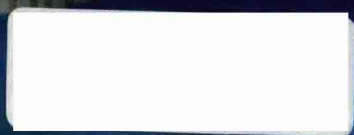
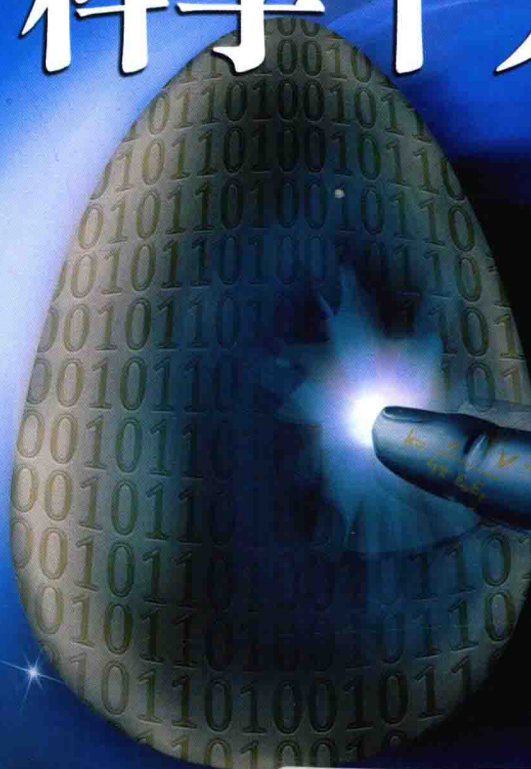


科学十大突破

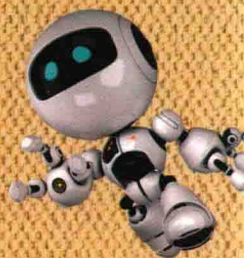
史晓雷◎著



中国科普大奖图书典藏书系

囊括新中国成立以来，著名科普、科幻作家经典获奖作品，
展现科学之真、善、美，传播知识、激发兴趣、启迪智慧！

中国科普作家协会选编推荐



长江出版传媒 湖北科学技术出版社

中国科普大奖图书典藏书系

科学十大突破

史晓雷◎著



长江出版传媒 湖北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

科学十大突破/ 史晓雷著. —武汉: 湖北科学技术出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5352-9868-3

I. ①科… II. ①史… III. ①科学知识—普及读物
IV. ①Z228

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 290927 号

科学十大突破
KEXUE SHIDA TUPO

责任编辑: 兰季平

封面设计: 胡 博

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 027 - 87679468

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号

邮编: 430070

(湖北出版文化城 B 座 13—14 层)

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

印 刷: 仙桃市新华印务有限责任公司

邮编: 433000

710 × 1000 1/16

13.125 印张

2 插页 192 千字

2018 年 3 月第 1 版

2018 年 3 月第 1 次印刷

定价: 30.00 元

中国科普大奖图书典藏书系编委会

(以姓氏笔画为序)

顾 问	王麦林	王梓坤	王绶琯	刘嘉麒
	杨叔子	杨振宁	张景中	章道义
主 任	叶永烈	周忠和		
副 主 任	王康友	卞毓麟	何 龙	
编 委	王直华	王晋康	尹传红	冯伟民
	任福晋	汤书昆	刘华杰	刘兴诗
	李 元	李毓佩	吴 岩	吴国盛
	张开逊	陈芳烈	陈 玲	林之光
	郑永春	孟 雄	星 河	夏 航
	催丽娟	隋国庆	董仁威	焦国力
				颜 宁

选题策划	何 龙	何少华
执行策划	彭永东	
编辑统筹	彭永东	
装帧设计	胡 博	
督 印	刘春尧	
责任校对	蒋 静	

总序

ZONGXU

我热烈祝贺“中国科普大奖图书典藏书系”的出版！“空谈误国，实干兴邦。”习近平同志在参观《复兴之路》展览时说得多深刻！本书系的出版，正是科普工作实干的具体体现。

科普工作是一项功在当代、利在千秋的重要事业。1953年，毛泽东同志视察中国科学院紫金山天文台时说：“我们要多向群众介绍科学知识。”1988年，邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”，而科学研究和科学技术普及是科学技术发展的双翼。1995年，江泽民同志提出在全国实施科教兴国的战略，而科普工作是科教兴国战略的一个重要组成部分。2003年，胡锦涛同志提出的科学发展观则既是科普工作的指导方针，又是科普工作的重要宣传内容；不是科学的发展，实质上就谈不上真正的可持续发展。

科普创作肩负着传播知识、激发兴趣、启迪智慧的重要责任。“科学求真，人文求善”，同时求美，优秀的科普作品不仅能带给人们真、善、美的阅读体验，还能引人深思，激发人们的求知欲、好奇心与创造力，从而提高个人乃至全民的科学文化素质。国民素质是第一国力。教育的宗旨，科普的目的，就是为了提高国民素质。只有全民的综合素质提高了，中国才有可能屹立于世界民族之林，才有可能实现习近平同志最近提出的中华民族的伟大复兴这个中国梦！

新中国成立以来，我国的科普事业经历了1949—1965年的创立与发展阶段；1966—1976年的中断与恢复阶段；1977—

中国科普大奖图书典藏书系

1990年的恢复与发展阶段;1990—1999年的繁荣与进步阶段;2000年至今的创新发展阶段。60多年过去了,我国的科技水平已达到“可上九天揽月,可下五洋捉鳖”的地步,而伴随着我国社会主义事业日新月异的发展,我国的科普工作也早已是一派蒸蒸日上、欣欣向荣的景象,结出了累累硕果。同时,展望明天,科普工作如同科技工作,任务更加伟大、艰巨,前景更加辉煌、喜人。

“中国科普大奖图书典藏书系”正是在这60多年间,我国高水平原创科普作品的一次集中展示,书系中一部部不同时期、不同作者、不同题材、不同风格的优秀科普作品生动地反映出新中国成立以来中国科普创作走过的光辉历程。为了保证书系的高品位和高质量,编委会制定了严格的选编标准和原则:一、获得图书大奖的科普作品、科学文艺作品(包括科幻小说、科学小品、科学童话、科学诗歌、科学传记等);二、曾经产生很大影响、入选中小学教材的科普作家的作品;三、弘扬科学精神、普及科学知识、传播科学方法,时代精神与人文精神俱佳的优秀科普作品;四、每个作家只选编一部代表作。

在长长的书名和作者名单中,我看到了许多耳熟能详的名字,备感亲切。作者中有许多我国科技界、文化界、教育界的老前辈,其中有些已经过世;也有许多一直为科普事业辛勤耕耘的我的同事或同行;更有许多近年来在科普作品创作中取得突出成绩的后起之秀。在此,向他们致以崇高的敬意!

科普事业需要传承,需要发展,更需要开拓、创新!当今世界的科学技术在飞速发展、日新月异,人们的生活习惯和工作节奏也随着科学技术的进步在迅速变化。新的形势要求科普创作跟上时代的脚步,不断更新、创新。这就需要有更多的有志之士加入到科普创作的队伍中来,只有新的科普创作者不断涌现,新的优秀科普作品层出不穷,我国的科普事业才能继往开来,不断焕发出新的生命力,不断为推动科技发展、为提高国民素质做出更好、更多、更新的贡献。

“中国科普大奖图书典藏书系”承载着新中国成立 60 多年来科普创作的历史——历史是辉煌的，今天是美好的！未来是更加辉煌、更加美好的。我深信，我国社会各界有志之士一定会共同努力，把我国的科普事业推向新的高度，为全面建成小康社会和实现中华民族的伟大复兴做出我们应有的贡献！“会当凌绝顶，一览众山小”！

中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子<sup>二〇一二年
九月廿八</sup>

·科学十大突破

序

科学史学科的奠基人乔治·萨顿曾说过这样一句话,科学史是唯一可以反映出人类进步的历史。我深表赞同,人类探索自然奥秘的过程艰苦卓绝、可歌可泣。在这条征途上,有过徘徊,也有过暂时的退缩,甚至有令人不齿的欺诈,但历史的洪流涤荡了那些污浊与沉垢,才使得后来人可以像牛顿那样自信满怀地说“站在了巨人之肩”。

这本小册子是从科学史的汪洋大海中撷取的一些浪花,但为了能够使读者一窥大海的全貌,所以在浪花的遴选上就不得不面临遭受“英雄史观”诟病的危险。的确,诸如像哥白尼与牛顿还有书中的其他核心人物,都是读者耳熟能详的。本书作者能够为自己的这种遴选做出辩护的唯一理由是,正是这些人,或者说以他们为代表的一批科学巨匠,建构了近代科学的骨架。他们在各个领域取得的历史性突破,是科学进步,尤其是近代科学进步的里程碑事件。当然,为了适当矫正一点读者似乎已经厌倦的“英雄史观”(记住,矫枉过正同样是一种扭曲),本书作者还是尽可能把每一个重大科学突破前前后后的故事真实呈现,免得读者以为每一位科学人物就像是平原上突兀而起的峰峦。

科普作品不像文学作品,其主旨不应当是激发起读者在情感上的共鸣,而是与读者一道,体验或者欣赏人类在智识探索上的壮美。本书作者非常喜欢苏联著名科普作家别莱利曼的科普书,因为他总是尽力去挖掘科学本

科学十大突破

身所蕴含的美妙。常常有人说,科学破坏了自然本身的美。这句话真是浅薄,任何一位艺术家都无法想象得出恒星演化的绮丽或者宇宙星系的辽阔。科学拓展了美的世界,并且能够解释隐藏在事物表面背后的玄秘。也正因为如此,科学需要依赖于数学工具,从本质上帮助我们认识并理解自然。有的读者对数学有些天生的恐惧,无论多么有趣的科普书,只要有几个数学公式,总要被它们所吓倒。本书已经把数学公式降低到了最低限度的使用上,保留它们最基本的考虑是因为它们是帮助我们理解书中科学知识的钥匙,如果不用它们或者读的时候越过它们,尽管读起来可能会轻松一点,可是这会损伤你在科学上的理解。整本书用到的数学不涉及高等数学,因此不希望给那些讨厌数学的读者造成心理压力。

书中展现的这十大突破,是近代科学史上最瑰丽的诗篇。这里有飞瀑、有险滩;有激扬,有悲咽;有西天红霞,有东山皓月;有大漠孤烟直,有潮平两岸阔;有采菊东篱下,有独钓寒江雪;有一树春风千万枝,有北风卷地百草折。希望读者朋友在“明月松间照”的意境中,去欣赏科学故事中的“八千里路云和月”。

杨叔子

二〇一二年九月十八

科学十大突破

目 录

第一章 别来茫茫沧海事,乾坤悠悠谁主营	
——日心说的完胜	001
第二章 幸有英雄揣天意,大放光明在宇寰	
——万有引力定律的发现	022
第三章 将军挥戈有孤胆,横扫燃素如等闲	
——氧化燃烧理论的确立	039
第四章 世事茫茫难自料,冥冥之中有井然	
——概率论的诞生	061
第五章 忽如晴天霹雳响,原来生命有大同	
——进化论的提出	080
第六章 十年磨得轩辕剑,却遭冷遇藏深宫	
——遗传学的奠基	101
第七章 风尘仆仆斩群魔,科学完人谁比肩	
——微生物学与免疫学的创立	121
第八章 拨云见日时空联,一九〇五奇迹年	
——狭义相对论的创建	142
第九章 三曲终罢天地凝,丹麦小将破孤城	
——揭开原子的面纱	162
第十章 百亿年来多少事,激荡人心大江流	
宇宙源于大爆炸	182

第一章 别来茫茫沧海事,乾坤悠悠谁主营

——日心说的完胜

哥白尼的日心说取代托勒密的地心说,是近代科学摆脱宗教神学束缚独立起来的革命性事件。常人一般把1543年哥白尼《天体运行论》的出版作为此次科学革命的顶点,这无可厚非。不过日心说的彻底胜利是比较晚的事情了,要到19世纪的上半叶才拨云见日。那么,是不是说日心说到了19世纪才得到科学界的普遍接受?自然不是的。那么你可能要问了,为什么在一个科学理论还没有彻底胜利的时候人们便接受了它,并且究竟是什么难题使得日心说迟迟没有胜利收尾?这些正是本章要讲述的。

早期的宇宙理论

“遂古之初,谁传道之?上下未形,何由考之?冥昭瞢(méng)暗,谁能极之?冯翼惟像,何以识之?”这是我国战国时期的大诗人屈原在其《天问》中对宇宙运行机制发起的追问。这些古文可能不好理解,译作现在通俗的话就是说:宇宙初始的情景,是谁流传下来的?天地还未成形,拿什么去考察它呢?白天黑夜混沌一片,谁能弄得清楚呀?空阔无垠的宇宙,怎么能认识出来它呢?

在远古时期,世界各个民族的先民们都在仰望浩瀚的星空中产生了对宇宙的思索,并逐渐形成了各自的宇宙理论。我国到了汉代已经有比较成熟的3种宇宙理论,即后人称之的论天三家:盖天说、浑天说与宣夜说。

盖天说大约经过了两个阶段。早期的时候就是“天圆地方”说,也即“天圆如张盖,地方如棋局”。这与我们直观的经验感觉最吻合,比如后来北朝时期的民歌《敕勒川》描述的“敕勒川,阴山下,天似穹庐,笼盖四野。天苍苍,野茫茫,风吹草低见牛羊”就是盖天说的写照。这种朴素的经验认识影响很大,以至于成了我国传统宇宙理论的代表,甚至影响到了其他领域。比如古代铜钱外圆内方的形象就是天圆地方的体现,如今上海市人民广场矗立的上海博物馆其造型也蕴含了天圆地方的理念。到了西汉,盖天说又做了修正,基本观点是:半圆形的天,拱形的大地,日月星辰附着天而平转,而不是转到地的下面;如果太阳距得远了,照不到了就是黑夜。



早期的盖天说

浑天说是3种学说中比较系统化的一种,东汉的张衡在其《浑天仪图注》中比较清晰地阐明了,因为这段文字并不晦涩,我们原文照录如下:

“浑天如鸡子,天体圆如弹丸,地如鸡中黄,孤居于内。天大而地小,天表里有水,天之包地,犹壳之裹黄。天地各乘气而立,载水而浮。”

上文中鸡子的意思就是鸡蛋,要注意的是“地如鸡中黄”这句,现在引发了许多争议,因为如果按照这句话的直接理解,张衡自然是把地球比作了蛋黄,这可是我国第一次明确提出地球为球体的思想,可了不得。但如果对照张衡对浑天说的其他表述,有人又提出了反驳说,这里张衡仅仅是把天地的包含关系与鸡蛋作了对比,并没有形状上的类比。现在学界一般认为,地球是球体的思想在我国古代迟迟没有发展起来。一直到了晚清,一些国人还在思考如果地球是球体,那么我们脚下那头的地球人是如何头朝下生活的呢!现在看来这些成了笑话,但的确是值得玩味的笑话呢。不过有一点可以肯定,浑天说是一种以地球为中心的宇宙理论,这与古希腊早期占主流的宇宙理论是一致的。

最后我们说宣夜说。这种学说更加思辨,就是更加玄,它描述了日月众星悬浮于宇宙空间,并在气的作用下在无限空间中运动。至于如何运动的,

压根也没提。

其他国家的先民是如何建构他们的宇宙理论的呢？先说古埃及，在埃及的神话中大气之神苏(Shu)支撑着天空女神奴特(Nut)，月亮和星星就是奴特身上美丽的饰物。古埃及认为天地是一体的，奴特象征着天上的尼罗河；太阳神拉(Ra)每天划着船往来穿梭，于是产生了昼夜。再说古印度，古印度人认为圆盘形的大地被几头大象背负着，大象的脚下是一只巨大的乌龟，至于乌龟的脚下是什么，古印度人也没说。太阳围绕着大地中心的须弥山旋转，月亮则是山里守夜人的灯笼。

这些理论都是经不起仔细追问的，不过在古希腊逐渐孕育了一种能够自圆其说的宇宙理论，它就是托勒密的地心说。你可能会问了，前面谈到浑天说的时候不也提到地心说了吗？不错，但它与托勒密的地心说有本质的区别，因为后者是用几何理论建构的，这在当时是世界唯一的。古希腊人对几何的酷爱是整个西方天文学发展的源泉。

托勒密的地心说

如果要一一讲述古希腊的先哲与数学(当时主要表现为几何)的故事，那这本小书根本无法胜任，因为没有哪一位古希腊自然哲学家不对数学产生兴趣。在古希腊自然哲学的鼻祖泰勒斯那里，几何与他的关系就纠缠到了一起，尽管有一些可能只是传说。比如传说他证明了等腰三角形两底角相等，还证明了圆的直径二等分圆，等等。在古希腊的哲人中，对数学的酷爱成了一种时尚，这在柏拉图与几何的故事里达到了登峰造极的地步。流传最广的是说在公元前4世纪柏拉图在雅典创建的柏拉图学园的门口，竖立着一块牌子，上曰：不懂几何者莫入。至于有多少人在柏拉图学园门口吃了闭门羹已经不知道了，但当时希腊人对几何的推崇可见一斑。在柏拉图看来，不懂几何就是一种低俗。他本人身体力行，在其著名的《蒂迈欧篇》中，他试图用仅有的5种正多面体去建构整个宇宙。不过，柏拉图提出的“拯救现象”对后来的天文学发展起到了深远影响。那么何谓“拯救现象”，拯救什么现象呢？

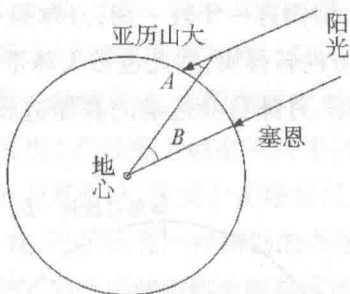
对于“拯救现象”，我们接着谈古希腊人对几何的酷爱把这个问题阐明。谈到酷爱，自然会产生审美标准，古希腊人对圆与球发生了超乎想象的喜爱。如果读者有初中几何基础的话，就知道圆有无数个对称轴，因为任何一条穿过圆心的直线都可以把圆平分。圆还有一个特性，无论大圆还是小圆都相似。相似的定义初中也学过，特别是在三角形那里我们遇到的最多，就是说对应边成比例（对应角相等）。对于圆，我们知道无论其半径如何变化，圆的周长与直径的比都是圆周率 π ，这一点也是圆显得特别和谐美观的原因之一。因为球可以理解为圆绕着其直径旋转一周得到的几何体，所以对球的喜爱可以转化为对圆的热爱。古希腊人对圆的青睐，很快得到了硕果。

首先是对地球球形的认识，这在古代世界的先民中是很突出的。有下列几种现象可能催生了古希腊人的地球球形观。一是在航海贸易中发现的。就是站在岸边眺望远去的船只，往往会先看到船身消失，而后看到桅杆缓缓消沉于地平线。这说明了地球的表面不是平的，而是弯曲的。二是在南北方向上旅行，看到的星空会不同。比如越向北走，北极星会逐渐升高，同时南天的一些星星将沉入地平线直至看不到。这也说明了地球的表面是弯曲的。还有一个事例是当发生月食时，地球在月面的投影呈弧形，这也说明了同样的事实。这里插一句，古希腊人很早已经明白了月食是由于地球遮挡阳光造成的。所有的这些促使古希腊人认为地球是球形的。当然，从事实上证明地球是球形的，那是16世纪麦哲伦率领他的船队完成的。



2011年12月10日的月全食（偏食阶段）

古希腊人不但在定性上认识了地球的球状，而且还定量地测量出了它的大小。后一工作是由公元前3世纪的埃拉托色尼做出的。他的工作很漂亮，彰显了人类智力的伟大。当时埃及有一个叫塞恩的城市，每年夏至的时候，太阳可以直射到深井的底部，地面上直立的树木均不会留下影子。埃拉托色尼想到，夏至的时候远在塞恩城正北的亚历山大树木的影子应该向北，而且阳光与树顶的夹角 A 可以测量出来，又因为太阳距离地球很远，阳光可以近似看作平行光，根据几何学上内错角相等， $\angle A = \angle B$ 。 $\angle B$ 知道了，塞恩到亚历山大的距离也知道了，根据 $\angle B$ 所占圆周的比例，就是塞恩与亚历山大距离占地球圆周的比例。夏至的时候，埃拉托色尼到亚历山大测量了 $\angle A$ ，大约是 7° 多一点。已知塞恩到亚历山大为800千米。那么， $\angle B$ 也即 7° 多一点，约占整个圆周的 $1/50$ （即 $7 \div 360$ ）。所以地球的圆周应该是塞恩到亚历山大的50倍，也就是 $800 \times 50 = 40000$ 千米，这个数值与现代的测量值相差很小。这是人类历史上第一次测出了地球圆周的长度，从而获得了地球的大小。



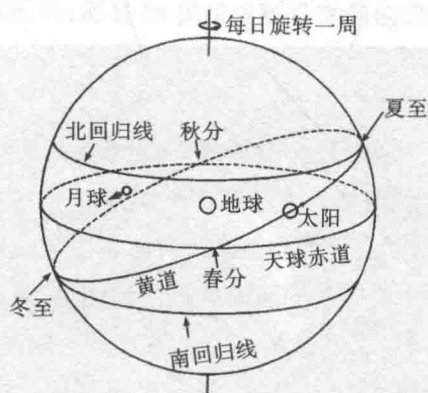
埃拉托色尼测地球周长的示意图

几何学的力量够震撼吧。古希腊不但在地球上熟练地运用着几何学，对于天空，他们也用尽了几何的心思。当时古希腊人发现，天空中除了太阳和月亮相对于恒星背景有明显的运动外，水星、金星、火星、木星与土星也有类似的运动。恒星，顾名思义就是看上去恒定不动的星体。现在我们知道恒星也有自行，只不过凭我们的肉眼根本无法察觉。相对于恒星的，是行星，古希腊语的意思是漫游者或者流浪汉。当时还发现，行星的漫游方向并不是固定的，它们在相对于恒星的背景上缓慢东移，有时会停止下来，然后再向西运动一段时间，接着又是短暂的停留，然后继续东行。后面我们会讲

到,这是在地球上观测其他行星运动中产生的视运动效应。就是这种奇怪的游荡,超出了古希腊人的把握,在他们看来匀速的圆周运动应该是天体自然的属性。因此,柏拉图提出是否可以用匀速圆周运动的组合去建构一个模型,从而解释行星运动的这种不规则性,也即拯救这一迷茫困惑的现象。这就是“拯救现象”的含义。

拯救现象的提出,为古希腊的天文学指明了方向,一直影响到了哥白尼时代。不过后来它成了束缚天文学发展的紧箍咒,直到开普勒行星椭圆轨道的发现,才彻底把它抛弃,这是后话了。

有了拯救现象的指导思想,接下来就该建构模型了。比柏拉图稍微年轻一些的欧多克斯就要出场了,他最初提出了用于解释恒星和行星运行的“双球模型”。这种双球模型是这样描述宇宙的(这里的宇宙与我们现在的宇宙不可同日而语,当时的宇宙仅仅是现在太阳系的一小部分):地球与天球是一对同心球,7个游星分布在天球的表面。天球绕着穿过地球南北两极的轴自东向西旋转,每天旋转一周以形成昼夜。太阳、月球和行星在黄道带上自西向东运转,对太阳而言一年转一周,月球是一月一周,显然它们的速度没有天球在相反的方向转得快,因此也被天球带着自东向西转,可以说是天球本身的运动与太阳、月球自身运动的叠加造成了视觉上太阳与月球的东升西落。



双球模型

但是欧多克斯也注意到了,这种简单的双球模型在解释行星运动的不规则性上并不理想,与拯救现象的理念差得太多,于是在该模型的基础上,

他给每个行星又附加了一系列相互嵌套的同心球,其中每一个球负责行星复杂运动的一部分。如果再继续解释下去每个行星附加的各个球所能起到的运动作用,估计会有读者把这本书撕得粉碎的。我想到这里已经达到了某些读者忍耐力的极限了,这的确有些烦琐与无聊,不过如果您对古希腊先哲在这条虽然后来证明是歧途的道路上这样执着心存一点敬意的话,你的心情或许能好一些。

好了,我们跳出欧多克斯烦琐的细节,只把这种模型后来的结局告诉大家。在欧多克斯之后,经过了卡里普斯的改进,最后到那位无所不通的亚里士多德,这种同心球的模型已经发展成了一个类似巨无霸的宇宙体系,天球的总数达到了 55 个!

尽管后来发展的那种巨无霸式的同心球模型也能够部分解释行星的运动,但是有一个致命的缺陷与经验观察不符,那就是它无法解释天体与地球之间距离的变化。在当时,古希腊人已经可以根据 7 个游星相对于恒星背景速度判断出了它们相对于地球距离的大小顺序,从小到大的顺序依次是月球、水星、金星、太阳、火星、木星、土星。其中用到的科学道理源自生活中的经验,这里我们以高速公路上行进的汽车为例。如果你站在一条高速公路旁,会发现身边的汽车如箭一般地穿过,而眼前远处另一条高速路上的汽车(假设具有与前者同样的速度)在视觉上就会慢许多,如果天上恰好有飞机飞过,你会发现飞机看上去更慢,可事实上正好相反。古希腊人对 7 个游星距离远近的认识就基于此,当然还有一些辅助的办法,比如说既然日食是由于月球挡住了太阳造成的,那么月球自然会距离地球近一些。公元前 3 世纪的阿里斯塔克甚至用几何方法推算出了日地距离与月地距离的相对大小,尽管误差有些大,但方法是对的。

在拯救现象理念的引领下,另一种几何模型逐渐占了上风,它是由阿波罗尼奥斯、喜帕恰斯(也译作伊巴谷)发展,最终由托勒密集大成本轮-均轮模型。注意这里我们沿用了通常与托勒密名字联系在一起的本轮-均轮模型,是为了不使读者感到陌生。如果真的细究起来,这一模型经历了偏心圆模型、本轮-均轮模型、对分圆模型三个阶段。下面分别简述它们,这里不建议读者因为惧难而跳过下面的内容,因为它对后面理解哥白尼的革命很关键,所以希望你能咬紧牙关,渡过这里的急流险滩。马克思不是说过