

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

开普勒



一、开普勒的童年生活

公元 1571 年 12 月 27 日，在德国符腾堡的小城魏尔，海内里希·开普勒家诞生了一个男孩，这就是后来闻名于世，对世界天文学做出杰出贡献的科学家约翰内斯·开普勒。

开普勒的先辈中，曾经有两个骑士，这就是海内里希和他的弟弟弗里德里希，他们是在 1430 年被斯瓦比亚的皇帝封为骑士的，成为皇帝的随从。后来家世中落，开普勒的先辈沦为商人和手工业者，骑士证书也因此被看得分文不值，直到开普勒的祖父泽巴尔勒，因为当上了魏尔市的市长，其家世才日益显贵起来。开普勒的父亲海内里希·开普勒却是一个非常平庸、没有任何志向，也无一技之长的人。他经常弃家不顾，在各种军队里当职业军人渡过了一生。因此这个贵族骑士家庭最终成了雇佣兵家庭。到约翰内斯·开普勒出生时，他的家庭已日渐衰落了。

开普勒的童年生活是不幸福的，他的父母亲感情不好，因此在开普勒出生 3 年后，他的父亲就离家去尼德兰帮助西班牙统治者去镇压人民的暴动去了，不久他的母亲卡塔丽娜·开普勒就将开普勒丢给祖父，自己去找丈夫去了，开普勒的父亲从西班牙战场回来后就带着家人迁居到邻近的莱昂内克。不幸的是，海内里希·开普勒在那里丢失了他的全部财产。因此，他又被迫到外国军队里去当兵。此后，开普勒很少能见到父亲。后来父亲在奥格斯堡附近的一次征战中死去。

童年的开普勒，体弱多病，在 5 岁那年得了一次天花，差点夭亡。他的视力很差，不仅近视，而且散光，这使他看到的图像只能是重重叠叠，模糊不清的。他的身体状况给他的学习和生活带来很多不便，但开普勒是一个有着强烈求知欲和坚定意志的人，他凭借着坚强的意志和自己的聪明才智，如饥似渴地学习着各方面的知识。

二、在图宾根神学院学习

少年时期，开普勒曾在阿德尔格的毛尔布龙的修道院附校预备学习，并取得了优异成绩。1589 年 9 月 17 日，开普勒未满 18 周岁时，获得符腾堡公爵弗里德皇帝奖学金，并作为奖学金生进入了德国著名的图宾根神学院。神学院的生活非常清苦，加之开普勒家的生活比较清贫，因此，他只能靠微薄的奖学金维持在图宾根神学院的读书生活。

开普勒首先在“文艺院”里学习了两年。在这两年里，他学习了奠定其一生学术基础的各种文化知识。他学了数学和天文学的基础知识，学会了古希腊语和拉丁语，也学习了修辞和诗词艺术。但对开普勒最具吸引力的则是哲学，他把哲学作为一门总的学问如饥似渴地学着。他在此期间所学到的哲学知识和对世界的认识，影响了他一生的学术活动。

在图宾根神学院，对开普勒影响最大的老师是米夏埃尔·马斯特林。当时在神学界占主导地位的是托勒密的地心说，哥白尼的日心说由于与圣经的解释相冲突而遭严禁，信仰和传播哥白尼日心说的人都被视为异端，遭到监禁或迫害，因此通往科学的路由于宗教的关系也布满了荆棘。当时，在讲台上，几乎没有人敢公开讲解哥白尼的日心说。开普勒从来没有读过哥白尼本

人的著作，也没有读过他的学生赖蒂柯斯的《第一解说》，当然也无从知道哥白尼的理论和学说。他对哥白尼了解的唯一途径是他的老师米夏埃尔·马斯特林的讲演。马斯特林在讲到哥白尼时也是非常谨慎小心并留有余地的。他只是把哥白尼体系作为一种数学假说来介绍，因为他本人还是完全拥护托勒密的地心说的。

米夏埃尔·马斯特林在讲到哥白尼体系时，主要是告诫他的学生要把天文学的，即纯数学的论点和物理论证结合起来。正是这一点，对开普勒产生了极大的影响，激发他敢于迈向新时代的天文学。首先推动开普勒形成他的宇宙观的是一位意大利的柏拉图主义者尤利乌斯·凯撒·斯长里格的著作《附加练习》。这是他为当时的意大利哲学家、数学家、医生希罗尼姆斯·卡尔达努的15册《论深奥》而写的一篇文章。开普勒正是通过这篇文章，了解了文艺复兴的自然哲学及其关于宇宙灵魂的观点，以及关于力及力把天地连结在一起并决定整个宇宙的问题。

开普勒在图宾根时期也研究了柏拉图、亚里士多德等人的著作，他不仅研究他们在数学物理学方面的理论，而且也研究他们对哲学的论述。开普勒感到，亚里士多德的哲学对他的吸引力比柏拉图的理念论更要大些。柏拉图的理念论主要是指后来数学形式的理念论。而这种数学柏拉图主义通过开普勒逐步发展为近代自然科学的数学结构主义的哲学基础。

1591年8月10日，只有20岁的开普勒通过了图宾根神学院的硕士考试，并且获得了第二名。他延长奖学金的申请也由于他学习成绩优异而得到批准。图宾根神学院规定，只有最优秀的学生才能学习神学。这样，开普勒便比较轻松地跨进了图宾根神学院的大门，开始了他梦寐以求的对于神学的学习。

开普勒生活的时代，是世界历史发生伟大变革的时代。开始于14世纪的文艺复兴，以及反对中世纪的禁欲主义和宗教观，要求摆脱教会对人们思想的束缚，打倒作为神学和经院哲学基础的一切权威和传统教务的人文主义思潮和宗教改革运动这三大潮流汇聚到一起，取代了中世纪的思想意识。文艺复兴和人文主义思潮使人们的思想得到解放，使当时的一些思想家、科学家对上帝、世界和人的关系有了新的认识。1517年由马丁·路德发起的宗教改革运动在欧洲许多国家展开，一些不满罗马教皇统治和受贿行为的神学家在宗教改革的旗帜下，率领一大批中下层人民向西欧封建统治的支柱——以罗马教皇为首的天主教会发动了猛烈冲击，这是一场实际意义上的社会和经济革命。他们在宗教方面提出：反对罗马教皇对各国教会的控制；反对教会拥有地产；指出《圣经》是信仰的最高准则，不承认教会享有解释教义的绝对权威；强调教徒个人直接与上帝相通。由于对教义的理解和解释不同，以路德为首的一派宗教改革家，建立了适合君主专制的新的教会和教义，得到市民上层和德国诸侯的支持，属比较温和的一派。以法国人加尔文为首的另一派在日内瓦取消了主教制，建立了资产阶级共和式的长老制教会，并同日内瓦城市政权结合成政教合一的体制。加尔文宣称教徒做官执政，蓄有私产，经商赢利，放债取息等，同担任教士职务一样，均可视为受命于上帝，适合当时资产阶级激进派的要求，属比较激进的一派。继而在英国和北欧各国，世俗君主也摆脱了教皇的控制，把教会置于本国君主的控制之下，从此基督教开始了大分裂，把基督世界分为两部分：一半占统治地位，一半占非统治地位；一半是虔诚的教徒，一半是异端分子。制造出数个意见分歧的小教派，

彼此毫无共同之处。宗教改革运动虽然废除了罗马教皇的专制统治，使人们的思想得到进一步解放，但随着教义的不同解释而产生的越来越多的教派，这些教派不仅使新教徒和天主教徒之间开始了大规模的自相残杀，也使新教各教派之间互相敌视，进一步加剧了德意志的政治分裂，也给德意志以及欧洲各国人民带来了深重的灾难。

为了调和新教和天主教的矛盾，路德的朋友、德国新教神学家梅兰喜顿于1530年起草了《奥格斯堡信条》，对天主教徒采取了一种和解的态度。他在1540年起草的《不同的信条》中也强调了路德派和加尔文派的共同之处，并提出了一种调和两派观点的圣餐信条。加尔文也在日内瓦雷根斯堡和宗教谈判中签署了这份奥格斯堡信条。在这个信条的基础上，1555年在奥格斯堡帝国会议上，德意志新教诸侯和皇帝查理五世缔结了《奥格斯堡和约》，规定：结束天主教诸侯和新教诸侯间的战争；各邦诸侯可自由决定其本人及其臣民信仰天主教或路德派新教；1552年前被新教没收的天主教会的财产不再发还等等。这是一个比较温和的和约。

开普勒就是这样在社会发生大变革、基督教会大分裂的时候开始他的神学院生活的。开普勒是一个新教教徒，但基督教本身的分裂却使他深受折磨。在德意志，路德教还成为国教。尽管路德派的梅兰喜顿和路德已经为调和两派的观点而努力，但图宾根的神学家们却在排斥加尔文教。开普勒在教派纷战的时候形成了他一生都遵循的基本态度：和平、妥协、统一，而且这一态度始终贯穿于他一生的思想和著作中，在这一态度的基础上，他不认为加尔文有罪，并且认为天主教会和路德派对加尔文的待遇是不公正的，他的这一态度给他以后的研究和生活带来多次厄运。

三、在格拉茨教会学校任教和编制历书

1594年，开普勒还没有结束图宾根神学院的学习，就接到了到格拉茨教会学校担任数学教授的任命，推荐他担任这一职务的是他的数学教师米厘升埃尔·马斯特林。开普勒对这个任命感到不解和难以接受，这不仅是因为他还没有结束在图宾根的神学学习，而且他非常热爱神学，从小就希望能当一名神职人员，而且在教会占统治地位的德意志国家，神职人员的地位比教职人员要高得多。开普勒经过长时间的考虑及与亲戚朋友们商量后，决定接受格拉茨教会学校数学教授的任命，同时明确表示保留返回和进入神职界的权利。

格拉茨是奥地利的贵族和新教阶层的领地，格拉茨新教教会学校是马克西米利安二世统治期间建立起来的，格拉茨教会学校的管理法也是马克西米利安起草的，他待人比较宽厚温和，对路德派新教徒比较宽容，允许贵族们在自己的领地推行路德教。但克西米利安的兄弟，大公爵卡尔却是一个严酷的天主教徒，马克西米利安去世后，新教失去了保护人，掌握政权的是卡尔大公爵的遗孀，她是一个天主教徒。因此也想让她掌权的士的里亚重新皈依她的宗教信仰，撤消马克西米利安二世在世时许诺给新教徒的权利，所以在格拉茨，两派宗教势力的斗争也日趋激烈。

开普勒在新旧宗教势力的斗争形势下来到了格拉茨教会学校教学，他勤勤恳恳地工作，最初教授数学，后来又教诗和修辞学，以后又教伦理学和历史。由于他的知识渊博，能够胜任多门学科的教学工作，而得到学校的好评：

“他在演说、讲授和论辩方面都使我们十分满意，他是一个年轻博学、虚怀若谷的人，一个偏僻的地方能拥有像他那样的出色的教师真是难得。”

开普勒在格拉茨新教教会学校一边从事教学工作，一边开始了编制年历的工作。历书的真正创始人是德国的大天文学家雷焦塔塔纽斯。他用德语编制了1475—1531年的历书。这第一本历书不但预报了一年，而且预报了好几年的日月星辰的活动。其中有太阳运行和昼长的精确注明，有日出日落的时间，还有新月和满月的确切时间以及关于日蚀的预报。但雷焦塔塔纽斯的历书没有被采用。当时欧洲采用的历法仍是罗马大帝凯撒于公元1世纪时制定的。凯撒规定每年为365天，每四年加一天，放在二月末作为闰年。但是，实际上一年的时间比这个法定的年约短11分钟。这样年复一年地积累下去，130年后就整整会少一天。到了15世纪初，这种日积月累的结果，使原来规定的3月21日的春分节在3月10日就到了。这表现，天象与历法还相差了10天之多。这个情况引起了教会的注意。1574年，信奉基督教的各国主教和大学教授、专家等在罗马开会，教皇利用这个机会提出了改革历法的问题。1582年，教皇格里高利颁布了新历法。这个历法主要修订了两项：第一，将1582年减去10天，以那年原来的10月5日定为10月15日。第二，确定公元纪年能被4除尽的那一年为闰年。但逢百之年必须能被400除尽的年份才是闰日。这样，就使天象和历法在3000多年后才差1天，历史上人们将这种历法称为格里历，即目前全世界都通用的阳历。

开普勒编制的历书就是根据格里历编制的。当时的历书上有图、有表，老百姓都很喜欢。每年出版时，人人都很兴奋，都以特殊的兴趣阅读有关收获、气象、灾情、政治事件的预报。最初，开普勒很不喜欢这种带有“占星术”性质的历书，只是由于他的工作关系，他必须预报，到了后来，开普勒开始相信星宿对地球上的事情和人的命运有影响，他主要的还是想从经验物理学的角度证明自然情况的预报，他本人在他的历书里十分强烈地警告读者在作出政治决定时，不要依赖占星术的预报。然而，开普勒编制年历都很有成就。他预言1595年冬季会出现少见的奇寒天气和土耳其的侵袭都应验了。这使开普勒出了名。由于1595年冬季的严寒，阿尔卑斯山的牧人死了不少。有些人回家后一擦鼻子，鼻子就掉了；冻僵的关节发生了骨痛。土耳其人在这年的冬季把从维也纳到诺施塔特的整个地区都夷为荒野，掠夺人口物品，给欧洲带来了灾难。

四、接受哥白尼学说

开普勒在编制年历的过程中，越来越迷恋天文学，特别是对哥白尼的《天体运行》中提出的行星轨道问题，尤感兴趣。

哥白尼的《天体运行》是1543年出版的。他提出的“太阳中心说”遭到新旧天主教徒的反对。新教首领路德严厉批评哥白尼学说：“这位天文学家想证明的是地球而不是日、月、星辰在运转，正如人坐在车船之中，以为人是静止的，而说土地与树木在他面前跑过一样。今天喜欢卖弄聪明的人总爱造出一些新花样，并且以为凡是自己干的总是好的，只有傻瓜才想把整个天文学推翻。”《圣经》上说得明白：约书亚叫站住不动的是太阳而不是地球。在神权专制统治下，天体被称为“圣岸”、“圣角”，它只属于神而不属于科学。按照神学家的荒谬说法，天空充满了“各种等级的天使和一个套着一

个的水晶球”，而“静止不动的地球”居于这些水晶球的中心。太阳围绕着地球运转，因为上帝创造太阳的目的，就是要照亮地球，施恩于人类。至于天体的运转，按照意大利神学家托马斯·阿奎那的解释：是因为每一个天体都有一个“天使”在拉着它走。天体的运转取决于“天使”的意志，而“天使”的意志是人类不能揣摩的。“如果人类有时候能够了解一些问题，那是因为上帝通过天使对我们作了启示。”公元2世纪，古希腊天文学家托勒密总结了前人在400年间对宇宙观察研究的结果，写成了《天文集》一书，提出了“地球是宇宙的中心”的学说。他希望凭借人类的智慧，用观测、演算、推理等方法，去发现天体运行的规律。但他提出的“地球是宇宙的中心”的错误说法，因为与《圣经》的记载相一致、而被中世纪的神学家们奉若至宝，被神学家所利用和把持了1400多年。哥白尼提出的“太阳中心说”，提出地球是一颗行星，形状属圆，它环绕固定在中心的太阳运行，地球上四季的循环正是由此而来。哥白尼的《天体运行》出版以后，罗马教廷就已感到这部著作的巨大威胁，考虑如何对付，红衣主教施福治向教皇保罗献策道：“我建议不要理睬这种渎神的言论，因为既然恶魔已点了火，你再去给它煽风，火就会烧得更大。最好是不闻不问。”罗马教廷采纳了施福治的建议，没有立即禁止哥白尼这部著作的发行。另外，由于《天体运行》是用拉丁文写的，而且只有懂数学的人才能看得懂，在一般市民阶层中影响不大，所以罗马教廷容忍它存在了70多年。到了1616年3月5日，罗马教廷宣布，哥白尼学说为“异端”；列哥白尼的著作《天体运行》为禁书；凡宣传哥白尼学说的出版物一律禁止发行，除非对书中的表述方式作某些改动，将其学说作为观点而非事实才可以发表。

开普勒最初研究天文学和哥白尼的著作正是在哥白尼的著作遭禁之前，这就使他有可能接触和研究哥白尼的天文学。开普勒平生十分爱好数学，十分重视数学的作用，总想在自然界寻找数量的规律性，这就是和谐。他接受哥白尼体系后就专心探求隐藏在行星体系中的数量关系。1595年10月，在他编制的1596年年历的题辞中，开普勒宣布了他的处女作《宇宙的奥秘》。在他完成了初稿以后，回到了他的故乡符腾堡，请他的老师与斯特林帮助他出版此书。在马斯特林不懈的努力下，《宇宙的奥秘》终于于1596年底出版，并载入法兰克福书目之中，并于1597年2月出现在春季书市上。

开普勒在《神秘的宇宙》一书里设计了一个有趣的、由许多有规则的几何形体构成的宇宙模型。他试图解释为什么行星的数目恰好是六颗，并用数学描述所观测到的各个行星轨道大小之间的关系。他发现六个行星恰好同五种有规则的正多面体相联系。这些不同的几何形体，一个套一个，每个都按照某种神圣的和深奥的原则确定一个轨道的大小。他用地球来度量其它轨道。一个十二面体外切地球，这个十二面体就内接于火星的天球。一个四面体外切火星轨道，这个四面体就内接于木星天球。一个立方体外切木星轨道，这个立方体就内接于土星天球。把一个二十面体放入地球轨道，外切这个二十面体的天球就是金星。把一个八面体放入金星轨道，外切这个八面体的天球就是水星。

这种设计得到的各个星球的半径比率与各个行星轨道大小的已知值相吻合，有规则的正多面体是具有相同平面的对称体。这种具有对称平面的多面体只能作出五个，因此，开普勒认为太阳系的行星只有六颗，因为他坚信，上帝是依照完美的数学原则创造世界的。

开普勒模型的数字关系纵然如此美妙，但若于年后开普勒分析帝谷的观测数据，制定行星运行表时，它们却毫无作用，开普勒就摒弃了它。

五、反宗教改革运动对开普勒的影响

1590年4月27日，开普勒和一位磨坊主的女儿巴尔巴拉在格拉茨大教堂举行了婚礼。这次婚姻是开普勒自己选择的，他的妻子家比较富有，他的妻子在格拉茨拥有许多财产和有影响的朋友。因此，不管学校里发生了什么事，开普勒都不必害怕，生活是有保证的。但是开普勒没有想到，他的家庭会遭到未曾预料的打击，这就是在他婚后两年内接连失去了一个儿子和一个女儿。他们都是出生后没有几个星期就夭亡的。

与此同时，开普勒的命运也有了重大转变。这就是反宗教改革运动在奥地利，以费迪南德大公为首的天主教派与新教教徒发生了冲突。费迪南德大公带来了意大利援兵，撤掉了新教的参事会，城门和兵工场的守卫也交给了教皇派。冲突中的气氛因为一位新教徒会员的无理被捕而激化到了极点。新教教徒计划建立自己的医院和新公墓，以借此免交昂贵的殡葬税的作法也引起天主教派的强烈反对，费迪南德大公命令取消了这一计划。这时期，城里的大长老下令禁止新教牧师进行宗教活动，他借口自古以来一个地方的大长老就有权在他的收入因别人进行宗教活动而受损时下令停止其活动，而费迪南德大公承认长老的这个权利。使反宗教改革运动达到顶点的是：1598年9月27日，费迪南德大公下了一道诏令，命令新教教堂和学校的所有工作人员必须在日落之前离开城市；必须在七天之内离开领地，否则处以极刑。开普勒是格拉茨新教教会学校的教师，当然也在被驱逐之列。这样，他不得不把妻子留下，到了皇帝统治的匈牙利和克罗地亚地区。开普勒是唯一可以马上回来的人，在一份正式谕令里费迪南德大公因为他是地方数学家的缘故而允许他继续居住在格拉茨，但他必须谨慎行事，因为在当时，谁让领区的教士替孩子洗礼，谁根据基督的命令领圣餐，谁拜访新教牧师，都是犯了弥天大罪。谁在城里唱圣歌，谁看路德的传道书，就要被逐出城区。谁要求在墓地举行殡葬仪式，想安慰临终的人，就是犯了重罪，就以滋乱肇事者论处。

家庭的不幸和反宗教改革带来的灾难，使开普勒深感痛苦，他对自己也日渐不满，他责备自己“胆小怕事”，他说自己想寻找一条穿过密密丛林的道路，却又在丛林中停留下来。开普勒在痛苦中的唯一快乐是对科学的研究。为了逃避痛苦，他又回到占星术中去，尽管他十分厌恶占星术。

就在开普勒处在黑暗的痛苦之中时，突然一线希望之光照亮了他，他被丹麦大天文学家，在布拉格鲁道可夫二世国王宫廷任职的帝谷·布拉赫邀请到布拉格去一起研究天文学。早在1592年，开普勒就曾把自己的第一部著作《宇宙的奥秘》寄给帝谷，帝谷就曾邀请开普勒到万斯贝克去。现在，他又发出了第二次邀请，他在给开普勒的信中说：我不是因为您遭受厄运而请您来此，而是出于共同的研究愿望和要求请您来此，请您不要把我看作是一位命运的朋友，而是看作是您的朋友，即使在您不幸的时候，他也不会拒绝给您出主意想办法，他极想竭诚地帮助您。开普勒欣然接受帝谷的邀请，于1600年携眷来到布拉格。

六、帝谷·布拉赫及其对天文学的贡献

帝谷·布拉赫，出身于丹麦的贵族家庭。14岁时因当年的一次日食引起他对天文学的浓厚兴趣。1572年秋天，天空中突然闪现一颗明亮的新星。这颗新星的光辉异乎寻常，它不仅比所有恒星都亮，而且盖过亮度最大的金星，甚至在阳光普照的白昼也可以在天空中看到它。这颗新星的出现，惊动了全世界，也激发了年轻的帝谷献身天文观测的热情。要知道这颗新星到底是什么，必须要知道它在哪里，首先引起帝谷兴趣的是测量它的距离。如果它距离地球不太远，那它应该同月亮和行星一样，对其附近恒星发生相对的位移。帝谷以其精湛的技巧对新星作了精心观测，却丝毫没有发现这种情形。它既没有像月亮那样明显位移，也没有行星那样迂回曲折的视行。这意味着新星远在月亮和行星的轨道之外，绝非是什么某种大气现象，而是高于恒星一类的星球，后人为纪念他，将这颗新星命名为帝谷星。

帝谷的声望和观测才能得到丹麦国王腓特烈的赏识。1576年，他被聘为皇室天文学家，受到额外优待。国王把位于哥本哈根和赫尔辛基之间海峡上的赫芬岛交给他使用，并拨给他一笔款项。帝谷用丹麦王的资金在岛上建立了巨大的观天堡，配备当时最精密的观测仪器，有一部分仪器是他自己制造的。这些仪器被放置在有活动房顶的地下观察室里，这样可以防震和防风。他的最主要的仪器是一个半径2米的大象限仪，其读数精度达到 $1/6$ 弧分，这在当时是空前的。帝谷在那里呆了21年，做了大量观测，同时作出几项重要发现。腓特烈国王去世后，帝谷失去了支持者，由于同僚的嫉妒，他被迫离开他的天文台，避居哥本哈根，他只抢救出他的极珍贵的仪器。但为观察星星而建立的巨大天文堡不是被拆除，就是很快倒塌了。这件事对他的打击很大。幸好另一位以奖励天文学著称的奥地利国王普道尔夫二世支持了他，不仅许以优厚俸禄，还在布拉格为他建造了一座天文台，帝谷于1599年来到布拉格。

帝谷对天文学的贡献是多方面的。精密的天文观测是他主要的贡献。他发明新的观测仪器，并对旧的仪器进行改进。他所作的观测精确度高，是他同时代的人无法相比的。他在20年间对各个行星位置的测定，误差不大于 0.067 度，这个角度大致相当于将一枚针举一臂远处，用眼睛看针尖所张的角度。他还发现了同球运动的“二均差”，对蒙气差有了更完善的了解。

帝谷的另一成就是对彗星所作的观测。他指出，那些来无影、去无踪的拖着长尾巴的彗星也不是什么大气中的某种爆发现象，而是一种天体。帝谷通过观测证实，彗星的轨道远在月球之外，并且可以穿越行星天层而不碰上任何阻碍。帝谷对行星运动的长期观测；积累了大量观测数据，是一笔宝贵的财富。

帝谷是一位精明的观测家，但不是一个好的理论家，他对哥白尼很崇敬，他完全清楚日心体系的优点，并称赞它是：美丽的几何结构。但他拒绝承认这个学说。首先，地动思想与圣经相违背，这在帝谷看来是不可能的。他不敢相信，像地球这样既大而笨的东西会有什么运动。其次，帝谷尽管做了极精心的观测。终究未能发现恒星因地球运动而引起的视差效应。这意味着两种可能，要么地球是静止的，要么如哥白尼所言，恒星的距离有不可思议的遥远。但是，帝谷不相信行星系恒星天球之间会有这样广阔的“虚无空间”。

帝谷既不满意托勒密体系，又不愿接受哥白尼学说，他采取一个折衷办法，于1580年提出他自己另行设计的混合体系——帝谷体系：按照古人的说

法和《圣经》的启示，我认为只能把地球安置在世界中心。但我不赞成托勒密那种主张。我想，只有太阳、月亮以及包含全部恒星的第八重天才以地球为中心而运行，五颗行星则绕太阳运行。太阳处在它们的轨道中心，它们像陪伴君王那样绕太阳作周年运动。

帝谷的折衷体系没有在欧洲产生很大影响，随着开普勒三大定律的产生，帝谷体系也就消声匿迹了。

七、成为帝谷科学遗产的继承人

开普勒和帝谷的会面乃是欧洲科学史上最重大的事件。这两位个性迥异的天文学家的相会标志着近代自然科学两大基础——经验观察和数学理论的结合。帝谷的精密天文学观察和计算是和开普勒名字联在一起的天文学巨大进步的基础。没有帝谷的观察，开普勒就不可能改革天文学。

1600年2月，开普勒应帝谷之邀，来到了布拉格，当帝谷在鲁道尔夫二世国王为他准备的，离布拉格5哩远的贝那特克宫中听到开普勒到了布拉格的消息时，他真是喜出望外。他马上请开普勒来见他。1600年2月4日晚，开普勒到达贝那特克宫。在此后的三个多月里，开普勒和帝谷朝夕相处，共同研究他们感兴趣的问题。

四个月后，开普勒返回了格拉茨，他和帝谷约定，帝谷去要求皇帝下一道敕令：命令开普勒在布拉格居住两年。这样他就可以和帝谷一起完成行星理论的研究和出版工作。开普勒回到格拉茨后，却没有想到又受到天主教的迫害。这时，反宗教改革的浪潮达到顶点。1600年8月1日，诸侯宣布永远放逐几千名新教市民和官员，命令他们必须在45天内离开城市，开普勒也在放逐之列。

开普勒获悉放逐令后，马上将他的困境告诉了帝谷。帝谷马上答复他，要他尽快赶到布拉格，因为皇帝至少已在口头上同意任用开普勒。这样，开普勒带着家眷和行李前往布拉格，在途中，开普勒生了疟疾，整日发高烧，同时他的经济状况由于被放逐而日益窘迫。但开普勒没有失望。这时科学工作是他唯一的安慰和兴趣。尽管体弱多病，他也从未懈怠过。这种不倦的工作热情是开普勒的基本性格，也是使他过早去世的一个原因。

正在开普勒贫病交加的时候，又是帝谷伸出友谊之手，帮助了开普勒。帝谷以极大的努力帮助开普勒的家庭，并且对开普勒本人，帝谷也筹划了一项大规模的计划，他想和开普勒一起开始着手大规模的天文计算工作。这项工作应该确定行星的运行，为了尊崇皇帝，它被命名为《鲁道尔夫星行表》。开普勒成为帝谷的一名得力助手。

但是，不久后发生的一件事从根本上改变了开普勒的生活。1601年10月24日，帝谷·布拉赫在短期病重以后突然意外地逝世。在帝谷临终前，他将开普勒选定为他的科学遗产——20多年观测材料的继承人，开普勒答应把帝谷的工作继续下去，同时注意研究他的假设，而不是哥白尼的假设。开普勒明白，他应该怎样感激这位天文学家，以及和这位大研究者的科学遗产联结在一起的那项任务又是多么重大。

八、改革天文学

帝谷死后不到两天，皇帝顾问巴尔维茨前来看望开普勒，并根据皇帝的命令委派开普勒管理已故丹麦天文学家的仪器和未完的事业。对开普勒来说，这一委任等于是认他为帝谷的继承人——接任他的皇家数学家的职务。

开普勒继任帝谷的工作，继续编制同帝谷的观测录中的成千个数据相协调的《鲁道尔夫星行表》。帝谷的观测记录到了开普勒手中，竟发挥了意想不到的惊人作用，使开普勒的工作变得严肃起来。他发现自己的得意杰作——开普勒宇宙模型，在分析帝谷的观测数据、制订行星运行表时毫无作用，不得不把它摒弃。不论是哥白尼体系、托勒密体系，还是帝谷体系，没有一个能与帝谷的精确观测相符合。这就使他决心查明理论与观测不一致的原因，全力揭开行星运动之谜。为此，开普勒决定把天体空间当做实际空间来研究，用观测手段探求行星的“真实”轨道。

开普勒要解决的问题包括两方面：第一，用什么方法测定行星（包括地球）运动的“真实”轨道，如同观测者能从“天外”看行星绕太阳运行一样；第二，分析行星运动遵循什么样的数学定律。

如今已很少有人想到，开普勒如何从行星的使人眼花缭乱的视行中推出它们的“真实”轨道。只要想到人们永远不可能看到行星的真实运动，而只能从运动着的地球上看到它们在天空的什么方向，就知道问题的困难了。假如行星所作的是简单的匀速运动的方式，问题会好办得多，可是实际情况比这要复杂得多，而且地球本身同样是以某种未知方式绕太阳运动，这就使问题变得无比复杂和困难了。

开普勒用一个绝妙的方法把这种杂乱无章的现象理出一个完整清楚的头绪来。他同哥白尼一样，敏锐地领悟到，“要研究天，最好先懂得地。”他也把着眼点放在地球上，力图先摸清地球本身的运动，然后再研究行星的运动。要研究地球本身的运动，首先必须确定地球同太阳之间的距离在一年中是怎样变化的；只有当人们弄清这种变化后，才能确定地球轨道的真实形状及它的运行方式。

开普勒使用的测量地球与太阳之间的距离的方法就是目前在大地测量中常常使用的三角测量法。即将太阳视为已知点，地球视为遥远的另一已知点，要测量地球（在其轨道上）与太阳间的距离，还需要另外找一定点，可是在行星系统里，除了太阳是唯一“静止”的中心天体外，再也找不到第二个这样的定点。如果找到这样一个定点，就可以用下述办法来测定地球的轨道。

每年都会会有这样一个时刻，地球正好处在太阳和“定点”的连线上，这时，从地球上来看“定点”，我们的视线就会同“定点”到太阳的连线重合，我们可以把这一“定点”在天空中的位置（它代表某一恒星）记录下来。以后，地球运行到轨道的另一位置，这时它同太阳和“定点”的位置形成一个三角形。在这个三角形中，太阳到“定点”的距离可以测得，是已知的。地球到太阳和太阳到“定点”所形成的角以及太阳到地球和地球到“定点”所形成的角的大小可以通过对“定点”的观测来测得，这样，知道两个角和一条边的长度，在三角形中，另一条边，即地球（在轨道上）与太阳的距离就可以得到。用同样的方法，可以在一年中经常这样做，把每一次测量地球到太阳的距离时地球所在的点连成一条曲线，这条曲线所显示的就是地球的轨道。

那么到哪里去找这一“定点”，即天空中的恒星呢。聪明的开普勒不费力便找到了，它就是火星。火星虽然也在动，但开普勒想出一条“动中取静”

的妙计。那时，天文学上对火星的运动已经知道得很清楚了，它绕太阳运行的周期（一个“火星年”）是精密测定了的。它既然是在一个闭合的轨道上运行，就总会有太阳，地球火星处在同一直线上的时刻，而且每隔一个火星年之后，火星又要回到同一位置上来。因此，火星虽然是动的，但在某些特定时刻（每隔一个火星年）又是固定在同一位置上，在这些特定的时刻，太阳到火星的距离是确定不变的，而地球这些时刻，它会到达自己轨道的不同位置。这时，对太阳和火星同时进行观测，就成为开普勒测定的地球轨道的手段。地球的轨道一经测定，地球及其向经（地球与太阳的距离）在任何时刻的实际位置和距离变化，也就可以成为已知条件。反过来，以地球向经作为已知条件，从观测数据中推求其它行星的轨道和运动，对开普勒来说，就不是太困难的事情了。

知道了地球运行的轨道，行星轨道从经验中可以推算出来，开普勒下一步要弄清的问题就是行星运动究竟遵循什么样的数学定律。开普勒先需要了解行星轨道所指出的曲线的几何特征是什么？为此，他必须先作某种假设，然后把它用一大堆数字去计算，看它是否与帝谷观测的数据相吻合，如果不是，再找另外的假设进行探索，直到合乎观测事实为止。

开普勒的目光首先盯住火星。这是因为帝谷的数据中对火星的观测占有最大篇幅，恰好，就是这个行星的运行与哥白尼的理论出入最大。开普勒按照传统的偏心圆来探求火星的轨道。他作了大量尝试，每次都要进行艰巨的计算。在大约进行了70次的试探之后，开普勒终于找到一个与事实相当符合的方案。使他感到惊愕的是，当超出他所用数据的范围继续试探时，他发现与帝谷的其它数据不符。

开普勒计算出来的火星位置和帝谷数据之间相差约8分，即0.133度（这个角度相当于表上的秒针在0.02秒瞬间转过的角度）。开普勒完全相信帝谷观测的辛勤与精密。他说，上天给我们一位像帝谷这样精通的观测者，应该感谢神灵的这个恩赐。一经认识这是我们使用的假说上的错误，便应竭尽全力去发现天体运动的真正规律，这8分是不允许忽略的，它使我走上改革整个天文学的道路。

当开普勒始终无法找出一个符合帝谷观测数据的圆形轨道后，他就大胆地摒弃这种古老的、曾寄希望的匀速圆周运动的偏见，尝试用别的几何曲线来表示所观测到的火星的运动。开普勒认为行星运动的焦点应该是太阳的中心，从这点出发，他断定火星运动的线速度是变化的，而这种变化应与太阳的距离有关：当火星在轨道上接近太阳时，速度最快，远离太阳时，速度最慢。并且他认为火星在轨道上速度最快与最慢的两点，其向经围绕太阳在一天内所扫过的面积是相等的。然后，他又将这两点处面积的相等性推广到轨道上所有的点上。这样就得出面积与时间成正比的定律。

随后，开普勒看出火星的轨道有点像卵形。非常幸运的是，他首先选中火星，而火星轨道的偏心率在行星中比起来是相当大的。在连接极大与极小速度两点方向的直径似乎伸得长些。这样，终于使开普勒认识到火星是在椭圆的轨道上运动。

太阳系各个行星轨道的具体形状稍有不同，但它都是椭圆形轨道，它们的偏心率都很小，同圆形只有微小的差异。所以行星轨道可以近似地看做圆形，太阳的位置也可以近似地看作位于轨道的中心，这就是使开普勒绞尽脑汁地计算，和帝谷的观测数据只有微小差异的原因。

开普勒发现火星的运行轨道是椭圆以后，又因为椭圆是圆锥曲线的一种，所以，开普勒又利用古代几何学家对圆锥曲线寻找出来的许多性质，去印证自己所作的假设是正确的。并将这两项发现推广到所有行星。

1609年，开普勒发表了《新天文学》一书和《论火星运动》一文，公布了两个定律：

（一）所有行星分别在大小不同的椭圆轨道上运动。太阳的位置不在轨道中心，而在轨道的两个焦点之一。

这就是行星运动第一定律。也叫轨道定律。

（二）在同样的时间里，行星向径在其轨道平面上所扫过的面积相等。

这是行星运动第二定律，也叫面积定律，

开普勒虽然摒弃行星等速度运动的偏见。但仍维护这一原则，只是把线速度相等换成了面速度相等。这使开普勒分外高兴。有了这个定律，可以计算任何时刻行星在轨道上的位置了。

有了行星运行的形式、状态，制定星行表的工作也就简便了许多。

九、同时代的两位巨人

开普勒关于火星运行的著作《新天文学》出版以后，却没有得到当时天文学家的承认。那个自命为帝谷在丹麦的真正继承人的隆戈蒙塔斯尼竟嘲笑开普勒的想法。就连开普勒的老师，多年的朋友马斯特林也保持沉默，对开普勒的著作不发表意见。开普勒看到十年心血研究出的成果遭到许多人的轻视和误解，就寄希望于当时已很有名气的力学家、天文学家意大利帕多瓦大学数学教授伽利略的支持。

开普勒和伽利略同是哥白尼学说的信奉者，早在格拉茨，开普勒就将他的第一本著作《宇宙的奥秘》寄给了伽利略，在那时，伽利略也觉察到这位充满了青春活力的哥白尼宇宙体系的信徒和保卫者开普勒是他“探求真理的一位朋友”。现在，开普勒想寻求伽利略的支持，却没能如愿以偿。

1610年，伽利略的著名著作《星际使者》在威尼斯出版了。在这一著作里，伽利略详细地描述了用自制的望远镜发现四颗新的行星的情况，它们绕着一颗触目的星在旋转，就像金星和火星绕着太阳旋转一样。同时，伽利略还描绘了他发现的月球表面的情况，月球表面决不是柔软、平坦的，而是高低不平的，和地球表面一样，到处布满了巨大的隆起，深深的谷地和河流。伽利略把银河和星云看作是星星的“堆集”和“球状密集”。随着四颗木星的卫星的发现，伽利略认为他掌握了证明哥白尼体系正确性的最有利的证据，因为这是用感官的感觉和观察证明了存在着围绕除地球外另一个中心旋转的星球。这是和托勒密的观点相违背的。后来伽利略又发现了金星的盈亏。这虽然没有充分证明日心说，只是证明了金星是绕太阳旋转的，但正是这种天体观察技术最终推动了哥白尼宇宙体系的胜利。伽利略虽然不是第一个发明望远镜的人，但他是第一个把望远镜放大到30倍，并用它观察星球和获得成就的人。依靠这种光学放大可以观察到越来越多的视象，这些现象使哥白尼当初从纯数学角度构想出来的日心说模式最后从经验方面也得到证实。

开普勒以无保留的赞赏向伽利略的行动表示祝贺，它是第一个，而且几乎是唯一的一个完全相信这些新发现的人，而当时整个学术界都是反对伽利略的，并怀疑他的研究成果。

不久，科隆选帝侯恩斯特把一架望远镜供开普勒短期使用。开普勒因此得以用自己的眼睛来检测伽利略的发现。他的观察完全证明了伽利略的说法，他把观察结果写进了一本小册子《论木星卫星》中，于 1610 年出版，为伽利略的发现提供了最好的旁证。

尽管开普勒一再请求，别人也从旁多次代为要求，伽利略却从未给布拉格的德国天文学家送去他期待的望远镜。开普勒自幼就损坏了视力，没能成为一位天文观测家，他是借别人的眼睛作出自己的科学发现。可是他在光学理论和光学仪器的研究方面却作过重大贡献。伽利略的望远镜虽然是第一个天文望远镜，但他的望远镜原则上同荷兰眼镜匠制造的没有什么两样，由一块凸镜片（物镜）和一块凹镜片（目镜）合成的。开普勒在不久后出版的《折光学》一书中发展了一种新的望远镜结构。他把伽利略式望远镜的凹片目镜改用一个小凸透镜，把长焦距的透镜和短焦距的透镜配合在一起，这好比给放大镜戴上一付眼镜，其倍率按物镜和目镜的焦距之比来决定。所成的像则是倒立的。开普勒式望远镜的特点是把目标放在两透镜的公共焦点上，能够测定微小角度。这种结构的望远镜很快就取代了伽利略的结构，但开普勒并没有把它建造出来。3 年后，因戈尔斯塔德的耶稣会教士克里斯托夫·沙伊纳制造成功了这种望远镜。

如同伽利略奠定实验力学的基础一样，开普勒则奠定了近代实验光学的基础。他看到光从已知光源以球面辐射出来，直觉地提出了光度随距离减弱的平方反比定律。

十、被教友革出教门

正当开普勒在布拉格以全付身心投入天文学研究并获得成果的时候，欧洲政局发生了重大变化。1611 年的布拉格成了大规模宗教战争血腥序曲的舞台。这场历时 30 多年的宗教战争几乎把整个欧洲投入了灾难。战争从捷克反哈布斯堡王朝的统治开始。敌对的政治派别组成了攻守同盟。新教同盟和天主教同盟相继诞生。他们为了加强权力和扩充领地而展开斗争。1611 年冬天，开普勒的拥护者鲁道夫二世皇帝被其大哥马蒂亚斯大公逼迫退位后死去，他的继承人马蒂亚斯虽然仍旧承认开普勒是皇家数学家，但又马上让他迁居林茨，他只打算偶尔把这位天文学家召来布拉格。

在战争中，开普勒夫妇特别宠爱的 6 岁的弗里德里希于 1611 年 2 月夭折，接着，他又遭到了一次意外打击，他的夫人于 1611 年 7 月去世。开普勒的生活由于家庭的变故和战争的影响而变得越来越阴暗。

1611 年，开普勒到了林茨地方学校，他一面编制《道尔夫星行表》，一面教青年贵族们数学、哲学和历史，并绘制奥地利的地图。编制《鲁道尔夫星行表》的工作进展很慢，因为皇帝答应给他的薪俸一拖再拖，已经拖欠了很久，使得开普勒除维持生活外，连一个助手也雇不起。

同时，由于开普勒的宗教立场，他成了新教神学家的“眼中钉”。早在图宾根神学院学习时期，开普勒就拒绝同意路德派把加尔文派判处有罪，他表示了他对新教信条的严酷和不宽容精神的反对意见。开普勒天天和他的家人一起祈祷分裂为三派的教会统一。他认为自己掌握了基督福音的真谛，他认识到，“上帝是和平和睦的发起人”。他公开主张决不能谴责坚信旧说的人。“这并不是由于他的吹毛求疵，而是出于兄弟之爱”。只有“互相不仁

这块臭肉”才是基督教界身上的“脓肿”。

开普勒的这种宗教立场，不仅被天主教会所敌视，而且也为他所在的路德派新教教会所不容。开普勒在所有有关信仰的问题上是十分坦率正直的。他到了林茨后不久，就把他反对新教信条的立场告诉了丹尼尔·希茨勒牧师，希茨勒因此要求开普勒必须毫无保留地承认新教信条，但开普勒拒绝了这一要求。于是，希茨勒牧师就禁止他参加圣餐仪式。开普勒为此向斯图加特宗教法庭上诉，但斯图加特宗教法庭的先生们十分明确地同意希茨勒牧师的作法。他们在答复中强调，对于想用不可靠的叮疑意见或不合理的思辩给正确学说抹黑，使自己和其他人思想混乱的人，完全有理由把它逐出圣餐仪式，直至他改邪归正。后来，尽管开普勒一再敦促宗教法庭的精神顾问们收回他们的裁决，但宗教法庭不肯做出任何改变。被逐出圣餐仪式对开普勒来说，就等于被完全逐出一个宗教团体，在宗教迫害最严重的年代里，他却始终忠于这个团体。他一辈子都不肯在信仰问题上采取虚伪态度。

开普勒争取让林茨的神学家和斯图加斯宗教法庭取消把他逐出圣餐仪式的决定进行了旷日持久的艰苦斗争，但一切都无济于事。1619年7月31日，当时任林茨地方学校校长的哈芬莱弗尔以同事的名义通知他这位昔日的朋友最终认可那项决定：“无论是我，还是我的同事们都不能同意您的荒谬无稽、亵渎神明的妄想，……他们想给您以兄弟般的忠告，您或者谴责这种荒谬的、完全错误的思辩，毕恭毕敬地接受上帝的真理，或者不要和我们的教堂和我们的教派来往。”从此以后，开普勒就永远地背上了异教徒的恶名。

十一、给天空立法和《宇宙谐和论》

1619年，正当不幸的战争爆发的时候，开普勒在林茨完成了他最重要，也是最有争议的著作《宇宙谐和论》。

发现了地球以及其它行星的运行轨迹之后，开普勒并不满足已取得的成就，他感到自己远远没有揭开行星运动的全部奥秘。他相信还存在着一个把全部行星系统连成一个整体的完整定律。古人给了他启示，行星运行的快慢同它们的位置有关，较远的行星有较长的运行周期。开普勒的第二定律也表明，即使在同一轨道上，行星速度也因距太阳远近而变化，沿着这条思路，开普勒确信，行星运动周期与它们轨道大小之间应该是“和谐”的。然而要找出这个自然规律来却是非常不易的。

开普勒和哥白尼一样，并不知道行星与太阳之间的实际距离，只知道它们距太阳的相对远近。他把地球作为比较标准，以日地平均距离（天文单位）为距离单位，以地球绕太阳运动周期（一年）为时间单位。把各个行星的公转周期及它们与太阳的平均距离排列成一个表。像做游戏一样，开普勒对表中各项数字翻来复去作各式各样的运算，在很少有人了解和支持的情况下，他顽强地苦战了9年，经过无数次失败，他终于找到奇妙的规律。这就是：行星公转周期的平方与它同太阳距离的立方成正比。这就是行星运行的第三定律（也叫周期定律）。这是开普勒在他的《宇宙谐和论》里公布的。

这是一个十分重要的自然定律。不仅行星遵循着它，而且行星的卫星以及太阳周围的其它天体概无例外，都遵循这个自然定律。从而可以确定，太阳和它周围的所有天体不是偶然的、没有秩序的“乌合之众”，“而是一个有严密组织的天体系统——太阳系”。

为纪念开普勒在天文学上的卓著功绩，科学界将开普勒发现的行星运动三大定律命名为“开普勒定律”。它一经确立，本轮系彻底垮台，行星的复杂运动，立刻失去全部神秘性。它成了天空世界的“法律”，后世学者尊称开普勒为“天空立法者”。

开普勒的三大定律在天文学上有十分重大的意义：首先，开普勒定律在科学思想上表现出无比勇敢的创造精神。远在哥白尼创立日心体系之前，许多学者对于天动地静的观念曾提出过不同见解，但对天体遵循完美的均匀圆周运动这一观念，从未有人敢怀疑。是开普勒首先否定了这一观念。哥白尼知道几个圆合并起来可以产生椭圆，却从来没有用椭圆来描述过天体的运行轨道。其次，开普勒定律彻底摧毁了托勒密的本轮系，把哥白尼体系从本轮的桎梏下解放出来，为它带来充分的完整和严谨。哥白尼虽然获得简单得多的日心体系，但它仍需用 30 多个圆周来解释天体的表现运动。开普勒却只用 7 个椭圆就全部解决了行星之运动轨道及状态。从此，不需再借助任何本轮和偏心圆就能简单而精确地推算行星的运动。第三，开普勒定律使人们对行星运动的认识得到明晰概念。它证明行星世界是一个匀称的“和谐”系统。这个系统的中心天体是太阳，受来自太阳的某种统一力量所支配。太阳位于每个行星轨道的焦点之一。行星公转周期决定于各个行星与太阳的距离，与行星本身的质量无关。而在哥白尼体系中，太阳虽然居于宇宙的“中心”，却并不是行星运行轨道的焦点。

开普勒在帝谷 20 多年辛勤观测的基础上，经过 16 年的精心推算，才发现了行星运动的三大定律，其道路如此艰难，成果如此辉煌的科学著作，在世界科学史上是罕见的。这一切都是在没有望远镜的条件下得到的。

开普勒的《宇宙谐和论》标志着天文学发展到了新的高峰，它宣告了宇宙和谐和世界的和平统一，是一部在当时引起最激烈政治争论的著作，它成了和 30 年战争对立的伟大思想作品。

开普勒的“谐和”思想贯穿了他的一生，从他一开始从事科学研究起，他就想用“谐和”这一概念来论证他的冒险和假设；应用因果规律来理解太阳系结构。他不仅认为自然界的天体遵循着一个统一、和谐的法则运动，而且认为自然科学和神学这两个领域是紧密相连的。宇宙不仅是科学研究的对象，而且也是宗教冥思的对象，在这种宗教冥思中宇宙是神圣的三位一体的象征。

《宇宙谐和论》以其严谨的逻辑结构，系统地体现了开普勒的所有科学成就和哲学思想。开普勒把它的宇宙谐和论精确地分成几个部分：最初的三篇，即“几何学”，“建筑学”和“真正的和声学”抽象地论述了谐和的比例；内容丰富的最后两篇是“形而上学”和“天文学”，这两篇把以前抽象地提出来的谐和关系运用到宇宙中去。因此，《宇宙谐和论》不是各种谐和关系例子的汇集，而是谐和概念本身十分坚定地成了一种普遍而全面的科学理论的哲学基础。开普勒不仅依靠抽象思辨洞察到了这种谐和关系，更多的是由于他对帝谷·布拉赫留给他的行星运动的观察材料进行了精确的数学研究的结果。

《宇宙谐和论》的最后一篇清楚地表明开普勒的最无可争辩、最杰出的科学成就，就是理论天文学的建立，它可以被理解是他的哲学和科学理论思想的结果。开普勒和他所有的先辈，包括哥白尼在内，早在计算火星的运动时，他就清楚地认识到天文学作为研究天体的现实活动的一门科学，只能

和物理学的科学基础联系在一起才能建立起来。是开普勒把自古以来在自然科学概念的理论中互相对立的、由于它们的互相孤立因而阻碍了天文学进步的两种方法结合了起来。这两种方法论之一的基本观点是对现象局限于进行数学和几何的描述。而另一种基本观点则试图理解物理事物的内在力量。因此数学家托勒密就使自己有别于“物理学家”亚里士多德，而导致了地心说的形成，他的地心说告诉我们的只是精确的量度，而没有对行星运动的现实性作出判断。是开普勒将天文学纳入到数学和物理学原理的全面联系中，才使天体现象得到最科学、最合理的阐明。

《宇宙谐和论》是近代科学的第一个全面体系，它的严谨合理是史无前例的。无论是大法官培根的《伟大的建设》，还是法国实证论者的《百科全书》都不能和开普勒的这部著作相比。因为这两部著作都没能用统一的法则去解释越来越独立的各门学科之间混乱的相互关系。大系统论者笛卡尔的著作片断《世界》如能成为一部完整著作的话，也无法和开普勒的《宇宙谐和论》相提并论。因为笛卡尔在那个时候早已失去了和经验研究的直接联系，而开普勒尽管有着先验论思想，但他和经验研究一直保持着直接关系。唯一用适当的方式继续了开普勒思想的是莱布尼兹，在他的著作里，宇宙谐和的思想仍闪闪发光。他的第一部独立著作《组合法》十分明显地是以开普勒的《宇宙谐和论》为基础的。从此以后，他越来越坚决把宇宙谐和的思想作为他全部哲学思想的基础。

十二、天体力学的萌芽

开普勒的三大定律对行星运动进行了简单、精确的描述，但他还没有发现行星运动的物理原因是什么，是什么力量促使行星“循规蹈矩”地沿椭圆轨道运动，并且单位时间内其向径在轨道平面扫过的面积相等。

开普勒领悟到行星世界是由某种统一的力量联系起来的整体，他明白，他所发现的定律只是某一更普遍的定律的结果。开普勒试图解开这个谜，找出这一神秘力量的源泉和法则。他认为支配行星运动的这个统一的力量来自太阳，并断言力的作用随着距离的增加而减少。开普勒已经窥见到万有引力。他假定引力是同磁力相似的作用力：两物体之间引力大小视物体大小（多少）而定；吸引是相互作用的，如同磁石吸铁，铁也吸引磁石。这些观点已包含有天体力学的萌芽。开普勒在《论火星运动》一文中叙述了他对引力作用的一些看法：

“重力不过是物体之间相互结合之力。这种力使物体有结合在一起的趋向。”

“假如地球不吸引海洋里的水，由于月球的引力，它们便会奔向我们的卫星。”

“两个孤立物体彼此相向运动，正如两块磁石相互结合一般，它们所走过的距离与某质量成反比。假如地球和月球不为一种活力或别种等效力所抑制而它们相隔一段距离，它们便会互相结合。”

开普勒打破了天体只能按圆周作匀速运动这个旧天文学观念，但在力学问题上，他仍沿袭亚里士多德的旧力学见解，即运动体需要不断施加推动力才能保持运动。他的朋友，同时代的大天文学家伽利略恰恰相反，他否定了亚里士多德的力学观念，阐明运动无需用力维持。但却坚持旧天文学的先入

观念，以为行星运动是匀速圆周运动。由于他认为行星沿圆形轨道的匀速运动，按照习惯性理论，他就假定它们的运动是天然的和自行维持的。

这两位科学巨人都建树了自己独特的功勋，但他们彼此好像互不理会对方的成就，未能互相配合，虽则他们俩人都有可能把天文学和力学结合起来，但是谁也没有达到。

直到 1687 年，牛顿发表了《自然哲学的数学原理》，援引了开普勒的三大定律，第三定律乃是他提出万有引力定律的先决条件。

十三、《鲁道尔夫星行表》的问世

1621 年，开普勒被费迪南德二世皇帝再次确认为皇家数学家。他的工作是继续编制《鲁道尔夫星行表》。他越来越深信，既然这项巨大的计算工作是要预测几个世纪内行星运行的轨道，那么要完成它就必须要有全新的理论天文学作基础。因此，几年来他一直从事理论天文学教科书的写作工作。第一部分于 1617 年出版，第二部分出版于 1621 年秋。整部著作的标题是《哥白尼天文学概要》，这部著作系统地论述了新天文学，用对行星运动及其规律的物理观察证明了哥白尼的数学假设。

开普勒编制《鲁道尔夫星行表》还得益于他于 1613 年研究的《测定酒桶体积的新方法》中的数学思考。

1613 年 10 月，开普勒与埃弗了的一个品行端正的木匠女儿举行了婚礼，这是开普勒的第二次婚姻。结婚后，开普勒的负担加重了，他是一家之长，需要养家糊口。这年由于水果丰收，所以酒很便宜，开普勒要为家人准备必需的饮料，所以买了许多桶酒放在地窖里。卖主来测量桶的容积使用的方法是将有金属尖头的量杆穿过桶塞斜伸到桶底的两边，当两边长度相等时，桶塞口量杆的标度就得出了酒桶的容积。当时，人们都是用这种方法测量酒桶的容积。开普勒认为很不科学。因此，他就有目的地研究了新的计算方法。开普勒在计算酒桶容积时使用的方法可以追溯到阿基米德。阿基米德曾研究由曲面包围的立体形，即圆锥曲线绕轴旋转而形成的几何图形，由此发明了“阿基米德螺旋”。开普勒就是研究绕圆锥曲线平面内的任意一条直线旋转而产生的立体形的中空空间而计算出酒桶的容积的。开普勒的这一方法使从数学上精确地掌握物理现实性的可能性大大增强了。

1624 年，《鲁道尔夫星行表》经过整整 22 年的辛勤努力和计算终于完成了。开普勒把它分为两部分，一部分是天文表，提出了在太阳系里所有计算的真正基础。行星星座的计算、太阳和月亮所在位置的计算，并据此可确定日蚀和月蚀。此外还附有各个城市及其地理位置的目录。这是天文史上值得称赞的一部星表，它的完备和准确度远胜过前人。在以后的百余年间，《鲁道尔夫星行表》一直被天文学家和航海家们奉为至宝。它的形式几乎没有改变地保留到现在。我们现在可能从《天文年历》或同类书刊中查知天体过去或未来的运动和准确位置。

正是这么一部前所未有的直到现在仍然被天文学界广泛应用的星表，由于正值 30 年宗教战争的乱世时期，其印刷和出版如此之难，令开普勒伤透了脑筋。首先是印刷费用毫无着落，国库正由于连年战争，财政状况非常拮据，开普勒打算靠皇宫长年拖欠的薪金完成《鲁道尔夫星行表》的印制，却未能如愿以偿。开普勒只能自筹资金，在经济状况十分艰难的情况下于 1627 年，

即历时 3 年之后才得以出版，其次是由于战乱，到处都是战火纷飞，印刷地点一而再再而三地迁移，开普勒带着他从战火中抢救出来的、花费 26 年心血完成的星表的数字字样和星行表辗转到了乌尔姆，最后在乌尔姆完成了印刷。第三，开普勒从着手编制《鲁道尔夫星行表》的那一天起，就受到帝谷·布拉赫的继承人——他的女婿，皇帝顾问滕纳格尔和帝谷的儿子格奥尔格的无理纠缠。他们自己不能胜任编制星行表的工作，却对开普勒持不信任态度，他们把持着帝谷·布拉赫的观察资料达数年之久，甚至听任帝谷的精密天文观测仪器毁坏、烂掉，却不让帝谷亲自选定的天文观察资料的继承人——开普勒使用。他们甚至强迫开普勒接受他们非常苛刻的条件，即开普勒发表、出版的所有关于天文学的文章和著作都要经过他们的同意。开普勒为了能早日得到帝谷的观察资料，来印证自己的推理和计算，不得不屈辱地接受了他们的无理要求，这就给开普勒著作的出版带来许多不应有的麻烦，尤其是这部《鲁道尔夫星行表》，因为它是呈送给皇帝的。所以，帝谷·布拉赫的财产继承人，帝谷的儿子格奥尔格更是死死地纠缠着开普勒。开普勒对他故世的老师帝谷非常敬重，他始终是无保留地承认帝谷的功绩的，这是促使开普勒同意把帝谷继承人的题词放在著作前面的决定性原因。这篇题词文章是那样的不符合事实和傲慢不逊，他们把自己说成是开普勒花尽心血计算出来的《鲁道尔夫星行表》的真正创始人。而开普勒自己致皇帝的题词被放在第二位。《鲁道尔夫星行表》的出版，不仅是开普勒 26 年心血的结晶，也包含着 he 满腹的心酸和屈辱。

十四、真理高于一切

《鲁道尔夫星行表》完成以后，开普勒的地位由于反宗教改革运动而日益不稳。1627 年夏天，皇帝再次发出诏令，重申解雇在哈布斯堡王室统治国家里的一切非天主教徒官员，开普勒虽然也应在被解雇之列，但由于他所进行之作——编制《鲁道尔夫星行表》是皇帝亲自下令要他完成的，所以开普勒得到了暂时的安宁。随着《鲁道尔夫星行表》的完成，这种优惠政策也就随之取消了。

1628 年 7 月，开普勒向他工作了多年的奥地利议会提出辞去地方数学家的职务，并得到了批准。在和睦的气氛中，开普勒离开了奥地利首府林茨，这是开普勒居住时间最长、科学成就最丰硕的地方。

1627 年 12 月，开普勒来到布各，向费迪南德二世皇帝呈交《鲁道尔夫星行表》的样本。在这座“因胜利而名震天下的皇帝的金碧辉煌的宫殿里”，开普勒惊讶地遇到了一大批他的著作的支持者和赞赏者。哈布斯堡王室的世袭领地已经成了他的第二故乡，只要他愿意，他可以在这些领地里，包括布拉格在内，继续为皇帝工作。皇帝的顾问们向开普勒提出了各种各样的建议，但所有建议都必须以皇帝规定的条件为前提，开普勒成为天主教徒。

耶稣教团被委以使开普勒“皈依”的任务。因为开普勒的宗教立场是和平、统一、和谐，所以，他早在年轻时期就与耶稣教团成员有着亲密友好的关系。而且，开普勒是被自己的教派开除了的路德派分子。所以，耶稣教团认为开普勒除了不好意思以外，还有什么东西能阻止他采取对他一生来说都将是十分有利的这一步骤呢？但开普勒给耶稣教团的答复表明，这个把真理看得高于一切的人决不将宗教信仰作交易。“如果我现在才开始成为天主教

徒，那就将是我对上帝的不敬。我一生下来就被父母带到天主教堂受洗，并接受了上帝关于父子之道的精神训诫，从那以后我从未离开过教会。”开普勒看来，“天主教的”并不是指一种教派立场，而是“唯一的教会，任何时候都是同一的教会，它的分支都是死的。”他认为“新教”并不是“天主教”的对立面。开普勒一生都拥护温和的梅兰喜顿为基督教的统一而起草编写的奥格斯堡信条。在他看来，它才是真正的宗教改革的体现，才是教会复兴的体现，才是对世俗的滥用的纯洁，而激进的路德派的新教信条在他看来，并不是真正的宗教改革。

开普勒称“我是一个基督徒，是教会的儿子，我尊重天主教的学说，不仅是用心，而且是用脑子，而到了我现在这个年纪，我已经能掌握它了。因此，开普勒完全拒绝任何背弃真正的基督教信仰和基督博爱精神的作法。他表示：“我留在天主教里，但我拒绝非信徒的，即非天主教的东西。为此，我准备不仅放弃尊贵的皇帝陛下仁慈慷慨地同意了的，现在供给我的酬劳，而且也准备离开奥地利，离开整个帝国，以及放弃最高贵的天文学，并且还可以加上我的生命，不是上天赐予的东西，人就不能接受。”

开普勒的向费迪南德二世的宫廷表达的这种明显拒绝的态度，使所有的大门都关闭了。正在这个时候，掌握哈布斯堡王室命运的哈布斯堡王室军队的最高统帅、藐视一切宗教只迷信星辰酷爱占星术的瓦伦斯坦成了开普勒的最后一位大资助人。

1628年4月，这位最高统帅向他在萨冈的行政长官下达了命令：为“尊敬而博学的约翰内斯·开普勒准备一套价格相宜的舒适住所，并提供一切方便。”从此，开普勒经过无数辛酸的失望之后，冒险留在瓦伦斯坦统帅身边，继续自己的研究工作。他为自己规定的第一个任务是计算星历表。第二个任务是作为帝谷·布拉赫的继承人，要尽快出版帝谷的观察资料。第三个任务是着手撰写以侵蚀理论为基础的天文学著作。

1629年底，开普勒的星历表完成了，他将其中的一卷献给了瓦伦斯坦。然而，正当他着手印制他的最后一本著作《月亮之梦》的时候，皇帝费迪南德二世和他的最高统帅瓦伦斯坦之间出现了严重分歧。1630年6月，皇帝在雷根斯堡召集了选帝侯会议。在这次会议上，天主教同盟的诸侯们成功地促使皇帝撤掉了瓦伦斯坦。

瓦伦斯坦和费迪南德二世的紧张关系使开普勒寝食不安。因为他们俩人的关系会直接影响到开普勒的未来。开普勒决定前去雷根斯堡，当面向皇帝陈述他的不安，并去看望瓦伦斯坦。他还想去一趟林茨，因为他手中还握有林茨议会欠他的债券。

开普勒带着他的星历表的样本和所有能证明他财产的文件于1630年11月到达了雷根斯堡。到达后第三天，他就连续高烧，一病不起。于1630年11月15日溘然长逝。

开普勒的一生，充满了艰难和困苦，在他59年的生活中，他遇到了太多的不幸和心酸：宗教的迫害、亲人的死亡和战争的灾难接踵而来。开普勒就是在这样艰难的环境中，不仅发展了天文学，改革了天文学，而且成为理性的新世界和宇宙和谐的宣告者。

