理論天文学基础

〔苏联〕M·K·文采尔 著

中国工业出版社

122(128)

理論天文学基础

[苏联] M·K·文采尔 著

王昆杰 王瑛 譯

夏坚白 宁津生 校

中国工业出版社

本书是一本基礎理論书，主要叙述了二体运动問題、行星位置計算和軌道計算；对于振动理論、地球轉动理論以及用天文方法，即利用月球和人造卫星运动的偏差确定地球形状的基本理論也作了一定的介紹。书中主要內容的闡述和公式的推导均較为詳細，除可供測繪专业大学生作教材外，对于大地測量工作者也是一本較好的参考书。

М. К. ВЕНТЦЕЛЬ

ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

Геодезиздат. Москва 1962

* * *

理論天文学基础

王昆杰 王瑛 譯

夏坚白 宁津生 校

*

国家測繪总局測繪书刊編輯部編輯（北京三里河国家測繪总局）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行・各地新华书店經售

*

开本787×1092 1/16・印张12 3/4・字数279,000

1964年10月北京第一版・1964年10月北京第一次印刷

印数0001—1,760・定价（科五）1.60元

*

統一书号：K 15165・3224（測繪-115）

譯 者 序

近几年来，由于人造天体发射成功，为好多部門的科学研究工作开辟了一个新的途径。在測繪科学方面，利用人造天体的运动研究地球形状，国际上已有一些专家在进行这項工作，并取得了一定的成果。因此，作为大地測量工作者，了解一些有关天体軌道运动和确定天体軌道的基本理論是很有必要的。

所謂理論天文学实际上是天体力学的一部分內容。在这本书中，側重于闡述二体运动和軌道計算的基本理論和計算方法，尤其对于后一內容叙述得比較詳細。作者在叙述基本理論时，尽量运用几何图形和最一般的数学工具，同时用归納法由个別到一般，介紹了不同情况下計算軌道的各个步驟，因此从教学观点来看，頗有可取之处。考虑到教学上的需要，我們将它譯出，暫时作为大地測量专业的教材。

在翻譯过程中，对于原书中个别费解或过于簡略之处，譯者作了一些注解，以便有助于讀者閱讀，书末又增添两个附表和中俄名詞对照表，以便查对。

书中有关名詞的譯出，大部分均根据科学院公布的統一譯名，但亦有少数名詞，因照顾专业使用上和行文的方便，或因无据可考，作了一些小的改动或另立新名。如："точка экванса"譯为"偏心点"；"аргумент перигелия"譯为"近日点距角"等等。

由于譯者水平有限，譯文中难免有不妥之处，請讀者惠予批評和指正。

譯 者

1963年12月

原　序

“理論天文学基础”这本教程是供测繪学院大地测量系学生使用的。由于大部分問題都闡述得十分完整而詳尽，因此书中相应的章节无疑对大地测量系各专业教研組的研究生，对年輕的測量工程师以及在大地測量与天文学相近的問題方面开始工作的科学工作者也是有益的。

本书的基础是作者自1954年春季以来，在莫斯科測繪工程学院給大地测量系天文大地专业四年級学生讲課时所用的讲义。起初这是一門选修課，名为“地球形状天文测定法”，后来才改称为“理論天文学基础”。

在最后一次重审教学計划时，决定从1959～1960学年秋季开始，将这門課列入教学計划，作为天文大地专业四年級全体学生的必修課程。

从1953～1954学年起，就开始拟这門課的教学大綱，并曾多次在莫斯科測繪工程学院天文教研組会議上进行了討論，有几次会議还有莫斯科測繪工程学院各专业教研組的代表及其他有关人員出席参加討論。

在新的教学計划和与其相应的新教学大綱制訂以后，1958年春季又召开了有天文大地測量作业单位的代表参加的关于大綱的各部門联席会議。在这次会議上，除了許多其他的大綱以外，仔細研究并批准了新近列入的天文大地专业的課程——“理論天文学基础”的教学大綱。

但是，本书編写的目的并不是全面而詳尽地向天文大地专业学生介紹理論天文学和天体力学的所有細节；而培养这两門学科方面的熟练专家以及計算星历表和天体（天然的或人造的）軌道的专家，或者培养从事与此有关的复杂研究工作的人才，也不是本书的任务。鉴于用天文方法研究地球形状日趋重要，故本书的任务主要是从原則上来介紹理論天文学和部分天体力学的基本問題、方法和成就。

完全依照审定大綱的各部門联席会議所确定的本課程現行教学大綱而写成的这本教科书，其宗旨也就在此。

因而，本书既不可能作为全面而詳尽的理論天文学手册，也不能作为計算軌道或本学科其他方面的专題論文，因此不妨把它看作是这一学科的簡明教程或研究这門科学的一般概論。作者在編写本书时，始終注意到充分詳尽地闡述对大地測量有意义的問題，以及有关地球形状測定方法的一些問題，这是本书的特点。至于作者的这种努力能获得多大的成效，当然要由讀者而不是由作者本人来評定了。

最后，本人謹向С.Я.別雷赫，М.С.亚罗夫-亚罗沃依和А.И.維特曼致以衷心的感謝。这些同志审讀了本书原稿并提出了一系列宝貴意見，作者已予采納。此外，在最后校閱本书时，А.И.維特曼做了很多工作。

技术科学博士　М.К.文采尔教授

目　录

第一章　緒　論

§1. 理論天文学和天体力学的意义

运动是物质固有的屬性。沒有运动就沒有物质，沒有物质也就不可能有运动。

世界上除了运动着的物质，什么也沒有，而运动着的物质只有在空間和时間之內才能运动。在科学的哲学中，所謂运动，广义地讲一般是指所有的各种变化。因此，除了大、小质量在空間位移的机械运动之外，还有种种不同的运动：物理运动（热、电、光、原子核及各种粒子的运动）、化学运动（化合反应、分解等）、生物运动，这是各种有机过程所固有的运动，最后还有社会运动，这是最高級、最复杂的一种运动❶。

由上述显而易見，力学这門机械运动的科学对于提高认識有怎样重要的意义。而天体运动和天体形状的科学——理論天文学和天体力学則对我們天文工作者和大地測量工作者有特别重大的意义。我們不难将这些意义概述如下：

首先，这些科学明显地証实了物质和运动的辯証統一关系；其次，它們有提高认識的意义，因为它們能使我們确信，无論是在地球上或是在宇宙中，自然法則（如万有引力定律）的統一性；第三，还有研究方法上的意义，因为这些科学通过大量具体例子用逐漸趋近法揭示了人們认識的漸近过程。

§2. 理論天文学和天体力学的任务、相互联系以及与其他科学的关系

理論天文学要解决两个基本問題：

（1）根据对天体視运动的观測来确定天体在空間的运动，也就是它們的軌道。

（2）已知天体的眞运动，也就是已知天体的軌道和沿軌道位移的参数，計算未来任意时刻天体的視运动及其位置。

第一个問題称为“軌道計算”，而第二个問題（与前者相反）則称为“星历表計算”。

理論天文学和天体力学这两門科学同理論力学的联系是最密切的，因为这两門科学要把理論力学研究出来的一般方法应用到各种不同的天体：行星及其卫星、彗星、流星、双星，还有人造卫星、人造行星、宇宙火箭等等。

另外，正因为这些科学間的联系密切，因而很难在它們之間划出一条旣清楚而又很明确的界限。

可以认为，理論天文学是天体运动学，而天体力学則是天体动力学，有时我們称它为

---

❶ 虽然“机械的”“物理的”等术語或許因有某些不正确或不明确之处，并不是毫无非議的，但是它們都能充分清楚地說明各类运动的特性，因此在沒有其他更为恰当的术語时，可以有条件地用来对这些运动作科学上的辯証的分类。

动力天文学。因此我們可以对天体力学这門科学下这样的定义：由于这門科学在研究天体运动时，运用解析力学的方法，考虑到天体間所引起的力卽主要是相互間的引力，因此这門科学是应用万有引力定律闡述天体运动的所有特点以及天体形状及其均衡条件、恒星和星系运动等宇宙現象的所有特性的科学。

天体力学的主题是研究天体在相互引力作用下的平移运动，这个問題又包括二体、三体和 n 体問題以及在阻尼介质中的变质量运动和引力反作用运动，也包括摄动理論。

在摄动理論中，要分别研究大行星的运动理論、小行星和彗星的摄动理論、月球运行理論以及大行星卫星的运行理論。

天体力学也包括地球轉动的理論，卽岁差、章动和地极移动理論。

通常人們将二体問題的研究，卽研究无摄动的所謂克普勒运动划入理論天文学的范圍，这是有充分根据的。如前所述，理論天文学和天体力学很难分清，其含意卽在于此。

为了順利地研究理論天文学和天体力学，除了要通晓高等数学和解析力学之外，还要很好地了解天文学的其他部分和大地測量学。总之，研究天体运动能够丰富加深我們天文学的知識，并且对于天文学这一学科的好多部分，其中包括天体測量学都有重大意义，也为利用天文方法确定总的地球形状提供一些必需的知識。

第二章　历 史 簡 述

§3. 古希腊的行星天文学

早在史前时期人們就开始了对太阳、月亮、明亮行星和恒星的观测工作，关于这一点考古資料已有明确的証明。

人們周游陆地和海洋，白天观测太阳，夜晚观测恒星和星座，已經进行了好几万年。研究星空和星座是培养海上舵手和陆上响导所必需的一个环节。

另一个实际的要求是迫切需要测定时間，这同第一个要求一样都促使天文学逐漸形成一門科学。远古以来，人們测定时間在白天是利用太阳，而在夜晚則是观测星座的周日运动。根据对这些自然現象的观测，采用了"日"作为时間的基本单位。

观测太阳以及部分地观测月球和行星相对于恒星或星座的移动，同时观测周围自然界中气象和植物生长特性的季节变化，可以逐漸定出时間的第二个自然单位——年。因此，观测太阳、行星和恒星就能編制历法并准确地测定在某种程度上更长的时間間隔。当从狩猎和畜牧的原始社会轉入农业社会时，这种测定时間的实际需要就更为迫切，因为对于农业来說，适时地組織各种田間工作（播种、收割等）是很重要的。

在此，我們不想知道全部天文学史，想知道的是理論天文学史，即使是簡史也是好的。

在此，我們暂不去論述古代埃及和中国在天文学上的成就，而直接从古希腊时期开始来叙述理論天文学史。当时，人們只知道五个行星以及太阳和月亮，并且研究过它們的視运动。人們认为，当时的任务不是求它們的眞运动，而是寻求能够預先計算未来时刻天体視位置的方法。由于古希腊人在几何思維上有很大的发展，而且几何学已經成为一門科学，因此这些計算都采用了几何方法。

首先要提到毕达哥拉及其学派（紀元前約500年）。毕达哥拉派的功績是，他們提出了自然界中諧和的有規律的观点。値得我們注意的是，他們最先提出可将人所共知的沿螺旋綫进行的太阳視运动分解为沿赤道以一日为周期的和沿黃道以一年为周期的两項等速圓周运动。

唯心主义哲学家柏拉图（紀元前427～347年）对此曾給以哲学的总結。他說，等速圓周运动是最完善的，因而所有天体都应該这样运动的。他认为利用等速圓周运动的合成来說明天体的运动是天文学"眞正的"目的。

欧多克斯·克里德斯基（紀元前408～355年）曾用27个以地心为公共中心的球等速轉动的合成运动来解释太阳、月亮和古代五大行星的視运动。对于太阳和月亮各用了三个球；为了要知道每个行星視运动的所有特性（留、順行和逆行），对于每个行星各用了四个球。剩下的一个球他用来解释恒星的周日运动。

卡里普（紀元前370～300年）为了要做到与观测符合的更好，曾用到34个球。欧多克斯和卡里普曾把他們各自的理論看成是能够十分精确地表現所观测現象的純运动学的方法。

亚里斯多德（紀元前384～322年）第一次試图給出宇宙的自然景象，他用水晶玻璃球代替了欧多克斯和卡里普的运动体系。

阿波隆尼·彼尔格斯基（紀元前約 200 年）为了解释行星的順行和逆行，引用了本輪和均輪（这些术語的定义我們以后說明）。

§4. 依巴谷及其太阳視运动理論

依巴谷（紀元前約190～125年）发現了太阳沿黃道运动的不均匀現象，并且引用了偏心圓来加以解释。

較詳細地研究这个問題是很有意义的。

依巴谷在当时是一位勤奋而熟练的观测員。他按时观测太阳，特别是在二分点和二至点附近。他定出一年为 $365\frac{1}{4}$ 天，同时也测定了一年中每个季节的长短，得出春季和夏季分别为 $94\frac{1}{2}$ 天及 $92\frac{1}{2}$ 天。因此，他得出結論，春夏这半年为 187 天，而秋冬則为 $178\frac{1}{4}$ 天。

他根据对太阳的这些和另一些相似的观测，証明了太阳的周年視运动是不均匀的。

但是为了要保持柏拉图的原理，依巴谷就假定太阳仍沿圓周作等速运动，不过地球不在这个圓的中心 O，而在 T 点（图 1），这就是依巴谷的偏心圓。

通过 T 点作两条互相垂直的弦 ♈♎ 和 ♋ B，再通过圓心 O 作两条互相垂直的直径 AB 和 CD，它們分别平行于弦 ♈♎ 和 ♋ B。最后，过 O 和 T 作直径 $\alpha\pi$，α 和 π 分别为远地点和近地点。

他把太阳在一年里走过的圓弧——360°除以一年所包含的 $365\frac{1}{4}$ 天，得出太阳的周日平均行度

$$n=\frac{360^\circ}{365\frac{1}{4}}=0^\circ.986(\text{每日}).$$

随后，又計算出弧

$$\smile\text{♈♋}=n\cdot 94\frac{1}{2}=93^\circ 8'.4=93^\circ.1,$$

$$\smile\text{♋♎}=n\cdot 92\frac{1}{2}=91^\circ 10'.2=91^\circ.2.$$

因此

$$\smile\text{♈♋♎}=184^\circ 18'.6=184^\circ.3.$$

由此根据图 1

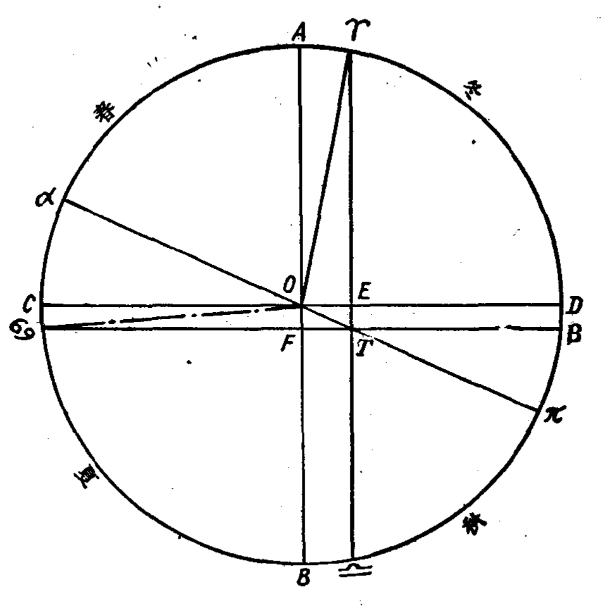

图 1

$$\smile A\Upsilon+\smile B\Omega=2A\Upsilon=\smile\Upsilon\mathfrak{S}\Omega-\smile ACB=184°18'.6$$
$$-180°=4°18'.6.$$

所以

$$\smile A\Upsilon=2°9'.3,$$
$$\angle O\Upsilon E=\angle\Upsilon OA=2°9'.3.$$

取圆$ACBD$的半径为单位，由三角形$O\Upsilon E$中計算直角边

$$OE=\sin 2°9'.3.$$

所以，如果已知

$$\smile C\mathfrak{S}=\smile CB+\smile B\Omega-\smile\mathfrak{S}\Omega=90°+2°9'.3-91°10'.2=0°59'.1,$$

就可以計算ET。

由于

$$\angle CO\mathfrak{S}=\angle O\mathfrak{S}F,$$

則由$\triangle O\mathfrak{S}F$得

$$OF=ET=\sin 0°59'.1,$$

而由$\triangle OET$求$\angle ETO$和斜边OT：

$$\text{tg}ETO=\frac{OE}{ET}=\frac{\sin 2°9'.3}{\sin 0°59'.1},$$
$$\angle ETO=65°25'.8;$$
$$OT=\frac{OE}{\sin ETO}=\frac{\sin 2°9'.3}{\sin 65°25'.8}.$$

由此得近地点黃經

$$\pi=\angle\Upsilon T\pi=\angle\Upsilon T\alpha+\angle\alpha T\pi=65°25'.8+180°=245°25'.8,$$

而偏心率[1]的数值为

$$e=\frac{OT}{1}=\frac{\sin 2°9'.3}{\sin 65°25'.8}=\frac{1}{24.19}\approx\frac{1}{24}\approx 0.04,$$

即等于距离OT与圆$ACBD$的半径（等于一个单位）之比。

現今地球軌道的偏心率的数值是（参閱 § 39. Ⅰ）

$$e\approx 0.02.$$

下列諸量称为太阳的軌道要素：

π——近地点黃經（245°25′.8）；

e——偏心率（0.04）；

n——周日平均行度（0°.986）；

τ——太阳过近地点的时刻。由对太阳的观測中确定。

只要已知这些量，便可計算太阳的位置，也就是計算对于任一預先給定的时刻t时太阳的黃經l。

实际上（图2），若S为太阳在t时刻的位置，则角πOS等于角M，称为太阳的平近点角，它可按下式求得

[1] 此处偏心率是指地球偏离圓周軌道中心的程度，而不是通常用来表示圓錐曲線性质的那个概念。——譯者注

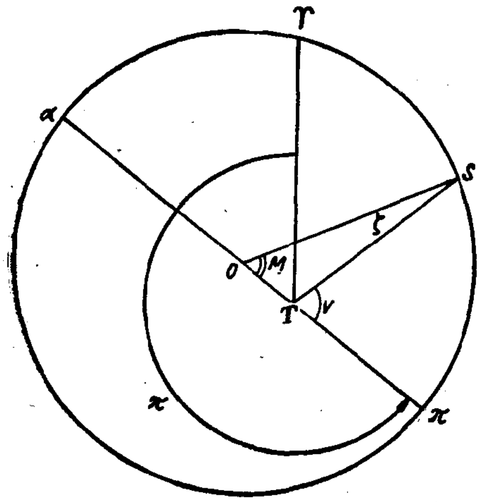

图 2

$$\angle M=n(t-\tau).$$

以后我們用 v 来表示角 πTS，称为太阳的眞近点角，而用 ζ 表示角 OST，称为中心差。

于是由图可得

$$l=\pi+v,$$
$$v=M+\zeta$$

和

$$\zeta=v-M,$$

式中 l 为太阳的地心黄經。

可見，中心差就是"眞近点角减平近点角的差值"。

由△OST可求得中心差 ζ：

$$\sin\zeta=\frac{OT}{TS}\sin M,$$

$$\overline{TS}^2=\overline{OS}^2+\overline{OT}^2-2OS\cdot OT\cos M.$$

以 $\overline{OS}^2$ 除后一式的各項，并开平方，得

$$\frac{TS}{OS}=\sqrt{1+\left(\frac{OT}{OS}\right)^2-2\frac{OT}{OS}\cos M},$$

或者因 $\frac{OT}{OS}=e$，故

$$\frac{TS}{OS}=\sqrt{1+e^2-2e\cos M}.$$

又因为

$$\frac{OT}{TS}=\frac{OT}{OS}:\frac{TS}{OS}=e(1+e^2-2e\cos M)^{-\frac{1}{2}},$$

所以得計算 ζ 的最后公式为

$$\sin\zeta=e\sin M(1+e^2-2e\cos M)^{-\frac{1}{2}}$$

依巴谷也曾用这种偏心圓理論来解释月球的視运动，因为月球的視运动也出現有这第一种不均匀現象❶。我們要指出，在叙述依巴谷的理論时，我們用的是現代的数学符号，这样做一点也不改变它的实质。

§5. 托 勒 玫

托勒玫（約公元140年）广泛运用了依巴谷和阿波隆尼的观点，創立了在当时被认为很完善的天体視运动理論。

可以設想，他也沒有以研究天体的眞运动为目的。

然而很久以来人們就认定，托勒玫的理論并不是描述視运动現象的数学假設，而把它

● 这是指視运动速度不均匀这种現象，称它为"第一种"是为了区别于下一节所讲的行星順行、逆行現象。——譯者注

看成是“宇宙系統”，认为它眞正体现了宇宙的結构（地心系統）。

对于托勒玫系統我們不想再詳細地介紹，但应指出，他为了解释第一种不均匀現象，保留了依巴谷的偏心圓（图3）。但因这种理論与精确的观测以及大量累积的观测数据仍然并不完全一致，因此他还引用了偏心点。托勒玫把对圓心O而言与地球中心T相对称的点E称为偏心点。他认为天体对于偏心点运动的特性是：太阳和月亮沿着偏心圓运动，而对于其余古代行星則是本輪的中心沿着均輪● 作等速运动。

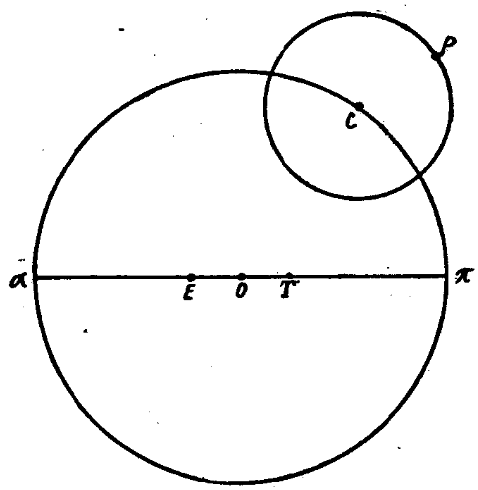

图 3.

因此，托勒玫实质上抛棄了柏拉图的原理，因为沿圓周的运动并不能看成是均匀的。为了解释行星的第二种不均匀現象，即順行和逆行經留点交替的現象，托勒玫引用了本輪和均輪。可是他的理論沒有多久就又同观测不相一致了。为了保持一致，有时就不得不引用越来越多的补充本輪，其个数逐漸增加到几百个。尽管托勒玫的系統如此复杂，但却一直存在到十七世紀。

§6. 哥白尼。会合周公式

大家知道，尼古拉·哥白尼（公元1473～1543年）提出过天文学上的日心观点，并且是宇宙日心系統学說的創始人。我們打个比喻，他好象是把太阳拿来放在托勒玫系統中地球所占的位置上，却又把作为行星的地球放在金星和火星之間的軌道上，而这即是托勒玫的太阳运行軌道。哥白尼就这样簡化了托勒玫的全部理論。他指出，所有行星的第一个主要本輪都不过是地球繞太阳运动的反映，并且在他自己的系統中取消了所有这些本輪，但偏心圓和一連串次要的本輪却仍然不得不保留下来，这是他的系統的缺点。可是他的系統有巨大的科学意义，因为在他的系統中确立了一个非常重要的新原則，即天空中所服从的規律同地球上一样，消除了空中与地上的对立，在世界观上这是一个革命的突变，以致在当时連許多学者都不能立即理解它。

哥白尼以用他自己的系統解释的行星視运动为根据，可以得到計算行星繞太阳公轉的时間，即所謂公轉恒星周期的公式。这对理論天文学有重大的意义。这些公式把以恒星年計的行星的会合周期和恒星周期联系在一起。会合周期S是行星相对于地球和太阳从某一确定的位置起到下一次准确到达此位置所經过的时間間隔，例如：从某一次冲到下一次冲或从某一次合（上合或下合）到下一次同名的合● 所經过的时間。所有行星的会合周期是直接由观测得到的。

行星的恒星周期（或者对地球而言为一个恒星年）是这样一段时間，在这段时間里，

● 行星的均輪是一个假想的圓，地球位于这个圓的中心，而另一个称为本輪的圓的圓心沿着这个圓运动。

● 行星与太阳合，乃是当行星的地心黃經等于太阳的黃經时行星在天球上的位置。

行星（地球也一样）的日心黄經变化了360°，即行星沿其軌道繞太阳均匀地轉了360°。

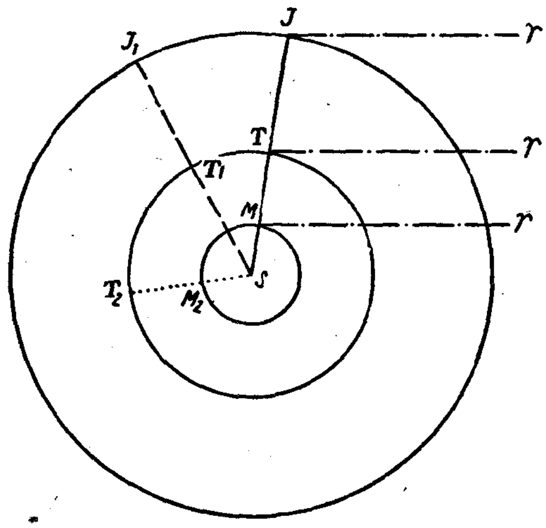

图 4

設在图 4 中

J——外行星（例如木星）；

T——地球；

M——內行星（例如水星）；

S——太阳。

行星离太阳越远，它沿軌道运动得越慢，繞太阳公轉的恒星周期就越长。

下列符号表示：

T——行星的公轉恒星周期；

A——地球的公轉恒星周期，即一个恒星年；

S——行星的公轉会合周期。

所有这三个量T、A和S都以平均日为单位。

对外行星J而言，沿軌道运动的周日平均角速度为$\frac{360°}{T}$，对地球而言，同样为$\frac{360°}{A}$。因为

$$\frac{360°}{T}<\frac{360°}{A},$$

所以差数

$$\frac{360°}{A}-\frac{360°}{T}$$

是它們对太阳而言相互位置的周日平均角变化。所有三个天体由冲起經过一个公轉会合周期后又回到原位，即当行星重新处于冲的位置时，行星与地球之間以太阳为角頂的角值即两者日心黄經之差等于360°或0°。

地球和行星的日心黄經之差的周日平均变化值可以根据以上的討論按下式計算，即

$$\frac{360°}{S}.$$

所以

$$\frac{360°}{S}=\frac{360°}{A}-\frac{360°}{T},$$

或

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{A}-\frac{1}{T}. \qquad (\text{I}.1)$$

这个公式和类似的內行星的公式通常称为会合周公式。

对于內行星，因为

$$\frac{360°}{T}>\frac{360°}{A},$$

则日心黄經之差的周日平均变化为：

$$\frac{360°}{T}-\frac{360°}{A},$$

因此对于內行星将有

$$\frac{360°}{S}=\frac{360°}{T}-\frac{360°}{A},$$

或

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{A}. \qquad (\text{I}.2)$$

此处我們是从下合到下合計算会合周期的。

根据这些公式可以得到：

对于外行星而言

$$\frac{1}{T}=\frac{1}{A}-\frac{1}{S}; \qquad \frac{1}{T}=\frac{S-A}{A\cdot S};$$

$$T=\frac{A\cdot S}{S-A}, \qquad (\text{I}.3)$$

对于內行星而言

$$\frac{1}{T}=\frac{1}{A}+\frac{1}{S}; \qquad \frac{1}{T}=\frac{S+A}{A\cdot S};$$

$$T=\frac{A\cdot S}{S+A} \qquad (\text{I}.4)$$

木星和水星的会合周期已由观測求得，分別为399日和116日。

因此，根据这些公式算得的木星和水星的恒星周期为4323日（11.86年）和88日。

哥白尼在他所著的《De revolutionibus orbium coelestirem》(論天体的运行) 一书（于1543年出版）中，画出了太阳系的平面图，在图上繪有当时已知的六个行星(其中包括地球)的軌道，其形式是以太阳为公共中心的同心圓，每个行星軌道的旁边用拉丁文写出以日、月或年計的恒星周期，这些恒星周期是利用巳知的会合周期按上述公式算出的，但这是一些近似值。以下是哥白尼的数据：

水星☿——80日
金星♀——9个月
地球♁——1年
火星♂——2年
木星♃——12年
土星♄——30年

为了有所比較，我們在表1中列出这些行星的近代数据。

表 1

行星	周期		行星	周期	
	会合	恒星		会合	恒星
水星	116天	88天	火星	2.14年	1.88年
金星	586天	225天	木星	1.09年	11.86年
地球	—	365¼天	土星	1.04年	29.46年

§7. 克普勒和現代理論天文学

哥白尼所創立的日心宇宙系統对于理論天文学的重要意义就在于它首先使研究天体眞运动有了可能。

約翰·克普勒（1571～1630年）充分运用了这个可能性，并且把他的一生献給这方面的研究。大家知道，他建立了三个著名的行星运动的經驗定律，这三个定律都是以他的名字命名的。直到現在这些定律还沒有失去意义，因此，毫无疑問，克普勒是現代理論天文学的奠基人。

关于他所研究的問題以及取得的成果我們将在下一章作足够詳細的介紹，在这里我們仅仅指出这些研究是以对太阳和行星的大量的而且在当时来說是很精确的观测为根据的。这些观测是由第谷·布拉赫（1546～1601年）及其助手，其中也包括克普勒所完成的。克普勒評定了这些观测的价值并且天才地运用了这些观测成果。

克普勒天才地預見到，支配行星运动的力来自太阳，他甚至于把太阳比做磁鉄。但是当时研究运动的科学水平使他沒有能进一步推测和比較。

因此，伽里略（1564～1642年）和惠更斯（1629～1695年）的力学著作起了巨大的作用。

§8. 从牛頓到近代

伽里略和惠更斯的著作使依薩克·牛頓（1643～1727年）有可能全面地探討力学的三个基本定律，发現了并且証明了万有引力定律。他根据这个定律进行了一系列重要的計算来加以証明，也可以說这些計算是从这个定律导出的。

被牛頓天才发現的这个簡单的引力定律解释了太阳系中天体的一切被观测到的运动，它不仅将整个太阳系而且更将整个恒星世界都統一联系了起来。

关于力学的基本定律、万有引力定律及其論証和許多結果以及其他許多內容，牛頓曾在他所著的《自然哲学的数学原理》（Philosophioe Naturalis Principia Mathematica）一书（于1687年在伦敦出版）中闡述过。

法国数学家和天文学家拉格朗日（1736～1813年）——天体力学的奠基者之一，曾經高度評价簡称为《原理》的这本书。这本书表明了牛頓是天体力学的奠基者和創始人。

拉普拉斯（1749～1827年）第一个著成了多卷集的天体力学指南（1798～1825年），从而确定了这門科学是包含万有引力定律即牛頓定律，在組成太阳系以及其他布滿宇宙空間的类似体系中固态和液态物质的运动和平衡方面全部成果的理論总合。

以后我們还要詳述万有引力定律，并且还要研究这个定律和克普勒定律的关系。

十八～十九世紀年代中，杰出的天文学家和数学家有关著作使理論天文学和天体力学至少在太阳系內最迫切的問題方面达到了相当完善的程度。

除了上面提到的拉格朗日和拉普拉斯以外，在这里我們还要提出許多人名，現将其中的一部分列举如下：

哈　雷（1656～1742年）	勒让德尔（1752～1833年）
克萊饒（1713～1765年）	奥尔伯（1758～1840年）