

普通高中课程标准实验教科书·地理·选修

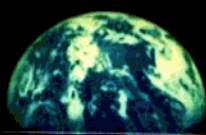
# 宇宙与地球

YUZHOU YU DIQIU

## 教师教学用书

JIAOSHIJIAOXUE

YONGSHU

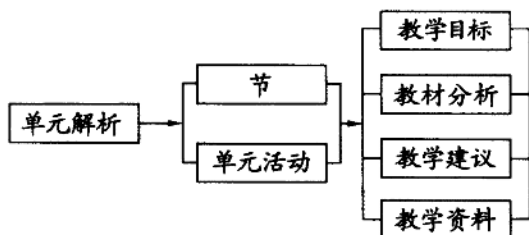


山东教育出版社

## 编写说明

为了帮助教师理解、使用好普通高中课程标准实验教科书(选修)《宇宙与地球》，我们在编写教科书的同时，编写了这本教师教学用书。

本书各单元结构体系如下：



首先进行单元解析，帮助教师把握本单元在教科书中的地位 and 作用、本单元的知识体系、重点和难点、课程标准的要求，以及每节的主要内容。

各节与单元活动中一致的部分有：① 教学目标，依据课程标准，结合教科书具体内容而制定，是对本节教学的一般要求；② 教材分析，从教材编写的角度，谈对课程标准的具体理解，分析本节教材的内容与结构；③ 教学建议，针对教科书，以写批语、加注释的形式提出对教法和学法的建议，有的是对一段完整内容的设计，有的是针对某一幅图、某个知识窗的设计，有的是针对活动设计的建议；④ 教学资料，介绍一些相关的知识，提供较为丰富的背景资料，为教师教学提供方便。有些单元活动的最后设计了课题参考，供教师组织活动时选择。

参考书目，把我们在编写教科书和教师教学用书中参考的部分专业和科普书籍推荐给教师们，相信对帮助教师掌握宇宙与地球知识大有裨益。

本书主编姜建春，编写者：吴昭洪、徐伟、李爱兰、祝成彦。

由于缺乏教学实践的反馈信息，编写时间又很仓促，因此这本教师教学用书在内容和形式方面都有待进一步完善，希望广大教师提出宝贵意见和建议。

2005年9月

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第一单元 浩瀚的宇宙</b> .....     | 1   |
| 第一节 宇宙概观 .....              | 3   |
| 第二节 宇宙起源和恒星演化 .....         | 17  |
| 第三节 探索宇宙 .....              | 32  |
| 单元活动 学会使用星图 .....           | 45  |
| <b>第二单元 神奇的太阳系</b> .....    | 56  |
| 第一节 太阳及太阳系 .....            | 58  |
| 第二节 地球的卫星——月球 .....         | 73  |
| 单元活动 学用小型天文望远镜 .....        | 89  |
| <b>第三单元 永不停息的地壳运动</b> ..... | 97  |
| 第一节 地球的演化 .....             | 99  |
| 第二节 地质构造 .....              | 113 |
| 第三节 全球构造理论 .....            | 123 |
| 单元活动 学用简单的地质图 .....         | 134 |
| <b>第四单元 多姿多彩的地表形态</b> ..... | 141 |
| 第一节 主要地貌类型 .....            | 143 |
| 第二节 外力作用 .....              | 159 |
| 第三节 地表形态的演化 .....           | 171 |
| 单元活动 学习进行野外考察 .....         | 179 |
| <b>参考书目</b> .....           | 184 |

## 第一单元 浩瀚的宇宙

选修模块《宇宙与地球》从宏观层面认识地球的宇宙环境、地球自身的演化历程和地表形态的特征及其成因。通过本模块的学习，能够使学生在必修模块学习的基础上，深入地了解自然地理环境的形成机制和发展规律，进一步认识遵循自然规律，促进人地关系的协调发展。

本模块包括宇宙、太阳系和地月系、地球的演化、地表形态的变化四部分内容。“宇宙”部

分内容广泛，有些还涉及天体物理学的知识。根据高中学生的认知水平和课程标准的相关要求，本单元选取了天球坐标系、星空观察、宇宙大爆炸、恒星演化、宇宙探索等方面的基础知识，使学生从宏观层面对地球的宇宙背景有一个概要的了解。其中“宇宙大爆炸”说是当前最具影响，能较好地解释天文观测中诸多现象的学说；恒星演化是宇宙演进的一个阶段，选择这两方面的内容是为了使学生对宇宙的起源和演进有一个初步而较完整的认识。选取星空观察和人类对宇宙的探索等内容，是为了培养学生的观测能力和科学探索精神。

本单元内容的编排并未完全依照课程标准中内容标准的表述顺序，而是按照“认识宇宙——追溯宇宙——探索宇宙”的总体思路展开的，既符合由

### 第一单元 浩瀚的宇宙

从盘古开天辟地的传说到宇宙大爆炸理论，从嫦娥奔月的神话故事到人类登上月球、进军火星，在探索宇宙奥秘的进程中，充满了艰难险阻，但人类孜孜不倦，百折不挠，不断前进，不断突破。可以预言，随着现代科技的不断发展，人类对宇宙的认识也必将不断深化。让我们跨越历史的长河，漫游广阔的宇宙，领略宇宙的无穷魅力。



浅入深、层层递进的认知规律,又有利于逐步增强学生探究宇宙奥秘的兴趣,形成融会贯通的学习能力。

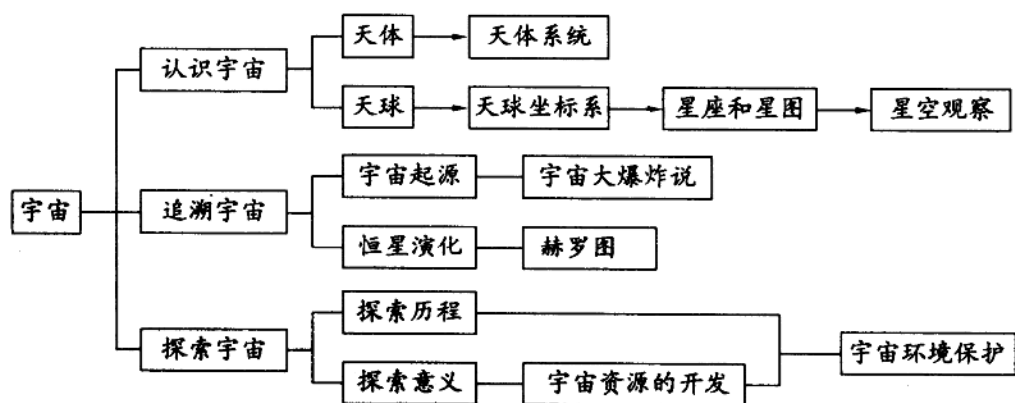
学生对地球的宇宙环境已有一些初步的了解。在此基础上,第一节“宇宙概观”为使学生对宇宙有一个比较全面的概括认识,首先对“宇宙和天体”、“天体系统”等内容作了进一步的拓展深化,继而依照课程标准要求,引入“天球”、“天球坐标系”、“星座”、“星图”等概念,为进行星空观察等实践性活动作铺垫。

第二节“宇宙起源和恒星演化”,概要讲述了有关宇宙起源的最有影响的宇宙大爆炸说和反映恒星演化规律的赫罗图。本节先是简要介绍了宇宙大爆炸说所阐述的宇宙演化过程和该学说对天文观测中一些现象的解释,接下来介绍了赫罗图上恒星的分布规律和恒星的演化过程。

第三节“探索宇宙”,回归人类与宇宙的主题。教材以实例讲述了人类从古到今探索宇宙的历程,进而分析探索宇宙的重要意义,最后指出人类在宇宙探索和开发中应注意的宇宙环境保护问题。

在第一节简要介绍了“星座”和“星图”概念的基础上,教材安排和设计了单元活动“学会使用星图”,不仅落实了课程标准中有关“星空观察”的要求,更有利于锻炼和培养学生的动手能力。

本单元的知识结构如下:



## 第一节 宇宙概观

### ● 教学目标

1. 说出宇宙中天体的类型、基本天体的特征和天体系统的层次。
2. 运用天球坐标系简图，确定主要恒星的位置；说出星座和星图的概念。
3. 通过建立天体系统的概念，初步形成正确的宇宙观；通过建立天球坐标系的概念，培养空间想像力。

### ● 教材分析

什么是宇宙？宇宙中有什么？这是学习本模块首先要弄清的基本问题。虽然通过必修模块的学习，学生对地球所处的宇宙环境已有一些初步的了解，但对“宇宙”的认识往往是模糊的、不全面的。本节教材从我们经常看到的恒星入手，由近及远、由浅入深地概述了宇宙的全貌，在引导学生回顾已有知识的基础上，进行适当的深化拓展，使学生对宇宙有一个比较全面的概括认识。

教材第一目“宇宙和天体”，概述了宇宙的含义和天体的类型。宇宙是空间上无穷无尽、时间上处在不断运动和发展中的物质世界。而天文学上的宇宙，即“观测宇宙”，其范围是不断扩展的。恒星是人们肉眼可以看到的天体，学生很感兴趣，又有很多疑问，因此教材突出讲述了恒星的主要特征。星云是与恒星同等级的天体，教材也作了介绍。

第二目“天体系统”，从地月系到太阳系，再从太阳系到银河系，又从银河系到总星系，即目前人类所能观测到的宇宙。教材在帮助学生弄清宇宙概念的同时，引导学生加深对恒星世界的认识。

按照课程标准“运用天球坐标系简图，确定主要恒星的位置”这一要求，教材第三目“天球和天球坐标系”详细讲述了“天球”和“天球坐标系”的概念。地球上任何一个地点的位置都对应一定的经纬度，对于星空中任何一个天体的位置则可借助天球坐标系来确定。天球坐标系有地平坐标系、赤道坐标系、黄道坐标系等，其中赤道坐标系又有第一赤道坐标系、第二赤道坐标系之别。另外，教材安排了活动“制作简易的天球仪，并标注几颗亮星的位置”，以落实课程标准中的相应要求。

在天球坐标系简图上确定主要恒星的位置，不是课程标准的最终要求，而是要在此基础上，能运用星图观察星空，因此教材安排了第四目“星座和星图”。运用星图进行星空观察是一项实践性很强的教学活动，教材在这里只是简要讲述了“星座”和“星图”的概念，为后面的单元活动——“学会使用星图”作铺垫。

## ● 教学建议

建议安排2课时。

导入新课：

方案一：由教材开头的问题情境导入，引出本节主要的学习内容。

方案二：出示有关星空图片，提出问题：“晴朗的夜晚仰望星空，有无数的星星在闪烁，你知道星星为什么会闪烁吗？星星离我们有多远？星空到底有多大？”从而激发学生探索宇宙奥秘的兴趣。

关于“宇宙”的定义，要使学生明白“宇”是空间的概念，“宙”是时间的概念，宇宙是天地万物的总称。

天文学上的宇宙，是指“观测宇宙”，即现在能够观测到的整个时空范围，在空间上有边界，在时间上有起源。

## 第一节 宇宙概观



图 1-1-1 浩瀚的宇宙空间示意

“天阶夜色凉如水，卧看牵牛织女星”，是唐代大诗人杜牧脍炙人口的诗句。晴夜仰望，但见天穹深邃，繁星闪烁，银河高悬，流星飞逝。茫茫宇宙赋予人们无穷的美感，引发人们无限的遐想。

## 问题

宇宙由什么组成？对于不停运动着的天体，怎样确定它们的方位，观测并记录它们的变化规律？

## 一、宇宙和天体

我国汉代的高诱在《淮南子·原道训》注中指出：“四方上下曰宇，古往今来曰宙，以喻天地。”这为宇宙（universe）下了一个颇为确切的定义。四方上下指的是空间，古往今来指的是时间。这表明宇宙在空间上包罗万象，在时间上永无止境。宇宙是物质世界，它处于不断的运动和发展中。

天文学上的宇宙，通常是指用现有天文观测手段所观测到的整个时空范围，即“观测宇宙”，简称宇宙。20世纪以来，特别是60年代大型天文望远镜的使用和空间探测技术的发展，使人



类天文观测的范围大大扩展,目前已达到150亿~200亿光年\*的时空区域。当然,这只是无穷无尽的物质宇宙的一部分。

宇宙中的各种实体,通称为天体(celestial body)。在广袤的宇宙中存在着各种不同的天体。恒星、星云、行星、卫星、彗星和存在于星际空间的气体和尘埃——星际物质,以及近年来利用新的观测方法发现的红外源、射电源、X射线源、 $\gamma$ 射线源等都属于自然天体。此外,在太空中运行的人造卫星、宇宙飞船、航天飞机和空间实验室等属于人造天体。

恒星(star)和星云(nebula)是宇宙中最基本的天体。夜空闪烁的点点繁星,差不多都是恒星。人们用肉眼可以看到的恒星,全天就有6 000多颗。借助天文望远镜,可以看到几十万乃至几百万颗以上的恒星。

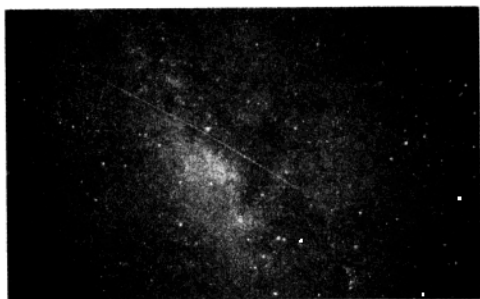


图 1-1-2 繁星密布的银河



图 1-1-3 猎户座马头星系

● 恒星是由炽热气体组成、能自己发出光热的球状天体。恒星表面温度高达2 600~40 000K\*\*, 中心温度可高达数百万K至数亿K。恒星通过内部激烈的热核反应,源源不断地向外释放能量。

\* 光年,计算天体距离的一种单位。光年就是光在真空中一年所走过的距离,即  $1 \text{ 光年} = 9.46 \times 10^{12} \text{ 千米}$ 。

\*\* 热力学温度单位开尔文的国际符号,摄氏0度相当于273K。

学生对天体的概念及类型已经有所了解,可在引导学生回顾已有知识的基础上,作适当的补充;也可出示一些天体的图片,由学生说出其名称或类型。

对于恒星,教学时可以从几颗恒星作为实例,分析恒星的共性;还可指出太阳是宇宙中一颗普通的恒星,它的各项物理参数在恒星中并不突出,但由于它是距离地球最近的恒星,对地球来说有重大的意义。



对于星云,可利用图片讲清它在望远镜中观察到的形态,呈云雾状(而恒星是光点),由气体和尘埃物质组成,体积大,密度小,不必作过多讲述。

让学生阅读知识窗“恒星真的不动吗”,了解恒星不“恒”。“恒星”的本意是“固定的星”,所谓“固定”,并不是说恒星没有运动,而是说恒星之间的相对位置似乎没有变化,如天鹰座的三颗亮星(牛郎三星)始终成一直线,织女星旁的四颗小星始终成梭子形等,但恒星之间的相对位置的不变只是近似的。

“天体系统”内容的教学,可通过复习提问或指导学生自学的方式进行。对于地月系和太阳系,下一单元将作较为详细的讲述,这里只需要知道它们的中心天体(绕转中心)和基本组成即可。

● 恒星质量巨大。恒星质量大体介于 $0.01 \sim 200$ 太阳质量之间,其中大多数恒星的质量在 $0.1 \sim 10$ 太阳质量之间。在宇宙中,太阳只是一颗质量中等的恒星。

● 除太阳外,恒星距离地球十分遥远。人们用肉眼觉察不到恒星之间相对位置的变化,便误认为它们恒定不动,因此古人称其为“恒星”。

星云由气体和尘埃物质组成,外表呈云雾状,与恒星相比,具有质量和体积大、密度小、温度低的特点。

### 知识窗

#### 恒星真的不动吗



图 1-1-4 北斗七星图形的变化

恒星绝非恒定不动。实际上,所有恒星都处在不停的运动和变化中。由于恒星距离我们极其遥远,必须经过极长的时间,或进行精确观测才能发现它们在运动。例如,我们熟悉的北斗七星,现在看起来排列得像勺子的形状,但是,在10万年前和10万年以后,北斗七星的形状都跟现在不一样,这是由于北斗七星各成员以不同的方向、速度在运动。

## 二、天体系统

在宇宙中,天体处在永不停息的运动之中,形成具有一定层次、结构和关系的天体系统(celestial body system)。

● 地月系(earth-moon system)是由地球及其天然卫星——月球组成的天体系统。与月球相比,地球的质量大得多,地球成为地月系的中心天体。地球与月球相互吸引,使月球在自转的同时不停地围绕地球公转。

● 太阳系(solar system)是以太阳为中心天体,地月系、其他行星及其卫星、小行星、彗星、流星体和行星际物质围绕太阳

公转所构成的天体系统。它是比地月系更高一级的天体系统。

● 银河系 (Milky Way galaxy) 是比太阳系更高一级的天体系统。银河系中, 恒星总数达 2 000 亿颗以上, 而太阳只是其中极普通的一颗恒星。太阳系距银河系中心大约 2.8 万光年。太阳带着太阳系的其他天体, 以 250 千米/秒的速度绕银河系中心转动, 绕行一周需 2.5 亿年。

银河系这个巨大的天体系统, 也只是已知宇宙的一部分。在银河系之外, 已观测到数十亿个像银河系规模的天体系统——河外星系, 简称星系 (galaxy)。例如, 离银河系较近的仙女座星系, 距离银河系约 220 万光年。

### 知识窗

#### 银河系

夏夜仰望天空, 可以看到横贯天空的银河 (the Milky Way)。从天文望远镜中观看, 银河实际上是由千千万万颗恒星组成的。在银河系里, 大多数恒星集中在一个扁球状的银盘内, 侧面看去像一只铁饼。银盘的直径约 8 万光年, 中心厚度约 1.2 万光年。银盘外面还有一部分恒星, 稀疏地分布在一个近似于圆球的空间范围内, 形成银晕。

银河系的总质量约相当于 1 400 亿个太阳的质量, 其中恒星的质量约占银河系总质量的 90%, 星际物质约占 10%。各类天体都绕着银河系核心 (银核) 旋转, 天体离银核的距离不同, 其绕转速度也不同。

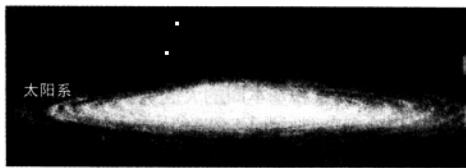


图 1-1-5 银河系侧视示意

● 星系团 (cluster of galaxies) 是由几十个至上万个星系组成的天体系统。若干个星系团可构成更大的天体系统——超星系团 (supercluster)。

5

对于银河系, 要让学生弄清楚银河系是一个庞大的天体系统, 太阳只是其中的一颗普通恒星, 太阳系也并非位于银河系的中心。

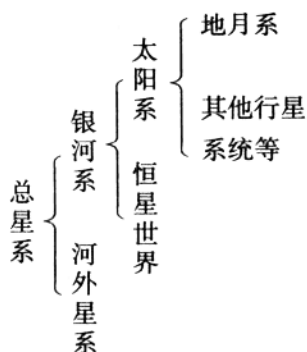
让学生阅读知识窗“银河系”, 教师还可对银河系作适当的补充, 如出示银河系俯视示意图等, 增强学生的感性认识。

河外星系与银河系一样, 也是由大量的恒星、星云和星际物质组成的。可出示教材中提到的仙女座星系的图片, 明确它是位于仙女座的一个河外星系。

总星系实质上就是前面所说的“观测宇宙”。可指出总星系也不是静止的, 而是按一定的规律运动着。随着科学技术的发展、观测手段的提高, 我们观测到的宇宙范围还会越来越大, 认识还会越来越深入。

活动参考提示：

该活动能使学生加深对天体系统层次的认识。对照图 1-1-6，列出下表：



“天球”对学生来说，是个新概念，但又与人们实际感觉一致。可从“天体的位置怎样描述？”引入天球，并结合图 1-1-7，讲清楚以下几点：天体的球心是观测者或地心，它的半径是无穷大；观测者位置的变化对所建立的天球无影响，这样不同位置相互平行地观察同一方向，一定是同一个点；天体的距离不同对描述天体的位置也无影响，因为天体位置都是以该天体在天球上的投影来确定的。

“天球”概念的建立，为研究天体的位置和运动提供了基础。就像用地理经度和地理纬度两个坐标来确定地球上一个点的位置一样，人们又建立了天球坐标系。对学生来说，理解天球坐标系，需要一定的空间想像力，因此教学中可先利用地球经纬网引入天球坐标系，然后利用天球仪进行讲解，有助于学生较好地理解和建立天球坐标系。一般的天球仪，其基本结构是以天赤道坐标系为基准，同时还加了一条黄道。

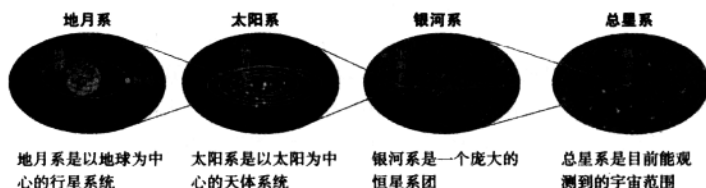


图 1-1-6 天体系统

## 活动

读图 1-1-6，设计一张简表，表示宇宙中天体系统的层次。

## 三、天球和天球坐标系

抬头凝视天空，苍茫天穹就像一个硕大无比的半球，日月星辰都镶嵌在球面上。人们不管走到哪里，都会感到自己始终置身于半球的中心。如果把天穹与观测者地平圈以下的半球合起来，整个天空就好像一个完整的球。天球 (celestial sphere) 是人们为了研究天体在天空中的位置和运动而假想的一个圆球。天球的球心是观测者或地心，它的半径是无穷大。

借用建立地理坐标的方法，在天球上选择一些假想的点和大圆，作为基本点和基本圈，则天球上任意天体的位置就可以用该天体距离基本点和基本圈的大圆弧（或大圆弧所对应的圆心角）来度量。根据天球上的基本点和基本圈建立起来的坐标系叫做“天球坐标系” (celestial coordinate system)。

将地球自转轴无限延长，同天球球面相交于两点，叫做天极。天极分为南天极和北天极。地球赤道平面无限扩大，同天球相割而成的大圆，叫做天赤道。将地球绕太阳公转轨道平面无限扩大，同天球相割而成的天球大圆称为黄道。黄道与天赤道相交于春分点和秋分点。

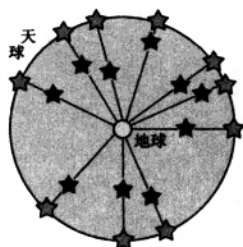


图 1-1-7 天体在天球上的投影

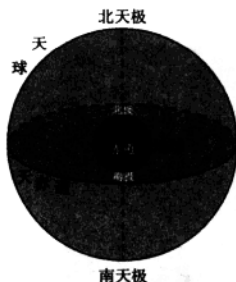


图 1-1-8 天赤道、天极示意

以天赤道为基本圈,天体相对于天赤道所张的圆心角就是赤纬。赤纬以角度单位表示,从 $0^\circ \sim \pm 90^\circ$ 。其中,在天赤道以北记作“+”,在天赤道以南记作“-”。赤经则以通过春分点的经线作为起始圈,沿天赤道向东度量,并以时角单位表示(从 $0^h \sim 24^h$ ,相当于从 $0^\circ \sim 360^\circ$ )。

有了天球坐标系,天体的位置就可以用赤经和赤纬来确定。例如,小熊座中心位置约为赤经 $15^h 30^m$ ,赤纬 $+75^\circ$ ,该星座中的北极星(polestar)是离北天极最近的一颗亮星,在北半球任何地方都可用北极星来判别方向,而且它的地平高度大致等于观测点的地理纬度。

#### 四、星座和星图

为了便于认识恒星,人们将天球划分成若干区域,这些区域称为星座。国际天文学联合会将全天分成 88 个星座,并规定了各个星座在天球坐标系的赤经和赤纬范围。

各个星座中的恒星,被联结成各种不同的图形。根据这些图形,我们就能辨认不同的星座以及星座中的恒星。星座的名称大多以神话人物、动物或器具来命名。例如,大熊座、小熊座、仙后座、天鹰座、天琴座、猎户座等,都是很有名的星座。

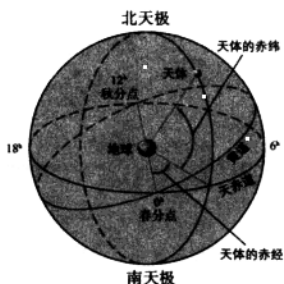


图 1-1-9 天体在天球坐标系中的位置

借助天球仪和图 1-1-8,使学生弄清天赤道、南天极、北天极、黄道、春分点、秋分点等概念。

可指出由于所选的基本圈和基本点不同,所建立的天球坐标系是不同的。教材中介绍的天体坐标系,是以天赤道为基本圈来度量赤纬,以春分点为原点(春分点所在的春分圈为起始圈)来度量赤经。

引导学生阅读图 1-1-9,先认识天球坐标系的建立,再观察图中天体在天球坐标系中的位置,以及该天体赤纬和赤经的度量和表示方法。强调赤纬以角度单位表示,且有“+”、“-”之分;赤经则是以时角表示,以通过春分点( $0^h$ )的经线为原点,沿天赤道向东(即逆时针方向)度量。可让学生说出图中天体大致的赤纬和赤经。

可继续利用天球仪,选择几颗亮星,指导学生读出其赤纬和赤经。也可在天球坐标系简图上,想

像并标注它们的大致位置。

星座实际上是为了更直观地描述恒星的位置，便于人们寻找和辨认而划分的。学生在生活中对星座的名称也有一定的了解，在这里可利用图 1-1-10、图 1-1-11，或补充天鹰座、天琴座等图片，让学生进行观察，不必多花时间讲解，因为后面单元活动中还要让学生认识这些星座。

可出示一幅某季节的星图，讲清星图的概念和作用，指出不同季节的星空变化是有规律的，同时交代后面的单元活动安排有“运用星图进行星空观察”的实践活动，有兴趣的同学可在课外进行观察和准备。

#### 活动参考提示：

该活动一方面有助于学生达成“在天球坐标系中确定主要恒星的位置”的学习目标，另一方面也锻炼了动手能力。可让学生课下完成后，在班内进行展示和交流。



图 1-1-10 狮子座示意

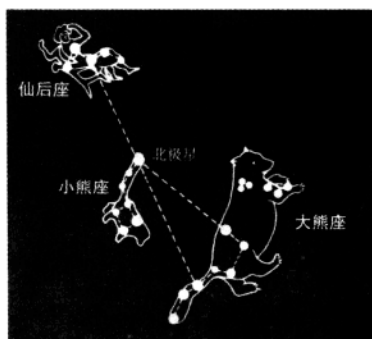


图 1-1-11 几个著名的星座示意

每一颗恒星都从属于一定的星座。例如，织女星属于天琴座，北极星属于小熊座，“北斗七星”属于大熊座。

人们通过长期观测，将星空中的天体投影绘制成平面图，称为“星图”，用来表示恒星的位置、亮度和形态。星图是天文观测的基本工具。

### 活动

用一只乒乓球表示“天球”。在“天球”上标出天赤道、黄道、北天极、南天极和春分点，并将下列亮星的大致位置标注在“天球”上。

| 星 名 | 赤 经                 | 赤 纬                  |
|-----|---------------------|----------------------|
| 天狼星 | $06^{\circ}45'09''$ | $-16^{\circ}42'46''$ |
| 大角星 | $14^{\circ}15'39''$ | $+19^{\circ}11'13''$ |
| 织女星 | $18^{\circ}36'56''$ | $+38^{\circ}46'59''$ |
| 牛郎星 | $19^{\circ}50'47''$ | $+08^{\circ}52'02''$ |

## 宇宙

宇宙是天地万物的总称，即客观存在的物质世界，也就是广漠的空间和存在于其中的天体和弥漫物质。但它的本义兼有空间和时间两个方面概念。战国时代的尸佼在《尸子》中有：“上下四方曰宇，往古来今曰宙”，可见我国古代就把宇宙看成空间和时间的统一。

哲学上所说的宇宙或物理宇宙是无限的，即空间上的无限性和时间上的无限性。张衡在其《灵宪》中已模糊地说到：“宇之表无极，宙之端无穷”。宇宙在空间上是无边无际的。它没有边界，没有开头，也没有中心；在任何方向上，它都是无穷的。宇宙在时间上是无始无终的。它没有起源，没有年龄，也没有寿命；无论是过去或是未来，它都是无尽的。宇宙无限的理论，不是三言两语所能阐明的。一位天文学家用“巧妙”的方法，简单地论证宇宙无限的理论。他说：要证明宇宙是无限的，倒不如反过来证明宇宙不可能是有限的！如果认为宇宙在空间上是有限的，它不论多大，总是有边界的。那么，边界之外是什么呢？如果宇宙在时间上是有限的，它不论多久，总是有一个开端。那么，“在此之前”又是什么呢？如果宇宙不可能是有限的，那么，它自然是无限的了。

现代宇宙学所研究的宇宙或科学上的宇宙，是指“观测宇宙”，即现在能够观测的整个时空范围，实质上就是总星系。这样的宇宙是物理宇宙的一个组成部分，它不是无限的。在无限的宇宙之中，任何具体的事物都是“渺小”的和有限的，在空间上有它的边界，在时间上有它的起源。

## 恒星世界

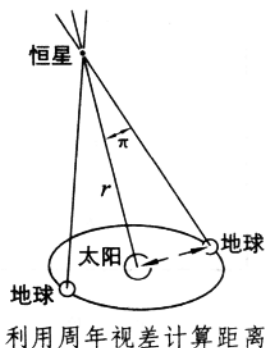
银河系中估计有数以千亿计的恒星，稀疏地分布在约8万光年的银河系空间范围内。这些恒星的性质和特点千差万别。现从恒星的距离、运动、质量和大小、颜色和温度等方面予以说明。

1. 恒星的距离。恒星距离我们非常遥远，连光都要走好多年。那么，怎样测量出恒星的距离呢？测量的方法很多，其中，对大量较近的恒星可以采用三角视差法测量。如图，地球绕太阳作周年运动，地球和太阳的距离在恒星处的张角称为“周年视差”，用 $\pi$ 表示。地球和太阳的平均距离 $a$ 是已知的，周年视差可测定出。这样，有了 $a$ 和 $\pi$ ，恒星和太阳的距离 $r$ 就很容易求出，即：

$$r = \frac{a}{\sin \pi} \quad (\pi \text{ 很小, 按直角三角形公式计算})$$

测量恒星的距离还有其他许多方法，而三角视差法是最基本的方法。

2. 恒星的运动。恒星在不停地运动着，运动的方向和速度大小均不相同。我们可以把恒星相对于太阳系的运动速度按矢量的分解方法分解成两个分速度：一个是沿着观察者的视线方



向, 这个速度不可能直接观测到, 要通过另外的方法测出; 另一个分速度是与观察者视线方向垂直的切向速度 (或叫做恒星的自行), 由于恒星十分遥远, 一般用肉眼不易觉察。但是, 如果精确地、长时间地观察一个恒星位置相对于背景恒星的变化, 可以求出它的切向速度大小和方向。北斗七星 10 万年前和 10 万年后形状的变化, 正是这七颗星各自不同的切向速度长期累积的结果。

恒星的速度和距离可以作这样一个比喻: 把恒星看做一个苹果大小。假如这样的一批苹果 (恒星), 每个相距观察者 24 万千米, 那么其中运动最快的, 每小时才移动 0.15 米, 正因为如此, 没有精密的测量, 我们是不会觉察到的。

3. 恒星的质量和大小。大量的研究发现, 恒星质量虽然不同, 但相差并不十分悬殊。目前所知质量最大的恒星约为近 50 个太阳的质量, 已知质量很小的恒星还不到太阳质量的 0.1, 许多恒星的质量与太阳相近。

但恒星的大小相差非常大。如: 猎户座  $\alpha$  星 (参宿四) 的直径在 700 至 1 000 个太阳直径之间变化着。而小的恒星直径却比月球还小, 只有太阳直径的  $\frac{1}{50\,000}$ , 甚至还有直径只有二十几千米的恒星。太阳是一颗中等大小的恒星。最大和最小的恒星可以相差  $10^8$  倍左右。

4. 恒星的颜色和温度。恒星表面温度较低时, 呈红色; 表面温度增高, 呈黄色; 随着表面温度继续升高, 恒星颜色也继续变化。这种关系就好像把一块铁放在炉中, 随着温度升高, 铁的颜色逐渐变红、变黄、变白、变蓝一样。因此, 可以找到恒星的颜色和温度之间的关系, 参阅下表。

| 恒星颜色 | 表面温度 (K)        | 举例                                    |
|------|-----------------|---------------------------------------|
| 蓝    | 40 000 ~ 25 000 | 猎户 $\zeta$ (参宿一)                      |
| 蓝白   | 25 000 ~ 12 000 | 猎户 $\beta$ (参宿七)<br>室女 $\alpha$ (角宿一) |
| 白    | 11 500 ~ 7 700  | 天琴 $\alpha$ (织女)<br>大犬 $\alpha$ (天狼)  |
| 黄白   | 7 600 ~ 6 100   | 小犬 $\alpha$ (南河三)                     |
| 黄    | 6 000 ~ 5 000   | 御夫 $\alpha$ (五车二)<br>太阳               |
| 红橙   | 4 900 ~ 3 700   | 牧夫 $\alpha$ (大角)                      |
| 红    | 3 600 ~ 2 600   | 猎户 $\alpha$ (参宿四)                     |

5. 星团。除了单个出现的恒星以外, 大量的恒星组成双星、聚星或星团, 它们之间有物理



联系。双星由两颗星组成，聚星由三颗以上的星组成，而星团则由更大数目的恒星组成，从十几个到几十万个不等。它们聚集成团，只有在大望远镜中才可以将它们分离出恒星光点，如著名的金牛座昴星团又称“七姐妹星团”，肉眼能看到其中的七颗星，实际上它有280多颗星，距离我们400光年。

## 星 云

星云是属于银河系内的天体。除个别外，多数星云必须借助望远镜才能看到，在望远镜里它们呈云雾状。星云有亮有暗，亮星云是反射近旁的星光或被激发发光，暗星云是吸收后面的星光，看起来是亮背景中的暗星云，但它们本质相同。星云常根据它们的位置或形状命名，猎户座大星云就是位于猎户座的亮星云。

星云的物质密度十分稀薄，主要成分是氢。根据理论推算，星云的密度超过一定的限度，就要在引力作用下收缩，体积变小，逐渐聚集成团。一般认为恒星就是星云在运动过程中，在引力作用下，收缩、聚集、演化而成的。恒星形成以后，又可以大量抛射物质到星际空间，成为星云的一部分。所以，恒星与星云在一定条件下是可以相互转化的。

## 银河与银河系

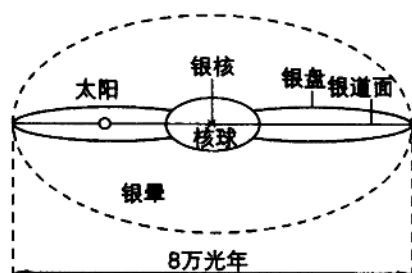
夏秋季节，无月的晴夜，人们可以在天空中看到一条淡云薄纱般的白色光带，天文学上称之为银河（民间也叫天河）。银河曾是一个猜不破的谜，直到望远镜问世后，云雾状的银河才被分解为点点繁星，由于它们太密集，距离又遥远，所以肉眼望去就成为白茫茫一片的云雾状光带。恒星天文学的创始人、英国天文学家赫歇耳系统地研究了恒星的分布后发现，愈近银河，恒星分布愈密集，离银河愈远，恒星分布愈稀疏。他由此悟出，密集在银河中的无数恒星，连同散步在天空各方的点点繁星，包括我们所在的太阳系在内，都属于一个庞大无比的恒星系统，并把它称为银河系。如果把银河系比作一座茂密的森林，那么，从地球上看来，满天繁星好比是它周围可辨的单株树木，而银河则是远方的一片模糊密林。

由此看来，银河与银河系是同一事物的两个不同图像。银河系是以银河命名的星系，我们置身于银河系内，无法看清它的全貌，所见到的只是银河系主体在天球上的投影，这便是银河。

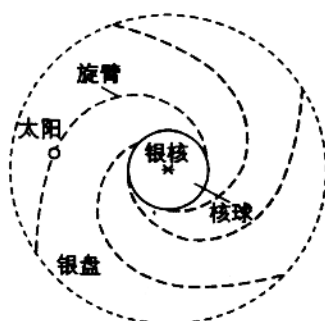
银河绵延周天，平均宽度约 $20^\circ$ ，其中心线（称银道）构成天球的一个大圆，与天赤道成 $62^\circ$ 交角。明亮的银河中，夹有暗的、长条形的裂隙和局部暗区，使银河各部分明暗不同，支离破碎。这是因为那些天区有暗星云存在，对银河发生消光现象所致。由于银河与天赤道斜交，因而其姿态绰约多变。夏秋之交的黄昏，银河最为明显。它从东北方向起越过头顶，分两支平行地伸向西南方。“银汉横空万象秋”，成了秋夜星空的写照。到冬去春来的黄昏，银河又一次在头顶越过。这一次的方向变成由西北向东南；而且，这半圈银河十分暗淡，不引人注目。

银河系是大量恒星、星云和星际物质的聚集体。它拥有两千亿颗以上的恒星，总质量约为太阳质量的1400亿倍，其中恒星约占90%，星云与星际物质约占10%。银河系的主体部分是一个又圆又扁的圆盘体，直径约为8万光年，中部较厚，边缘很薄，状如铁饼。银河之所以成为周天环带，就是因为银河系具有圆而扁的形状。圆盘体是在旋转中形成的。它的旋转轴指向

天球的两点，叫做银极，距离南北极各为  $62^\circ$ 。银盘在旋转中形成一些旋臂，太阳位于其中的一条旋臂上。圆盘体分核球和银盘两部分。核球是圆盘体的中心部分，长径约  $10\,000 \sim 13\,000$  光年，厚约  $10\,000$  光年，是圆盘体中恒星最密集的部分。核球的中心部分叫银核；银核的中心叫银心。银盘位于核球的四周，内侧较厚，约  $2\,400 \sim 4\,800$  光年；外侧较薄，约  $800$  光年。在圆盘体外围，还有银晕。它大体成球状，范围很大，但其物质密度比银盘低得多。



银河系侧视图

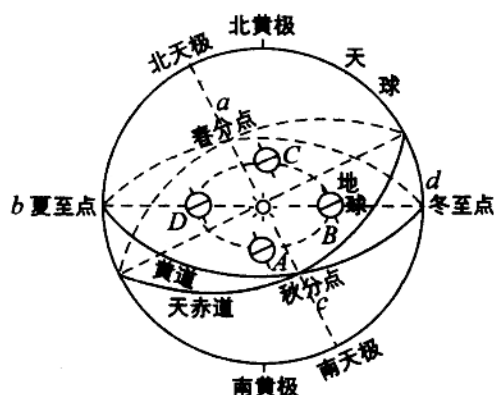


银河系俯视图

## 天球

天球是我们分析和定量计算天体位置所借助的工具。虽然实际上不存在天球，它却又和我们的感觉很一致，例如，在晴朗的夜晚，到一块远离灯光的空地上观察天象，看到的恒星、行星、月球等，我们都感觉不出它们的远近，当观测点有小距离移动时，我们也感觉不到星空的变化，这是因为星空距观测点很远。可以认为，星光都是平行光，只要朝平行的方向看去，看到的就是同一个点。因而，所有的星体像镶嵌在一个球面上，无法判断星体的距离，这个球面从头顶一直向四面八方延伸，直到地平线。这就是我们对天球的认识，它是以观测者为球心，以任意长为半径的球面。所有我们观测到的天体都被投影在这个球面上。

天球是一个新概念。它可以帮助学生从空间立体的角度考虑问题。从天球角度分析天文变化过程和得出的结果都与实际观测到的情况完全一致，这种分析方法与那种完全从实际出发的分析方法不一样，却比较直接和简洁，可以引入数学推导直接计算。例如，地球的公转，实际情况是地球绕着太阳自西向东运行，每年一周，每天约走  $59'$ ，这个太阳运行的大圆面也称为黄道面，圆周称为黄道，观测者位于天球球心，是不动的。这和我们在一年中看到的太阳位置变化规律完全一致（我们春夏秋冬夜晚看到星空的变化就是太阳移动位置的反映）。实际情况和观测到的现象关系是：观测到的黄道面与实



天球示意图