

高 等 学 校 教 材

# 物理学史教程

主编/仲扣庄

副主编/韩典荣 王 全 周 靖 辛智俊

WULIXUESHIJIAOCHENG

南京师范大学出版社

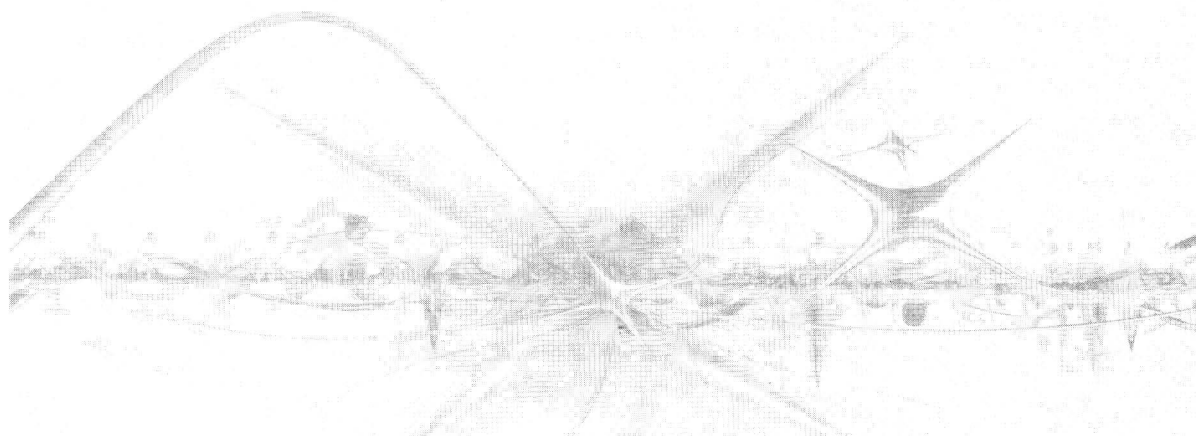
高等学校教材

# 物理学史教程

主审/申先甲 刘筱莉

主编/仲扣庄

副主编/韩典荣 王全 周靖 辛智俊



南京师范大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

物理学史教程 / 仲扣庄主编. —南京: 南京师范大学出版社,  
2009. 2  
(高等学校教材)  
ISBN 978-7-81101-851-6/O · 32

I. 物… II. 仲… III. 物理学史—高等学校—教材  
IV. O4-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 017710 号

---

书 名 物理学史教程  
主 编 仲扣庄  
责任编辑 周海忠  
出版发行 南京师范大学出版社  
地 址 江苏省南京市宁海路 122 号(邮编:210097)  
电 话 (025)83598077(传真) 83598412(营销部) 83598297(邮购部)  
网 址 <http://press.njnu.edu.cn>  
E-mail [nspzbb@njnu.edu.cn](mailto:nspzbb@njnu.edu.cn)  
印 刷 启东市人民印刷有限公司  
开 本 787×960 1/16  
印 张 18.25  
字 数 338 千  
版 次 2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-81101-851-6/O · 32  
定 价 29.80 元

出 版 人 闻玉银

---

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换

版权所有 侵犯必究

## 序 言

物理学是人类社会实践的产物,作为人类对物理世界客观规律认识的结果,物理学有一个不断积累和发展的过程。它的每一个基本概念、基本定律和基本理论,都有一个萌芽、形成和发展演化的曲折历程。

但是,在大量通常的物理教科书中,人类对物理学认识的历史痕迹被擦拭殆尽。物理学家们曲折顽强、激动人心的创造过程常常被物理学理论严密、精美的逻辑体系的面纱遮盖起来,人们只能通过具体的物理学定律或公式前面所冠的科学家的名字,模糊地窥视到一点历史的端倪。这种做法很容易使学生对科学创造工作形成一种神秘感,把科学家视为具有“超人智慧”的圣哲,把科学研究和科学创造看作是难以企及的事情,对物理学的深刻本质也很难理解得透彻。

物理学史正是要从大量历史资料中,把物理学认识从起源到现在的发展过程的概貌展示出来,揭示出物理学发展的历史足迹,并从中概括出物理学发展的基本规律。国际上物理教学改革的潮流之一,就是更多地把物理学史的内容引入物理教学,以增强物理教学的趣味性、思想性和启发性,提高教学质量。

物理学史的研究工作在我国起步较早,物理学史的内容也曾作为科技史的一部分在历史、哲学或自然辩证法等课程中占有过一席之地。20世纪80年代以来,物理学史的教学受到有关方面的重视,物理学史作为一门独立的课程进入高等院校,它的内容也较多地插入物理学各分科教材,进入中、小学教科书中。实践证明,开设物理学史课程或把物理学史与物理教学相结合,是活跃学生思想、训练科学方法、发展科学思维、培养创造能力的有效手段之一,有利于提高学生的科学素养。

参加本书编写工作的南京师范大学、江苏教育学院、南通大学、淮阴师范学院、内蒙古师范大学等院校的教师,开设该课程已有近20年之久。他们以丰富的史料、充满哲理的讲述、现代化的教学手段展示了物理学发展的多彩篇章,受到学生的好评。上述院校还承担了教育硕士的相关课程的教学和新课程骨干教师的培训任务,老师们能针对不同对象,精心组织教学内容,并能密切关注科学发展的新动向,不断补充最新信息,采用不同形式进行教学,在继续教育中发挥了良好的作用。该书正是在他们多年教学经验积累的基础上编写的。

该书结构合理,文笔生动,图文并茂。各章节的表述脉络清楚,既保持了内容的完整,又体现了各位作者的个性。中国古代和经典物理部分比较详细,切合中学教师的需要;现代部分,则着重阐述了各物理学家的科学思想和创造思路,

符合目前物理课程改革的要求。该书还独创了“课后闲话”栏目,以生动的文笔,从多个视角展现物理学家的风采和有关史实。该书不仅介绍了物理学发展的历史,同时也整合了科学方法论、科学哲学以及社会科学等内容,它不仅适合物理专业的学生,对其他学科的学生而言也是极好的素质教育内容。本书很适合作为高等院校物理专业大学生、研究生、教育硕士以及在职中学物理教师学习、进修的教材。

中国科学技术史学会物理学史专业委员会前理事长,首都师范大学教授,申先甲

2008年12月8日

# 目 录

序言	(1)
绪论	(1)

## 第一篇 古代物理学成就

第一章 中国古代物理学成就	(7)
第一节 中国古代的物质观	(7)
第二节 中国古代的力学知识	(13)
第三节 中国古代的热学知识	(20)
第四节 中国古代的声学知识	(24)
第五节 中国古代的光学知识	(29)
第六节 中国古代的电磁学知识	(34)
第二章 西方古代物理学成就	(41)
第一节 古希腊的物质观	(41)
第二节 古希腊的物理学知识	(44)
第三节 中世纪阿拉伯和欧洲的物理学知识	(51)

## 第二篇 经典物理学的发展

第三章 经典力学的建立和发展	(61)
第一节 运动定律的发现	(61)
第二节 万有引力定律的发现	(75)
第三节 牛顿和他的《自然哲学的数学原理》	(81)
第四节 牛顿后力学的发展	(86)
第四章 热力学和统计物理学的发展	(94)
第一节 热现象的早期研究	(94)
第二节 热力学定律的发现	(100)
第三节 分子动理论的发展	(110)
第四节 统计物理学的建立	(114)
第五章 电磁学的建立和发展	(119)
第一节 电磁现象的早期研究	(119)
第二节 电磁联系的发现	(128)

第三节	法拉第的电磁学研究	(136)
第四节	电磁场理论的建立	(139)
<b>第六章</b>	<b>经典光学的发展</b>	(146)
第一节	几何光学的发展	(146)
第二节	光的本性的研究	(150)
第三节	光速的测定	(159)
第四节	光谱的研究	(162)
<b>第三篇 现代物理学的发展</b>		
<b>第七章</b>	<b>实验上的伟大发现和物理学革命</b>	(171)
第一节	19世纪与20世纪之交的三大发现	(171)
第二节	“以太漂移”和黑体辐射规律的探索	(183)
第三节	物理学革命的序幕	(190)
<b>第八章</b>	<b>相对论的建立</b>	(194)
第一节	相对论先驱者的思想	(194)
第二节	爱因斯坦和狭义相对论的创立	(198)
第三节	广义相对论的建立	(207)
<b>第九章</b>	<b>量子力学的发展</b>	(218)
第一节	量子论的早期发展	(218)
第二节	原子理论的发展	(230)
第三节	量子力学的建立	(236)
第四节	关于量子力学的争论	(247)
<b>第十章</b>	<b>核与粒子物理学的发展</b>	(257)
第一节	原子核结构的探索	(257)
第二节	核裂变的发现	(263)
第三节	核聚变的研究	(266)
第四节	粒子的新发现与强子结构的研究	(270)
第五节	弱电统一理论的创立	(277)
<b>主要参考文献</b>		(281)
<b>后记</b>		(285)

## 绪 论

人类已经经历了几千年的文明。当我们回眸历史时,不难发现,物理学也与其他自然科学一样,经历了萌芽、建立和发展的漫长过程。她绚丽多彩,但也曾“乌云”笼罩;她突飞猛进,但几经峰回路转。正如杨振宁先生所说:“我们研究物理学就好像研究一幅非常大的画,而对这幅画要有近距离的了解,因为这幅画十分精细,每一个区域都有许多奥妙之处,这就相当于我们对物理学的每一个具体规律的讲究。但是还必须有远距离的了解,只有站在较远的距离上才能对整个画面的整体结构有所了解,才能看出整个画面的构思以及它的起伏。研究物理学也是这样,只有对它发展的全过程有所了解,才能把握住它的发展方向,才能有所创新,否则不是真正的物理学。”因此,学习物理学史可以增强对物理学整体的了解。

从物理教学的角度看,目前,无论是大学还是中学,物理教学都是分科(力学、热学、电学、光学、原子物理等)进行的,并大多采用了逻辑的方法。这样,可以在较短的时间内使学生掌握人类几千年来积累的知识。只要教材编得好,老师讲得好,这也不失为一种好方法。但是,这种方法缺乏历史感,对此钱三强先生有过一段精辟的论述:“任何科学的新分支,从它的产生、发展到把它的道理弄清楚,都要经过不少曲折,有些还会由于‘偶然’的遭遇而一时蒙难。而我们的教师对青年进行教育的时候,常常是应用经过几次消化(中、外人士)的材料来讲授的,或者经过抽象的理论分析把它表达出来的。这样的教学方法会使青年失去对观察和实验的兴趣,容易发生误解,以为什么结论都可以用数学推导得到。……这样的结果使青年们不了解科学本身是怎样来的。时间长了,等到他从事教学时很容易把科学作为一门死科学来教;从事研究工作时思想也不会活泼(这正是我们科学界的弱点)。……希望加强横的多门学科知识的介绍,同时还希望介绍各门学科发展的历史,以了解它的纵深。……从长远来说,对我国科学技术的发展将会大有作用。”显然,物理学史的教学可以增强物理教学的历史感,弥补用逻辑方法进行分科教学而造成的不足。

物理学的发展大致分为三个主要时期:古代物理学时期、经典物理学时期和现代物理学时期。

从远古至16世纪中叶是古代物理学知识的积累时期。这是物理学的萌芽时期,主要停留在对自然现象的观察和记载上。在这一时期里,自然科学与哲



学、技术等融合在一起,对自然现象的解释往往是思辨性的。古希腊和古代中国是当时的文化中心。公元前3世纪,古希腊的静力学发展已较完善。公元5世纪~11世纪初,西方处在黑暗的中世纪,科学发展停滞不前,而中国则处在封建社会的鼎盛时期,在天文、力、热、声、光等方面都取得了辉煌的成就,处于世界领先地位。

从16世纪中叶到19世纪是经典物理学时期。15世纪末,资本主义开始萌芽,社会生产力得到发展,有力地推动了科学的进程。16世纪中叶,哥白尼提出“日心说”。17世纪晚期,牛顿建立经典力学体系,标志着近代物理学的诞生。之后,经典热力学、光学、电磁学相继建立。到19世纪末,形成了比较完整的经典物理学体系。

从19世纪末到现在是现代物理学时期。19世纪末,一系列实验新事实的发现,使经典物理学理论出现不可克服的危机,导致了物理学的革命和现代物理学的诞生。相对论、量子力学相继建立,在实验手段、数学工具以及思维方法等方面也都大大向前推进了。尤其是20世纪50年代以来,物理学已经发展成为一个相当庞大的学科群,包括了高能物理(粒子物理)、原子核物理、等离子体物理、凝聚态物理等主体学科以及难以计数的分支学科。物理学内部各分支学科之间,物理学与其他学科之间的相互交叉、相互渗透形成了众多极有发展前途的科学前沿。这个进展至今仍在继续,其发展之快、分支之多、变化之大,是以往任何一个时期所不能比拟的。

物理学史是研究物理学产生和发展规律的科学。物理学史正是要研究物理学各个基本概念、基本理论与方法的酝酿、产生和发展过程。通过对物理学史的学习,学生一方面能加深对这些概念和理论的理解,另一方面可以从中受到启迪,深刻体会物理学思想的真谛。

随着物理学研究内容的充实和深化,物理学的研究方法也在不断发展。在古代,人们重视经验,主要依靠不充分的自然观察和简单的推理或猜测,使用直观和思辨的方法来认识自然。16世纪以后,近代自然科学兴起,实验的方法,数学的方法,分析综合、归纳演绎等逻辑方法,在物理学中得到了广泛应用,使物理学成为一门精确、定量的科学。19世纪末,物理学研究不仅在实验方法、数学方法,逻辑推理方法等方面进一步得到提高和发展,统计方法也开始引入。20世纪以来,随着科学技术的飞速进步,物理实验仪器更加精密,物理学理论的公理化、数学化特征更加突出,创造性思维、理想实验的方法在现代物理学发展中起到了重要作用。与科学知识相比,科学方法的学习和培养,更有助于学生科学素质的提高,这在科学技术迅猛发展的今天更显得重要。

物理学是一门创造性、继承性很强的学科,是众多物理学家献身科学事

业、代代承传的结果。物理学史的内容之一,就是要介绍和描绘从古到今众多物理学家的贡献、生平和他们的物理思想,他们追求真理、百折不挠、实事求是的科学精神。通过物理学史的学习,学生能从中受到教育和熏陶,激发孜孜不倦、刻苦学习的自觉性和勇于探索、献身科学的精神。

物理学的发展史也是一部人类对自然界认识的基本观念演化的历史。随着物理学理论体系的建立与完善,物理学的基本观念也在不断变化、更新。从牛顿力学体系赖以建立的绝对时空观念和机械决定论的因果观念开始,不断演化出建立在电磁理论基础上的法拉第的“场”的观念,爱因斯坦相对论的时间、空间、质量、能量与物质运动相互关联的观念,量子理论提出的微观世界的不连续的量子化观念和波粒二象性观念等等。通观物理学发展的历史,可以看到,哲学观点,包括宇宙观和方法论在物理学发展过程中所起的作用是何等重要。观念的转变是最根本的转变,只有具备了这种思想,当科学处在变革中时,我们才能跟上科学发展的步伐。

学习物理学史,就是要从物理学内容和范围的变化,从各个重要时期的社会生产、经济、思想文化的背景,从具有代表性的物理学家的工作,从研究物理学的方法和物理观念的演变,从各个时期的哲学思想对物理学的影响,去认识物理学产生、发展的规律。



## 第一篇 古代物理学成就



物理学作为自然科学中的一门独立的学科是从 16 世纪开始形成的。因此,严格说来,无论是古希腊还是古中国都谈不上有“物理学”,这主要是因为当时人们还不可能自觉地、系统地运用实验方法,也不可能运用严密的逻辑推理和数学工具进行科学的概括,使之成为完整的知识体系。若以历史的、发展的眼光来看,尽管在古代人类积累的物理知识尚停留在对现象的观察、描述阶段,但它仍是物理学形成和发展的先导,古代逐渐形成的对自然界中物理现象的认识成为近代物理学发展的源泉。就世界范围而论,古代物理知识的积累主要发生在古代希腊、中国、阿拉伯等国家和地区。



# 第一章 中国古代物理学成就

中国是个历史悠久的文明古国,有着许多举世闻名、令人惊叹的古代科技成就。其中的一些成就,显然与物理知识的掌握、应用密不可分。

中国古代物理学的形成与发展过程,大致经历了萌芽期、积累形成期和发展期。从远古到夏、商、周时期,是古代物理知识的萌芽期,其时人们对物理现象的认识与应用只能从出土的文物以及少量的文字记载中得以了解,如大量的石器、陶器、青铜器、乐器等出土文物,甲骨卜辞、金文中的天象记录等;春秋战国时期是中国古代物理学知识的积累形成期,此时不仅有许多制作精美的器物,而且在不少文献中,已有对一些常见物理现象(如力、热、声、光、静电与磁现象)的论述与探讨,《墨经》、《考工记》等是这一时期的代表作;秦汉至隋唐、五代时期是中国古代物理学的发展期,许多物理知识在这一时期得到了应用,如张衡的地动仪、僧人一行和梁令瓚的水运浑天仪、刻漏计时等;宋元时期的人工磁化技术、指南针的发明与使用、赵友钦的小孔成像实验等,标志着中国古代物理学的又一个发展高峰期;明清时期中国的物理学虽有发展,但与西方相比是滞后的,这一时期既是西方物理学向中国传播,同时也是中国物理学逐渐步入世界物理学发展行列的时期。

## 第一节 中国古代的物质观

在长期的生产实践中,中国人很早就对自然界的各种自然现象的形成与变化、天地万物的本原与结构问题进行了思考与探索,先后提出了各种不同的说法,比较典型的说法有五行说与阴阳说、元气说以及物质的最小结构——“端”与“小一”说等。

### 一、五行说与阴阳说

五行是指与人们生活密切相关的金、木、水、火、土五种物质的基本形态及其变化。据《尚书·大传》记载:“武王伐纣,至于商郊。停止宿夜,士卒皆欢乐以达旦。前歌后舞,格于上下。咸曰:孜孜无怠,水火者,百姓之所饮食也;金木者,百姓之所兴生也;土者,万物之所资生,是为人用。”这里的“金”是指由铜与锡、铅等金属合炼而成的青铜。西周时期,五行说又有了进一步的发展。《尚书·洪范》中不仅明确提出了“金、木、水、火、土”五种基本元素,而且还对五行的特性作了

陈述,“……五行:一曰水,二曰火,三曰木,四曰金,五曰土。水曰润下,火曰炎上,木曰曲直,金曰从革,土爰稼穡。”把“金”作为构成万物的基本元素,这显然与中国商、周时期高度发展的青铜冶炼技术密不可分。

金、木、水、火、土如何构成万物?西周末年成书的《国语·郑语》中说,“史伯曰:夫和实生物,同则不继。以他平他谓之和,故能丰长,而物归之。若以同裨同,尽乃弃矣。故先王以土与金、木、水、火杂,以成百物。”史伯的观点非常明确,相同种类的物质元素聚合在一起是不可能生成其他物体的,只有当土与其他四种元素相互交杂,才能构成世间万物,因此“和”与“杂”是万物生成的必备条件与主要方法。

战国时期的先哲们又引入了阴阳说与五行相生、相克之说,使“和”与“杂”的五行化生概念得到了进一步深化。

阴和阳最初是人们对日光照射物体时出现明暗现象的一种区别方法。西周时期的《诗经·大雅》中对其作了如是记述:“既景迺岗,相其阴阳。”“迺”是“乃”的繁体字,此处作“是”或“而”解。这句话是说,由于阳光受到山冈的遮挡,因此山冈的背影称之为阴,而向日部分则称之为阳,并无任何哲学意义。后来的先哲们把自然界与社会上的一切对立现象统称为阴阳,如天地、日月、昼夜、冷热、君臣、男女、强弱等,并依此作为解释各种自然现象与社会变化的理论依据。

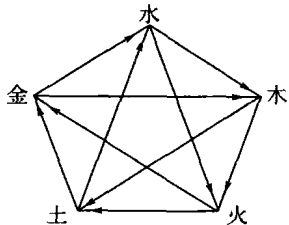


图 1-1 伏羲先天八卦太极图

儒(易学)家们从阴阳说的对立与统一、互斥与互补、互独与互容等错综复杂的关系中,以阴(阴爻——)阳(阳爻——)为基础,建立起阴阳八卦说。阴阳八卦说认为:“易有太极,是生两仪,两仪生四象,四象生八卦。”(《易传·系辞》)这段话的通常解释是,太极是宇宙的本源,太极(宇宙)生两仪(天、地),两仪生四象(春、夏、秋、冬),四象生八卦:乾(天)、坤(地)、震(雷)、巽(风)、坎(水)、离(火)、艮(山)、兑(泽)(如图 1-1)。这里所说的天、地、雷、风、水、火、山、泽,实际上是人们最常见到的八种自然现象。由于易学家们使用了符号阴爻(——)与阳爻(—),采用了数学上的排列组合方法,于是就得到了以 64 卦和 384 爻为主体的易学理论体系,用于解释和预测各种自然与社会现象的产生原因及未来的发展趋势。这也成为了中国古代哲学的一个重要组成部分。

战国时期,五行相生相克之说已经形成。五行相生是指金生水、水生木、木生火、火生土、土生金;五行相克是指金克木、木克土、土克水、水克火、火克金(如

图 1-2)。五行相克亦作“五行相生”解。即金属可以加工成各种工具如刀、斧、锯、凿等,利用这些工具可以砍伐、加工树木;树木可以扎根于土壤,而木制的犁杖可以翻耕土地;用土制成的陶罐可以盛水,而堤坝、河堤则可以拦水;水能把火浇灭;火能熔化金属等。其时的墨家还认识到“五行相胜(克)”是有条件的,因此它们只能是相对的,而不是绝对的。《墨经》中说:“五行毋(无)常胜,说在宜(多)。”《经说》中的解释是:“火烁金,火多也。金靡炭,金多也。……唯所利。”这就是说,金属之所以能够被熔化,是因炭火大而猛烈;反之若金多而炭少,则金就不能被炭火熔化。因此,五行之间的相生、相克(胜),是由对谁有利的先决条件来决定的。



除了以上介绍的五行说、阴阳说与阴阳八卦说之外,还曾有水地说。水地说认为,水为万物之本源。“水者,何也?万物之本原也,诸生之宗室也。”(《管子·水地》)这和古希腊泰勒斯“水为万物之母”的说法不谋而合。

## 二、元气说

天地万物是由气构成的元气说,源自于春秋战国时期的“气”观念,完成于两汉,发展于唐宋,明清时期达到了最高峰。元气说是中国古代物质观的重要理论之一。

早在春秋战国时期,中国就已经有了气生万物之说。“精也者,气之精也,精即气。”“凡物之精,比则为生。下生五谷,上列为星;流于天地之间,谓之鬼神;藏于胸中,谓之圣人。是故此气,杲乎如登于天,杳乎如入于渊,淖乎如在于海,萃乎如在于圯。”(《管子·内业篇》)这就是说,万物是由精微之气用“比”的方式构成的,气在地上则生为五谷,在天上则列为群星,流动于天地之间就是看不见的鬼神,而能把气藏于胸中的人那就是圣人。这样的气,光明如日中天,幽暗如入深渊,柔和如在海上,峭拔如在山峰。

荀子(约前 313—前 238)认为:“水火有气而无生,草木有生而无知,禽兽有知而无义,人有气有生有知亦有义,故最为天下贵也。”(《荀子·解蔽》)这段话的含意非常清楚,水火、植物、动物和人都是由气所组成的,气是构成万物的本源。

由秦相吕不韦(?—前 235)组织其门客编撰的《吕氏春秋》中认为,万物是由精气构成的:“精气之集也,必有人也。集于羽鸟與,为飞扬;集于走兽與,为流行;集于珠玉與,为精朗;集于树木與,为茂长;集于圣人與,为复



图 1-3 荀子



明。精气之来也，因轻而扬之，因走而行之，因美而良之，因长而养之，因智而明之。流水不腐，户枢不蠹，动也。形气亦然。”（《吕氏春秋·季春纪第三》）

对于这生成天地万物之“气”又源自何处？道家认为气生于道：“道生一，一生二，二生三，三生万物，万物负阴而抱阳，冲气以为和。”西汉时期的刘安等人则认为气生于宇宙：“天坠未形，冯冯翼翼，洞洞濔濔，故曰太昭。道始于虚霁，虚霁生宇宙，宇宙生气。气有涯垠，清阳者薄靡而为天，重浊者凝滞而为地。”（《淮南子·天文训》）

东汉时期的王充（27—约97）在其著作《论衡》中充分体现了元气自然论思想。他说：“天地，含气之自然也。”（《论衡·谈天篇》）“谓之自然无为者何？气也。恬淡无欲、无为、无事者也。”（《论衡·自然篇》）“万物之生，皆禀元气。”（《论衡·言毒篇》）虽然老子、管子等人都早于王充提出了气生万物的气范畴概念，但他们提出的“气”并不是生成万物的最初始原，与王充的“含气之自然”有一定的区别。



图 1-4 王充

在王充的元气自然论中，元气不仅具有物质性和能动性，而且还具有派生性、弥散性、相互转化和守恒等特性<sup>①</sup>，其中以元气的相互转化与守恒思想最为凸显。他说：“天地不生故不死，阴阳不生故不死。”（《论衡·道虚篇》）“一天一地，并生万物，俱得一气。气之薄渥，万世若一。”（《论衡·齐世篇》）“阴阳之气，天地之气也。……物变随气，不可谓无。”（《论衡·讲瑞篇》）“人生于天地之间，其犹冰也，阴阳之气，凝而为人，年终寿尽，死还为气。”（《论衡·论死篇》）天地的不生不死，是元气永恒不灭的原因；万物生于气，死亦复归于气，即气—物—气之间的相互转化是绝对的，就连人也无法违背这一规律；“气之薄渥，万世若一”则说明了万物在变化过程中，各个物种、每个物体所需元气的厚薄、多寡都是固定不变的，即所需物质的多少是一恒量；“物变随气，不可谓无”则明确表示，物质的生成与变化过程都离不开气，“无中生有”是不可能的。

王充还用他的元气自然论思想对当时所观察到的一些自然现象（如大气变化现象、雷电现象、静电、静磁现象、热传递现象等）产生的原因进行了解释。

王充的元气自然论思想对元气说的发展产生了巨大影响。三国时的嵇康（224—263）明确提出：“元气陶铄，众生禀焉。”（《嵇康集校注卷六·名胆论》）晋代的杨泉在其《物理论》中也明确提出：“夫天，元气也，皓然而已，无他物焉。”与

<sup>①</sup> 周靖. 元气的自然特点与应用——王充的元气自然论初探[J]. 淮阴师专学报, 1996, 18(5): 46~50