“十三五”国家重点出版物出版规划项目

上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds

物理史话

王渝生 主编
陈敬全——编著



中国科技史话·插画本

THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN CHINA

一部拿起就不愿放下的物理启蒙书。

上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

需要全本请访问 www.ertongbook.com

上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds

物理史话

王渝生 主编
陈敬全——编著

THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN CHINA
中国科技史话·插画本

上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目（CIP）数据

物理史话 / 陈敬全编著. —上海：上海科学技术文献出版社，2019
（中国科技史话丛书）
ISBN 978-7-5439-7817-1

Ⅰ.① 物… Ⅱ.①陈… Ⅲ.①物理学史—中国—普及读物 Ⅳ.① O4-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 298959 号

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

选题策划：张　树
责任编辑：王倍倍　杨怡君
封面设计：周　婧
封面插图：方梦涵　肖斯盛

物 理 史 话
WULI SHIHUA
王渝生　主编　陈敬全　编著
出版发行：上海科学技术文献出版社
地　　址：上海市长乐路 746 号
邮政编码：200040
经　　销：全国新华书店
印　　刷：昆山市亭林印刷有限责任公司
开　　本：720×1000　1/16
印　　张：7.75
字　　数：107 000
版　　次：2019 年 4 月第 1 版　2019 年 4 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 978-7-5439-7817-1
定　　价：38.00 元
http://www.sstlp.com

目录
Contents

第一章　古代力学知识 / 1

对力和势的认识 / 1
对于物体运动的认识 / 6
简单机械 / 9
流体的力学知识 / 18

第二章　古代声学知识 / 24

声音的产生与传播 / 24
共振现象的研究 / 26
古代乐器 / 31
中国古代律学 / 36
具有声学特征的中国古建筑 / 40

第三章　古代热学知识 / 45

热的产生和对热的认识 / 45
热胀与热应力 / 48
测温和测湿 / 50
关于物态变化的知识 / 52
热能的利用 / 56

第四章　古代电学和磁学知识 / 63

电学知识 / 63
磁学知识 / 67
指南针的发明和应用 / 72

第五章　古代光学知识 / 77

光源和光的传播 / 77
镜面成像 / 82
对色散现象的认识 / 86
光学仪器的制造 / 89

第六章　明清时期西方近代物理学知识的传入 / 93

明末清初翻译出版的西方科学著作 / 93
明末清初西方物理学知识在中国的传播 / 96
晚清时期设立的编译机构及出版的科学书籍 / 100
晚清时期在中国开展的近代物理学知识教育 / 106
晚清时期传入中国的近代物理学知识 / 110

参考文献 / 118

需要全本请访问 www.ertongbook.com



1 古代力学知识

力学是研究宏观物体机械运动规律的一门科学。我国是世界上最早进入农业时期的国家之一。农耕技术的发达、都邑建筑的兴造、冶炼技术的发展和铁制工具的出现，以及各种原动力和简单机械的广泛应用，导致了力学知识的产生和发展。

在我国古代，力学知识相当丰富，在对力和势、物体的运动、简单机械和流体力学等方面的认识都有翔实的记载。

对力和势的认识

中国古人已经有了力和势的概念，并用它们来说明力学现象。我们的祖先很早就触及了惯性现象，并在生活和生产活动中巧妙地利用重心和平衡。

1. 关于力的定义

墨家最早指出：“力，刑之所以奋也。”这里的“刑”同“形”，指物体；“奋”字在古籍中意是多方面的，像由静到动、动而愈速、由下上升等都可以用“奋”字。上述定义的意思就是说：力是使物体由静而动、动而愈速或由下而上的原因。《墨经》这一条的《说》还进一步指出：“力，重之谓，下、举，重奋也。”意思是物体的重量也就是一种力的表现，物体下坠、上举都是基于重的作用，也就是用力的例子。古代一直把重量单位如“钧”“石”等作为力的量度单位，说明力的概念是被广为接受的。

在汉朝，已经有了合力的初步概念。《淮南子 · 主术训》说：“积

力之所举，则无不胜也”“力胜其任，则举之者不重也”。“积力”即合力。又说：“夫举重鼎者，力少而不能胜也，及至其移徙之，不待其多力者。”古人认识到，移动一个物体比举起它所需要的力要小。明朝的茅元仪在《武备志》中明确提出了合力概念：“合力者，积众弱以成强也。今夫百钧之石，数十人举之而不足，数人举之而有余，其石无加损，力有合不合也。故夫堡多而人寡者必并，并则力合，力合则变弱为强也。”茅元仪所举的例子是力学现象，但他论述“合力”是为了说明军事目的。

2. “势”及其力学内涵

“势”是中国古代一个关于力学内涵的概念。《孙子兵法 · 势篇》写道：“激水之疾，至于漂石者，势也。势如彍弩，节如发机。”孙子认为，湍急的激流可以漂移石块是因其有势。“彍弩”是拉满弓，“节”是控制，“机”是弩机。张满的弓具有很大的威力，只要千钧一发就可产生很大的杀伤作用。从现代物理学来看，激流具有动能，张满的弓具有势能。《孟子 · 告子上》写道：“今夫水，搏而跃之可使过颡，激而行之，可使在山，是岂水之性哉？其势则然也。”“颡”，即额，这句话的意思是，水受到搏击可以飞溅到人额头的高度，汹涌的激流可以翻越小山坡。孟子认为，击水和激流之所以能如此，因其有势。

荀子指出：“虽有国士之力，不能自举其身，非无力也，势不可也。”韩非子也认为：“乌获轻千钧而重其身，非其身重于千钧也，势不便也。”古人认为，人不能自举是因为势不可。从物理学上看，人不能自举是因为内力不做功，古人当然还无法达到这种认识高度。重物被举起一定高度即具有势能，可以做功。反之，不被举起，则无势能。对此，古人已有所认识。西汉淮南王刘安在《淮南子 · 兵略训》中说：“加巨斧于桐薪之上，而无人力之奉，虽顺招摇，挟刑德，而弗能破者，以其无势也。”即无论多么巨大的斧子，不将其举到一定高度，它连最容易劈裂的桐木也劈不开，因其无势。这里的势相当于重力势能。

古人发现，行星接近太阳时运行得快，远离太阳时则运行得慢。

他们也用势来说明这种现象。五代的王朴在《旧五代史》中指出："星之行也，近日而疾，远日而迟；去日极远，势尽而留。"其中的势，类似于太阳对于行星的控制作用。

从这些引文可以看出，古人虽未对"势"给出明确的定义，但已经能用它来解释各种物理现象。

3. 惯性

惯性是力学中一个重要的概念，它是经典力学的出发点。追溯到古代，我们的祖先在生活和生产的实践中，已触及了惯性现象。《考工记》中载："马力既竭，辀犹能一取焉"。意思说，马拉车的时候，马虽然停止前进，即不对车施加拉力了，但车辕还能继续往前走一段路，这显然是一种惯性现象。这段文字可以说是我国古代力学史上关于惯性现象最早的一次记载。

东汉时王充通过对圆球运动的观察，对于惯性现象已有所察觉。他在《论衡》里写道："且圆物投之于地，东西南北，无之不可；策杖叩动，才微辄停。方物集地，壹投而止；及其移徙，须人动举。"即圆球投在地上，东西南北，没有不能滚到的地方，只有拿个棍子去阻挡它滚动，才能使它的运动在较短时间内停止下来；而方的物体投在地上，由于基底的关系，一扔下去就停止了，至于要使它改变位置，就必须用人力去移动或上举。这段话已隐含惯性运动与位移（移徙）的概念，对力是物体运动变化的原因也做了说明。他的认识要比古希腊著名学者亚里士多德（Aristotle）高明得多，亚里士多德错误地认为，力是物体运动的原因。

4. 重心与平衡

墨家分析了杠杆的平衡（见简单机械中"杠杆"），对球体的运动和它的平衡问题也进行了讨论。《墨经》指出："正而不可担，说在抟。"这里"抟"作"丸"，指球体，"正"是平衡，"担"是定的意思。这段记载认为球形的物体放在平面上自然平衡而难得安定，是因为球形的物体在平面上随处都直立而中心不偏（不悬）。可见，



出土欹器



清朝欹器

墨家当时已注意到随遇平衡这种情况，这是十分难得的。

墨家还举堆垒石块为例来阐明平衡问题。《墨经》："堆之必柱，说在废材。"其中"柱"作"拄"，表示"不下"即支撑之意，"废"作"放"，"废材"是放置石块的意思。释意为，在砌筑砖石材料时，把一块砖石材料堆垒上去，它必定要受到下面砖石材料的支撑。《经说》解释为：每层合并砌筑和层层垒砌石块，要按一定的规矩互相夹持着砌放，是一种法式，从而使上面的每一块石块都为它旁边的和下面的石块所支持而得到稳定。按层交错叠垒砖石，在建筑施工中是劳动人民得出的实践经验，墨家已经加以注意，列为法规，并且在当时对这种静力学结构做了较好的概括，从力的平衡与物体间的相互支撑来加以说明。

在中国古代，人们在日常生活中已能巧妙地利用重心与平衡。要使物体平稳地置于桌面上，就要考虑它的重心与平衡的问题。从力学的观点看，通过该物体的重心与桌面垂直的线（或面）要维持在该物体的支撑面内，否则，该物体就容易倒下。

商朝时，盛酒的器具有三足，其重心总是落在三足点形成的等边三角形内。西周时期，聪明的工匠制造了一件欹器。"欹"即倾斜，



朱雀铜灯



东汉铜奔马

欹器可以随盛水的多少而发生倾斜变化。不装水时，它呈倾斜状态；装上一半水时，就中正直立；装满水时，它就自动翻倒，将其所盛水倒出。《荀子 · 宥坐》将它描写为“虚则欹、中则正、满则覆”。这是由于欹器的重心随盛水的多少而发生变化的缘故。

西汉中山靖王的朱雀铜灯，体现了工匠关于重心的巧妙构思。东汉铜奔马，三足腾空、一足落地。因其重心刚好落在一支撑足上，即使支撑面很小，表面看来容易倾倒，事实上仍是稳定平衡的。

隋唐时期，人们制作了一种劝人喝酒的玩具——经匠心雕刻的木头人，称为“酒胡子”。《唐摭言 · 海叙不遇》记载，将它置于瓷盘中“俯仰旋转”“缓急由人”。它的雕镂形貌像胡人一样，碧眼虬发，上轻下重，扳倒后能自动竖立。行酒令时，命人使其旋转，当其旋转停止时，手指向座席上的哪位宾客，那位就要据酒令而饮罚酒。此酒具因为形貌像胡人且用手指方向，故又称“指巡胡”，其实，它也就是我们现在所说的不倒翁。酒宴上，因为它的相貌奇特，不似常人，常常博得人们的欢笑，起着逗乐的作用，也有用纸制作的“酒胡子”，“糊纸作醉汉状，虚其中而实其底，虽按捺而旋转不倒也”。另一种劝酒器，虽称不倒翁，但转动摇摆后最终仍会倒下。宋朝张邦基说：“木刻为人，而锐其下，

知识链接

1.《墨经》约完成于周安王十四年（公元前388），是战国时期以鲁国人墨翟（约公元前468—376）为首的墨家著作《墨子》书中的重要部分。《墨经》包括《经》上、下，《经说》上、下，《大取》《小取》六篇。在《墨经》中，逻辑学方面的知识所占的比例最大，自然科学次之，其中几何学有10余条，力学和几何光学方面的内容有20多条。此外，还有伦理、心理、政法、经济、建筑等方面的条文。

2.《考工记》该书是先秦时期一部重要的科技专著，作者及成书年代不明，一般认为它是春秋战国时经齐人之手完成的。它是中国目前所见年代最早的手工业技术文献。全书共7 100多字，记述了齐国官营手工业中的木工、金工、皮革、染色、刮磨、陶瓷6大类，30个工种的内容，以及手工业各个工种的设计规范、制造工艺和一系列的生产管理及营建制度。此外，《考工记》还记有数学、地理学、力学、声学、建筑学等多方面的知识和经验总结。

3. 王充（约27—97），字仲任，会稽上虞（今浙江省上虞区）人，东汉唯物主义哲学家，无神论者。王充在哲学上认为物质性的“元气”是构成天地万物的基本元素。在伦理思想上，他认为，道德起源于人类物质生活的进步，主张人性有善有恶，但强调人性可以通过教育而改变。他对中国古代逻辑卓有贡献，较全面地阐述了论证问题。著有《讥俗》《政务》《论衡》《养性》，仅存《论衡》。《论衡》是我国古代的一部“百科全书”，书中对运动、力、热、静电、磁、雷电、声等现象都有观察和解释，对人与自然的关系也提出了深刻的见解。

置之盘中，左右欹侧，僛僛然如舞之状，久之，力尽乃倒。”从这些历史文献记载中可以看出，不倒翁之一的重心略高于木头人下半圆的中心，或略低于下半圆的中心。由于它们重心位置不同，造成它们左右摇摆后的不同结果。而古代人将它们制成半圆形下身，并在其内“虚其中而实其底”，正说明他们有意识地利用重心位置与平衡的关系。

对于物体运动的认识

运动是自然界最普遍的现象，是物质的基本属性之一，也是力学研究的重要问题。中国古人对于“运动”和“静止”的观念、力的作用与物体运动的关系做了探索，并阐述了对物体运动快慢及其如何度量的认识。

1. 运动

对机械运动，《墨经》有专门的记载，并对“运动”和“静止”的观念下了定义：“动，或（域）徙也。”这里的“徙”，即迁徙，它是地域即位置的变化。“止，或（域）久也。”意思是物体在某一位置上处于一段时间，这就是静止状态。

在先秦时，关于什么是运动就有过激烈的争论。公孙龙曾提出一个说法，叫作“飞鸟之影，未尝动也”。按常识说，鸟在空中飞翔，投到地上的影当然跟着鸟的移动而移动。但公孙龙却提出另一种看法，即鸟影并没有动。这种看法，有人解释为公孙龙在观察过程中，在一定条件下，当某个角度适当时所发生的错觉；也有人解释为在某一瞬间，动体在公孙龙看来是静止的，即飞鸟之影有“未尝动”的时刻。无论哪种解释成立，都说明公孙龙对运动的观察和分析是十分细致的。

对于“鸟影”问题，墨家也有他们自己的理解，说原因在于“景不徙”。认为鸟在甲点时，影在甲点，当鸟到了相邻的乙点，影也到了相邻的乙点。此时甲上的影已经消失，而乙处另成了一个影，并非甲上的影移到乙上，这也是言之有理的。若不从时段而从时刻上

需要全本请访问 www.ertongbook.com

看问题，这些解释总是成立的。

对于机械运动，上面已提到《墨经》中有专门记载："动，或徙也。""或"字，是墨家中一个十分抽象的名词，今人对它的解释不尽一致。前者我们已把"或"作"域"解，"或"还有另外的说法。《墨子·小取》里说："或也者，不尽也。"这里的"或"是表示几个事物或过程的不尽相同。这样，不同的"徙"就是"动"，即观察者和运动体的位置移动情况不尽相同时，才觉察出运动。因此，有人认为墨家已经注意到了机械运动的相对性。这种运动相对性的萌芽观念到后来继续有所反映。在人们讨论天地的运行问题时，东汉时期成书的《尚书纬·考灵曜》中说："地恒动不止而人不知，譬如人在大舟中，闭牖而坐，舟行而不觉也。"这是对机械运动相对性十分生动和浅显的比喻。其后的哥白尼、伽利略在论述这类问题时，都不谋而合地运用过几乎相同的比喻，这说明我国古代早在一二世纪前就已有学者对运动的认识相当深刻。可惜由于历史条件的限制，这些精辟的思想没有产生像哥白尼、伽利略那样巨大的影响。

2. 力和物体运动之间的关系

力的作用问题，是研究力和物体运动之间关系的一个重要课题。王充在《论衡》中作了较多的探讨。他在《效力篇》中写道："干将之刃，人不推顿，苾瓠不能伤；筱簜之箭，机不动发，鲁缟不能穿。"意思是锋利的良剑剑刃，如果没有人用力，连草本植物都不能砍断；优竹制成的良箭，不扣弩机，连白色细绢都不能射穿。由此说明潜在的机械威力，在没有人力或弩力引发以前，即物体没有运动起来以前，是表现不出来的。他进而写道："凿所以入木者，槌叩之也，锸所以能撅地者，跖蹈之也。诸有锋刃之器，所以能断斩割削者，手能把持之也，力能推引之也"。明确提出了力对工具的作用，是导致工具运动的原因。

王充已认识到在日常的生活和生产中，外加的力能使物体产生运动。他又考察了内力不能使物体产生运动的力学问题。他指出："力重不能自称""羿、育，古之多力者，身能负荷千钧，手能决角伸钩，

使之自举，不能离地。”孟和育，传说是古代的两位大力士，尽管他们身能背负千钧（一钧约为15千克）重的东西，手能扭断牛角和拉直铜钩，力气很大，但不能把自己举起，离开地面，王充用这个生动的例子区别了内力和外力。

3. 物体运动的快慢

研究物体运动的快慢是力学的一个重要内容。王充在《论衡》中，对这个问题作了阐述。

首先，物体运动的快慢如何进行观察？《说日篇》中说：“天行已疾，去人高远，视之若迟，盖望远物者，动若不动，行若不行，何以验之？乘船江海之中，顺风而驱，近岸则行疾，远岸则行迟，船行一实也，或疾或迟，远近之视，使之然也。”当乘船顺风而行时，由于人离岸越近视角越大，近岸行驶的船看上去快，离岸远时看上去慢，而船行的速度实际上是一样的。同理，望远者动者似乎不动，行者似乎未行。因此太阳本来走得很快，由于离人高又远，所以看起来很慢。对于这些运动现象的正确描述，表明王充已经注意到由于视差，物体真实运动与视运动的快慢有很大差别。即应该排除主观因素，努力去研究物体运动的实际快慢。

其次，物体运动的快慢如何进行量度？《说日篇》写道：“日昼行千里，夜行千里。麒麟昼日亦行千里。然则日行舒疾与麒麟之步相似类也。”在这里，王充将日和麒麟运动的快慢用每昼夜经过的路程来描述。当日和麒麟每昼夜的路程相等时，就说它们的“舒疾”相同。可见王充对于物体运动的认识中，已初具粗糙的“速率”概念。

同上篇，王充还写道：“月行十三度，十度二万里，三度六千里，月一旦夜行二万六千里，与晨凫飞相类似也。天行三百六十五度，积凡七十三万里也。其行甚疾，无以为验，当与陶钧之运，弩矢之流，相类似乎！”就是说，月和天的运动快慢也是可量度的。按照王充的看法，天也是以一定的速度在运动，而它们的快慢都可用相类似的机械运动——晨凫、陶钧和弩矢的运动来比拟。这说明王充的“舒疾”概念既有定性的一面（如用晨凫、陶钧和弩矢的运动来比拟日

月运动的快慢），也有一定的定量计算（如假定每度多少），可惜的是其基本根据（即当时天文上对日行距离的测量）是基于所谓“日昼行千里”。“麒麟昼日亦行千里”“千里”，往往不过是中文形容词中“最快”的一种比喻。由此得出的“舒疾”概念也就有了很大的局限性。

最后，关于物体运动的快慢和物体本身重量又有何关系？王充认为，“是故湍濑之流，沙石转而大石不移。何者？大石重而沙石轻也。”在川流不息、奔腾翻滚的江河中，小的沙石由于本身重量轻，会随水流移动；而大的石头则岿然不动。再如“是故金铁在地，猋风不能动，毛芥在其间，飞扬千里。”地上的一块铁也由于本身的重量，即使暴风也吹不动，但地上的毛芥却会随风飘扬很远。虽然王充的这些观察还停留在经验阶段，却指出了这样一个科学道理：在同样外力条件下（急流、暴风），重量小的物体，运动起来容易；而重量大的物体，运动起来就较困难。

在《状留篇》中，王充还写道：“是故车行于陆，船行于沟，其满而重者行迟，空而轻者行疾。”“任重，其取进疾速，难矣！”也进一步说明物体运动的快慢和其本身重量的关系，重量大的物体，要取得较快速度的运动，是比较困难的。

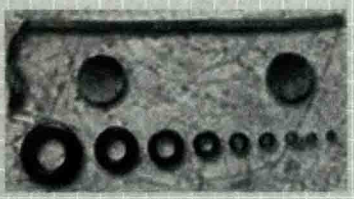
知识链接

1. 外力与内力：在多个物体组成的系统中，由系统之外的物体对这个系统的作用力称为外力；系统中各物体之间的相互作用力，称为内力。

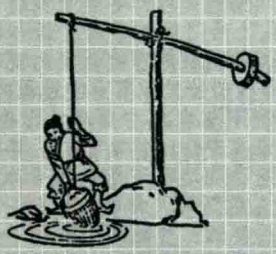
2. 运动的相对性原理：17世纪意大利学者伽利略（G. Galilei）提出了相对性原理，即力学规律在所有惯性坐标系中是等价的，力学过程对于静止的惯性系和运动的惯性系是完全相同的，换言之，在一系统内部所作任何力学的实验都不能够决定一惯性系统是在静止状态还是在作等速直线运动。伽利略1636年在《关于两门新科学的对话与数学证明对话集》一书中对相对性原理有生动的说明：当你在密闭的、运动着的船舱里观察力学过程时，“只要运动是匀速的，绝不忽左忽右摆动，你将发现，所有上述现象丝毫没有变化，你也无法从其中任何一个现象来确定，船是在运动还是停着不动。即使船运动得相当快，在跳跃时，你将和以前一样，在船底板上跳过相同的距离，你跳向船尾也不会比跳向船头来得远，即便你跳到空中时，脚下的船底板向着你跳的相反方向移动”。

简单机械

在中国古代，力学知识或源自技术经验，或源自生产和生活知识，包括简单机械、重心、运动学、力、流体和材料中的力学知识以及有关计量的一些知识。古代中国人创制了许多具有力学意义的简单



左家公山上楚墓中的天平



桔槔

机械，如杠杆、桔槔、滑轮、辘轳、斜面等。战国时期的墨家，对这些简单机械做出了实验性研究和理论总结。将杠杆、滑轮、尖劈、斜面、齿轮等联合使用，古代人制造出了较为复杂的机械，如指南车、记里鼓车等。

1. 杠杆

在中国古代很早就发明了秤，巧妙地应用了杠杆原理。在一根杠杆上安装吊绳作为支点，其端挂上重物，另一端挂上砝码或秤锤，就可以量出物体的重量。古人称它为“权衡”或“衡器”。“权”就是砝码或秤锤，“衡”是指秤杆。《吕氏春秋 · 古乐篇》中记载黄帝使伶伦“造权衡度量”。《史记 · 夏本纪》记载夏禹“身为度，称以出”。

考古发掘的最早的秤是在长沙市附近左家公山上楚墓中的天平。它是公元前 4—前 3 世纪的遗物，是一个等臂秤。不等臂秤可能产生于春秋时期。古代中国人还发明了有个支点的秤，俗称铢秤。使用这种秤，变动支点而不需要换秤杆就可以称量较重的物体。这是中国人在衡器上的重大发明之一。

《墨经》一书最早记述了秤的杠杆原理。《墨经》将秤的支点到重物一端的距离称为“本”（今称为重臂），将支点到权一端的距离称为“标”（今称为力臂）。书中写道：当重物与权相等而衡器平衡时，如果加重物在衡器的一端，重物端必定下垂；如果因为加上重物而衡器平衡，那是本短标长的缘故；如果在本短标长的衡器两端加上重量相等的物体，那么标端必下垂。《墨经》既考虑了“本”与“标”相等的平衡，也考虑了“本”与“标”不相等的平衡；既注意到杠杆两端的力，也注意到力与作用点之间的距离大小，将杠杆的平衡条件叙述得十分全面。

桔槔也是杠杆的一种。它是古代取水的工具。作为取水工具，一般用它改变力的方向。作其他目的使用时，也可以改变力的大小，

只要将桔槔的长臂端当作人施加力的一端即可。春秋战国时期，桔槔已成为农田灌溉的普通工具。

2. 滑轮

在中国古代，称滑轮为“滑车”。应用一个定滑轮，可以改变力的方向；应用一组适当配合的滑轮，可以省力。至早从战国时期开始，滑轮就在作战和生产劳动中被广泛应用。

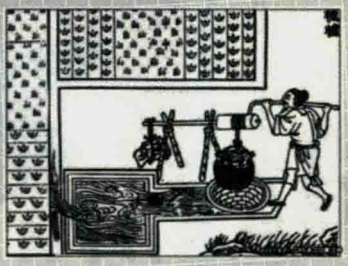
在山东武梁祠一块汉朝画像砖上，描绘了人们从水中打捞铁鼎的画面：河岸两边各有三人前后拉着绳子，脚蹬河岸斜坡，弯腰使劲，绳子一端通过滑轮连接在铁鼎上，围观者甚多。它描述的是秦始皇“泅水取鼎”的故事（《史记·秦始皇本纪》）。传说，大禹造了九个巨鼎，以便人们识别善恶。九鼎从夏传到商、周，成了最高统治者权力的象征。在周赧王十九年（公元前 296），秦昭王从周王室取走了九鼎，不幸，在途中一鼎飞入泗水河。后来，秦始皇去东海觅神仙，路过此地，便命令千人入泗水河打捞宝鼎。可是，当宝鼎刚拉出水面，一条龙冲出，咬断绳索，宝鼎又沉落河底。这个故事表明那时候已使用滑轮。



汉朝画像砖上绘制的“泅水取鼎”故事



机汲



辘轳

滑轮的另一种形式是辘轳。将一根短圆木固定在井旁木架上，圆木上缠绕绳索，索的一端固定在圆木上，另一端悬吊木桶，转动圆木即可提水。只要绳子缠绕得当，绳索两端都可悬吊木桶。一桶提水上升，另一桶往下降落，这就可以使辘轳总是在

做功。“史佚始作辘轳”（《物原》），史佚是周朝初年的史官，表明辘轳大概起源于商末周初。据曾公亮在《武经总要前集 · 水攻 · 济水府》中记载，周武王时有人以辘轳架索桥，穿越沟堑。唐朝刘禹锡（772—842）描写了他亲眼所见的一种称为“机汲”（《刘梦得文集 · 机汲记》）的提水机械，它是将辘轳与架空索道联合并用，以便省力地将山下流水一桶桶地提上山顶，用来浇灌田地。

《墨经》中将向上提举重物的力称为“挈”，将自由往下降落称为“收”，将整个滑轮机械称为“绳制”。《墨经 · 经下》写道：以“绳制”举重，“挈”的力与“收”的力方向相反，但要同时作用在一个共同点上。提挈重物要用力，“收”不费力。若用“绳制”提举重物，人们就可省力而轻松。在“绳制”一边，绳较长、物较重，物体就越来越往下降；在其另一边，绳较短、物较轻，物体就被提举逐渐向上。如果绳子垂直，绳两端的重物相等，“绳制”就平衡不动。如果这时“绳制”不平衡，那么所提举的物体一定是在斜面上，而不是自由悬吊在空中。

3. 尖劈和斜面

尖劈能以小力发大力。早在原始社会时期，人们所打磨的各种石器，如石斧、石刀、骨针、镞等，都不自觉地利用了尖劈的原理。墨家在讨论滑轮的功用，说到它省力时，就将它比喻为“锥刺”。王充说：“针锥所穿，无不畅达；使针锥末方，穿物无一分之深矣”（《论衡 · 状留篇》）。可见墨家和王充等人知道尖劈原理的经验法则。


耒耜　　汉朝犁头

中国汉朝发明的耕犁是尖劈原理的应用。犁的早期形式是耒耜，耜指翻土的铲，相当于一种尖劈。犁铧与犁锹是翻土的主要部件。铧，以铸铁为之，多系等边

需要全本请访问 www.ertongbook.com