



上海出版基金项目
Shanghai Publishing Project

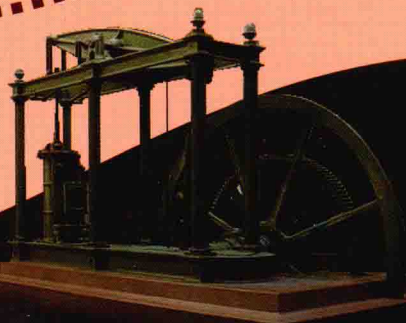
王元 主编

改变世界的科学



物理学的足迹

罗会仟 赵敏 姚晓春 陆继宗 · 著



中国科学院
白春礼院长
褚君浩院士

倾力推荐



上海科技教育出版社



上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds

王元 主编

改变世界的科学

物理学的足迹



罗会仟 赵敏 姚晓春 陆继宗 · 著



上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理学的足迹/罗会仟等著. —上海:上海科技教育出版社, 2015.11

(改变世界的科学/王元主编)

ISBN 978-7-5428-6202-0

I. ①物… II. ①罗… III. ①物理学—青少年读物 IV. ①O4-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第059722号

责任编辑 刘丽曼 郑丁葳
装帧设计 杨静 汪彦
绘 图 黑牛工作室 吴杨嬗

改变世界的科学

物理学的足迹

丛书主编 王元

本册作者 罗会仟 赵敏 姚晓春 陆继宗

出 版 上海世纪出版股份有限公司
上海科技教育出版社
(上海市冠生园路393号 邮政编码200235)
发 行 上海世纪出版股份有限公司发行中心
网 址 www.sste.com www.ewen.co
经 销 各地新华书店
印 刷 上海中华印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16
印 张 14
版 次 2015年11月第1版
印 次 2015年11月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5428-6202-0/N·937
定 价 49.80元



目 录

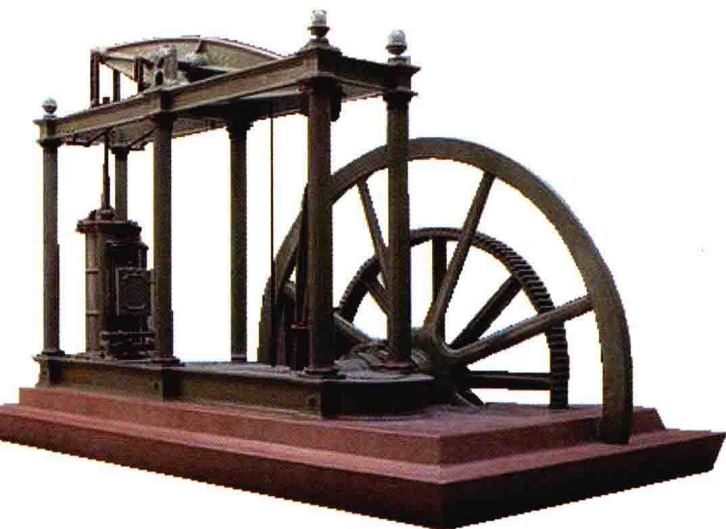
- 约公元前950年
《竹书纪年》最早记载北极光 / 1
- 约公元前600年
泰勒斯发现琥珀摩擦起电 / 2
- 约公元前4世纪
《墨经》问世 / 3
- 约公元前300年
欧几里得写成《光学》 / 5
- 约公元前3世纪
中国发明司南 / 6
- 公元前3世纪中后期
阿基米德著《论浮体》 / 9
- 11世纪末
沈括著《梦溪笔谈》 / 11
- 1593年
伽利略发明空气温度计 / 13
- 1600年
吉伯发表《论磁石、磁体和地球大磁石》 / 15
- 1621年
斯涅耳提出光的折射定律 / 16
- 1632年
伽利略提出力学相对性原理 / 17
- 1643年
托里拆利发明水银气压计 / 18
- 1644年
笛卡儿提出碰撞规则 / 19
- 1653年
帕斯卡提出流体压强传递定律 / 20
- 1654年
居里克演示马德堡半球实验 / 21
- 1686年
莱布尼茨引入动能概念 / 23
- 1687年
牛顿《自然哲学的数学原理》出版 / 24
- 1702年
哈雷绘制第一幅磁偏角等值线图 / 28
- 1704年
牛顿《光学》出版 / 29
- 1712年
纽科门蒸汽机成功安装 / 30
- 1738年
伯努利定理提出 / 33
- 1745年
罗蒙诺索夫提出热动说 / 34
- 1745年
莫森布鲁克发明莱顿瓶 / 35
- 1752年
富兰克林用风筝探测雷电 / 37
- 1782年
蒙戈尔费耶兄弟发明热气球 / 39
- 1785年
库仑定律提出 / 40
- 1786年
伽伐尼发现生物电 / 42
- 1787年
查理定律提出 / 45
- 1800年
赫歇尔发现红外辐射 / 47
- 1800年
托马斯·杨提出光的干涉概念 / 48
- 1803年
道尔顿提出原子论 / 50



- 1815年
惠更斯—菲涅耳定律提出 / 53
- 1820年
奥斯特发现电流磁效应 / 54
- 1824年
卡诺循环和卡诺定理提出 / 56
- 1826年
欧姆定律提出 / 57
- 1827年
发现布朗运动 / 59
- 1831年
法拉第发现电磁感应现象 / 61
- 1840年
焦耳定律提出 / 64
- 1848年
威廉·汤姆孙提出绝对温度和绝对温标 / 66
- 1850年
克劳修斯提出热力学第二定律 / 67
- 1851年
菲佐测量光在流水中的速度 / 69
- 1855年
盖斯勒发明水银真空泵 / 70
- 1864年
麦克斯韦方程组建立 / 72
- 1865年
克劳修斯提出熵的概念和熵增加原理 / 75
- 1871年
麦克斯韦提出“麦克斯韦妖”佯谬 / 77
- 1873年
范德瓦耳斯方程提出 / 78
- 1876年
贝尔获得电话专利权 / 79
- 1877年
玻尔兹曼关系提出 / 82
- 1883年
发现爱迪生效应 / 83
- 1884年
描述氢光谱的巴耳末公式提出 / 85
- 1887年
测量“以太风” / 86
- 1887年
赫兹发现电磁波并观察到光电效应 / 89
- 1887年
马赫发现气流特征数 / 93
- 1889—1907年
茹科夫斯基奠定空气动力学基础 / 96
- 1892年
洛伦兹建立经典电子论 / 97
- 1895年
马可尼实现电磁波远距离传送 / 99
- 1895年
X 射线发现 / 101
- 1896年
兰利制成无人驾驶飞行器 / 104
- 1896年
贝克勒耳发现天然放射性 / 106
- 1897年
约瑟夫·汤姆孙发现电子 / 110
- 1898年
威尔逊发明云室 / 113
- 1899年
卢瑟福发现 α 射线和 β 射线 / 114
- 1900年
普朗克提出量子论 / 115
- 1902年
卢瑟福和索迪提出原子自然衰变理论 / 118



- 1903年
齐奥尔科夫斯基《利用喷气工具研究空间》发表 / 119
- 1905年
爱因斯坦创立狭义相对论 / 121
- 1906年
能斯特提出热力学第三定律 / 124
- 1908年
昂内斯制得液氦 / 125
- 1908年
闵可夫斯基提出四维时空 / 126
- 1911年
卢瑟福提出原子结构的有核模型 / 127
- 1911年
密立根油滴实验完成 / 129
- 1911年
昂内斯发现超导现象 / 130
- 1912年
赫斯探测到宇宙射线 / 132
- 1913年
真空X射线管研制成功 / 133
- 1913年
布拉格定律提出 / 134
- 1913年
氢原子玻尔模型建立 / 135
- 1916年
爱因斯坦建立广义相对论 / 137
- 1917年
爱因斯坦创立静态宇宙模型 / 139
- 1919年
人工核反应首次实现 / 140
- 1920年
玻尔正式提出对应原理 / 141
- 1924年
玻色—爱因斯坦分布提出 / 142
- 1924年
德布罗意提出物质波假设 / 144
- 1925年
海森伯创立矩阵力学 / 145
- 1925年
贝尔德研制出电视系统 / 147
- 1925年
泡利不相容原理及费米—狄拉克分布提出 / 149
- 1926年
薛定谔创立波动力学 / 151
- 1926年
玻恩提出波函数的统计解释 / 153
- 1927年
海森伯提出不确定性原理 / 154
- 1927年
戴维孙—革末实验完成 / 156
- 1928年
狄拉克方程提出 / 158
- 1930年
泡利提出中微子假设 / 160
- 1932年
尤里发现氢的同位素氘 / 161
- 1932年
劳伦斯建成回旋加速器 / 162
- 1932年
安德森发现正电子 / 164
- 1933年
电子显微镜问世 / 165
- 1933年
埃伦费斯特提出二级相变概念 / 166
- 1934年
人工放射性发现 / 168
- 1935年
汤川秀树提出核力的介子理论 / 169



- 1935年
实用雷达系统发明 / 171
- 1935年
EPR悖论提出 / 172
- 1936年
玻尔提出核结构的液滴模型 / 174
- 1937年
液氦超流动性的发现及超流动理论提出 / 175
- 1938年
拉比创立分子束共振法 / 177
- 1938年
哈恩等发现原子核裂变 / 178
- 1940年
麦克米伦和埃布尔森发现首个超铀元素 / 179
- 1942年
费米主持建成第一座核反应堆 / 180
- 1945年
第一颗原子弹在新墨西哥州试爆成功 / 182
- 1948年
量子电动力学重正化理论建立 / 185
- 1953年
汤斯发明微波激射器 / 188
- 1955年
考恩和莱因斯实验证实中微子存在 / 190
- 1956年
李政道和杨振宁提出宇称不守恒理论并被吴健雄证实 / 192
- 1957年
苏联发射第一颗人造地球卫星 / 194
- 1960年
梅曼研制出激光器 / 196
- 1961年
美国开始实施阿波罗计划 / 197
- 1962年
莱德曼等证实存在两种中微子 / 199
- 1964年
盖尔曼提出夸克模型 / 200
- 1967年
电弱统一模型问世 / 201
- 1974年
尝试建立大统一理论 / 203
- 1985年
发现新的碳单质C₆₀ / 204
- 1985年
朱棣文等用激光将原子冷却至240微开的低温 / 205
- 1986年
发现高临界温度超导材料 / 207
- 1998年
小柴昌俊等发现中微子振荡现象 / 209
- 2000年
相对论重离子对撞机开始运行 / 211
- 图片来源 / 213



约公元前950年

《竹书纪年》最早记载北极光

在地球南北两极,夜空中常常会出现彩色的光。公元前950年,我国的《竹书纪年》对此现象有所记载。国外的最早描述来自古希腊的探险者。这种美丽的天象奇观是什么?是神的旨意,是地球外缘燃烧的大火,还是冰雪在夜间释放白天储存的太阳能量?千百年来,人们曾经有过各式各样的“解释”。但直到1960年代,人们将地面观测结果与卫星和火箭探测到的信息结合起来,才认清极光的本质。

极光是原子与分子在距离地面100—200千米地球大气最上层处被激发的光学现象。它的形成有三大要素:太阳风、地球磁场、大气。太阳风是太阳的激烈活动放射出的无数带电微粒,它们流动时就像空气流动一样。带电微粒进入地球磁场时,受地球磁场的影响,便沿着地球磁力线高速进入南北磁极附近的高层大气中,与氧原子、氮分子等碰撞,产生了“电磁风暴”和“可见光”现象,这就是众所瞩目的极光。极光现象与电视机显像管发光类似。在电视机显像管中,电子束击中电视屏幕,使屏上的发光物质发光。当产生极光时,极区大气就相当于显像管的荧光屏,来自太阳的带电粒子打入极区高空大气层时,会激发大气中的分子和原子,导致发光。其他行星的周围,如木星和水星,也会产生极光。

阿拉斯加上空的北极光⑩

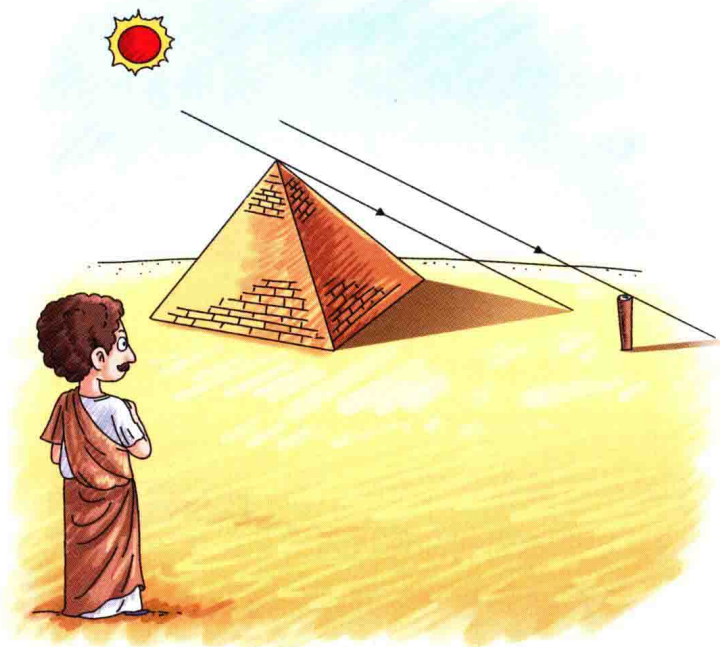




约公元前600年

泰勒斯发现琥珀摩擦起电

金字塔到底有多高？从遥远海上驶来的船只离岸边到底有多远？在2600多年前的古希腊，一个叫泰勒斯的人就能给出答案。



泰勒斯利用日影测量金字塔的高度⑤

他是古希腊哲学的开山祖师，是古希腊七贤之一，以数学和天文学知名。他在圆、三角形等方面有许多原创性发现，并把相关原理传授给后人。他还是古希腊第一位天文学家，曾经测定冬至和夏至点，准确预言在公元前585年会发生日全食，

是人类第一个成功预言日全食的科学家。

泰勒斯对物理学的直接贡献是发现了静电和磁现象。相传公元前600年左右，泰勒斯发现了琥珀摩擦起电现象。琥珀是一种黄色树胶的化石，在古代用于装饰。人们外出时总把琥珀首饰擦拭得干干净净，但不管擦得多干净，它很快就会吸上一层灰尘。泰勒斯发现，用丝绸摩擦过的琥珀确实具有吸引灰尘、绒毛、麦秆等轻小物体的能力。他把这种不可理解的力量叫做“电”。实际上，英语中“电学”(electricity)一词最初就是由“琥珀”(electron)一词演化而来。另外，泰勒斯还发现某些天然矿石(磁石)能吸引铁质物体。



琥珀⑥



约公元前4 世纪

《墨经》问世

据说在2400多年前的春秋战国时期,有一个员工众多、影响巨大的团体。它有完整的组织系统、政治纲领和行动宣言,提倡“兼爱、非攻”,也就是要博爱,要消灭战争。这些员工大多来自社会底层,以吃苦为乐事。他们的最高领袖被称为“巨子”,第一任巨子就是墨子。

墨子,名翟,他和鲁班一样,是春秋末战国初鲁国人。墨子年轻的时候学习儒家学说,但很快就觉得儒家的这一套礼节太过繁琐,尤其是厚葬死者,非常浪费。于是他就放弃了儒家学说,另立山头,创建了墨家学说。墨家是我国先秦诸子百家中的一大学派,和儒家、道家一起并称显学。墨家主张“兼爱”、“非攻”、“尚贤”、“尚同”、“非乐”、“天志”、“明鬼”、“非命”、“节用”、“节葬”。《墨子》是墨子及墨家著作汇编,共71篇,现存53篇。《墨子》内容广博,包含政治学、哲学、伦理学、逻辑学、科技、军事等内容。其中的《经》上、下,《经说》上、下,《大取》、《小取》等六篇是《墨子》的精华,被称为《墨经》。

《墨经》中有许多物理学知识,给出了不少物理学概念的定义。这在我国古代极其罕见。

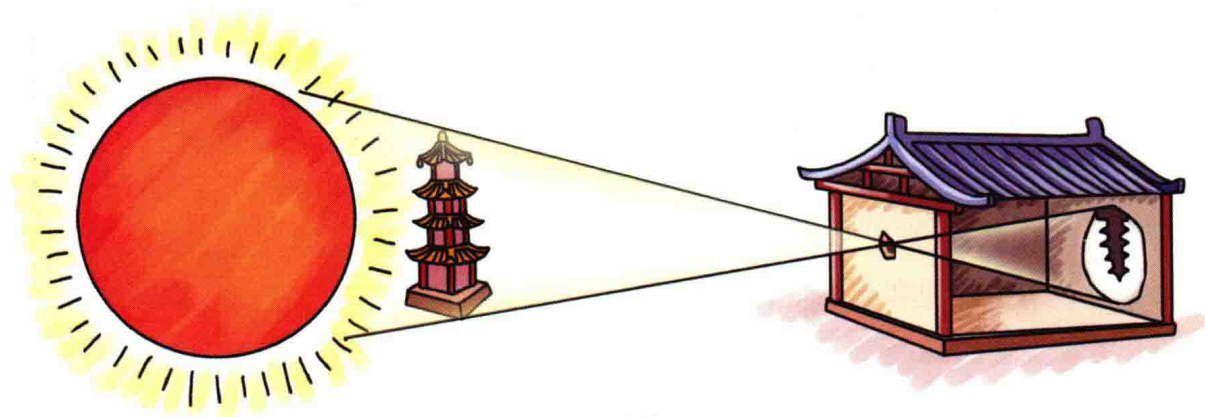


墨子纪念邮票①





在静力学方面,《墨经》指出,秤平衡时“本”(重臂)短、“标”(力臂)长。这已含有力 \times 力臂(“标”) = 重 \times 重臂(“本”)的思想,比阿基米德提出杠杆原理还早了200年。在动力学方面,墨子提出“止,以久也,无久之不止,当非牛马也”的观点,说明车停(止)的原因是阻力(久)作用,力是改变物体运动的原因,这已具有牛顿惯性定律的雏形。《墨经》还进一步指出,“力,刑之奋也。”这不但对“力”下了定义,还指出力是产生加速度(奋)的原因,这在观念上已非常接近牛顿第二定律了。



小孔成像⑤

在光学方面,《墨经》提出了“景不徙”的著名命题,指出光是直线传播的,阐明了小孔成像的原理。墨子还通过对平面镜、凹透镜、凸透镜等进行的系统研究,得出了几何光学的一系列基本原理。正如英国著名学者李约瑟在《中国科学技术史》中指出的,墨子关于光学的研究,“比我们所知道的希腊的情况为早”,“印度亦不能比拟”。

声学方面,《墨经》论述了声音的传播,指出可以利用“井”和“罍”放大声音,监听敌军是否在挖地道攻城。

此外,《墨经》指出,“端”具有“非半”的性质,提出了宇宙万物、甚至时空本身也含有最小组元的思想。

《墨经》中的许多内容已超越当时世界的认知水平,遗憾的是这些都没有得到后世的重视、继承和发扬。

位于山东省滕州市墨子纪念馆的墨子像⑦





约公元前300年

欧几里得写成《光学》

在科学史上，有一本流传最广的巨著《几何原本》，它的作者就是古希腊著名的数学家和科学家欧几里得。据说年轻的欧几里得曾经跟随著名哲学家柏拉图学习，后来来到埃及的亚历山大城，建立了一所学校，广收弟子。

欧几里得为人极其诚实，处世也很谨慎，从不吹嘘自己，是一位德高望重的饱学之士。就在来到亚历山大的那一年，约公元前300年，欧几里得写成了《光学》。《光学》研究了透视问题，认为“人看到物体是光线从眼睛出发射到所看的物体上去”，这是自柏拉图



欧几里得

之后的传统观点；“处于平行位置大小相同但距离不同的物体，在眼中看到的大小并不与远近成比例”。在《光学》里，欧几里得将视觉与几何联系在一起，创建了几何视觉理论。尽管认为视觉是眼睛发出光线到达物体的结果与现实不符，但其用“视线”的方法使光学问题能够用逻辑与几何论证，奠定了几何光学的基础。

《反射光学》被认为是欧几里得的另一本光学专著。在这本书中，欧几里得探讨了光的反射现象，研究了光的反射定律，即入射角等于反射角，还研究凸面镜和凹面镜的反射，论述了凹面镜对光既能会聚也有发散作用，而凸面镜则只有发散作用，并说明当把凹面镜面对太阳时可以取火，并知道凹面镜的焦点所在。

位于英国牛津大学自然历史博物馆的欧几里得雕像





约公元前3世纪

中国发明司南

据说在4000多年前的中国,人们用指南车来辨认方向。这是一种利用齿轮传动系统、由车上的小人指示方向的机械仪器,即使在浓雾中也不会迷失方向。

不过,到了战国时期,中国古代典籍中才有磁铁指示方向的记录。约公元前3世纪,中国发明司南,《韩非子》中记载的“故先王立司南以端朝夕”,首次说明了“司南”是一种指示方向的仪器。相传这是郑国人造出的,当他们去采玉时就会携带司南,以免迷失方向。根据史书记载,人们复原了汉代司南的样子。它像一把汤勺,勺底非常光滑,是用整块的天然磁石磨成的。底座是一块光滑的青铜底盘,内圆外方。使用时先把底盘放平,再把司南放在底盘中间,拨动勺柄,使它转动,等到它停下来时,勺柄所指的方向就是南方。

司南为什么要特别做成勺子的形状呢?这大概与古人的天文知识相关。

古人在观察天象的时候,仰望正北方向就能看见北斗七星。它是人们在夜间寻找方向、辨别星座的标志。于是人们仿照北斗星的样子,将司南做成了勺形。不过,真正的古代司南现已不存,现在的司南模型是根据《韩非子》、《论衡》等古籍的描绘复制而成的。

司南是世界上最早的利用磁性来指示方向的仪器,是指南针的原型。由于是用天然磁石磨制的,所以在矿石大小、磨制工艺和精度上要求很高,受到诸多



指南车©



司南©



限制。而且，“汤勺”在圆盘上转动时指向不是很准确，于是司南就逐渐被淘汰了。直到宋代，人们掌握了人工磁体的技术之后，指南鱼和指南针才正式问世。



指南鱼©



指南龟©

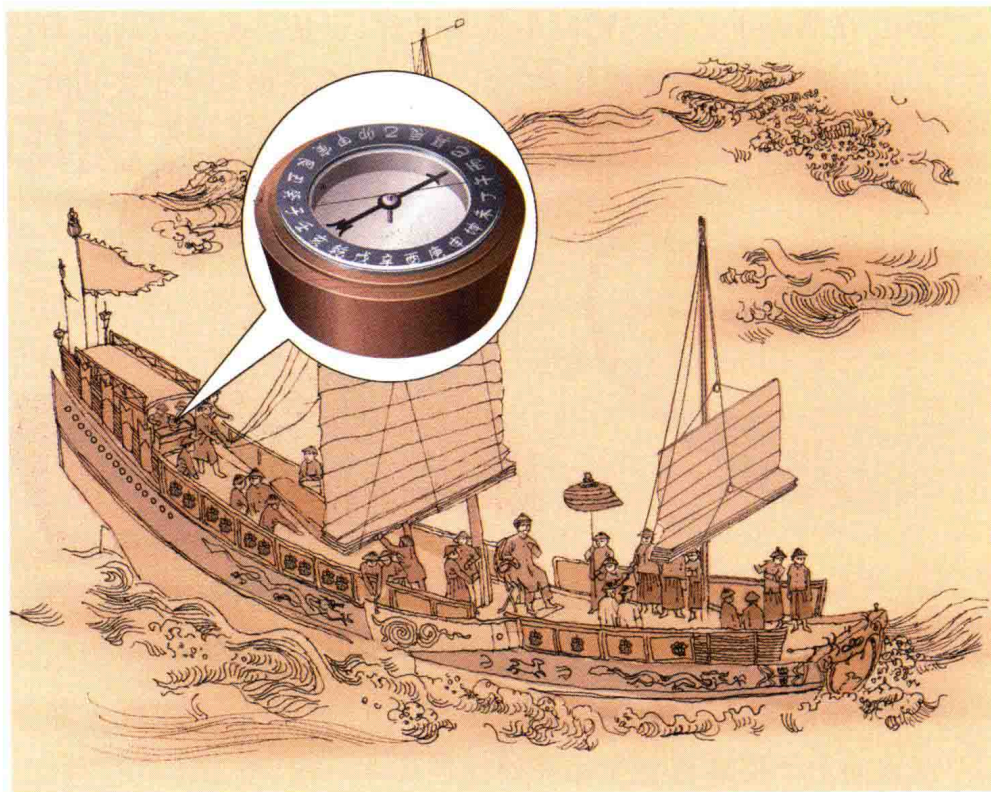
北宋大臣曾公亮在1044年成书的《武经总要》中第一次详细记载了制作和使用指南鱼的方法。先把薄铁片剪成鱼的形状，长二寸，宽五分，鱼的肚皮部分凹下去，可以浮在水面上。接着再把鱼和天然磁铁放在一起，使鱼也具有磁性。然后，再取一碗水，把指南鱼放在水面上，就能辨认方向了。指南鱼比司南使用起来要方便许多，只要有一碗水就可以了，而且更灵敏、更准确。约100多年后，北宋科学家沈括在《梦溪笔谈》中记载了制作指南针的方法：“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。”可见，指南针的制作更加方便了，只需要将天然的磁石磨成针，就能指示南方。到了元代，人们还造出了同样具有指南作用的指南龟。

中国的海上交通很早就开始了。据说在2000多年前，秦始皇为了寻找仙药，就派人乘船航海了。但在指南针发明之前，在大海里航行非常困难。大海白茫茫一片，水天相连，很难找到目标。白天可以通过看太阳分辨方向，夜晚可以观察北极星，那么阴天下雨的时候在海上该怎样判断方向呢？事实上，世界上最早利用指南针进行海上导航的就是北宋海船，这种用于航海的指南针就被称为航海罗盘。

根据1119年成书的《萍洲可谈》记载，当时的船员只有在见不到日月星辰的时候



现代指南针①



罗盘©

才使用指南针。这或许是因为人们对如何使用指南针还不是很熟练。到了1225年,《诸蕃志》上则说,这时指南针已经成为海上航行最重要的仪器了。人们不管昼夜阴晴都用指南针导航,还编制了指南针航线图,标注了去往海外各国的路线。据说明代著名的郑和七次下西洋的宝船上就有罗盘和航海图,还有专门测定方位的技术人员。

我国不但是世界上最早发明指南针的国家,还是最早把指南针用于航海的国家。到了北宋末年(约1180年),小小的指南针通过阿拉伯商人传入欧洲。指南针从此在世界航海事业上广泛使用,为世界地理大发现做出了重要贡献。





公元前3世纪 中后期

阿基米德著《论浮体》

阿基米德是古希腊科学巨人,古代最伟大的科学家,在数学、物理学、天文学和机械科学等各方面都有卓越成就。

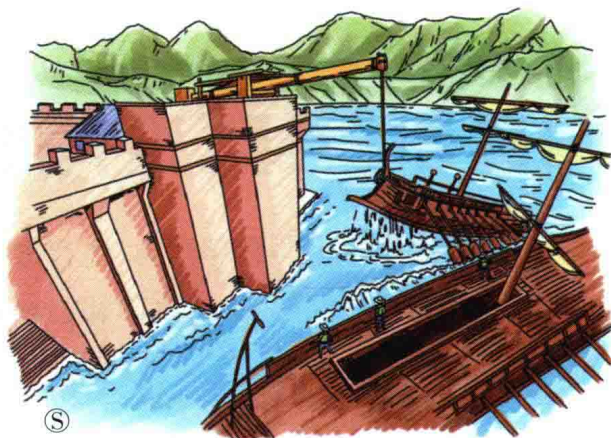
阿基米德发现浮力定律的故事脍炙人口。传说叙拉古的海罗王让金匠制作了一顶纯金的皇冠,却有人告发说,皇冠被掺了白银,并非纯金。国王请阿基米德作鉴定。阿基米德冥思苦想,一时也没有找到好的鉴别方法。一次在澡盆洗澡时,阿基米德突然悟到物体的体积等于物体排开水的体积,因而忘形裸奔,跑到街上大喊“尤里卡”(希腊语“我找到了”)。阿基米德把皇冠放在水里,测出排开水的体积,也就是皇冠的体积,再把与皇冠同等重量的金子放在水里,测出这些金子的体积,两个体积相互比较,如果皇冠的体积更大,则说明其中掺了假。在对沉浮现象进行了大量研究之后,阿基米德发现了浮力定律:物体在水中所受的浮力等于它排开水的重量。该定律通常被我们称为阿基米德定律。



阿基米德^⑧



其实,阿基米德的研究并非传说中那么简单,他没有停留在浮力大小的问题上。阿基米德非常注重推理方法的应用,他找到了更为根本的液压原理,即在连通的液体中,同一水平位置的液体如果受到的压力有差别就不会静止,但容器中深处的液体可在其上面液体的压缩下而不至于移动。根据此原理,他证明静止的液面必然是以地球中心为球心的球面,阐述了固体在液体中的沉浮和重量变化,包括浮力大小与所排液



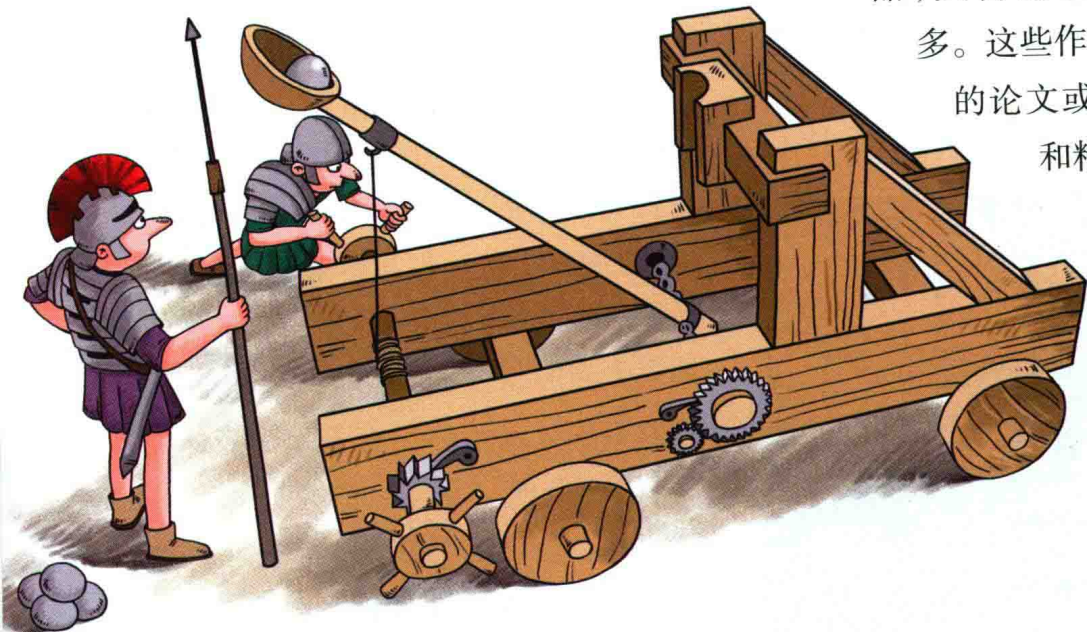
体的关系等。这些内容都记载在其名著《论浮体》中。

在另一名著《论平面图形的平衡或其重心》中,阿基米德提出了基本的杠杆原理:“两重物平衡时,所处的距离与重量成反比。”阿基米德名言“给我一个支点,我就能撬起地球”虽然夸张,但其理论依据就是杠杆原理。

阿基米德还以发明的各种巧妙的机械在当时的叙拉古享有崇高的声誉。据说,为了让叙拉古国王相信他能移动地球的说法,他设计了一套滑轮装置。利用这套装置,他几乎不费什么力气,就把一艘轮船拖动了一段距离。更让人惊叹的是阿基米德发明的军事机械。据说在一次战争中,阿基米德发明的投石机、投火器等发挥了神奇的作用,使前来进攻叙拉古的罗马军团遭受惨重的伤亡。

阿基米德是具有无比旺盛原创能力的科学家,他留下了足足十一部传世作品,失传的也有七八部之

多。这些作品都是原创性的论文或专著,其严谨和精妙令人叹服,重要性和价值也经久不衰。



投石机⑤