

名家通识讲座书系

□ 吴宗汉 编著

# 文科物理 十五讲

对物理现象，进行非物理思考；  
对非物理事件，进行物理思考。



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



名家通识讲座书系

# 文科物理



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

文科物理十五讲/吴宗汉编著. —北京:北京大学出版社, 2004. 1  
(大学素质教育通识课系列教材)  
ISBN 7-301-06495-0

I. 文… II. 吴… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 075208 号

书 名: 文科物理十五讲

著作责任者: 吴宗汉 编著

责任编辑: 顾卫宇

标准书号: ISBN 7-301-06495-0/O·0574

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村 北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: [zpup@pup.pku.edu.cn](mailto:zpup@pup.pku.edu.cn)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021

排 版 者: 北京高新特打字服务社 51736661

印 刷 者: 三河新世纪印刷厂

经 销 者: 新华书店

650mm×980mm 16 开本 30.5 印张 480 千字

2004 年 1 月第 1 版 2005 年 4 月第 3 次印刷

定 价: 35.00 元



---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,翻版必究

# 《名家通识讲座书系》 编审委员会

## 编审委员会主任

许智宏(北京大学校长 中国科学院院士 生物学家)

## 委员

许智宏

刘中树(吉林大学校长 教育部中文学科教学指导委员会主任 教授  
文学理论家)

张岂之(清华大学教授 历史学家 原西北大学校长)

董 健(南京大学文学院院长 教授 戏剧学家 原南京大学副校长)

李文海(中国人民大学教授 历史学家 教育部历史学科教学指导委  
员会主任 原中国人民大学校长)

章培恒(复旦大学古籍研究所所长 教授 文学史家)

叶 朗(北京大学艺术系主任 教授 美学家 教育部哲学学科教学  
指导委员会主任)

徐葆耕(清华大学中文系主任 教授 作家)

赵敦华(北京大学哲学系主任 教授 哲学家)

温儒敏(北京大学中文系主任 教授 文学史家 中国现代文学学会  
副会长 原北京大学出版社总编辑)

## 执行主编

温儒敏

# 《名家通识讲座书系》总序

本书系编审委员会

《名家通识讲座书系》是由北京大学发起,全国十多所重点大学和一些科研单位协作编写的一套大型多学科普及读物。全套书系计划出版 100 种,涵盖文、史、哲、艺术、社会科学、自然科学等各个主要学科领域,第一、二批近 50 种将在 2004 年内出齐。北京大学校长许智宏院士出任这套书系的编审委员会主任,北大中文系主任温儒敏教授任执行主编,来自全国一大批各学科领域的权威专家主持各书的撰写。到目前为止,这是同类普及性读物和教材中学科覆盖面最广、规模最大、编撰阵容最强的丛书之一。

本书系的定位是“通识”,是高品位的学科普及读物,能够满足社会上各类读者获取知识与提高素养的要求,同时也是配合高校推进素质教育而设计的讲座类书系,可以作为大学本科生通识课(通选课)的教材和课外读物。

素质教育正在成为当今大学教育和社会公民教育的趋势。为培养学生健全的人格,拓展与完善学生的知识结构,造就更多有创新潜能的复合型人才,目前全国许多大学都在调整课程,推行学分制改革,改变本科教学以往比较单纯的专业培养模式。多数大学的本科教学计划中,都已经规定和设计了通识课(通选课)的内容和学分比例,要求学生在完成本专业课程之外,选修一定比例的外专业课程,包括供全校选修的通识课(通选课)。但是,从调查的情况看,许多学校虽然在努力建设通识课,也还存在一些困难和问题:主要是缺少统一的规划,到底应当有哪些基本的通识课,可能通盘考虑不够;课程不正规,往往因人设课;课量不足,学生缺少选择的空间;更普遍的问题是,很少有真正适合通识课教学的教材,有时只好用专业课教材替代,影响了教学效果。一般来说,综合性大学这方面情况稍好,其他普通的大学,特别是理、工、医、农类学校因为相对缺少这方面的教学资源,加上很少有可供选择的教材,开设通识课的困难就更大。

这些年来,各地也陆续出版过一些面向素质教育的丛书或教材,但无论数量还是质量,都还远远不能满足需要。到底应当如何建设好通识课,使之能真正纳入正常的教学系统,并达到较好的教学效果?这是许多学校师生普遍关心



的问题。从2000年开始,由北大中文系主任温儒敏教授发起,联合了本校和一些兄弟院校的老师,经过广泛的调查,并征求许多院校通识课主讲教师的意见,提出要策划一套大型的多学科的青年普及读物,同时又是大学素质教育通识课系列教材。这项建议得到北京大学校长许智宏院士的支持,并由他牵头,组成了一个在学术界和教育界都有相当影响力的编审委员会,实际上也就是有效地联合了许多重点大学,协力同心来做成这套大型的书系。北京大学出版社历来以出版高质量的大学教科书闻名,由北大出版社承担这样一套多学科的大型书系的出版任务,也顺理成章。

编写出版这套书的目标是明确的,那就是:充分整合和利用全国各相关学科的教学资源,通过本书系的编写、出版和推广,将素质教育的理念贯彻到通识课知识体系和教学方式中,使这一类课程的学科搭配结构更合理,更正规,更具有系统性和开放性,从而也更方便全国各大学设计和安排这一类课程。

2001年底,本书系的第一批课题确定。选题的确定,主要是考虑大学生素质教育和知识结构的需要,也参考了一些重点大学的相关课程安排。课题的酝酿和作者的聘请反复征求过各学科专家以及教育部各学科教学指导委员会的意见,并直接得到许多大学和科研机构的支持。第一批选题的作者当中,有一部分就是由各大学推荐的,他们已经在所属学校成功地开设过相关的通识课程。令人感动的是,虽然受聘的作者大都是各学科领域的顶尖学者,不少还是学科带头人,科研与教学工作本来就很忙,但多数作者还是非常乐于接受聘请,宁可先放下其他工作,也要挤时间保证这套书的完成。学者们如此关心和积极参与素质教育之大业,应当对他们表示崇高的敬意。

本书系的内容设计充分照顾到社会上一般青年读者的阅读选择,适合自学;同时又能满足大学通识课教学的需要。每一种书都有一定的知识系统,有相对独立的学科范围和专业性,但又不同于专业教科书,不是专业课的压缩或简化。重要的是能适合本专业之外的一般大学生和读者,深入浅出地传授相关学科的知识,扩展学术的胸襟和眼光,进而增进学生的人格素养。本书系每一种选题都在努力做到入乎其内,出乎其外,把学问真正做活了,并能加以普及,因此对这套书作者的要求很高。我们所邀请的大都是那些真正有学术建树,有良好的教学经验,又能将学问深入浅出地传达出来的重量级学者,是请“大家”来讲“通识”,所以命名为《名家通识讲座书系》。其意图就是精选名校名牌课程,实现大学教学资源共享,让更多的学子能够通过这套书,亲炙名家名师课堂。

本书系由不同的作者撰写,这些作者有不同的治学风格,但又都有共同的追求,既注意知识的相对稳定性,重点突出,通俗易懂,又能适当接触学科前沿,

引发跨学科的学习和思考的兴趣。

本书系大都采用学术讲座的风格，有意保留讲课的口气和生动的文风，有“讲”的现场感，比较亲切、有趣。

本书系的拟想读者主要是青年，适合社会上一般读者作为提高文化素养的普及性读物；如果用作大学通识课教材，教员上课时可以参考其框架和基本内容，再加补充发挥；或者预先指定学生阅读某些章节，上课时组织学生讨论；也可以把本书系作为参考教材。

本书系每一本都是“十五讲”，主要是要求在较少的篇幅内讲清楚某一学科领域的通识，而选为教材，十五讲又正好讲一个学期，符合一般通识课的课时要求。同时这也无意形成一种系列出版物的鲜明特色，一个图书品牌。

我们希望这套书的出版既能满足社会上读者的需要，又能够有效地促进全国各大学的素质教育和通识课的建设，从而联合更多学界同仁，一起来努力营造一项宏大的文化教育工程。

# 前 言

随着科技的发展、社会的进步、经济的腾飞，世界上许多重大问题和复杂事件都显示出对文、理结合人才的越来越迫切的需求。这样也就促使了文、理互渗和学科交叉的急激发展。文科向理科渗透是较为顺利的，而理科向文科的渗透、交叉和发展却困难重重，其进展不能尽如人意。对此，人们往往只囿于以人材培养上存在基础的差异这一点上去思考，而忽视从现代文化发展中的隔阂和冲突的高度上来认识。这正如已故著名物理学家吴健雄博士曾指出的：为了避免出现社会可持续发展中的危机，当前一个刻不容缓的问题是消除现代文化中两种文化——科学文化和人文文化——之间的隔阂，而为加强这两方面的交流和联系，没有比大学更适合的场所了。只有当两种文化的隔阂在大学校园里加以弥合之后，我们才能对世界给出连贯而令人信服的描述。

因此，在大学中对文科大学生开设大学物理也正是消除两种文化隔阂的有效举措之一。北京大学出版社规划出版包括本书在内的《名家通识讲座书系》应该是一个有识之举。

在编写中，作者力图避免将本书写成是压缩饼干式的或科普式的知识介绍。我认为文科物理不应包罗理工科大学物理的全部内容，而应在保持物理体系的相对完整的前提下，删减大量仅仅是技术意义上的内容，在这方面我很赞同下列的说法，即：“物理学科的发展经历了两个时期：从质点运动和波动这两个极限来反复研究热、光、声、电、磁等效应的经典物理和解释了原子内部结构及波粒二象性的近代物理。”（唐有祺语）为此，本教材很强调要打牢力学部分的基础。因为这样才能学好其他部分的内容。但这也容易造成对反映当代物理及前沿发展的介绍不足，以及对物理学研究方法论不加深讨论。本教材注意并兼顾了这些问题，除列专讲讨论方法外，还以21世纪科技界的几大重要支柱为中心做了介绍。



作为教材也相应增加了不少思考性强、趣味性强、可读性更强的问题和思考题。

综上所述,文科大学物理教材的编写,其内涵深远,绝非仅是出版一两本具体教材的问题。

本书的编写,自始至终得到了北京大学温儒敏教授、顾卫宇编辑等人的大力支持和鼓励,在此特致谢;金韵韵同学为本书补画了部分插图,亦一并致谢。

限于编者水平,错误不当之处,请诸位不吝赐教。

吴宗汉  
于石头城下

# 目 录

## 《名家通识讲座书系》总序

本书系编审委员会/1

## 前言/1

### 第一讲 人类在宇宙中的位置/ 1

- 1.1 人类在宇宙空间中的位置/ 1
- 1.2 人类在时间中的位置/15
- 1.3 现实社会中的人类/23
- 1.4 有限资源、有限地球环境制约下,人类历史进步的新思考/28

### 第二讲 物理学发展史上的首次大综合及物理学发展初期的几种思辨方法介绍/30

- 2.1 中世纪宗教势力的专横与亚里士多德经院主义哲学体系的禁锢/30
- 2.2 物理学初始发展时期的几种思辨方法/34
- 2.3 天体运动的日心说和开普勒行星运动定律/47
- 2.4 牛顿力学的发展及其哲学思考/57

### 第三讲 作为科学基础的牛顿力学/63

- 3.1 质点运动学/63
- 3.2 质点动力学/72
- 3.3 力的时间和空间累积效应/76
- 3.4 动能定理 功能原理 机械能守恒定律/80
- 3.5 刚体的运动/88

- 3.6 力学中的守恒定律与对称性/94
- 3.7 振动与波动/96
- 3.8 牛顿力学的方法论及其哲学思考/103
- 第四讲 热学与能源工程/108**
  - 4.1 热学发展简史/108
  - 4.2 热力学物理基础/119
  - 4.3 “热寂论”问题/138
  - 4.4 能源工程/139
- 第五讲 自然界的秩序和方向性/160**
  - 5.1 可逆与不可逆/160
  - 5.2 熵的微观讨论及推广/161
  - 5.3 耗散结构理论/166
- 第六讲 近代科学的重要基础——电磁学/179**
  - 6.1 电磁学发展的轨迹/179
  - 6.2 电场与磁场的基础知识/195
  - 6.3 电磁感应与电磁波/206
- 第七讲 信息科学的进步/218**
  - 7.1 电子工程发展的新潮流/218
  - 7.2 个人计算机与网络/221
- 第八讲 物理学发展中的革命风暴/240**
  - 8.1 引言/240
  - 8.2 相对论简介/247
  - 8.3 量子论的产生和量子力学的发展/268
- 第九讲 新世纪对材料科学提出的挑战和期望/288**
  - 9.1 材料科学是科学创新的基础/288
  - 9.2 材料工程中几种常用材料的介绍/289
  - 9.3 材料的复合化/296
  - 9.4 结构材料/297
  - 9.5 特殊用途材料/301
- 第十讲 原子核与基本粒子/312**
  - 10.1 核结构与核裂变/312
  - 10.2 “基本”粒子的性质及其规律/318

<b>第十一讲</b>	<b>我国科学家在基础物理研究方面的介绍/332</b>
<b>第十二讲</b>	<b>社会科学中的分形/348</b>
	12.1 应运而生的分形论/348
	12.2 分形论基础知识/352
	12.3 自然分形与社会分形/362
<b>第十三讲</b>	<b>21世纪科技发展新趋势:生物—物理大融合/369</b>
	引言/369
	13.1 从物质到生命/370
	13.2 生物技术/379
	13.3 “Bio-x”的介绍/391
<b>第十四讲</b>	<b>物理现象的非物理思考与非物理事件的物理思考/401</b>
	14.1 物理现象的非物理思考/401
	14.2 非物理事件的物理思考/409
<b>第十五讲</b>	<b>物理学研究中的常用思想方法介绍/427</b>
	15.1 分析与综合/427
	15.2 归纳与演绎/432
	15.3 类比/447
	15.4 从原型到模型的方法/455
	<b>复习思考题与习题/458</b>
	<b>参考书目/472</b>

## 第一讲

# 人类在宇宙中的位置

## 1.1 人类在宇宙空间中的位置

### 1.1.1 速率法测量距离

物体有多大？离我们有多远？这是我们经常碰到的问题。日常生活中所接触到的东西，人们能够立刻感觉到它们的大小，肉眼能大体估计出它们的远近。精确一点用尺去量，这样一些简单的方法就可以有结果。但对更大、更远的东西，如高山、大漠，就必须用更有效的方法来确定其大小和距离。一种方法就是用速率来测量。例如，汽车每小时行驶 100 公里(km)，从甲地行驶到某一地点需 5 小时(h)，我们就知道某地距甲地为 500 km。如按时速 100 km/h 绕大漠一周，费时 32 h，则大漠的周长为 3200 km。同样，用速率可以测量地球的大小。飞机飞行 100 km 约需 10 分钟(min)，若在两海岸之间飞行一次约需 500 min，则两海岸间的宽度约为 5000 km。同样一架飞机绕地球一周，几乎需要它的 10 倍的时间，于是地球的圆周大约为 50 000 km(实际是 40 000 km)。我们设想，地球是个圆球，这样就容易从它的圆周算出直径 13 000 km。这就是人类自己的住所——地球这个行星的大小。

### 1.1.2 反射法测量距离

为了显示出人类在宇宙中的位置,让我们把视野扩大到宇宙空间中的许多星体,它们距地球是很遥远的。先考虑月亮、太阳和太阳系中的星星,如何测量它们与地球之间的距离呢?最简单的方法是根据雷达技术发展出来的一个方法。即把雷达束对准目标月亮,并发出一个短脉冲信号,等候雷达所发出的信号从目标月亮上反射回来,测量出信号往返所需的时间间隔是 2.6 秒(s),即雷达信号从地球到达月亮,再从月亮回到地球,历时 2.6 s。雷达波与光波一样,都有同样的速率——300 000 km/s。于是我们得出结论:地球—月亮—地球的距离是  $2.6 \times 300\,000\text{ km}$ ,这就告诉我们,月亮离地球大约 400 000 km。当然,反射法也是利用速率来测量距离的。

知道了地球到月亮的距离,那要问,月亮有多大呢?我们看到的月亮像个圆盘。把同月亮一样大的圆盘从地平线西端挨个儿摆到天顶,再从天顶摆到地平线东端,摆成这么一个巨大的半圆形,需要 360 个同月亮一样大的圆盘,这样就可以通过简单计算得出月亮的大小。我们已知地球到月亮的距离,也知道以该距离为半径的这个半圆形的周长,即  $\pi \times$  半径,或  $\pi \times 400\,000\text{ km}$ 。月亮的直径必然是这个半圆形周长的  $1/360$ ,这是 3600 km,相当于地球直径的三分之一。月亮与地球间的距离只有地球直径的 10 倍多一点。月亮几乎是一个属于地球范围内的物体。

现在再来看一看其他的天体,首先看太阳系的成员,即太阳和其他行星。人们对行星运转已观测了许多世纪,但并不知道这到底是怎么回事。



哥白尼(1473—1543)

波兰天文学家

在哥白尼之前,盛行的是地球中心说,如毕达哥拉斯的地球中心说模型(图 1.1)。从哥白尼那个时代起才弄清楚,原来我们从地球上看到的行星的奇怪运动,是来自它们环绕太阳按圆形(实际是椭圆形,近于圆形)轨道运转,地球本身也环绕太阳运转。地球是行星之一,从太阳往外按行星轨道来数,地球是第三个行星。从地球上仔细观测行星运转,就能看出不同行星的轨道的相对大小。例如,我们从地球上观测到,水星总是靠近太阳的,它偏离太阳从不超过  $23^\circ$ 。从这一事实得出结论:水星轨道的半径是地球轨道半径的 0.38,即三分之一多一点。同样的观测方法可得出,金星轨道是地球轨道的 0.7,即三



分之二多一点(图 1.2)。这样,人们就能作出一幅比例正确的太阳系图,但是太阳系实际有多大,人们还不知道。

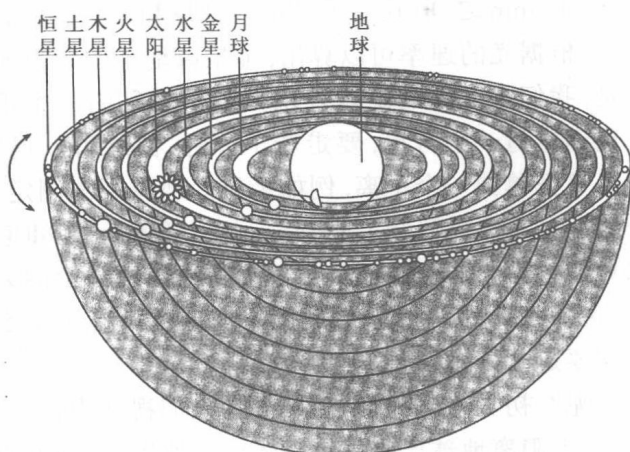


图 1.1 毕达哥拉斯的地球中心说模型

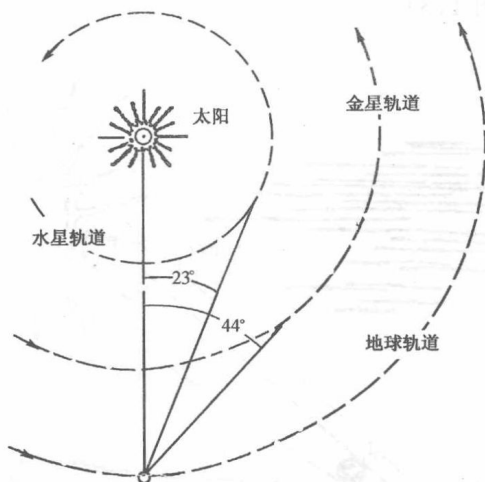


图 1.2 人们见到的水星与金星离太阳的最大角度  
(这些角度决定于地球轨道相对水星与金星轨道之间的比率)

那么我们又怎样求得这些轨道的大小,从而知道太阳系确实有多大呢?我们已经知道太阳系所有成员彼此之间的相对位置,所以,只要把一个成员离太阳的确实距离测量出来,就能知道所有行星轨道确实有多大。这里,我们仍然能够用雷达方法来测量太阳系以内的距离。

现在,虽然人们已经做过一些有成效的实验,但是还没有能够用雷达束

的技术得到地球与太阳之间距离的有效的测量结果。可是,我们能把雷达束对准靠近地球的一个行星。对于金星就曾这样实验过,而雷达束信号返回所历时间在 $5\sim 15\text{ min}$ 之间(这要看观测时地球和金星各自在其轨道上的位置而定)。这样根据光的速率可以算出,金星离地球的距离属于百万公里的数量级。于是,我们可以得到足以表示太阳系特征的一个距离。光从太阳系的一个行星到达另一个行星,要走若干分钟,由此可以得知,太阳系究竟有多大了。一旦把单独一个距离,例如金星—地球距离测定下来,要确定太阳系其他任何一种距离就不再有困难了,因为我们已经知道了行星轨道的比例及其相对的大小。这样我们马上就能得出对地球上的人来说是最重要的距离,即太阳—地球距离。原来太阳—地球距离有1亿5千万 $\text{km}$ ,光从太阳到达地球要走8分多钟。

太阳有多大呢?初看起来,太阳和月亮在人们视觉中是一般大小,可是我们很容易算出,太阳离地球比月亮远374倍。所以,太阳的直径一定比月亮直径大374倍。根据月亮的直径,就得出太阳直径是140万 $\text{km}$ ,太阳比地球大100多倍(图1.3)。

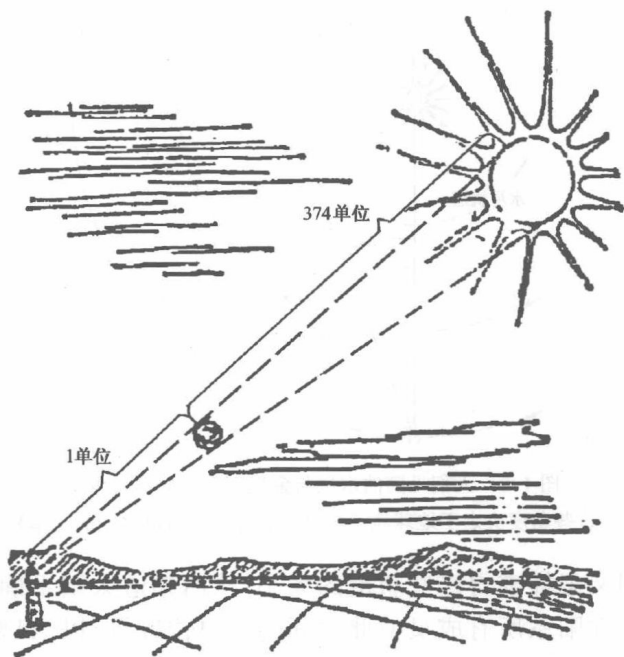


图 1.3 太阳和月亮对于地球上观察者的关系

人们已经测量过太阳系的大小了。其实,比起单独一个行星地球来,更

应当称太阳系为我们的住所。太阳是人们的光、热和能量的主要来源。我们所在的星球从属于太阳,太阳也是我们生活的一部分。太阳系是我们生活所在的世界。太阳系各行星的比较,见图 1.4 和表 1.1。

现在再让我们往太阳系外边看一看。

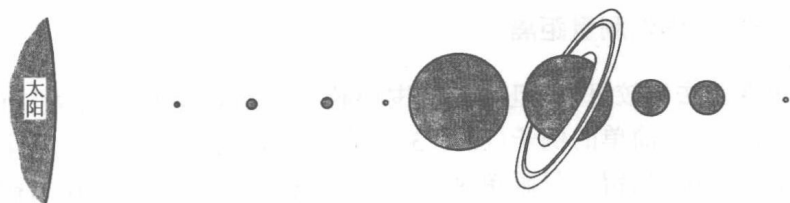


图 1.4 太阳系行星

表 1.1 太阳系行星比较

	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
距太阳的平均距离 (地球-太阳间距离=1)	0.387	0.723	1	1.524	5.203	9.539	19.13	30.06	39.44
公转周期	88 日	224.7 日	365.26 日	687 日	11.86 年	29.46 年	84.01 年	164.8 年	247.7 年
自转周期	59 日	243 日 (逆行)	23 小时 56 分	24 小时 37 分	9 小时 50 分	10 小时 14 分	11 小时 (逆行)	16 小时	6 日 9 小时
赤道直径/ km	4 880	12 104	12 756	6 787	142 800	120 000	51 800	49 500	6 000
质量(地球=1)	0.055	0.815	1	0.108	317.9	95.2	14.6	17.2	1(?)
密度(水=1)	5.4	5.2	5.5	3.9	1.3	7	1.2	1.7	?
大气(主要成分)	无	CO	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> He	H <sub>2</sub> He	H <sub>2</sub> He 甲烷	H <sub>2</sub> He 甲烷	未检出
可视表面的平均温度/ °C (固=固体)	350(固) 昼 -170 (固) 夜	33(云) 480 (固)	22(固)	-23 (固)	-150 (云)	-180 (云)	-210 (云)	-220 (云)	-230 (云)
卫星个数	0	0	1	2	13	10	5	2	0

人们所看到的众多星星被叫做“恒星”,因为看起来,它们是不动的,而行星环绕太阳运转,则是明明白白可以看得到的。实际上,星星之所以为“恒”星,只是由于它们离我们太遥远了,以致它们的任何运动,都会慢得使