

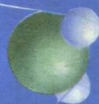
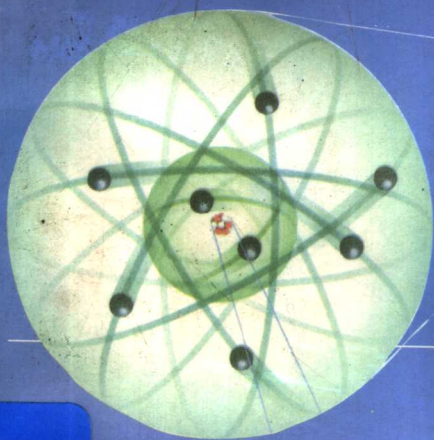
学科金银岛



学科金银岛

物理知识探源

WU LI ZHI SHI TAN YUAN



解答学科的来龙去脉

介绍知识的背景材料

叙述科学的发展故事

展望学科的应用前景

宋子良 王平 编著

湖北教育出版社



科金银岛

物理知识探源

宋子良 王 平 编著



湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

物理知识探源 / 宋子良, 王平编著. — 武汉: 湖北教育出版社, 1999

(学科金银岛丛书)

ISBN 7-5351-2507-7

I. 物… II. ①宋… ②王… III. 物理-中学-课外读物
IV. G633.74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02848 号

出版: 湖北教育出版社
发行

汉口解放大道新育村 33 号
邮编: 430022 电话: 85443735

经销: 新华书店

印刷: 通山县印刷厂 (437600 · 通山县通羊镇南市路 165 号)

开本: 850mm × 1168mm 1/32 5 插页 10 印张

版次: 1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

字数: 262 千字 印数: 1—5 000

ISBN 7-5351-2507-7/G · 2050

定价: 16.50 元

如印刷、装订影响阅读, 承印厂为你调换

编辑赠言

这个世界上,天才的科学家是极少的;但是,在攀登和钻研科学道路上激发出了天赋与灵感的成功人士却不可胜数……

你,也会是后者之一。

问题是,攀登和钻研科学的源动力何在?为什么有那么多人醉心于科学的探索呢?从生活中事物物的联系,到整个自然界的规律,直至茫茫天宇间的秘密,无时无刻不在激发着人类探索并向更高文明迈进的雄心。学生手中的课本,就是千百万年来人类智慧的结晶。然而,被繁重的功课包围的青少年朋友,你或许也曾对书本中完整、严密、简洁的学科内容叹服不已,对那些不朽的科学家心存敬畏和仰慕之情,或许也想攀登科学的高峰,但却心有余而力不足,只任凭自己在题海中苦苦挣扎吧?当学习成为一种负担,世界、前途将是多么昏暗!有责任心的学者早就呼吁:解救孩子出苦海!

在此我们用心策划了这套《学科金银岛》丛书,想借它给在“应试教育”中迷失方向的孩子们一个休憩的小岛,为他们诠释一个概念:学科素质,并使之明白,提高学科素质对今后成才之路至关重要!

这四个字组成很简单,它讲求兴趣、眼光、信心和思维方法。我们深信,科学上卓有成效的贡献者,无一不具备这些学科素质。为什么在素质前加“学科”二字?因为对某一门具体学科而言,这些素质都呈现出具体的特性,绝不空泛。常听某位专家谈治学之路时说道,小时候,读过一本名叫××的小书,深受影响,由此而产生兴趣……可见兴趣是最好的老师,也是钻研学问的源动力。有兴趣才有强烈的求知欲望,在攀

登的路上每前进一步,都会使自己的信念更为坚定,而如果具备了独到的眼光、开阔的视界,你就会不断学习和掌握准确有效的思维方式。无疑,你将最先发现登顶的捷径。卓有成效的专家学者,对所研领域总感觉奇妙无穷,未曾听到他们言及苦、累二字,只是旁观者对其付出不甚理解罢了。所以,学习绝对应是快乐的事,而具备了学科素质,你就有了快乐的源泉。

当然,兴趣不是被逼出来的,也不是天生就有的,兴趣需要靠引导和培养,有时靠激发。《学科金银岛》丛书因此应运而生。为使学生更有目的、更为清醒地学习各门功课,培养其学习的兴趣,我们特约请科学史的专家和教育工作者精心编著,这套书由数学、物理、化学、生物、天文和地理五科组成,选取中学生学习过程中必然遇到的知识点引发开去,为同学打开一扇扇视窗,通过一幕幕历史镜头生动的再现该项知识的缘起、产生、发展、争端,直至逐步成熟的各个历程。这其中有倒退有疾进,有黑暗有光明,有激烈的争端和惊人的默契,有古怪的思辩和简明的哲理,有天才的思想和智慧的火花,有流传千古的典故和佳话,有探索的沉默和欣喜的飞跃……由此展现出宏大、丰富的学科知识的背景。编著者匠心独运,在各种材料中穿针引线,向其间注入极富启迪性的科学思维方法,往往能使人豁然开朗,不忍释卷。

我们的最终意图,是想把中学生带到高处,“一览众山小”,弄清学科的脉络与层次,开阔其眼界,力争将现今的学科知识,同其往日的轮廓和实际的应用结合起来,层层剖析知识的魅力,提炼学生的学科素质,使其以更高的热情投入日常的学习之中。

也许未来某天,一位学有所成者回忆他的成才之路时,会想起我们这些书中之一,向其朋友或后辈说道,小时候,读过一本……。对我们而言,这将是最大的满足和幸福!

目 录

第一篇

物理纵横

- 物理科学的起源/1
- 物理科学发展的规律/2
- 物理学家也需要信念/7
- 中国古代物理学具有辉煌的成就/9
- 中国古代物理学后来为什么没有取得更大的成就/11
- 20世纪物理学革命的概念论特点和认识论结论/15
- 现代物理学一些分支学科的发展及展望/21

第二篇

知识荟萃

- 神奇的杠杆/25
- 洗澡时发现的浮力定律/30
- 古人早已发现的反射定律/35
- 筷子放在水杯中为什么会“弯”/39
- 16匹马都拉不开的铜半球/44
- 两个镜片的组合产生了意想不到的效果/52
- 物理学上的第一次综合——万有引力定律/60
- 形形色色的永动机/66
- 把感受量化的温度计/74
- 和谐思想指导下诞生的行星三定律/81
- 从风筝实验到避雷针/89
- 给电学研究提供了强大工具的“电堆”/92
- 推迟14年才被承认的欧姆定律/95
- 奥斯特最先说“电和磁有关”/101
- 追寻光明的努力/104
- 光速测量的艰难历程/106

多人共同发现的能量守恒和转化定律/114

并不陌生的摩擦理论/120

子虚乌有的以太派上了大用场/126

令世人惊恐万状的 X 射线/131

紫外灾难与普朗克的“量子”/138

改变了传统时空看法的相对论/143

原子也是有结构的/148

电子电荷测定和密立根的不端行为/150

改变了世界自然图景的量子力学/155

微观粒子也有波动性/160

原子核构造的破译/163

基本粒子的家族/168

基本粒子并不“基本”/171

爱因斯坦和玻尔半个世纪的争论/177

有广泛应用前景的超导现象/182

反物质及其探测/191

第三篇

人物春秋

物理学的先驱亚里士多德/198

中国科学史上的博学之士沈括/201

开创理想实验的伽利略/205

站在巨人肩上的牛顿/208

从装订工到科学巨匠的法拉第/212

电磁学大师和分子运动论的修正者麦克斯韦/219

放射性研究的杰出贡献者居里夫人/222

科学天才爱因斯坦/225

第四篇

经典名著

墨子及其《墨经》/233

沈括的《梦溪笔谈》/237

自然科学的独立宣言《天体运行论》/241

17世纪物理和数学百科全书《自然哲学的数学原理》/
251

光的波动说的奠基性著作《论光》/256

第五篇

应用撷英

发明的最初思路是如何产生的/265

永远指南的指南车/271

世界第八奇迹——编钟/274

铜镜和神秘的“透光”铜镜/279

奇妙的声学建筑/285

广泛使用的动力——内燃机/292

开创第二次工业革命新时代的电力技术/297

由原子小人开动的反应堆/304

后 记/311

第一篇 物理纵横

☆ 物理科学的起源

科学起源于什么？目前并没有一致的看法，一些人类学家提出科学起源于巫术，巫术是宗教和科学的共同起源。马林诺夫斯基认为科学起源于观察：“原始人把可以用经验科学的观察或传说加以处理的简单现象和他们所无法理解或控制的神秘的、不可估计的变化，明确地区别开来，前者引向科学，后者导致巫术、神话和祭祀。”英国科学史家丹皮尔则倾向于“科学起源于技术”这种观点，在他看来，“简单工艺的发展，火的发现和取得，工具的改进，却通过一条不那么富于浪漫意味、然而却更加可靠的道路，奠定了科学的另一基础——或许是惟一基础。”

应该说上述观点各有其成立的根据，因为科学起源问题很可能是多种综合因素共同促成的，其中有巫术的力量，有观察的作用，更有技术作用。试想当一个原始人在多次受到尖锐石块可以割破皮肤的启示以后，很可能在脑子中留下一种积淀：尖锐、锋利的石头可以用来割破东西。一旦有这种现实需要，且在已有的石头中又找不出尖锐、锋利的石头时，原始人就会用石块敲击石块，以求得到尖锐、锋利的边缘。这时技术也就诞生了。这种技术发展再经过日积月累，原始人的思想深处会进一步积淀并升华，认识到什么样的石头容易打制，如何敲击才能获得最好效果。其实这种认识就是科学的萌芽，



即早期的科学。

物理学是自然科学的一个门类。在早期的科学发展阶段,其中有许多知识就是后来物理学的研究内容,如阿基米德于公元前 200 多年发现的杠杆原理,其渊源可以上溯到原始人用木棍撬石头的技能;19 世纪中叶发现的能量守恒和转化定律,其历史可以上溯至原始人的钻木取火技术的发明;20 世纪初发展起来的原子物理学,其早期猜测恰恰是古希腊关于物质组成的最小单元——原子的构想。从这个意义上可以说,科学思想的起源也就是物理科学的起源。

☆ 物理科学发展的规律

科学是怎样从小到大,一步步发展起来的?其间有没有规律可寻?这是一个十分令人感兴趣的问题,有许多学者从不同角度对这个问题进行了思考和回答,其中比较重要的有:

惠威尔的累积模式 认为科学是一个不断积累的过程。人们从经验认识开始,经过抛弃错误和片面性的过程,上升到理性认识,达到比较完全的真理性。知识就像滚雪球一样,会越积越多,科学的发展就是这种必然真的知识的不断增多的过程。

波普尔的不断革命模式 认为科学发展是从问题开始,针对问题科学家进行各种大胆的尝试性猜测(即提出假设或理论),然后各种理论之间进行激烈竞争,互相批判,并经受观察和实验的严格检验,从而清除错误,筛选出逼真度较高的新理论。新理论又被科学技术的进一步发展所证伪,又出现新的问题,开始科学的下一个发展过程。这是一种从问题到问题的科学发展模式。

库恩的科学革命模式 认为科学发展是新理论抛弃并取代与之不相容的旧理论的革命过程,革命的重要标志是“范式”变换。具体而言,科学发展是从前科学阶段→常规科学时期→危机时期

→科学革命时期→新的常规科学时期。

拉卡托斯的科学研究纲领竞争模式 这里所说的“科学研究纲领”是有内在结构的,它由三个互相联系的部分构成。一是硬核,二是保护带,三是方法论规则。科学发展过程就是科学研究纲领从进化→退化→新的研究纲领取代并证伪退化的研究纲领的过程。

基于对上述科学发展模式的研究和比较,许多物理学史研究者对物理科学的发展规律进行了思考,提出了自己的看法,其中吉林省四平师范学院的黄守学、马晓东等四人 1981 年提出了一个物理科学发展的周期律。他们认为,物理科学的发展共经历三个周期,每个周期都是由现象——理论——观点——成见四个连续阶段构成的。他们把 19 世纪以前称为第一周期;20 世纪初至 20 世纪 20 年代为第二周期;从 20 世纪 30 年代起至今是物理学发展的第三周期。目前正处于第三周期的第三阶段,即观点形成阶段。

在第一个周期中,四个阶段的界定及所包括的内容如下:

现象阶段 这一阶段主要是记录个别现象和实验结果,并加以归纳和整理。在这一阶段还没有形成现代意义下的理论。在力学领域中,这一阶段是牛顿以前的整个时期。热和分子物理学领域主要是计温学、量热学和热实验方面的发展。电磁现象领域中是从摩擦起电到麦克斯韦电磁场基本方程组以前的一些成果。

在第一周期光是作为一种独立的自然现象研究的。从战国时代墨子对平面镜、凹面镜、凸面镜研究及物与像之间的经验关系的论述起至麦克斯韦提出光的电磁理论止。

理论阶段 它是对一类现象的本质和内部联系的深刻理解,是对现象和因果关系的揭示和对客观世界规律性的认识。主要表现为各领域中基本理论的形成。

在现象阶段被统称为实验定律的那些结论,在理论体系中,有的则处于“原理”的地位,有的则处于由原理推导出的结论地位,即下降为定理的地位。如阿



基米德原理,动量守恒定律虽然历史上是直接从实验得到,其实在理论体系中只处于推论的地位,即“定理”的地位。

理论阶段在力学中的标志是1687年牛顿《自然哲学之数学原理》的完成。同样,1864年麦克斯韦的电磁场方程的提出,标志着电磁现象领域进入理论阶段。热力学理论的核心是能量守恒原理、热力学第一、第二、第三和第零定律。经典统计力学直到1902年吉布斯的系统工作才算完成(平衡态理论)。总之,直到19世纪末,以经典力学、热力学和统计力学、电动力学为理论核心的经典物理学的整体结构算是完成了。

观点形成阶段 如果说现象阶段以归纳法为主,则理论阶段就是以演绎方法为主。理论在人的头脑中不断深化的结果,形成了人在研究、分析和判断一切问题和事物时的思想出发点,即观点。在这第一周期中的观点称为“机械观”。它的论点除“力”是各种现象的惟一动因以外,还有“机械决定论”,即系统在任意时刻的状态惟一由运动方程和初始条件决定。

观点转化为成见 从认识的全过程看,由现象产生理论,由理论发展为观点是认识运动的连续发展过程。但到此认识运动还要继续向前发展,这种发展表现为观点逐渐僵化,概念逐渐老化的过程,即观点发展为成见的过程。“成见”即为固定的、定型的观点,先入为主的见解。它要求一切现象、理论都要按旧的模式盖棺论定。另一方面它排斥新的现象,拒绝新的理论。由经典物理学的观点演化成的成见,一般称为“经典成见”。由于它在19世纪末到20世纪初,物理学由第一周期向第二周期过渡中起了顽固的阻碍作用,从而被很多人所注意。

在物理学发展的第2个周期中,四个阶段的界定及所包括的内容如下:

现象阶段 自从19世纪中叶,随着科学技术的发展,观察和实验手段的改进和技术的提高,陆续出现一些不能纳入经典物理学框架中去的新现象与数据。这些现象可基本上分为两类:一类是与光速有关的;另一类是与物理基本结构有关的。前者包括双

呈现现象、光行差现象、斐索实验、水星近日点进动等,后者包括光电效应、黑体辐射、原子模型等。

除上述两类新现象以外,由于电磁理论不断发展,在经典物理体系的内部逐渐发现理论上的冲突。如磁场对运动电荷的作用力不共线,破坏了牛顿第三定律等。

理论阶段 在为辐射问题而绞尽脑汁的物理学家中,鲁末、普灵斯亥姆和鲁本斯从实验方面作了一些辐射测量,发表了一些精确的测量数据。面对着这些无法解释的数据,普朗克想到用数学上的内插法凑出一个经验公式,与实验数据吻合得很好。并且在长波和短波两种情况下,相应地过渡到瑞利——金斯公式和维恩公式。1900年10月19日他在柏林物理学会上报告了这一结果,并且算出了极为重要的常数 h 。于是,普朗克就在1900年12月14日德国物理学会的年会上宣读了题目为《论正常光谱的能量分幅定律的理论》的论文。这天被称为量子论的生日。

理论体系是在1924——1927年间完成的三位一体的结构:德布罗意奠定基础由薛定谔完成的波动力学;由海森堡、玻恩、约旦完成的矩阵力学;由狄拉克完成的量子代数。后来证明它们是等效的,统称为量子力学。

观点阶段 在物理学发展的第二周期,经过理论的重新建构,一些新的观点逐渐形成,其中原子结构方面的理论使人们深信微观世界是量子化的、几率性的、互补的;相对论则确立了光速是极限,时间、空间离不开运动着的物质等。这些观点深深扎根于物理学者的头脑中,成为他们考虑问题的出发点,支配着他们的言行。

成见阶段 随着电子的发现和1919年质子的发现,科学家头脑中对微观世界已形成一种固定的看法,即微观层次上物体由两种粒子构成,表现为两种电性。这种看法严重阻碍了当时科学发展,导致约里奥—居里夫妇错过了发现中子的机会,导致汤川的介子理论无法被接受,导致朗道扣压了N. 夏皮洛提出宇称不守恒的论文。



在物理学发展的第三个周期中,现象阶段萌芽于1928年狄拉克的相对论电子波动方程,于1932年开始迅速发展。这些新现象包括中子、正电子及一大批新粒子的发现,冲击着在第二周期中形成的“两种电性,两种粒子”等基本观点。

第三周期的理论是“场论”一元论。在20世纪20年代末,科学家从逻辑上认为量子力学描述物质微粒的相互作用应服从相对论的有限传递速度的要求,这导致了传递相互作用的因素在两个微粒之间的空间中存在的必然性。它依然沿用法拉第和麦克斯韦提出的场的概念。根据量子化观点,这种场应该是量子化的。这种思想于1929年海森堡和泡利首先用于处理电磁相互作用,开创了量子电动力学(QED)。它用场的激发态代表粒子的产生,场激发态的消失代表粒子的湮灭。这种现象在电磁现象中取得了很大的成功,使人们领悟到各种不同的基本粒子是各种不同的与之相应的各种“量子场”的激发态。1967—1968年温伯格和萨拉姆以自发破缺规范对称观念为基础提出可重正化的弱作用模型,从而完成了弱电的统一理论,也称量子味动力学(QFD)。描述强相互作用的量子色动力学(QCD),也得到了1979年8月丁肇中实验小组和马克—杰小组发现的三喷注现象所支持。物理学家立即转向把电磁、弱、强三种相互作用统一起来的所谓“大统一理论”。

这些理论是为解决这样一个问题,即构成自然界的最基本的元素是什么?规律是什么?然而上述这些理论尚未能回答这一问题。一方面这些理论中还有些难以克服的困难,另一方面还没有把人类最早发现的引力作用考虑进去。因此,还不能算是“统一”理论。真正的统一理论应将至今为止发现的四种相互作用统一起来。

第三周期的理论给人们形成一个很强的观点,就是自然现象的对称性质。一个规律管制一类现象;一个对称性管制若干规律。因而可以说对称性是“规律的规律”。是人类对自然界理论认识的一种“结晶”,它本身不是自然定律,是作为原理的,亦称“对称原理”。它与不可观测量及守恒定律有深刻的联系。

第三周期中另一个强烈观点是“统一性观点”。人们要把种类繁多的粒子、反粒子作统一解释,建立统一四种相互作用的“统一场论”,把粒子与时空统一起来。

第三周期是一个没有完结的周期,目前正处于观点形成阶段,还未发展到“成见”形成阶段。何时能进入这一时期,我们只有等待物理学的最新发展了。

☆ 物理学家也需要信念

在现实生活中,信念会支配一个人的行动。有了坚定的某种信念,就会产生坚定不移的行动。今天我们为实现共产主义所进行的各种奋斗就是建筑在我们对共产主义一定会实现这一坚定信念的基础上。这些似乎已成为常识。

在科学研究中,尽管初看起来科学不同于现实生活,科学理论要接受科学事实的严格检验,但在科学研究中,信念也同样具有支配的力量:“宇宙的和谐”这一信念始终支配着从毕达哥拉斯学派开始、经过开普勒、彭加勒,一直到爱因斯坦等一大批科学家对自然现象的研究;科学研究要数学化这一信念也一直支持着近代科学产生以来的科学家的行动。坚定的信念可使科学家在证据不足时坚持真理,等待着验证他的理论的各种实验条件的成熟。库仑提出他的点电荷作用力公式的过程就充分反映了信念的力量。当时他的扭秤实验得出的数值和按牛顿万有引力公式所设想的点电荷作用力公式之间存在有 30% 的误差,按常规,这么大的误差值恰好说明“理论”与实验极不相符,应该对理论进行修正。但库仑有一个坚定的信念,他相信牛顿的理论是正确的,而且对电现象也应该是完全适用的。所以,他仅仅把这个大误差归因于他的扭秤实验不精确,丝毫也没有怀疑他设想的那个尚未经过证实的公式的正确性。后来的精确实验



证明,库仑的信念是对的。库仑定律确立的这个过程在科学家心理上造成了强烈的印象,那就是牛顿理论是普遍适用的。这个新的信念给科学家安培以很大影响,他仿照库仑,也依照牛顿万有引力公式毫不犹豫地写下了电流元间的作用力公式。

坚定的信念还能帮助科学家坚定前进的方向,不致被一时的错误实验引入歧途。法国物理学家彭加勒在爱因斯坦之前已窥见到相对论的基本原理了;他把相对性原理从力学现象扩大到各种物理现象;预言惯性质量将随速度增大,光速将变成不可逾越的极限;预见到建立一种全新的力学的可能。这些都是和相对论有关的知识。但当他听说考夫曼测定的电子被加速后的惯性质量的数值同他的预言不一样时,他对相对性原理发生了怀疑,以致走到了相对论的大门口又折了回去,离相对论反而越来越远了。同时,爱因斯坦也知道考夫曼的测定结果同自己的预期不相符合,但他有着对自己理论的坚定信念,因而能够立即作出抉择。他说,是相对论有问题,还是考夫曼的实验有问题,只有在掌握了大量的各种材料以后才能作出判断。十年后,果然证明了考夫曼的测量是有问题的。可见正是坚定的信念鼓舞着爱因斯坦不断前进,而彭加勒缺少的也正是这种坚定的信念。

科学研究中的信念具有两重性:正确的信念可引导科学家勇往直前,但信念若是错误的,则又可以将科学家引入歧途。如提出相对论中的重要交换——洛伦兹变换的洛伦兹,由于坚信经典力学的传统观念的不可动摇性,在科学发展的新形势下,不想突破旧理论创立新理论,在一系列科学难题面前,洛伦兹接连提出 15 个假设,以维护旧理论不被推翻。最后终究无济于事,他陷入了极度的悲观之中,痛恨自己没有相对论问世前 10 年死去。所以科学家应有判断信念正误的能力,既要有敢于坚持正确信念的勇气,又要有及时修正错误信念的决心,从而使信念的力量得到充分发挥。

☆ 中国古代物理学具有辉煌的成就

像 8 世纪—11 世纪的阿拉伯一样,中国的科学技术也是一颗明珠,一颗给正走下坡路的欧洲科学技术送去光明的东方明珠。它在天文、数学、农学、医学、物理等诸学科内,在技术领域都有使西方人大为惊奇的成就。仅从物理学中的“世界第一”就足以证明这一点。

时空观的先进性 在欧洲,人们对时间和空间的认识是割裂的,孤立的,直到 20 世纪初,相对论才把空间和时间科学地统一起来。但在中国古代,远在先秦时期,不少哲人就把空间和时间联系起来考虑。战国时期成书的《管子·宙合》篇,把时间称为“宙”,空间称为“合”,其中说,“天地,万物之橐,宙合又橐天地”,意思是说,万物都包涵在天地之内,而天地又包涵在时空的“宙合”之中。墨家对时空的认识又有了新发展,他们把空间称为“宇”,包括东南西北、四面八方的各种不同场所和方位,把时间称为久,“宇久”就是现代的宇宙。

物质无限可分论的最早提出者 战国的惠施已经认识到“至小无内,谓之小一”,意思是说物的构成单位没有内部的极限,是无限小的。与惠施同时代的辩者还用具体比喻来说明物质的无限可分性,即“一曰之捶,日取其半,万世不竭”。这种物质不可穷尽的观点,比古希腊的原子论更深刻地反映了自然界的辩证本性。

对雪花晶体的认识 古代欧洲对雪花晶体的认识始于 13 世纪,阿尔伯特斯于 1260 年提到“雪花是星状的。”但对雪花晶体六角对称性的认识,西方直到开普勒才实现。1611 年,开普勒在《把六角形的雪花作为新年礼物》的论文中肯定了雪花的六角晶体结构。中国古人对雪花晶体六角对称性的认识始于西汉的韩婴,公元前 135 年,他在《韩诗外传》

