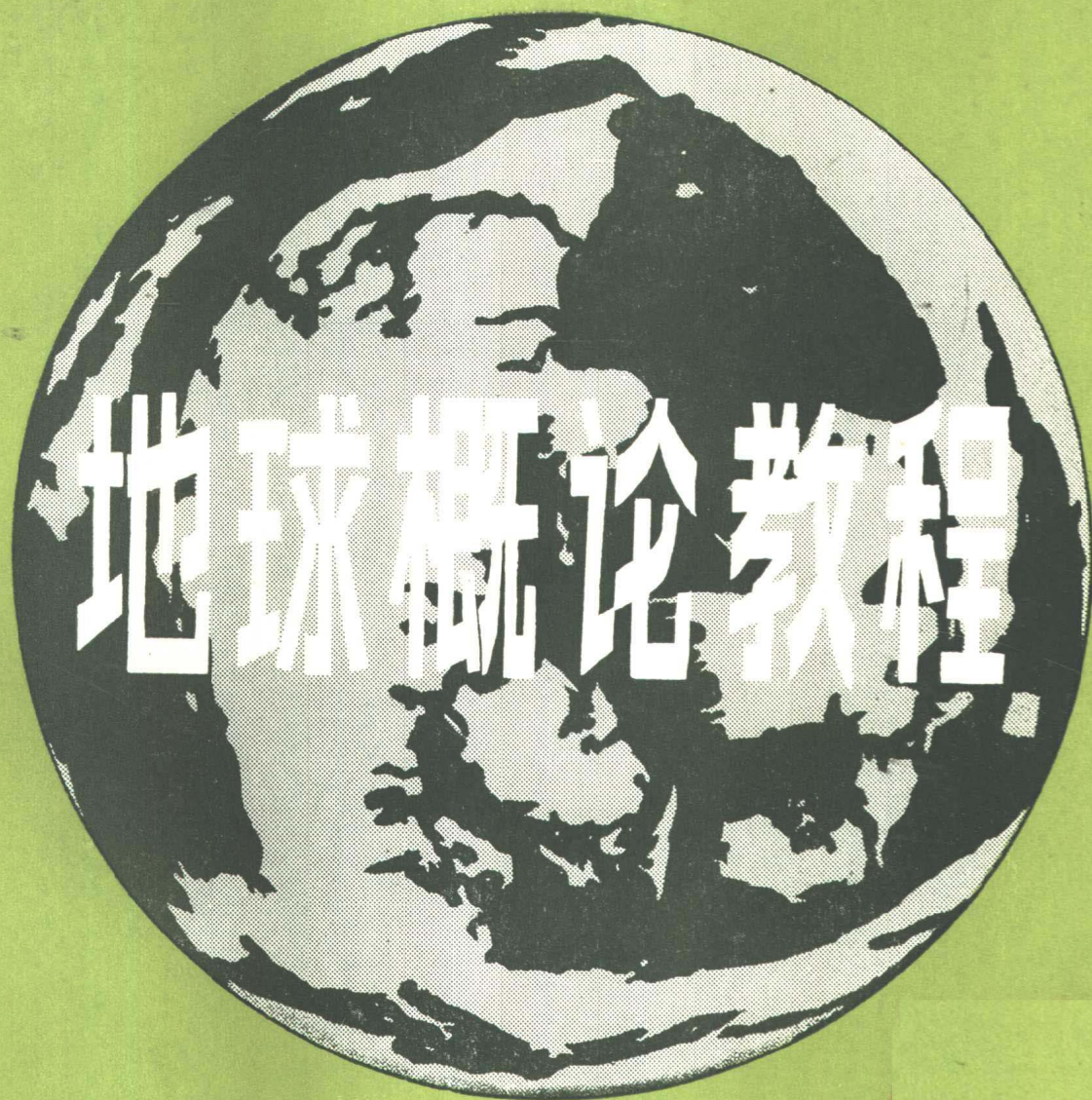


高等学校试用教材



徐宝棻 应振华 编著

高等教育出版社

高等学校试用教材

地球概论教程

徐宝棻 应振华 编著

高等教育出版社

高等学校试用教材

地球概论教程

徐宝棻 应振华 编著

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张 12 字数270,000

1983年11月第1版 1984年8月第1次印刷

印数 00,001—8,220

书号 12010·038 定价 1.20 元

前 言

本教程是根据全国理科地理教材编委会所制定的《地球概论》教学大纲编写的，但内容略有增加，章节安排亦有些变动。

本教程是高等师范院校地理系的基础课教材之一，其教学目的是：着重地球整体知识的阐述，为学习后继课奠定基础；培养本科学生胜任高中地理课程的教学，帮助学生初步建立辩证唯物主义自然观。

本教程天文学的内容比重较大，但并不是天文学，而是以天文学的知识为手段，研究地理环境形成的宇宙因素。

本教程的初稿在 1980 年完成以后，曾分别寄给全国四十余所高等师范院校地理系，得到各校主讲教师的热情鼓励并提出书面修改意见。修改后的教材承蒙华东师范大学金祖孟教授主持审稿会，参加审稿的有杭州大学刘南、河南师大张谭、西北师院缪维予、贵阳师院方明亮、南京师院朱长春和西南师院陈平章、彭清玲等老师。会议对教材进行了认真的审查，提出了许多宝贵意见。根据各方面意见，我们作了进一步修改。协助整理和校对清稿的有谭传凤、任志远、高建中等同志。教材中的插图由党根录、夏备德二同志清绘。对老师们和同志们的支持和帮助，我们表示衷心的感谢！

本教程第一、二、七章由华中师范学院徐宝棻编写，第四、五、六章由陕西师范大学应振华编写，第三章由两人合写。教程中的小字部分，可不在课堂讲授。限于编者水平，教程中的错误和不足之处，竭诚希望各校师生提出批评指正，并将意见寄华中师范学院地理系或陕西师范大学地理系，以便再版时参考改正。

编 者

1983 年 8 月

目 录

前言

第一章 宇宙中的地球..... 1

第一节 太阳系 1

一、太阳 1

1. 太阳的距离、大小和质量 1

2. 太阳的热能和温度 3

3. 太阳光谱传递的信息 4

4. 太阳的能源 5

5. 太阳的结构 6

6. 日地关系 8

二、行星 9

1. 水星 10

2. 金星 11

3. 火星 11

4. 木星 12

5. 土星 13

6. 天王星 13

7. 海王星 14

8. 冥王星 14

9. 地球 15

三、太阳系中的小天体 16

1. 小行星 16

2. 彗星 17

3. 流星和陨星 18

四、太阳系中天体的运动及其规律 19

1. 开普勒行星运动三定律 19

2. 万有引力定律 21

第二节 银河系 22

一、恒星 22

1. 星座 22

2. 恒星的距离 22

3. 恒星的亮度和光度 24

4. 恒星的光谱、颜色、表面温度及化学组成 24

5. 恒星的大小、质量和密度 25

6. 双星、聚星和星团 26

二、银河系中其他类型的恒星 26

1. 脉冲星和中子星 26

2. 变星 26

3. 新星和超新星 27

三、太阳是银河系中一颗普通的恒星 27

四、星云和星际物质 28

1. 行星状星云 29

2. 弥漫星云 29

五、银河系的形状和大小 29

1. 银河 29

2. 银河系的结构 30

第三节 总星系 31

一、河外星系的发现 31

二、河外星系的分类 31

三、银河系是总星系中的一个普通恒星系 32

四、奇特的河外天体——类星体 32

五、总星系 33

第四节 无限的宇宙 34

一、宇宙的概念 34

1. 无限的宇宙 34

2. 我们的宇宙 35

二、大爆炸宇宙学简介 35

第二章 地球的总体特性 38

第一节 地球的形状和大小 38

一、地球的形状 38

二、地球大小的测定 41

第二节 地球的结构 43

一、地球的内部结构 43

1. 探测地球内部结构的主要方法 43

2. 地球内部圈层结构的划分 44

二、地表结构的基本特征 46

1. 地表上的海陆分布 46

2. 地表结构的特征 48

3. 地球外貌及海陆分布的变化 49

第三节 地球的物理属性及化学成分51

 分51

 一、地球的质量和密度51

 1. 地球质量的测定51

 2. 地球的平均密度及密度分布52

 二、地球的重力53

 1. 地表重力分布与纬度关系53

 2. 重力订正与重力异常54

 三、地球的磁性54

 1. 地球磁场的成因54

 2. 地磁要素55

 3. 地磁要素的分布与变化55

 4. 地磁测量的应用56

 四、地球内部的温度及其热源57

 1. 地表热流的测定57

 2. 地球内部的热源58

 3. 地球内部的温度59

 五、地球的化学成分60

 1. 地壳的化学成分60

 2. 地幔、地核的化学成分61

第三章 地球的自转运动64

 第一节 地理坐标系64

 一、地球上的基本点和圈64

 二、地理坐标系64

 1. 地理纬度(φ)65

 2. 地理经度(λ)65

 第二节 天球和天球坐标系66

 一、天球的概念66

 二、天球上的基本点和圈67

 三、赤道坐标系(又称第二赤道坐标系)67

 四、地平坐标系69

 五、天极高度与地理纬度的关系69

 1. 天极高度等于观测地点的地理纬度69

 2. 观测北极星高度定地理纬度70

 六、极移71

 第三节 地球自转运动的方向、周期和速度72

 一、地球自转运动的方向和周期72

 1. 地球自转运动的方向72

 2. 地球自转运动的周期72

 二、地球自转的速度及速度变化73

 1. 地球自转的速度73

 2. 地球自转速度的变化73

 第四节 地球自转运动的证据74

 一、落体偏东74

 二、佛科摆实验74

 第五节 不同纬度的天体周日运动76

 一、在两极($\varphi=90^\circ$)上77

 二、在赤道($\varphi=0^\circ$)上77

 三、在赤道和两极之间($0^\circ<\varphi<90^\circ$)77

 四、恒显星和恒隐星的条件78

 第六节 地球自转运动的地理效应78

 一、地面方向及地理坐标的确定78

 二、昼夜交替和太阳辐射能在地表上的分配79

 三、沿地表运动的物体的偏移79

第四章 地球的公转运动82

 第一节 地球公转运动的证明82

 一、恒星周年视差位移82

 二、恒星周年光行差位移83

 第二节 地球公转运动的轨道、周期和速度84

 一、地球公转运动的轨道84

 二、地球公转运动的方向、周期和速度85

 1. 地球公转运动的方向85

 2. 地球公转运动的周期85

 3. 地球公转运动的速度85

 4. 地球轨道的路径86

 第三节 太阳的周年视运动——地球公转运动的反映86

 一、星空的周年变化86

 二、黄道和黄道坐标系87

 1. 黄道87

 2. 黄道坐标系88

 三、岁差——地轴的进动88

1. 造成岁差的原因	88
2. 进动的周期	90
3. 进动的后果	90
4. 极移和岁差的区别	91
第四节 行星的视运动	91
一、行星相对于太阳的视运动	91
1. 比较行星的轨道速度	91
2. 地内行星相对于太阳的视运动	92
3. 地外行星相对于太阳的视运动	93
4. 行星的会合周期	93
二、行星相对于恒星的视运动	94
1. 逆行的解释	95
2. 留的解释	95
第五节 时角坐标系(又称第一赤道坐标系)	96
一、时角坐标系	96
二、天文三角形	97
第六节 关于太阳周日视运动问题的计算	98
一、太阳出没地平时的时角和昼长	98
二、地球各纬度上的最长昼和最短昼	99
1. 决定昼长的几个因素	99
2. 各纬度上的最长昼和最短昼	100
三、晨昏蒙影和白夜	101
1. 晨昏蒙影	101
2. 白夜	101
四、太阳出没地平的方向角	101
五、太阳中天高度	102
第七节 不同纬度、不同日期的太阳视运动	103
一、回归线和极圈	103
二、不同纬度、不同日期的太阳视运动	104
第八节 地球上的四季和五带	106
一、形成四季、五带的理论根据	107
1. 形成四季和五带的主要因素	107
2. 地轴的倾斜和平移	108
二、二十四节气	108
三、四季的划分	109
四、五带的划分	110

第五章 地球的卫星	112
第一节 月球	112
一、月球的距离、大小和质量	112
1. 月球的距离	112
2. 月球的大小	113
3. 月球的质量	113
二、月球表面特征	113
1. 月球上的山	113
2. 月球上的海	113
3. 环形山(月坑)	114
三、月球的物理特性	115
四、月球的公转运动	116
1. 月球公转的轨道	116
2. 白道	116
3. 月球的位相	117
4. 月球公转的周期与速度	119
5. 月球的会合运动	119
五、月球的自转运动	120
第二节 日食和月食	121
一、日、月食概说	121
1. 月影和地影	121
2. 日、月食的种类	122
3. 日、月食的过程	123
二、发生日月食的条件	124
1. 发生日食的条件	124
2. 发生月食的条件	125
三、食季和食年	125
四、日、月食周期	126
1. 三统历周期	127
2. 沙罗周期	127
第三节 天文潮汐	127
一、潮汐现象	127
二、潮汐的动力——引潮力	128
1. 太阳对地球的引潮力	128
2. 月球对地球的引潮力	130
3. 水平引潮力	130
三、日月运行与潮汐类型	131
1. 赤道潮和回归潮	131
2. 大潮和小潮	132
3. 近地潮和远地潮	132

第四节 人造地球卫星	133
一、人造地球卫星的发射	133
1. 人造地球卫星的发射概况	133
2. 人造地球卫星的发射速度	133
3. 人造地球卫星的发射方向	134
二、人造地球卫星的陨落	135
三、人造地球卫星的视运动	136
1. 升段和降段	136
2. 太阳同步轨道	137
3. 人造地球卫星的可见条件及其升降规律	138
四、人造地球卫星的用途	139
第六章 地球上时间的计量	140
第一节 时间的计量	140
一、时间计量的基本原则	140
二、恒星时	140
三、真太阳时和平太阳时	141
1. 真太阳时	141
2. 平太阳时	142
3. 时差	143
四、地方时和区时	143
1. 地方时	143
2. 观测太阳中天高度定经度、纬度和地面目标方位角	144
3. 区时	145
4. 法定时	146
5. 北京时间	146
6. 国际日期变更线	147
五、世界时、历书时、原子时和协调世界时	147
1. 世界时	147
2. 历书时	148
3. 原子时	148
4. 协调世界时	148
第二节 历法	149
一、制定历法的基本原则	149
二、太阴历	150
三、太阳历	150
1. 儒略历	150
2. 公历(格雷果里历,简称格雷历)	151
四、阴阳历	152

1. 阴阳历的置闰	152
2. 阴阳历的其他名称	153
3. 阴阳历中的“三伏”	153
第七章 地球的起源和演化	155
第一节 恒星的起源和演化	155
一、引力收缩阶段(幼年期)	155
二、主序星阶段(壮年期)	156
三、红巨星阶段(中年期)	157
四、白矮星、中子星和黑洞阶段(晚期)	157
第二节 太阳系的起源和演化	158
一、太阳系的运动特征和结构特征	158
二、有关太阳系起源的几个主要假说	159
1. 康德-拉普拉斯星云说	159
2. 潮汐说与俘获说	160
3. 新星云说	161
第三节 地球的起源和演化	163
一、地球的形成	163
二、地球内部的圈层分化	164
三、地球外部圈层的形成	166
1. 大气圈和水圈的形成	166
2. 生物圈的形成	167
四、地球的年龄	167
五、地球圈层之间的相互影响	168
附录	170
一、球面三角形的性质及其基本公式	170
1. 球面三角形的性质	170
2. 球面三角形的基本公式(或基本定理)	171
二、地球数据	174
三、太阳数据	174
四、月球数据	175
五、行星的物理参数	176
六、行星轨道要素	176
七、星座表	177
八、最亮星表	179
九、我国主要城市的经纬度	179
十、各纬度上的最长昼和最短昼	180
十一、极地区各纬度的极昼期和极夜期	180
十二、二十四节气	180
十三、我国的人造地球卫星	181
十四、世界各国第一颗人造地球卫星	181
十五、干支表	181
主要参考书	182

第一章 宇宙中的地球

地球并不是孤立地存在于宇宙之中,而是和其他天体相互依存,相互制约的。本章将由近及远地叙述太阳系、银河系、总星系直至无限的宇宙。通过学习这些天体及天体系统的知识,了解地球和其他天体的关系,明确地球在宇宙中的地位,以便进一步认识地球的特性和地球在宇宙中的运动。

第一节 太阳系

太阳系是由太阳、行星及其卫星、小行星、彗星、流星体和行星际物质构成的天体系统。在太阳系中,太阳是中心天体。其他天体都在太阳的引力作用下,绕太阳公转。地球是太阳系中九大行星之一。

一、太 阳

太阳是太阳系的中心天体,也是距地球最近的一颗能够自身发光、发热的恒星。对地球上的人类来说,它是最重要的天体。我们对太阳的研究,主要是探明它对地球的影响,此外,以它作为一个典型来认识恒星的一般特征。

1. 太阳的距离、大小和质量

太阳的距离 地球绕太阳公转轨道是一个椭圆,所以它和太阳的距离时刻在变化着。通常所说的日地距离,是指太阳和地球的平均距离;更准确地说,是地球公转轨道的半长轴。日地平均距离在天文学上作为一个长度单位,叫天文单位(A. U.)。它是用来度量太阳系内天体之间距离的基本单位。1976年国际天文学联合会确定,A. U.为149,597,870公里,此值于1984年起采用。光通过这一距离需8分18秒。

日地距离目前只能用间接方法测定。如图1-2所示,设日地距离为 a ,太阳 S 与小行星 P 的距离为 a_1 ,则地球 E 与小行星距离为 $a_1 - a$ 。当小行星冲日时,它在地球的外侧。利用雷达测距的方法,可测出 $a_1 - a$ 的值。再利用开普勒第三定律,由地球公转周期和小行星公转周期(容易观测)得出 a/a_1 的值。然后将 $a_1 - a$ 和 a/a_1 联立,便可算出日地平均距离 a 。

太阳的大小 在地球上用仪器测得太阳视圆面所张的角度平均为 $31'59''.3$,称为太阳的视直径。该角度的一半为太阳的视半径,为 $15'59''.65$,以 ρ 表示。日地平均距离 a 已知,那么太阳的半径 $R = a \sin \rho = 6.96 \times 10^8$ 公里。

太阳半径约为70万公里,约为地球半径的109倍。体积约为地球的130万倍,约为太阳系所有行星体积总和的600倍。

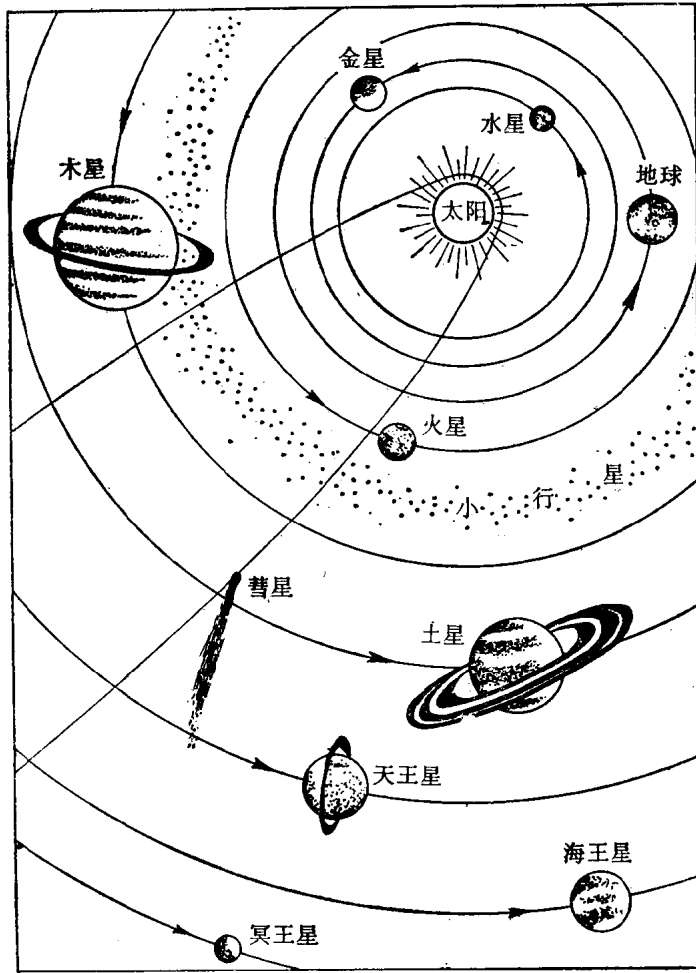


图 1-1 太阳系示意图

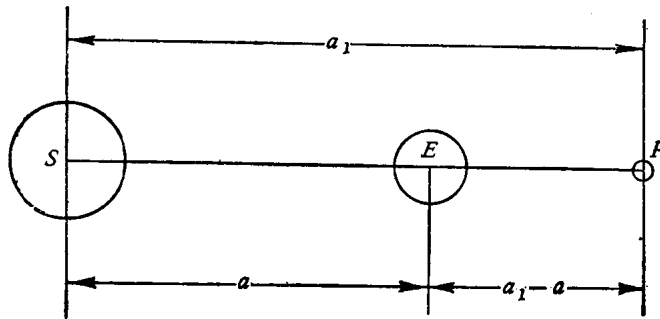


图 1-2 利用小行星测定日地平均距离

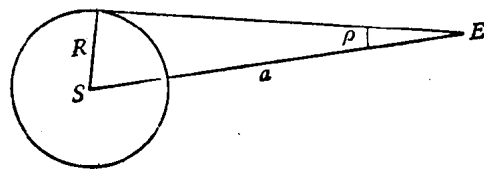


图 1-3 太阳半径的测定

太阳的质量 根据万有引力定律,地球和太阳之间的引力为 $F = G \frac{M_{\odot} m_{\oplus}}{a^2}$ 。式中, M_{\odot} 为太阳质量(\odot 是太阳符号), m_{\oplus} 为地球质量(\oplus 是地球符号), a 为日地距离, G 为万有引力常数, 6.67×10^{-8} 达因·厘米²/克²。又地球绕太阳公转的向心力为 $f = \frac{m_{\oplus} V^2}{a}$ 。式中 V 为地球绕日公转线速度, 平均为 2.978×10^5 厘米/秒。因为地球绕太阳公转的向心力正是太阳对地球的吸引力, 即

$$F = f$$

或
$$\frac{G M_{\odot} m_{\oplus}}{a^2} = \frac{m_{\oplus} V^2}{a}$$

所以
$$M_{\odot} = \frac{a V^2}{G} = 1.989 \times 10^{33} \text{ 克} = 1.989 \times 10^{27} \text{ 吨} \approx 2 \times 10^{27} \text{ 吨}$$

太阳的质量相当于地球质量 (6×10^{21} 吨) 的 33 万多倍, 占太阳系总质量的 99.87%。由于太阳的巨大质量, 使得行星、彗星等较小的天体在它的引力约束下作公转运动, 形成一个行星系统。

质量除以体积, 其商就是平均密度。太阳的平均密度是 1.41 克/厘米³, 为地球的 1/4 左右。

2. 太阳的热能和温度

太阳是整个太阳系光和热的主要源泉。太阳射出的光能巨流, 称为太阳辐射。辐射是一种光量子的物质按电磁波的形式在空中传播。在没有大气的影下, 在日地平均距离处, 地表每平方厘米面积上, 每分钟接收的太阳辐射能(太阳光垂直照射), 叫做太阳常数, 以热量单位表示, 约为 8.25 焦耳(1.97 卡)。

知道了太阳常数, 就可以求出被太阳照射的半个地球所获得的太阳总能量。假设有一个圆面与太阳光相垂直, 又与地面相切, 恰恰把可落到地球上的全部阳光遮住, 则这个圆面所能截获的太阳能, 就相当于地球所获的太阳能, 其值为 $\pi \times (6.371 \times 10^8)^2$ 厘米² \times 1.97 卡/厘米²·分 = 2.5×10^{18} 卡/分, 约为 1046 亿焦耳/分 (250 亿卡/分)。太阳每年给地球的热能相当于 100 亿度电力, 为目前全世界总发电量的几十亿倍。

由太阳常数和日地距离就可以算出太阳在每分钟内向宇宙空间辐射的总能量。以日地距离为半径的球面上, 每平方厘米面积上, 每分钟所获得的太阳辐射能是 8.25 焦耳(1.97 卡)。这个球面上所获得的总能量, 即为太阳每分钟向宇宙空间辐射的热量, 其值为 8.25 焦耳/厘米²·分 \times $4 \pi \times (1.496 \times 10^{13})^2$ 厘米² = 23.18×10^{27} 焦耳/分 = 38.62×10^{25} 焦耳/秒。

太阳总辐射能 38.91×10^{25} 焦耳/秒 (9.3×10^{25} 卡/秒), 被太阳表面积去除, 就是太阳表面辐射强度 E , 6.36×10^3 焦耳/厘米²·秒。然后应用斯蒂芬-波尔兹曼黑体辐射定律, 就可算出太阳表面的有效温度 T_{\odot} 。所谓黑体, 是指能完全吸收投射其上的辐射能、也能发射出全部辐射能的物体。太阳是个近似的黑体, 所以也可以应用这一定律。斯蒂芬-波尔兹曼定律的表达式如下:

$$E = \sigma T^4 \quad 1-1$$

即黑体辐射强度 E 与其表面绝对温度 T_e 的四次方成正比。式中 σ 为波尔兹曼常数, 用实验方法测得其值为 5.75×10^{-12} 焦耳/厘米²·秒·度⁴ (1.374×10^{-12} 卡/厘米²·秒·度⁴)。将已知数据代入式 1-1 中, 于是得

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{1.52 \times 10^8}{1.374 \times 10^{-12}}} = 5770 \text{ K}$$

这个温度是代表太阳表面即光球的平均有效温度。在光球外层的色球和日冕, 温度随高度增加到 100—200 万度; 从光球向内, 温度又随深度的增加而增加。据理论推算, 太阳中心温度达 1,500 万度。太阳具有如此高的温度, 物质只能是气态, 所以说太阳是一个炽热的气态大火球。又由于高温使组成它的各种元素的原子失去部分或全部核外电子, 成为离子态。

3. 太阳光谱传递的信息

太阳的中心温度最高, 所以发生热核反应的产能区是在太阳中心。太阳能的输送, 除了光球下有一薄层是靠对流作用外, 主要是辐射作用。热核反应产生的能主要是 γ 射线(波长短于 10^{-8} cm)。 γ 射线的量子能非常强, 是可见光量子能的几百万倍。 γ 射线经过广大的辐射区就和大量的原子(主要是氢原子)碰撞, 有时使原子核分裂; 更多的情况是使绕着原子核旋转的电子在自己不同能级的轨道上振荡起来。这样, γ 射线就会软化了, 形成一些波长较长、能量较小的 X 光、紫外线、可见光和红外线(热线)以及波长更长的射电波。从 γ 射线到射电波皆属电磁波。从波峰到波峰或从波谷到波谷的距离称波长。太阳的电磁波波长范围很广, 肉眼能看得见的光仅是电磁波中极容小的一部分。可见光的波长范围为 $0.4 \mu\text{m} - 0.8 \mu\text{m}$ (μm 为微米, $1 \mu\text{m} = 10^{-4}$ 厘米), 用 \AA (埃) 来表示则为 $4,000 \text{\AA} - 8,000 \text{\AA}$ ($1 \text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米)。

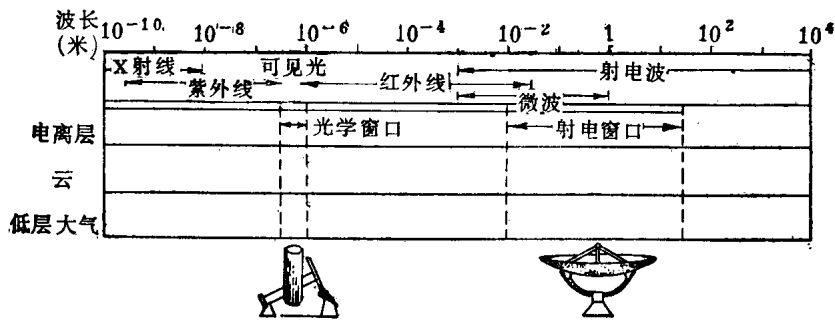


图 1-4 太阳电磁波(单位: 米)

太阳辐射能量的分布, 在可见光部分占 48%; 波长比紫光短的紫外区占 7%; 波长比红光长的红外区占 45%。

太阳的可见光通过棱镜就会呈现一条红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的光带。这是因为可见光是由多色光所组成的。由于各种光的折射率不同, 因此一束阳光通过棱镜后就形成了一条彩色的光带。雨后天晴, 天空的彩虹就是因为大气中的水滴起了相当于棱镜的作用造成的。

1842 年法国唯心主义哲学家孔德曾说“无论什么时候, 在任何情况下, 我们都不能研究出天体的化学成分来。”可是不到 20 年的时间, 1859 年德国化学家本生和物理学家基尔霍夫研

制成第一台光谱仪。从此人们可通过对天体光谱的分析来研究它们的化学成分。新的科学方法所获得的巨大成就，是一百年前所梦想不到的。它不仅使人们了解天体的化学成分，还可藉它测出天体的温度、运动速度和磁场强度等。

光谱可分三种类型，即连续光谱、明线光谱和吸收光谱。1858年，基尔霍夫发现产生这三种不同光谱的主要规律：

连续光谱 炽热的固体、液体以及高温高压下的气体，都发射各种波长的光波，因而形成连续光谱。普通的钨丝灯就是一个产生连续光谱的光源。

明线光谱 在低压下，稀薄炽热气体或蒸汽不能产生连续光谱的全部光线，只能产生单色的分离的明线光谱。比如钠的蒸汽产生波长为 $5,890 \text{ \AA}$ 和 $5,896 \text{ \AA}$ 的一对黄线。不同的元素所产生的明线数目和对应的波长也不同。也就是说每种化学元素都有它独特的、在光谱上有固定波长位置的一组明线。这种光谱叫明线光谱。

吸收光谱 由产生连续光谱的光源发出的光，穿过低压下稀薄气体或蒸汽，就有吸收线透加在连续光谱上。这些吸收线就是这些气体和蒸汽，从连续光谱的全部光线中，有选择地吸收那些它自己在低压高温状态下所能发射的对应波长的光线。比如钠可以发射一对黄色光线。当连续光谱通过时，它就在黄色区产生波长为 $5,890 \text{ \AA}$ 和 $5,896 \text{ \AA}$ 的一对黑线。同样的道理，通过其他元素就会相应地产生其他一组特定波长的黑线。这种在连续光谱的背景上具有黑色吸收线的光谱，叫做吸收光谱。既然不同元素的气体或蒸汽在光谱上都有它们自己特定的明线或吸收线。那么这些明线或吸收线就成了鉴别各种元素的依据。

太阳和恒星都具有吸收光谱，因为太阳和恒星内部是炽热高压的稠密气体，它们能发出连续光谱，而它们的外围都有一层由低压下稀薄气体组成的大气。组成大气的元素按自己能发射的波长吸收相对应的谱线，在连续光谱上形成黑线。对太阳光谱中几万条黑线进行分析，可以分辨出太阳大气中含有六十多种化学元素。其中最丰富的为氢，按质量计约占 71%；次为氦，约占 27%；其他为氧、碳、氮、氟、镁、镍、硅、硫、铁和钙等共占 2%。

4. 太阳的能源

远在人类出现前几十亿年，太阳给予地球的光和热同现在差不多，即是说太阳的温度在一个很长的时期中几乎是固定的。既然太阳不断地消耗这么巨大的热量，它就应当很快地冷却下来。然而事实并非如此。那么，太阳由于辐射而消耗的能量，必定有某种能源不断地进行补充。为了寻求这种能源，十九世纪的物理学家试遍了所有已知的能源，但不论是化学反应（燃烧）、陨星降落到太阳上、太阳的收缩等等，都不能解释这一事实，因为它们只能维持较短时期的热消耗。

二十世纪，随着原子核物理学的发展，发现了化学元素的聚变。已经确知一些较重的化学元素的原子核可以从较轻、较简单的一些原子核聚变而成。组成太阳的物质，大约四分之三为

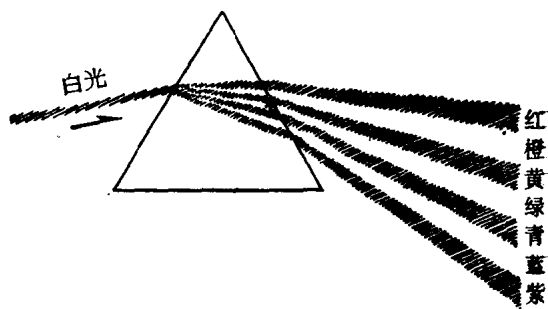
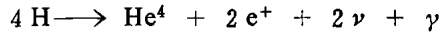


图 1-5 太阳光通过棱镜被分解从红到紫的七色光带

氢元素。而太阳中心温度高达 1,500 万度,氢原子在这样高温的条件下,会失去核外电子,剩下的原子核叫质子。又由于高温,质子以极大速度运动,质子与质子之间就会克服静电斥力,产生猛烈的碰撞。在碰撞过程中,四个质子结合成为一个原子核即氦核,从而释放出巨大的能量。



(氢核) (氦核)(正电子)(中微子)(伽玛射线)

四个氢核聚变成一个氦核的反应要在几百万度的高温下才会产生,故称之为热核反应。太阳可以说是一所巨大的原子能工厂,不断地辐射出由于核聚变而产生的原子能。这种能量产生的原理和现代人类已掌握的氢弹爆炸一样,只不过规模大得多罢了。事实上氢弹的制成,就是从太阳和恒星的能量辐射得到启发的。

在热核反应中,发生质量和能量的转化。爱因斯坦在狭义相对论中指出,质量和能量是一个事物的两个方面,可以互相转化。很少一点质量可以转化为巨大的能量,它们有如下的关系公式:

$$E = mc^2 \quad 1-2$$

式中 E 表示能量,单位为尔格; m 表示质量,以克为单位, c 表示真空中的光速,约为 3×10^{10} 厘米/秒。

氢核的质量 $m_{\text{H}} = 1.0079 m_0$ (m_0 是原子质量单位,国际上取碳原子的 $1/12$ 为标准)。氦核的质量 $m_{\text{He}} = 4.0026 m_0$ 。当四个氢核聚合成一个氦核时质量的亏损为 Δm ,即

$$\Delta m = (4 \times 1.0079 - 4.0026) m_0 = 0.029 m_0$$

现在计算一克氢聚变为氦时,其质量的亏损,以 x 表示,即

$$4 \times 1.0079 : 1 = 0.029 : x$$

$$x = 0.0072 \text{ 克}$$

于是,求出其相应的能量为

$$E = 0.0072 \times (3 \times 10^{10})^2 = 6.5 \times 10^{18} \text{ 尔格} \approx 1,500 \text{ 亿卡}$$

故一克氢聚变为氦可产生约 1,500 亿卡的热能。这一数值相当于燃烧 15 吨石油,或 2,700 吨煤所发出的热能。

因太阳每秒钟向宇宙空间辐射的能量为 3.86×10^{33} 尔格,这个数值除以 6.5×10^{18} 尔格,再乘以 0.0072 克,即得 400 多万吨。也就是说太阳每秒钟要亏损 400 多万吨的质量。然而这对太阳的巨大质量来说是微不足道的。太阳已存在 50 亿年,假定在这一段时间内,它一直以目前的辐射率放出能量,那么它只不过消耗了它全部质量的 0.03% 而已。

5. 太阳的结构

太阳是个炽热的气体大火球,从结构上可分为两大部分:内部为稠密的气体,处于高温高压下,是我们无法看到的;可见的是稀薄的太阳外层气体。太阳内部由里向外可分为以下三个同心圈层:

中心核反应区 氢氦的热核聚变要在 700 万度以上的高温方能进行。太阳中心部分温压最高,所以中心部分是核反应产能区。

辐射输能区 太阳核心产生的能量必须通过表面逸出,才能达到收支平衡,否则太阳内

部积累大量的能量,温度不断升高,太阳本身就不会稳定。在中心核反应区的外围为广大的辐射输能区。

对流层 在稠密大气的最外层是厚约 15 万公里的对流层,此层藉对流作用将热能输送到太阳表面。

太阳的稀薄外层气体又叫太阳大气。这部分气体按不同的物理性质,又可分为几个同心圈层:

光球 肉眼所见的光芒夺目的太阳表面,叫做光球,是太阳大气的最底层,厚约 500 公里。前面所指的太阳直径和太阳表面温度也都是指光球而言的。从强大的望远镜摄得的光球照片上,可以发现光球表面不是均匀的,而是具有颗粒状结构,称为米粒。它们的形状大部分呈长圆形,半径平均 1,000 公里。它们只能存在三、五分钟,太阳的光能都是从这里辐射出来的。米粒反映出光球下面存在着对流,炽热的气流上升到光球的底部,温度比光球的平均温度高 300—400°C,表现为明亮的米粒。在光球表面上除了米粒外,还可以见到光斑和黑子。光斑可能是位于光球外层的较热气团。黑子是经常出现的黑暗斑点,它是光球上的漩涡,是太阳物质的大规模运动所造成的。所以黑子是太阳活动的主要标志。黑子的温度约 4,500°C,比光球低一千度左右,所以显得暗一些。黑子有强大的磁场,里面物质运动速度高达每秒一、二千公里。黑子有时单个,有时成对成群出现;小的直径二、三千公里,大的则超过地球的半径。它们的寿命从几小时到几个月。连续几天观测同一黑子,就会发现它们在日面上向同一方向移动,这是太阳自转的反映。根据这种观测,可知太阳在纬度愈低的地方自转愈快。在太阳赤道上 25 天转一圈,纬度 30°处为 27½天,75°处为 33 天。这样的旋转方式,称较差自转。它足以证明太阳是气体而不是固体。黑子的多少,有平均 11 年的周期。当黑子群特别多时,表明太阳活动较为强烈。

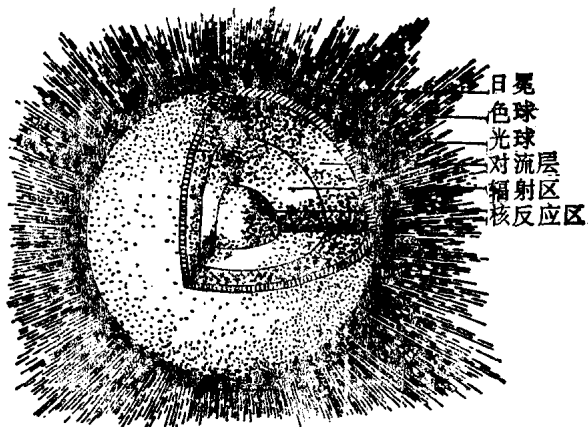


图 1-6 太阳的结构

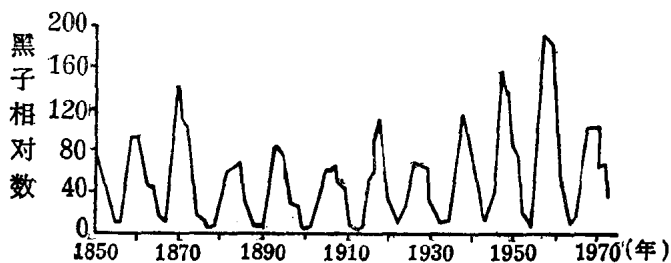


图 1-7 黑子相对数的曲线图

色球 在光球上面的太阳大气,叫色球,它的厚度各处不一,平均约 2,000 公里。平时由于光球的强烈光线的影响,看不到这层气体。只有在光球被月球遮住,发生日全食时,这层气体

才呈玫瑰色显示出来，故名色球。色球层的温度随高度而上升，由底层的几千度升高到十万度。色球层有时产生突然爆发现象，在仪器观察中表现为特别明亮的斑点，叫耀斑。耀斑多半位于黑子群的上空及其附近。

色球层中，有时有巨大的气柱升腾而起，叫做日珥。日珥上升的高度可达几万甚至一百多万公里，然后落回日面，或脱离太阳引力，消散在宇宙空间。

日冕 日冕在色球层之上，是愈来愈稀薄的太阳大气的最外层，伸展到几倍太阳直径那么远的地方。当日全食时，出现一片银白色的光辉，形状不规则，密度极小，为地球高层大气密度的百万分之一，是由离子和自由电子所组成，称为等离子体。日冕的温度随高度上升而剧增，上部高达一、二百万度。造成这样高温的原因目前尚不清楚。

日冕离太阳表面较远，受到太阳的引力较小。在高温下，粒子的动能很大，足以使其摆脱太阳的引力不断地向外膨胀，热电离的气体粒子以高速度向外流出就形成了太阳风。太阳风中的一股股粒子流约5—6天便可到达地球，在地球附近的速度为每秒300—450公里。组成太阳风的粒子，主要是氢核和氦核，氦核的平均丰度约为氢核的4.5%。

6. 日地关系

从计算得知，地球获得的太阳辐射虽然仅为太阳总辐射的二十二亿分之一，但对地球来说却是非常重要的。因为它是地球上的主要光热源泉，地球上生存着的三十多万种植物和一百多万种动物都是在阳光的哺育下生长、发育的。

除了原子能、地热能和火山爆发释放的能量外，地球上人类生产、生活中消耗的能量，都直接、间接来自太阳。各种燃料如煤和石油是储存在动植物中的太阳能，水能和风能都是太阳能转化所产生的。现在人们已开始直接利用太阳能，或把太阳能转化为热能，或把太阳能转化为电能来利用。

距地球表面25—30公里的大气层，在太阳紫外辐射的作用下，使其中的氧分子分解为氧原子；氧原子和氧分子碰撞结合产生了臭氧层。臭氧层吸收紫外线，从而使得地球上的生命不致遭受具有危害性的紫外线的袭击。臭氧层成为地球上有机体的保护层。

在地球大气50—500公里中，有些大气层次的氧和氮分子在太阳的紫外线和X射线的作用下电离了，形成电离层。电离层象一面镜子对无线电波起反射作用，广播电台发射的无线电短波经电离层的反射，才能传播到远方。

五十年代，太阳风的发现使人们进一步了解到，地球和其他行星都处于太阳大气伸延的范围之内。地球磁场受太阳风等离子体的吹拂，被压缩在一定范围之内，形成一个被太阳风包围的、彗星状的地球磁层。地球磁层始于地表以上600—1,000公里处，向空间延伸到磁层边缘。地球磁层向着太阳的一面，厚达10个地球半径；背着太阳的一面，延伸到几百个甚至一千个地球半径以外，称之为磁尾。由于磁层的存在，宇宙线与太阳发射出来的高能带电质点，一般不能直接到达地球，但有一部分闯进磁层，并被磁层俘虏，囚禁在地球高空，形成近似圆环形的两条带子套在地球外面，即内外两条辐射带，又称为范·艾伦辐射带。内辐射带高度在1—2个地球半径之间，主要成分是质子；外辐射带高度在3—4个地球半径之间，主要成分是电子。被辐射带俘获的高能带电粒子沿磁力线作螺旋运动，并不断辐射电磁波，在大气中逐渐衰减。

由于地球磁层的存在，这些高能带电粒子不能到达地表，从而保护了地球上有机体的生存和发展。

辐射带高能粒子对人类的空间活动造成严重威胁。因为高能带电粒子在与物体相互作用时，将在物体内部引起电离、化学反应和各种核反应，这样就会对辐射带中飞行的宇航员和仪器造成损伤。所以目前发射的人造卫星，轨道较低，使它在辐射带之下飞行。由于内、外辐射带是近似于套在地球赤道周围的两个环，宇宙火箭从地球极区飞出去，就可以避免受辐射带的强烈影响。

太阳活动的强弱是不断变化的。当太阳活动处于低潮时，称为宁静太阳；当太阳活动处于高潮时，称为扰动太阳。这种变化的周期大约为 11 年。扰动太阳表现为有较多的黑子群，日珥增加，并有明亮的大耀斑频繁出现，日冕形状的变化等。尤其是耀斑出现，是太阳大气高度集中的、爆发性的能量释放过程。一个大耀斑相当于十亿个氢弹爆炸，抛出大量的离子流——质子和电子。这些带电粒子到达地球时扰乱了地球磁场，引起磁针剧烈颤动，称为磁暴。这时磁针就会失去指向作用，磁性探矿工作也受到影响。有些带电粒子沿磁力线侵入两极高空，激发稀薄气体，产生绚丽多彩的极光。同时，太阳活动强烈时，辐射出的 X 射线和紫外线增强，引起电离层的电离度的急剧增强，称为电离层骚动。这时地面电台发射出的无线电波会受到强烈的吸收而不能传播到远处，造成无线电通讯中断。此外，太阳活动的盛衰会影响大气的温压场，影响大气环流，从而影响地球上天气变化。

由此可见，研究太阳和地球之间的关系非常重要。太阳辐射能量略有改变就会影响整个地球上的有机界和无机界。尤其是当太阳发生扰动时，影响更大。所以，对太阳活动盛衰的周期，也就是黑子和耀斑出现极大值的周期，必须做好预报，并要深入研究日地关系的各种机制。

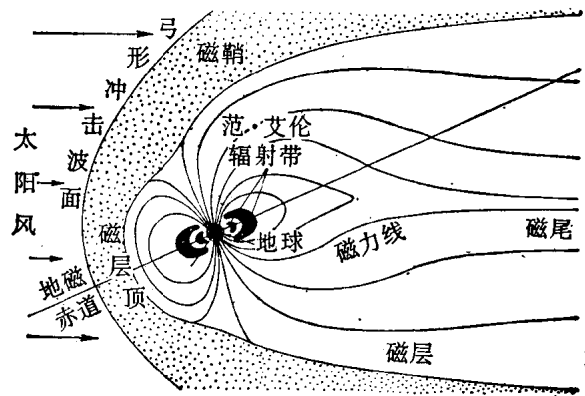


图 1-8 地球的磁层

二、行 星

除太阳外，组成太阳系的主要天体，是绕着太阳旋转的九大行星。按其距太阳的远近，次序是：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。这些行星的大小和质量相差很大，但都比太阳小得多。它们的总质量只有太阳的 1/750，总体积只有太阳的 1/600。行星一般不发射可见光，而以表面反射太阳光显得明亮。行星在以恒星组成的各个星座的天空背景上，有明显的相对移动。我们借助于望远镜，可以看到行星有一定的视圆面，所以在大气抖动下，行星不象点状恒星那样有星光闪烁现象。如果仔细对比，还可以发觉各行星还有其颜色特征，在不同的时候，亮度也有变化。按照这些特征，在晴朗无月的夜晚，不难将它们从点点繁星中识别出来。