.

1 偶遇宫廷数学家玛竇·利奇

伽利略在比萨大学读书期间,宫廷数学家玛竇·利奇随托斯卡纳大公爵从佛罗伦萨来到比萨,伽利略听了这位青年数学家的讲课,折服于他渊博的学识,严密的逻辑,特别是他解决数学难题的能力,向他提出了许多自己百思不得其解的问题.玛竇·利奇没有想到听众之中会有人向他提出如此深刻的问题,当听说提问者是比较年轻的伽利略时,不禁脱口而出:“伽利略,你是天才,一定会成为杰出的数学家”.伽利略对他倾诉了自己对医学的厌倦,以及不能按照自己意愿学习的苦恼,玛竇·利奇鼓励伽利略说:“别泄气,努力自学,有什么困难,任何时候我都是你的忠实朋友”.并借书给伽利略看.

2 在教堂里发现单摆定律

有一天,19岁的伽利略信步来到比萨大教堂,他不太在意宗教仪式,而是把目光注视着教堂大厅中央那像钟摆一样晃动的吊灯,他用右手按着左腕的脉,认真记下了吊灯每摆动一次脉搏跳动的次数,结果发现:吊灯每摆动一次,记下的脉搏跳动次数几乎一样,与摆动幅度的变化无关.回到学校后,他找来不同长度的绳子、铁链,以及用作摆锤的铁球、木球,在房顶上,在树枝上,一次又一次重复地实验,并用沙漏记下摆动一次所需的时间.最后,他得出结论:摆动的周期只与绳子的长度有关,而与摆锤的重量无关.这就是我们现在熟知的单摆定律,也就是摆的等时性.他的这一发现显然触犯了被教会奉为教义的亚里士多德运动学说,因为后者认为“重物会比较轻物下落得快”,也就是说,摆动的周期应与摆锤的重量有关.

伽利略的发现,虽与宗教教义相抵触,但并未引起教会的注意,却惹恼了一心要他好好学医的父亲.父亲决定再次停止他的学业,就这样,伽利略无可奈何地回到佛罗伦萨的家里,但他并未灰心,记起玛竇·利奇的鼓励,继续在家里刻苦钻研数学,并很快就在数学研究中取得了优异的成绩,21岁便闻名全国,被誉为“当代的阿基米德”.1589年,经盖特保图侯爵的推荐,年仅25岁的伽利略,被比萨大学聘为数学讲师,任期3年,传说中的比萨斜塔自由落体实验就是在这期间进行的.

3 比萨斜塔自由落体实验

1591年的某一天,伽利略提着一个装有乌木和

2011-10-31 收到

[†] Email: ligl@ihep.ac.cn

[1] 文中史料主要取材于百度网和威廉·H.克劳普尔著、中国科学技术大学物理系翻译组译的《伟大的物理学家》

铅球的袋子,登上了比萨钟楼的塔顶,他要用实验驳斥亚里士多德关于“物体下落速度与其重量成正比”的教义.塔下站满了欢笑的学生和持否定态度的哲学教授,伽利略向他们发出信号:“现在,我要放下2个体积相同,但重量很不相同的球,如果不计空气阻力,它们应当同时到达地面”……实际上,这只是一个脍炙人口的传说,在伽利略生前发表的著作中并未见到有关这一实验的记载.不过,他的学生维维安尼(Vincenzo Viviani, 1622—1703)在1654年写成而后于1717年出版的《伽利略生平的历史故事》一书中记载有这个故事;另外,在伽利略去世200年后才被整理发表的他在1591年写成的小册子《论运动》中也记载有这类实验.

伽利略对亚里士多德运动学说的公开抨击,大大激怒了对他早就心怀不满的亚里士多德信徒.后者的大肆攻击,使他失去了被比萨大学续聘的机会.珍惜人才的盖特保图侯爵再次伸出援助之手,将他推荐给帕多瓦大学,1592年,28岁的伽利略被任命为这所大学的数学、科学和天文学教授.帕多瓦是意大利北部距离威尼斯不远的一座小城,当时属于威尼斯共和国管辖.帕多瓦大学受罗马教廷影响较小,自由思想气氛浓厚,使伽利略进入了研究、创造的黄金时期,在力学和天文学方面都取得了丰硕的成果.

4 斜面实验及其相关发现

伽利略不赞同亚里士多德把运动划分为“自然运动”和“强迫运动”,而是主张把运动分为匀速运动和变速运动.他直观地猜测:真空中的自由落体运动应该是最简单的变速运动——匀加速运动,并用极限概念来推想真空中的自由落体运动.他设想:把体积相同的金球、铅球和木球放在水银里,从阿基米德的浮力定律可知:只有金球下落,铅球和木球都将浮在水银面上.如果把它们放在水里,则只有木球浮在水面上,金球和铅球都会下落,但金球会比铅球落得快一些.如果把它们放在空气中,它们都会下落,金球与铅球的落速差不多,木球会慢一些.他由此得出结论:“如果完全排除空气阻力,所有物体都将下落得同样快”.

他还设计了小球沿斜面滚下的实验,对落体运动作了更为细致的实验和理论研究.经过多次实验,他发现,小球滚过的距离 s 总是与经过的时间 t 的平方成正比,而且无论增大还是减小斜面相对于地面的倾角,这个结论都不改变.他还发现:小球下滚

的加速度与小球的重量和成分无关,只与斜面的倾角有关,斜面倾角越大,小球的加速度越大.于是,他进一步设想,如果将斜面完全竖直起来,小球下滚运动就成了自由落体运动,下滚加速度也就成了自由落体加速度,并由此得出结论:在没有空气阻力时,自由落体的加速度与下落物体的重量与成分无关,也就是说,从同一高度同时下落的轻、重物体会同时落地.这就是著名的伽利略自由落体定律.他还用一个公式来描述这种运动,即 $s=at^2$,其中 a 随着斜面倾角的不同而有所变化,当时它被看作是小球沿斜面下滚的加速度,现在我们知道,它的两倍才是小球下滚的加速度.这是伽利略第一次使用了数学语言来描述物体的运动.顺便指出,加速度这个概念,也是伽利略首先明确提出的.

他还通过实验证明了平抛运动可以分解为相互独立的两种运动:竖直方向的自由落体运动和水平方向的匀速运动.然后,他又通过斜面实验证明了一个不受外力作用的物体将保持它的匀速直线运动状态不变,从而认识到:维持匀速运动不需要力,只有改变物体运动状态时才需要力,这就批驳了亚里士多德关于“力是维持物体运动状态不变的原因”的错误观点,进而提出惯性运动的概念.他还进一步考察了斜面上运动物体的受力情况,结果发现:运动物体下滑的加速度正比于重力和斜面支持力的合力,从而弄清了力与运动之间的基本关系:力不是产生速度的原因,而是产生加速度的原因.后来,牛顿在伽利略这些发现的基础上清晰地阐述了他的第一、第二定律.

伽利略在力学上的这些发现具有伟大的意义,爱因斯坦对其给予了极高的评价,在《物理学的进化》一书中,他写道:“伽利略的发现以及他所用的科学推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一,而且标志着物理学的真正开端”.

5 发明天文望远镜并用来观测天空

1609年5月,伽利略听说荷兰眼镜制造师发明了一种被称为望远镜的光学装置,能让很远的物体看起来非常近,他立即意识到:若能在荷兰商人到来之前,制造出一台望远镜,展示给威尼斯当局看,就会得到空前的大奖.于是,他依靠自己的光学知识和研磨透镜的特殊技能,在24小时内就用一块平凸透镜和一块平凹透镜设计制造出了比荷兰工匠制造的还要好的望远镜.威尼斯总督赖斯顿在《伽利略》一

书中称赞伽利略的发明“突出展示了帕多瓦的学识精华”。因此,伽利略获得了一大笔奖金,薪水加倍,并被授予了终身职位。

望远镜的发明,使伽利略改变了研究方向,将注意力转向广漠无垠的茫茫太空。他发现,用自制的望远镜来观测天空中的月亮、行星、太阳和恒星,比用肉眼观测移近了30倍。他说:“我用我的‘镜片’观察了天体,这些天体大得不得了,因此我非常感谢上帝,由于他的垂爱,使我成为观察如此值得赞叹而过去一向不为人知的事物的第一人”。在1609—1610年间,伽利略通过观测发现了一系列前所未有的天文现象。例如:月亮表面也和地球表面一样是粗糙不平的,它本身并不发光,而是反射太阳的光,他还从月亮表面山脉的影子测出了它们的高度;发现银河也是由大量星星组成的,而不是亚里士多德所说的“地球上的水蒸汽凝成的白雾”,当他将望远镜指向天空的任何方向时,看到了比肉眼看时多得多的星,从而驳斥了亚里士多德认为“天空中只有数目不变的星”的观点;观察到了金星的周相变化,表明金星是围绕太阳转的,这明显支持哥白尼的日心说;发现木星居然有4颗卫星围绕着它旋转,俨然是一个小“太阳系”,这也与亚里士多德的教义:“宇宙中只有一个中心,一切都围绕着它旋转”相冲突,同时,这也支持了布鲁诺“除太阳外,宇宙中还有其他吸引中心”的观点。1610年,伽利略出版了记载这些重要发现的《星际使者》一书。

《星际使者》一书的发表,不仅在意大利,而且在整个欧洲都立刻引起轰动,使伽利略一举成名。为了获得更充裕的时间致力于科学研究,他将目光转向托斯卡纳公国和他早年生活过的佛罗伦萨,把《星际使者》赠送给他新进的学生、年轻的托斯卡纳大公爵科西莫·德·美第奇,并将他发现的木星的4个卫星命名为美第奇卫星。顺便指出:这些卫星,现在被称为伽利略卫星。伽利略的巴结得到了惊人的回报:等同于最高法官的薪水、没有讲课任务的职位,以及托斯卡纳大公爵的首席数学家和哲学家的头衔。

6 第一次访问罗马教廷

1610年,他离开帕多瓦大学,回到佛罗伦萨,担任托斯卡纳公国的宫廷数学家和哲学家,兼任比萨大学的数学教授。善于交际的他,很快赢得了佛罗伦萨上流社会的友谊,特别是,结识了后来成为他的合作伙伴和终身挚友的年轻贵族塞尔维亚蒂,后者为

他提供了安静舒适的工作与生活环境。为了向罗马教廷展示他的望远镜,让梵蒂冈了解他的天文发现及其重要意义,1611年,他向托斯卡纳大公爵礼仪秘书提出要到罗马作一次正式访问。

虽然他的天文发现中有与“地球是宇宙中心”这一与罗马教廷教义相抵触的内容,甚至还有人说他看到的不过是气候现象,或者是望远镜的假象等,但是,罗马教皇的智力后盾红衣主教R.贝拉明曾经善意地报道过他的天文观测,加上当时已很有名气的开普勒对他表示支持,认为他的观察结果是正确的,这使他对罗马的访问受到热情的接待和规格很高的礼遇。他会见了罗马教皇保罗五世,并接受了他的祝福与赞扬。罗马的贵族和科学家纷纷以结识他而感到荣耀。

伽利略对罗马的访问取得了很大的成功,暂时掩盖了因望远镜而引起的与教廷之间的冲突,但也招来更多人的嫉妒。回到佛罗伦萨后,一位自封为首席伽利略评论家的L.德拉·科洛比就提出要与伽利略就冰及其他固体的漂浮问题展开公开辩论。辩论的地点选在皮蒂宫,观众中有两位红衣主教,其中之一就是后来成为教皇乌尔邦八世的M.巴贝里尼,还有大公爵科西莫和他的母亲克里斯廷娜。在辩论中,科洛比赞同亚里士多德的看法,认为薄而平的冰块能浮在水中,是因为它有奇怪的形状,而伽利略则认为,冰及其他固体因为比它们所排开的同体积的液体要轻,故而漂浮在液体上,亦即支持阿基米德的看法。像往常一样,伽利略用实验来论证他的看法。他取一块“薄而平”的乌木,将其放在水的表面,结果总是沉入水中,而冰块无论什么形状,却总是浮在水面。伽利略的演示赢得了观众,得到了红衣主教巴贝里尼的赞许。但是,他没有想到,望远镜揭示的宇宙秘密最终还是触怒了宗教人士,一场可怕的厄运即将降临到他的头上。

7 与教会周旋暂免刑责

辩论之后,因感到身体严重不适,伽利略只得到塞尔维亚蒂的乡下别墅休养。在体力有所恢复后,他便与塞尔维亚蒂一道观测太阳黑子,他们将太阳的像投射到纸上,发现了太阳黑子及其在太阳表面上有规律的运动,判断出太阳也在自转,周期大约为27天。新的天文观测使伽利略更加相信哥白尼学说,他决定把事情公开,向大众作宣传。1613年,他出版了《论太阳黑子的信》,首次明确地公开支持哥

白尼学说。

伽利略的公开表态很快就遭遇到了神学困扰，他的弟子 B. 卡斯泰里在给他的信中写道：最近，他与虔诚的大公爵夫人克里斯廷娜有过一次讨厌的面谈，“她好斗的女子气质一开始就用圣经反对我”，她特别强调圣经中讲约书亚的一段话：“上帝命令太阳站住，不能让约书亚的敌人在后撤中逃入黑夜”。并指出，这难道没有支持太阳围绕地球转动，这难道没有否定哥白尼主张的地球运动而太阳不动的观点吗？伽利略感到有了危险，这位曾经支持过他的大公爵夫人在当地很有势力，他担心会失去她的支持，便给卡斯泰里写了一封回信。他在信中写道，仅按字面解读圣经，有时候是错误的，必须用与直接观测没有矛盾的方式理解圣经：“明智的解释任务是寻求圣经与知觉经验证据的一致”。他争辩道，上帝同样能在哥白尼宇宙中帮助约书亚，正如他能在托勒密宇宙中帮助约书亚一样。伽利略给卡斯泰里的这封信，从私下流传到公开发表，一年多来一直没有遭到谴责。这期间，他曾直接给大公爵夫人写信，“圣经的主要意义是礼拜上帝和挽救灵魂，”他写道，但是“在关于自然现象的辩论中，不应从圣经条文的权威性出发，而应该运用感觉到的经验和必要的论证”。

神职人员对伽利略的首次攻击来自天主教多明我会会员、年轻教士 T. 卡奇尼，他围绕约书亚圣迹愤怒布道，并说没有对圣经的信仰就不可能理解这样的大事件。于是，“意大利最著名的科学家，托斯卡纳大公爵的哲学家，罗马有势力的红衣主教的密友，都站在一个重要讲坛上，面对虔诚信仰宗教的多明我会会员，公开谴责异端邪说”。卡奇尼和另一位多明我会会员、神父 N. 洛利尼，还把伽利略写给卡斯泰里的信，作为异端邪说的证据，呈交给了罗马宗教裁判所。伽利略本应立即前往罗马，面见检察官，为自己辩护，但因再次病倒，数月未能成行，直到 1615 年末，才动身去罗马。

梵蒂冈的一个专门委员会对哥白尼学说进行了审查，认为哥白尼主张太阳应放在宇宙中心是“愚蠢和荒谬的，而且完全是异端邪说”。1616 年 2 月 25 日，宗教裁判所开会并接到教皇保罗对伽利略的命令：不得教授或讨论哥白尼学说，不得为其辩护；如果忤逆不从，则应予监禁。次日早上，曾经支持过他的红衣主教贝拉明和一位检察官向伽利略口头传达了教皇命令。作为教徒，伽利略表示接受，静候梵蒂冈的正式文告。几周后，伽利略接到的正式文告竟与贝拉明早先所说的判决出奇的不同，只是宣布了一

个对哥白尼学说的一般性限制：“伪毕达哥拉斯学说，即哥白尼所说的地球运动而太阳不动，完全违背圣经，但它已在圣众中流传，并为许多人接受，因此，为了避免这种观点伤害天主教真理，命令会众禁止哥白尼信徒参加工作，直到他们改正”。伽利略在被迫作出了放弃哥白尼学说的声明之后，总算逃脱了刑责。一向乐观的他，在罗马停留期间，又故态复萌，在各种场合仍口无遮拦，使得陪同他的托斯卡纳大公爵的礼仪秘书不得不劝告他，不要再去“取笑睡觉的狗”，并提醒他，有“对我们不利的谣言”。就这样，伽利略怀着痛苦的心情回到了佛罗伦萨，在沉默中度过了好些年。

8 惹恼教皇终遭囚禁

1617—1618 年间，伽利略经常生病，有些消沉。1618 年秋冬，夜空出现了三个彗星，罗马教会学院数学教授、神父 H. 格拉西出版了一本书，说彗星提供了反对哥白尼宇宙论的新证据。伽利略因身体过于虚弱，难以直接参加辩论，便让他的弟子 M. 吉达西以自己的名义出版了一本小册子《论彗星的讲演稿》。当然，其中的论据大多是由伽利略提供的。随后，在 1621—1622 年间，伽利略身体情况较好，创造力十分活跃，成功地发表了《论鉴赏》，对格拉西的观点作出了公开抨击。《论鉴赏》得到了梵蒂冈的认可，曾经支持过伽利略的红衣主教巴贝里尼给他写了一封友好的、让人放心的信。他在信中写道：“我们已准备好随时为你服务”。对伽利略来说，这是莫大的安慰。1623 年，红衣主教巴贝里尼当选为罗马教皇，取名为乌尔邦八世。

虽然在教会的威胁下伽利略曾被迫作出放弃哥白尼学说的声明，但是在他的内心深处仍然坚信哥白尼学说是完全正确的。经过长期酝酿、构思，在 1624—1629 年间，伽利略完成了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》这部名著（以下简称《对话》）。在这本书中，他创造了三个人物，让他们辩论哥白尼体系与亚里士多德—托勒密体系各自的长处，表面上，辩论并未决出谁胜谁负，但实际上他是在宣传哥白尼学说。为了怀念他在佛罗伦萨和威尼斯结识的两位已经去世的朋友，他把书中的两个人物分别命名为 F. 塞尔维亚蒂和 G. 塞格雷多，其中 F. 塞尔维亚蒂为哥白尼说话，而 G. 塞格雷多则像一个聪明的陪衬，实际上，伽利略是要借他之口为自己说话。第三个人物是亚里士多德—托勒密学派的，

伽利略将其取名为辛普利丘。1629年,在写好《对话》之后,伽利略再次前往罗马促请教会批准出版这本书。他会见了乌尔邦八世,但并未得到对方的首肯。经过两年时间,《对话》在加上罗马检察官写的序言和结束语后,才得以出版。这本书的出版,很快赢得了读者的共鸣,伽利略所用的“对话”形式确实打动了读者,特别是,书中那位令人发笑的讽刺性人物辛普利丘更让读者印象深刻,而这却惹恼了教皇乌尔邦八世,他不但没有被塞尔维亚蒂与塞格雷多的机智及辛普利丘的软弱所逗乐,反而从辛普利丘的话中察觉到他自己的一些观点。于是,他任命一个由他的侄子、红衣主教 F. 巴贝里尼领导的委员会来审查这本书。1632年8月,他让检察官命令出版商停止印刷和销售《对话》一书;9月,委员会给他提交了审查报告,并把事件移交给了宗教裁判所。

由于伽利略再次病重,宗教裁判所对他的审判多次延期,最后定在1633年4月12日。伽利略抱病前往罗马,接受审判。在审判过程中,检察官坚称,在1616年就已经命令伽利略既不得讨论,也不得交谈地球运动的问题;伽利略则辩称,命令条文没有要求他不得支持或捍卫哪种学说,况且,在他的书中,并未支持或捍卫哪种学说,也未把哪种学说看作是永恒的真理。他还提供了红衣主教贝拉明写给他的一封信,用以证明检察官对命令的过分解读无效。虽

然,基于严格的法律条文,伽利略提供的证据更为有力,但是检察官不同意赦免,而是提出了一个似乎合理的解决办法:伽利略承认有“不道德行为”,在一份忏悔书上签字,接受轻判。伽利略与被教会处以火刑的布鲁诺是同时代的人,他当然知道与宗教裁判所是无理可讲的,只得被迫同意接受。但是,当他6月22日拿到判决书时,却发现现实的判决比预期的要严重得多:他的书被列入禁书目录,而他本人则被处以终身监禁。有这样一个传说:伽利略在听到判决后,用脚跺地说:“然而,它还是在动啊!”

他的朋友为了尽量减轻他的痛苦,让锡耶纳的大主教 A. 皮柯罗米尼负责监管,将他软禁在大主教在锡耶纳的宫殿里,这里经常有诗人、科学家和音乐家出入,这些人对伽利略都很尊重,使他的思维慢慢摆脱神学纠缠,回到在内容上十分安全的一些科学问题上。他开始考虑撰写《关于两门新科学的对话》,对他在物理学上的研究成果作系统的总结。经过3年的努力,他终于完成这部最后的杰作,原稿被走私出意大利,于1638年在荷兰出版。这时,他已双目失明。4年后,伽利略在监禁中病逝。

直到300多年后,新的罗马教皇保罗二世才于1979年11月11日公开承认教会当年的判决是错误的,为伽利略正式恢复了名誉。