

科学知识讲座

第1讲 从亚里斯多德到开普勒的天文学

世上最奇妙的是我头上的灿烂星空和我心中的道德准则。

康德 Kant

要是能到达太阳，弄清它的形状、大小和它的物质，我宁愿象phaethon
(太阳神之子)那样被烧死。

欧多克斯 Eudoxus

我们生活在一个广袤无限与变化万千的自然界之中。我们每一个人都会感受到自然界的无比丰富与瞬息万变，它就像一个包罗万象的大舞台，天体、地球、生物、人类都在这个舞台上演变发展。

我们的先辈就为了弄清自然界这个大舞台上万物演变的历程，走过了

漫长曲折的道路。在从今天起的科学知识到讲座中，我向大众介绍的就是我们先辈努力认识自然的这个最激动人心的历史故事。

一、科学的起源与希腊文明对世界的最初认识

每到晴朗的夜晚，满天的星斗、灿烂星空引起人们的多少遐想。更由于生产季节和航海作业的需要，我们的祖先开始注意观测天上的星星，去思考我们所说的宇宙是怎么一回事。

那时，原始的宗教迷信还统治着人们的思想，想努力去说明世界、解释世界的人，常常受到人们的嘲笑。例如，古希腊最早的哲学家、数学家泰勒斯（Thales B.C. 624-547），有一天晚上因仰头观察星辰，不慎跌进一个坑内。人们嘲笑他说：你那些关于世界的知识有什么用呢？只有个作用，就是把人引到坑里去。

古代的人们通过对天象的长期观测，注意到天上的绝大多数星相对位置保持不变，因而称之为恒星。另一类星在当时只发现五颗，它们在众星之间游荡，因而被称之为行星（希腊语，游荡者）。

起初,人们很自然地认为,天空只不过是一顶坚固的棚盖——天穹,而宇宙间闪闪发光的天体就镶嵌在上面。这个嵌着恒星的大晶体球随着地球慢慢地转动,因而我们看到恒星自东方升起、西方落下的视运动。

当然,由于行星的发现,古代天文学家已经认识到,天穹一定不止一层。很明显,那与明亮的行星和太阳、月亮,它们各自循着不同的路径运动,不同的是印着在嵌有恒星的那层天穹上的。

把行星从众星中区别开来,并试图解释行星的运动轨迹是人们开始认识的开始。我们刚才说过,行星位置在众恒星间不断移动,不仅如此,看上去行星的运动速度很不均匀,有时快、有时慢,有时停滞不动(留)。虽然大部分时间内自西向东运动(顺行),但有时却自东向西运动(逆行)。

古代人对我们地球和宇宙的认识,今天看来是很幼稚的。古埃及人认为宇宙是一个方盘,天由四根支柱支撑着,环绕大地的是宇宙之河,他们的尼罗河只是宇宙之河的一个支流,宇宙之神就乘舟在宇宙河中行驶。在我们中国,周朝有关宇宙结构的盖天说,认为“天圆如张盖,地方如棋局”,方天每边长八万里,半球到天穹高八万里;大地静止不动,日月

在天上绕地球中轴转动,这种说法流行,一直是全人类世代相传的。那些哲学家们,在他们为科学留下这样的问题:行星沿着什么轨迹运动,是行星自身引起的,还是由某种原因和条件产生的。

星辰在天空上随天旋程。战国时期，我国又出现了^{盖天说}的“浑天说”
 认为浑天如鸡子，大地如蛋黄，天裹里有水，天之包地水如蛋壳裹蛋黄。
 日月星辰附在天球上随天旋程。^{也很}~~有人起初认为~~^{他们认为}天空比山顶高不了几尺。

古代人对世界的这些看法无一是正确的。又^{实际上古人中也有怀疑这}
 些学说的。既然大地是方的，环绕大地的是海，那么我们的^{一直向前走，}
 为什么没有见到过边缘海，从没有听说过有人掉入边缘海呢？^{（按地球}

^{说地球是}
 圆的。最初文明起源于少数几个分散的地点，就象托在碗里的几粒米。随着地理环境的扩大和日益

在古希腊，古代世界知识之流在那里汇合起来，^{形成了长达1000年的灿烂文明。}
^{（在古希腊以这样的事情，}

在这期间，^{诞生了}涌现了许多著名的科学团体。其中包括 Thales 的^{爱奥尼亚学派、}
 毕达哥拉斯 (Pythagoras) 的学派、Plato (柏拉图) 的学园、Aristotle 的逍遥
 学派、埃菲索学派和亚历山大学派。这些学派从不同的角度来解释世界、说明
 世界。他们用合理的解释来代替诗人的想象和不如分析的神话，并用理性
 来维护他们的主张。他们敢于使自己的理智面对宇宙，而不依赖于神、又、
 鬼怪或神的力量。

毕达哥拉斯学派对科学的贡献在于菲洛索斯提出的一宇宙模型。菲
 洛索斯认为大是最高贵的，宇宙的中心应该是一团火，天体包围着中心火在

旋转. 他说, 天分为九重 (九重天):

地) 月) 金) 木) 土) 恒星

菲洛索芬认为九重不好, 因为 Pythagoras 认为 10 是仅次于 4 的最完美数 (10 = 1 + 2 + 3 + 4). 于是菲洛索芬大胆假设还有第十天体反地球在环中心旋转, 这样宇宙就十全十美了. 他的解释说, 我们人生活在地球背着中心的半环上.

毕达哥拉斯认为, 一切立体图形中最完美的是球体, 一切平面图形中最完美的是圆形, 而宇宙是和谐的体造物, 所以一切天体的形状都应是球体, 一切天体的运动都应是匀速圆周运动. 柏拉图 (B.C. 427-347) 采纳了毕达哥拉斯的这观点, 认为行星运动的不规则性只是一种表面现象, 可以用圆周运动的组合来解释. 于是他提出了一种以地球为中心的同心球壳结构模型. 他的学生欧多克斯 (B.C. 409-356) 进一步用同心球的组合来解释观测到的天象. 由于同心球理论难以解释行星及日月与地球距离在不断变化这一事实而逐步被抛弃.

二、亚里斯多德的天文学

Aristotle (B.C. 384-322) 是柏拉图的学生, 希腊最伟大的思想家、百科全书式的学者. 他学识广博, 学识渊博, 在欧洲文艺复兴

之前，没有一个人象他那样对知识有那样系统的考察和全面的掌握。他的许多思想成为近代科学的源泉和障碍。他是一个时代的代表，在科学史上占有很高的地位。

Aristotle 批评 Pythagoras, Plato 把科学归结为数学的思想，他认为物理乃至一般的科学必须研究具体的世界以获得其理，真正的知识是从感性的经验通过直观抽象而获得的，然后再在这样获得的知识上应用理性给予加工。根据他的观点，真正的科学知识必须建立在逻辑基础上，经验知识无论多么丰富也不是科学知识。科学知识不能停留在经验描述上，这正是中国古代科学所缺少的。

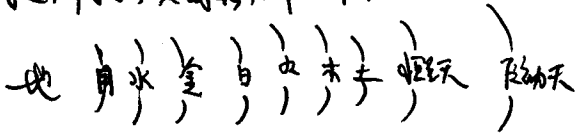
Aristotle 发明了形式逻辑之后，开始用逻辑分析的方法解决运动问题，而后应用于天文学。他先提出“自然位置”这个概念，认为火、气、水、土四大元素各有其自己的位置，而物体有回到自己原位置的本能，总想自然运动不需要力的推动，因为这符合事物的本性。他说，火在气上，气在水上，水在土上（水的位置在土上面）。他的解释说，石子要下落，因为它属土，自然位置在火、气、水的下面；气往上冒，因为它的自然位置在上面。我们向上抛掷这石子要花费力气，这是因为违反了事物趋于自然位置的本性，是非自然运动。

Aristotle 认为天体都是球体，因为球是最完美的几何图形。如果大地

事物不是球形，由于土元素要趋近于自然位置，它就不可持续下去，调整的结果必然使大地成为球形。一切物体的自然运动就是向心运动，因为向心运动为自然运动，故由向心物质组成的地球也有向心运动。按照上面同样道理，地球很快便成为宇宙的中心。由于地球已在宇宙中心，故不再有向心运动和离心运动，因而地球不可能在宇宙中旋转，即地静止。

所有在宇宙中心——地球的旋转运动必然是圆周运动，否则一塌下来就破坏了和谐。因为所有天体绕地球在有限的24小时内转一圈，故所有天体离地球的距离有限，从而宇宙是有限的。地球上物体只作上下运动，而其余天体绕地球作圆周运动，因此天地是两重世界，天是完美无缺的。由于神在天上，因而天是高贵的，人在静止的地上，因而地是贱的，即天贵地贱。

Aristotle 继承 Plato 的同心球理论。他认为存在与天球层，每一个天体都嵌在天球层上，天体本身并不动，但天球层绕地球在旋转。他说各天球层间距离相等，旋转时互不干扰，天球层分布如下：



原初天使神，神统率着一切天球和整个宇宙。

由于 Aristotle 把他的天文学置于逻辑的基础上，因而没有人怀疑 Aristotle

理论的正确性。但是不久希腊人发现各天体与地球的距离并不是固定不变的，比如日食、月食说明日、月、地三者距离在变化，火星、金星亮度变化也反映它们与地球的距离在改变。为了解决这些困难，人们不得不抛弃用地球为模型天才的托勒密 (Ptolemy, 约 80-155 年) 发展了 Aristotle 的理论，完整地提出了地球中心说。这学说是统治人们达 1400 年之久。

三. 托勒密和地心说

在希腊晚期，亚历山大里亚出现了另一位扬名于世的主要人物，这就是天文学家托勒密。他改进并发展了三角学，完整地提出了地球中心说。他的主要著作《天文大全》在哥白尼之前一直是标准论著。

正如我们看到的，亚里士多德的理论是有缺陷的。托勒密既想保持亚里士多德体系，又想克服遇到的困难。托勒密认为，地球是宇宙的中心。地球是不动的，这一点不无道理。因为如果地球在旋转，那许多物体会不会落下，人从船上起后也不应该落回原地。如果地球从西向东运动，那天空的云彩、飞鸟应该在空中从东向西运动。如果地球在旋转，那也一定会产生离心力量，把地表物体抛入太空。而实际上我们并没有看到这些现象。因而地球是静止不动的。

为了弥补阿拉伯理论的缺陷，使几何说与符合天文观测。托勒密提出了本轮、均轮说。他认为行星沿着与地球同心的圆作自速运动，这个圆周称为本轮。同时本轮的中心又在另一个以地球为中心的圆大圆上作匀速运动。为符合天文观测

托勒密还作了一个不小的让步——偏心，即地球并不在均轮的
中心，而是稍稍偏离一点。



用完美的圆解释不完美的行星运动。

托勒密的思路是要把天体的不规则运动划分为若干规则运动，用若干匀速正圆的组合来代替实际的运动。他利用他的理论成功地解释了当时已知的一切天象。如行星的不规则运动、行星与地球距离的变化、春分秋分问题等等。

托勒密的地球理论由于解释了所有的观测而又实实在在地扎根在人们的心中。但是，随着天文观测资料的准确度的提高，托勒密的体系变得越来越复杂。托勒密本人为了解释火星的运动，就已经在本轮上又加了一个本轮。这样火星

在第一个本轮上作自速运动，而这个本轮的圆心沿着第二个本轮作自速运动，最后第二个本轮的圆心又沿着均轮作匀速圆周运动。年深日久，观测资料



越来越精确，要使理论能符合观测资料，人们不得不把本轮与数一增再增，就如同叠罗汉一样，一个加上去。最后竟有八十多个本轮。

在宗教盛行的欧洲，托勒密的宇宙结构理论被基督教所利用。基督教认为世界是上帝特意创造出来的，日月星辰是按照上帝的意志绕着居住人类的地球转动的。由于托勒密理论既能凑合解释天体运动现象，又提高了人类在宇宙中的中心地位。因而托勒密学说成了宗教的信条，写进基督教的圣经。

这种理论统治人们一千四百多年之久。
这种错误的理论竟

四. 埃及托色尼和阿利斯塔克

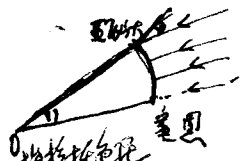
我们中有很多人都不知道宇宙的大小，则宇宙距离。阿利斯塔克 (Aristarchus) 首先注意到，当地球走到太阳和月亮中间时挡住月亮的地球阴影的曲线应当能显示出地球和月球的相对大小。从这一点出发，可以用几何学算出月亮有多远。希腊人算得的月地距离正如很接近真实的距离。

阿利斯塔克大胆地试图测量太阳的距离。他所采用的几何学方法在理论上是绝对正确的，但是需要测定非常微小的角度差。在缺乏现代仪器的情下，他无法得到准确的数值。他推断出，太阳的距离大约是月亮距离的20倍(实际约40倍)。虽然这个数字不对，阿利斯塔克还是从地

的数字推断出，太阳的大小至少应该是地球的7倍，从而认为大的太阳绕着小的地球转不合逻辑，必定是地球绕着太阳转。遗憾的是，由于亚里士多德的权威，没有人相信阿利斯塔克的话。因而他的太阳中心说也就湮没无闻，直至哥白尼重新发现。

阿利斯塔克第一次进行科学测量的是^{应该}亚历山大里亚城图书馆馆长埃拉托色尼 (Eratosthenes)。埃拉托色尼以其地圆想了这样一个事实：在6月21日这一天，中午的太阳在埃及塞恩^城正当头顶，而在亚历山大里亚城中午的太阳并不正好在天顶。埃拉托色尼认为，发生这种情况的原因一定是由于地面弯曲，使亚历山大里亚偏离了太阳。在亚历山大里亚城测出夏至这一天日影长度，便利用几何学方法求出，从塞恩到亚历山大里亚这800公里的距离内地面弯曲了多少。如果大地是球形，就能计算出地球的周长和直径来。

埃拉托色尼求得了地球的半径为6400公里，周长为40000公里，这同今天真实的数值很接近。可惜，关于地球大小的这个准确数值当时并未被人们普遍接受。~~公元前100年~~这是公元前240年前后的事。



大约在公元前100年，另一位希腊天文学家希帕索斯 (Posidonius) 重做了埃拉托色尼的工作，却得到不同的结果。他求得的地球周长只有28000里。

托勒密所采纳的就是^{圆面}较小的数字。^{因此}古时中世纪的人也都会。哥伦布(Columbus)根据航行的信心^{就是}由此而来,他认为向西航行4800英里就可到达亚洲。要是他当时知道了地球的真实大小,也许不会作那次冒险的航行。这个错误一直到1522年左右才得到纠正,在麦哲伦船队终于环绕地球以后,埃拉托色尼的正确数值终于得到承认。

五. 哥白尼与日心说

正当中国科学开始蓬勃发展时,欧洲的科学却由于宗教的原因停滞了。公元前一世纪,罗马征服了希腊,一把大火烧毁了亚历山大皇家图书馆两半世纪以来积累的^{各种}书籍。这也就毁灭了希腊的文明。科学开始走下坡路。

西方教会为了加强其统治,反对人们^去研究自然界。他们说,获得知识^{的唯一}方法是接受上帝的启示,所以更不应该去查、去想。学习就是要背诵古代权威特别是亚里士多德的言。他们说,亚里士多德是仅次于神的人,他的话句句是真理。不仅~~要提出反对意见,就要判火刑。~~ ^{而且}谁也不能提出反对的意见,否则将被视为异端^{而处以死刑}。

欧洲各国相继成立宗教法庭,教皇至高无上,既受行政机关约束。在这种宗教法庭的残暴统治下,科学被镇压了,求知力丧失了。少有才智的人

被送上了刑场。我举两个例子：公元十三世纪，卡斯提尔(西班牙)国王阿方索第十世，对托勒密地心说很感兴趣。他说：“要是上帝创造宇宙时征求我意见的话，我会劝他把宇宙系统创造得更简单些。”~~就因为这话~~，他被控为异教徒，失去王位。另一个例子是塞尔维特，~~因为他在生物学上的新发现~~而被~~活活地~~烧死。

(哥白尼(1473-1543)是卓越的波兰天文学家。)

十五世纪，欧洲文艺复兴，这是许多因素结合在一起造成的^史空前未有的知识革命。它包括艺术和科学的复兴，以人文主义、艺术、实际的发现和自然科学的研究为特征。它的精神首先出现在意大利，以后遍及整个欧洲。

1543年波兰伟大^的天文学家哥白尼在思想界发动了一场革命，这是文艺复兴之后科学观点的第一次重大改变。从那以后，科学便大踏步地向前发展，产生今天的文明。

哥白尼年轻时在著名的克拉科夫大学学习，以后到意大利游学，直接同文艺复兴的领导者接触，在这个过程中产生了太阳中心说的思想。

但是哥白尼不敢轻易发表他的观点，他认真地进行天文观测，积累了三十年的

观测资料。根据这些资料，他更加确信太阳是宇宙的中心而不是地球。地球也不是静止不动的，除绕太阳公转外，还有自转。他用他的理论解释了我们所观测到的天象。他说，太阳从东方升起，西方落下，这只是表面现象，并不说明太阳绕地球转，而是因为地球绕太阳自西向东运行。行星运动之所以有逆行、留的现象是因为行星与地球公转的速度不一样造成的。他批评地心说时说，托勒密智慧超群，在某些细节上是正确的，但基本观点是错误的。重量只能使地球形成球体，不能证明地球是宇宙的中心。他说，一个物体怎样运动和我们的看到它怎样运动是两回事。我们不能停留在常识的水平上，只看表面现象，应该认真分析产生这现象的原因。

尽管托勒密体系已千疮百孔，^{哥白尼}仍使用实际的天文观测证实了他的学说。但^{哥白尼}还是不敢公开他的观点。他害怕教会迫害。如他迟迟不肯发表他的学说，^{哥白尼}甚至磨蹭了三十载。最后他感到配快不行的时候，才写下他的著作《天体运行论》。他苦战出版商，^{哥白尼}要书商把书出版发行。书商怕有把第一本《天体运行论》送来的时候，^{哥白尼}的眼睛已快瞎了。他躺在床上，用他^{衰老}的手抚摸过其他^生人写的理论。过了一本新书，^{哥白尼}立刻按捺不住，^增增地露出^{一丝}微笑，^{欣慰的}

眼睛，离开了人世。

《天体运行论》的出版，^是对阿利斯塔克被埋葬的日心说的重大现实性^的挑战。很快哥白尼的日心说在人们中间广泛传播，~~也~~^{一些}有识之士开始出来捍卫哥白尼的学说。教会感到极大的恐慌，下令查封《天体运行论》一书，并曾宣扬哥白尼学说的人进行疯狂的镇压。

现在我们详述一下哥白尼的学说。哥白尼提出太阳是宇宙的中心，行星和地球沿着正圆轨道^{绕日}运转。今天看来，哥白尼的学说有很大缺陷，首先太阳不是宇宙的中心，宇宙也不是有限的，地球和行星也不是沿着正圆轨道运行，运行速度和也不是匀速的。为了使理论与观测资料相符，哥白尼和他的后继者不得不仿效托勒密在这样的宇宙系统中加用几个本轮，虽然是为数不多的本轮，但却掩盖了地心说的渣滓，留有旧学说的烙印。

尽管如此，哥白尼仍不失为一位伟大的天文学家。他第一个科学地解释了行星的顺行、逆行等视运动现象。他也是第一个认识到地球^{社会的}自转的人。他把地球从宇宙的中心降为与普通的行星，这引起了天文学和哲学的^{革命}。因此哥白尼的学说具有划时代的意义。^(第一次使人们从宗教束缚中解放出来)
~~更由于哥白尼学说~~
 他的学说

六. 布鲁诺对日心说的贡献 (1584-1600)

布鲁诺是意大利的伟大科学家^{生于哥白尼死后}。他在年青的时候相信托勒密的地心说，而怀疑哥白尼的日心说。到二十岁的时候，他认识到哥白尼的学说近乎正确，后来认识到哥白尼学说确实正确，最后是认为它最为正确。于是他勇敢地彻底地反对亚里士多德的学说。

布鲁诺原是一位宗教徒，他在宗教方面也是一位有独特见解的思想家。因他总爱发表异端性论，在3岁时就被修道界除名。

布鲁诺认为如果地球象哥白尼说的那样自转，就一定设想恒星附着在一个大球上面，诸恒星可以排到距地球各种不同的距离上。由此布鲁诺认为，恒星遍及整个宇宙空间，数量是无限的。他说恒星只是比我们遥远的太阳。许多恒星象太阳一样，其周围有行星绕转，某些行星上还会有生命存在。这些惊人的断言远远地超越了时代，^且今天越来越得到证实。

布鲁诺还说，有些恒星或许是成对存在的。又^也确实是如此，这样的两个恒星^{后来}称为双星系统。布鲁诺还断言，太阳是绕轴自转的。这在50年后为伽利略所证实。

在教会对他罚款的时候，布鲁诺一边流浪逃亡，一边继续使用他的学说和他的宇宙无限的思想。^他流浪多年之后，最后在威尼斯被捕。教会把他囚禁七年，要他放弃哥白尼学说，但布鲁诺至死不屈。于是教会对他施以种种酷刑，最后在十七世纪的头一年把他活活地烧死在罗马广场。布鲁诺就选择为了捍卫科学真理而英勇地献出了自己的生命。他在死前还坚定地宣告他的真理，他留下的最后一句话是：“后世的人将证明我”~~是~~的。他用他的生命迎来了光辉的十七世纪。
 布鲁诺就选择去，
 (教会平叛)

七、第谷和开普勒 (Tycho, 1546-1601; Kepler, 1571-1630)

行星真正运行的轨道，一直到开普勒才得到明确而简洁的阐述。
 开普勒是一位真正的轨道天文学家，他~~是~~他用他旧时发现的行星运动三大定律建立起太阳系的秩序，彻底地摆脱了托勒密地心说冗繁的本轮束缚。~~他不得~~
 到“天空立法者”的美誉。
 在赞扬开普勒功德的时候，我们不要忘记另一位伟大的天文学家第谷·布拉赫。正是他，耗费了一生的精力，为开普勒提供了大量准确的观测资料，才使得开普勒能够揭开行星运动的秘密。

第谷·布拉赫于公元1546年出生于丹麦的一个贵族家庭。在他14岁的时候，天文学家预报用丹麦首都哥本哈根的一次日食使他惊叹不已，于是他决心从这一天起，^{从此他决心从事天文观测}决不做与日的天文学家，^{准确地}预报天象，~~他~~后来成为“星学之王”。

第谷的才能受到丹麦国王腓特立一世的赏识，国王对他很器重，让他得到厚禄，并拨专款为他创建天文台（^叫“观天堡”^{又叫}“空中堡垒”）。所用的仪器都是第谷自己制造的，具有世界第一流的水平。第谷就在这样的环境中，开始他那^最著名的天文观测。

第谷很早就从事于行星运动及其位置的计算，^{要行星运动的理论有所改进就必须有行星在恒星中的运动有更可靠的依据。}这些艰难的工作使他发现，以前天文学家计算的行星位置和他的观测资料大不相同，^这使他认识到，长期观测天体位置的重要性。他坚持每天晚上细心观察，把观察到的一点点都记录下来。他是一位绝对优秀的天文观测家。他没有现代望远镜，却凭他那副敏锐的眼睛，^{和简陋的仪器，}积累了大批准确的观测资料。这些观测资料纠正了千年来的错误星表，精确度已达到肉眼观察的极限。就是在今天，科学家们仍对他观测资料的精度佩服不已。

为了报答和纪念曾经支持他的丹麦国王，第谷生前有编1000颗星表的愿望。（临终时完成750颗星）他在自1576年到1596年的20年时间里，不分寒暑地进

行观测，积累了大量的、高精度的观测资料，特别是关于火星的观测资料，~~这些资料~~为开普勒发现行星运动定律提供了唯一精确的素材。

1571年12月27日，开普勒生于德国的维尔茨城，他虽继承家传医术，从小就体弱多病。但是他那种超凡卓绝的才能，他那伟大的发现却使他名垂千古。

开普勒从小就极有感受到友爱和温暖，他的那种爱又照亮了他的眼睛。

按理说，开普勒不应该成为天文学家，但是他却信仰毕达哥拉斯，认为宇宙是和谐的且可用数学语言来表达。他决心揭开行星运动的秘密。

在他年青的时候，开普勒就热入非非地把行星同五种正多面体联系起来。当时还有一定的可信度。于是他写了一书，寄书给第谷。第谷看来看去，先是摇头，后觉得他有才华，于是邀请开普勒协助他进行天文观测。这^样1600年两位天文学家开始了合作，这是科学史上最值得庆贺的一件大事。

这是天学的转折点。

第谷与开普勒^两性格差异很大，但是^两人性格的多互相弥补而协调。第谷有副的说的眼睛，而开普勒却是近视眼；第谷善长观测，开普勒却工于计算。第谷因为没有观测到恒星视差，因而不相信哥白尼的日心说。他认为亚里士多德托勒密的体系与他的观测也不一致。于是他采用一种折衷的~~办法~~，认为^{方案}金木

水、火、土五星行星绕日运转，而太阳又带着他们绕地球旋程。开普勒则不同，他是哥白尼学说的坚决拥护者、热烈的宣传者，理由只是哥白尼体系从教学上讲是简单的，因为他笃信自然界的数学简单性是用教学设计的。

由于他的有趣的妻子的批~~判~~报，开普勒一段时间离开了第谷的观天堡。当第谷晚年从哥本哈根被排挤到布拉格（支持他的那个国王已死）时，他将年青的开普勒召回到自己身边，并把他一生的观测宝~~藏~~藏~~藏~~遗~~遗~~贝~~贝~~普~~普~~给开普勒。

年青的开普勒没有辜负老师的期望，他前后花了十六年的时间~~研~~研~~研~~究~~究~~第~~第~~谷~~谷~~的~~观~~观~~观~~测~~测~~资~~资~~料~~料~~，^{他~~他~~研~~研~~究~~究~~了~~第~~第~~谷~~谷~~的~~的~~全~~全~~部~~部~~观~~观~~测~~测~~记~~记~~录~~录。}总结出著名的行星运动三定律。

开普勒探求行星运动时，起初受托勒密的影响，认为行星的^{绕日}运动是匀速圆周运动。但是这与第谷的观测资料不符，特别第谷关于火星的丰富的观测资料表明理论数值和实际观测值相差8弧分。我们知道8弧分是一个很小的数值，一般情况下可以认为是观测资料的误差造成的。但是开普勒具有严肃认真的态度、严格的科学研究精神，他紧紧抓住这8弧分不放。因为他看过第谷是怎样观测的，这决不会是误差造成的，8弧分误差是不可容忍的。由于他坚信第谷是准确的，因而最终不得不抛弃正圆

(第谷观测误差1至2弧分)

椭圆轨道的匀速运动。这样他终于摆脱了圆轨道和本轮系统的束缚，他的眼界开阔了，思想进入新的境界。正是这为没差，引领他在与毕达哥拉斯的道路。

开普勒设想，行星可能是沿着一头大一头小的鸟蛋形轨道在运行。但是经过大量冗杂的计算，他又失败了。虽然身体也更加衰弱，但他没有灰心，失败反而更加激起了他追求宇宙真理的狂热欲望。

最终 ~~开普勒~~ 作为他顽强意志力的报偿，开普勒成功了。他得出火星的运行轨道是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上。进一步研究发现，所有行星绕日运行轨道也都是椭圆，且太阳在一个焦点上。这样他总结出了行星运动第一定律，正确地解决了行星运行轨道问题。

开普勒建立起第一定律后欣喜若狂，他开始反复检查第谷的水星观测资料。他又发现在椭圆轨道上运行的火星，当它靠近太阳时走得比较快，远离太阳时走得比较慢。开普勒从这一现象感觉到，火星在椭圆轨道上运行与火星所经历的时间应该有比例关系。于是他想到，连接太阳到火星的向径所扫过的面积和时间有比例关系。这样开普勒又获得了重大突破，创立行星运动第二定律：行星在相同的时间内，向径扫过 ~~相等~~ 的面积。

开普勒创立行星运动第一、第二定律，整整花费了7年的时间。1604年他出

版《新天学》一书，叙述了他的第一和第二定律。

开普勒总结出第一、第二定律后并没有止步，他认为行星的公转周期和行星到太阳的距离还有某种可关系(关系)。他试图找出这种可关系。总得他又花了九牛二虎的时间进行~~各种~~试算、拼凑、组合。简直不眠不休，他是靠行星力量的驱使这样顽强工作的，他没有计算器，而最终第三定律又那样地不平凡：

$$T^2/a^3 = C$$

他是怎样发现的呢，其中经历了多少次失败，^{不可思议}，这实在是部艰首卓绝的探索宇宙奥秘的史。
有谁想教吗？

总之，最后开普勒总结出了更为重要的^{第三}定律。他把它写进《宇宙和谐论》一书。此书于1619年发表。

至此，行星运动的^{问题}得以解决，行星何时何地准确地运行到何位置可以由开普勒定律推算出来。开普勒为此获得“天空预言家”的称号，他的三大定律的发现也为牛顿建立经典力学的大厦开辟了道路。

可以说，没有第谷的天文观测，就没有开普勒的三大定律，没有开普勒的^{第三}定律，也就没有牛顿的万有引力定律，~~也就不会有今天的物理学和天学。~~
从而也

23
值得指出，开普勒的三大运动定律也适用于后来发现的大行星和小行星，适用于行星系统
中的卫星轨道，也适用于人造天体。进一步研究表明，三大运动定律也适用于遥远的
恒星世界中的双星系统。

开普勒的发现究竟意味着什么，~~这要等到~~行星运动的以服从这三定律，^五还要
回到牛顿登场，才能得到阐释(阐明)。

~~开普勒之后，天文学又怎样发展的呢。有和今天的再谈太阳系结构和开普勒的~~
~~天文学。~~我们得以伽利略说起。如墨尔的愿意听的话，下一讲就是伽利略

和牛顿。