



黑河教育研究丛书

力学史稿

孙常友 著



孙长友同志近影

《黑河教育研究丛书》

编 者 前 言

黑河地区，自古就是一块肥田沃土，经我中华民族开发建设，已成物阜民丰之乡。这块神奇富足的土地区，吸引了大批有识之士，为她讴歌，为她折腰。

一九四五年“九三”光复后，中国共产党领导全区人民，在暴风骤雨里埋葬旧世界，于沸腾巨变中建设新生活。三中全会后，地委、行署充分认识教育在四化建设中的战略地位，各位负责同志深入学校，礼贤下士，与广大教师交朋友；他们尊重知识，落实政策，启用人才。胡耀邦同志视察我区时更以“南有深圳，北有黑河”，“南深北黑，比翼齐飞”相号召。于是，全区教育工作者，倍受鼓舞，决意革故鼎新，把整个心灵都献给党，为振兴黑河培养一代新人。

他们急起直追国内学先进，励精图治域外采精华；他们闻鸡而起辛苦育才承大厦，伴灯不眠愉快笔耕撰论文；他们含辛茹苦刻意探求教育规律，朝思暮想潜心研究造士真经。于是，全区上下，教育科研前赴后继，教育实验到处开花。他们每有心得，即付之笔墨，投诸报刊，成年累月，精雕细刻，多有建树。这些研究成果，都是边疆园丁拳拳报国之心。

为了褒扬奖励研究有功、发奋有为的同志，推动我区教

育改革工作，地区教科所、地区教育学会，向全区教育界征集论文百万多字，向全区教育机关和单位 募集金资二万多元，编辑印行这套《黑河教育研究丛书》献给全区教育界的同志们。

由于我们缺乏编辑知识和经验，这套丛书的缺点和错误，一定不少，恳请读者不吝批评指教。

一九八五年三月

目 录

第一章	古代和中世纪力学的发展	
	——物理学的萌芽时期……………	(1)
第一节	我国古代对力学的贡献	
	——《墨经》和《考工记》……………	(2)
	一、《墨经》……………	(4)
	二、《考工记》……………	(8)
第二节	阿基米德的静力学……………	(10)
第三节	亚里斯多德的运动学说和托勒玫的地心说。……………	(13)
	一、亚里斯多德的运动学说……………	(13)
	二、托勒玫的“地心说”……………	(15)
第二章	经典力学的形成和发展	
	——近代物理学时期……………	(17)
第四节	哥白尼和他的宇宙体系……………	(18)

第五节 开普勒行星运动定律..... (21)

第六节 近代力学的诞生..... (23)

一、达·芬奇的贡献..... (23)

二、培根的作用..... (24)

三、伽利略及其对力学的贡献..... (26)

第七节 牛顿力学体系的形成..... (39)

一、牛顿的生平..... (40)

二、牛顿建立的运动三定律..... (44)

三、万有引力定律的发现..... (54)

第八节 十八、十九世纪经典

力学的发展..... (62)

第三章 物理学的革命与现代物理学
的诞生..... (69)

第九节 物理学的革命..... (70)

一、科学实验的新发现..... (70)

二、物理学的危机..... (71)

三、物理学的革命..... (72)

第十节 爱因斯坦和相对论力学..... (73)

一、爱因斯坦的生平..... (73)

二、爱因斯坦的相对论力学…………… (78)

1、狭义相对论…………… (78)

2、广义相对论…………… (89)

附录:

《关于时间、空间和宇宙》…… (96)

第十一节 量子力学的产生…………… (106)

一、旧量子力学的出现…………… (106)

二、量子力学的产生…………… (109)

三、量子力学的奠基人普朗克…… (110)

第十二节 力学在我国的发展…………… (115)

主要参考资料…………… (123)

附:

力的概念和力学基本

理论的建立…………… (124)

分析力学教学方法探讨一例

——用形象思维方式推导哈密顿

正则方程…………… (138)

高度和引力

——谈建立高度概念

的必要性…………… (142)

第 一 章

古代和中世纪力学的发展

——物理学的萌芽时期

今天的自然科学，也叫做近代科学，自文艺复兴时代诞生以来，迄今已有五百年的历史。而古代最初的文明社会至今差不多有五千年的历史，至于人类的历史已有二百万年了。科学的开端可以追溯到四至五万年之前石器的出现，或者二万八千年前发明弓箭的时候。

世界上第一批可称为科学家的人们，约是公元前七到六世纪之间出现在爱琴海东岸伊奥尼亚地方（现在土耳其领土小亚细亚）。最初显露的名字是泰勒斯（约公元前 642 ~ 547 年）。后又有赫拉克利特（公元前 540 ~ 480 年）、德谟克利特（约公元前 460 ~ 370 年）。他们都是从小希腊本土逃出来的，既有着欧洲古代文化发源地学术上活跃自由的风尚，又有自发的朴素的辩证法思想，成为希腊最早的哲学家和科学家。他们共同的特点是依靠对自然界的观察和思索，企图以自然界自身的原因来说明自然现象，这是科学自然观的萌芽。他们都在思索“自然界是什么？”这个问题。泰勒斯曾预言日食、用几何学知识测量过金字塔的高度，他还是一个工程师和航海探险家。在经常渡海往来

于埃及等地经商过程中，观察和思考着风起云涌、暴雨倾盆和风平浪静、万里无云的大自然的矛盾，摆脱了神灵的束缚，用自然界的“元素”是水，来加以说明。赫拉克利特则认为自然界的元素不是水，而是火。他说：“世界是包括一切的整体，它不是任何人或任何神创造的，它过去、现在和将来都是按规律燃烧着，按规律熄灭着的永恒的活火。”列宁说：“这是对辩证唯物主义原则的绝妙的说明。”

当然，与此同时也还有古希腊唯心论哲学的代表人物柏拉图（公元前427～347年），他主张人的灵魂和肉体分立，各种事物都有其“理念”，世界也有理念世界（天上的世界、高贵的世界）和现实的世界（卑贱的世界）。“理念”决定事物的特性，理念世界支配现实的世界。柏拉图的唯心论维护贵族的统治。

在此前后，我国墨翟和古希腊阿基米德，与亚里斯多德和托勒玫在哲学上唯物论与唯心论的斗争，反映出他们自然观的矛盾，也反映出当时社会的阶级矛盾和斗争。整个古代和中世纪（指公元五世纪末到十四、十五世纪结束近一千年）自然科学（包括物理学）还没有从自然哲学中分化出来，故被称为自然学或自然哲学。

天文学是最早的科学，力学开始于天文学。从古代开始，大自然的奥秘（诸如“自然界是什么？”“天体怎样运动？”等等）就是人们探索和争论的问题。

第一节 我国古代对力学的贡献

——《墨经》和《考工记》

中国是世界文明古国之一，在科学、技术、文化方面

的研究有着悠久的历史 and 灿烂的成果，对人类文化的发展做出了巨大贡献。我国古代的力学是同古代文化一起诞生的。在距现在大约六千年前，人们制成一种陶壶，做为汲水盛水的器具。它底尖、腹大、嘴小，中段有两个耳环。耳环系上绳子，抛到水面上时就自动横过身子，让水流进去。当水进入一半时壶能自动正立。这种陶壶，古书上称为欹器，也叫做宥坐器。荀子的《荀子·宥坐》中：“孔子观于鲁桓公之庙，有欹器焉。孔子问于守庙者曰：‘此为何器？’，守庙者曰：‘此为宥坐之器。’孔子曰：‘吾闻宥坐之器者，虚则欹，中则正，满则覆。’孔子顾谓弟子曰：‘注水焉！’弟子挹水而注之，中而正，满而覆，虚而欹。孔子喟然而叹曰：‘岂有满而不覆者哉！’”孔子借物比人，凡事应适可而止，贪多过份会招致覆灭。孔子奉行中庸之道，我们姑且不谈，这里荀子确实生动地描述了欹器，使我们想到当时人们已经有意无意地利用加水后重心位置发生变化这一力学道理来制造工具了。我国在西安附近的半坡村出土的陶瓶，考古学者根据其年代和特性鉴定为欹器，成为证明我国古代力学发展的希世珍品。

西周末年，奴隶制开始崩溃，开始了历史上的春秋战国时期（公元前770～221年），这是我国奴隶制向封建制社会过渡的大变革时代。奴隶制瓦解，封建制开始建立。新兴的地主阶级逐渐取得了经济和政治上的统治。为了巩固统治地位，需要发展生产。于是，生产关系的改变，解放了生产力。农牧业、纺织、建筑等方面都大有发展，因而推动包括物理学在内的自然科学也有显著进步。我国现存最古的两部科技典籍《墨经》和《考工记》就是这个时期出现的。

一、《墨经》

当时自然科学方面成就最大的是墨家。它是由鲁国墨翟（公元前468～382年）和他的学生禽滑厘所创立的。墨翟作过工匠，他的学生们也大都参加手工业生产，所以墨家学派在政治上代表平民身份的小地主、小工商业主。墨家在生产实践中，总结出科学知识，写成《墨经》（即《墨子》）等著作，为我国科学史写下了光辉的篇章。《墨经》分为《经》文（《经上》和《经下》）、《经说》（《经说上》和《经说下》）两部分。现存五十三篇，其中《经上、下》篇可能是墨翟在世时撰定的，而《经说上、下》篇则是他死后别人成书的。两者都大量的涉及到物理学，特别是力学知识。

例举：

1·空时观念。

空间，当时一般称为“宇”。墨家将其定义为所有不同场所（“弥异所”）的通称，并列举“东西、家、南北”来说明。这里“家”就是“中”，也就是观察点。

时间，当时一般称为“宙”。而墨家却称其为“久”，并将它定义为所有不同时候（“弥异时”）的通称，所举的例子是“古今、旦暮”。

2·运动和时空。

墨家认识到运动和时空是不可分割的：

物体在空间作位置上的移动（“宇域徙”），其本质在于它在空间随着时间而自近而远（“说在长宇久”）。为了说明这一点又申述到：物体在空间移动，而随时有所处的

空间（“宇徙而有处宇”）。例如，物体在空间自南而北（“宇南北”），相应的在时间上从早晨到黄昏（“在旦又在暮”）。由此应得出结论：物体在空间移动需要时间（“宇徙久”）。这是有关时空辩证统一关系的精彩论述。

3·体力和浮力定律

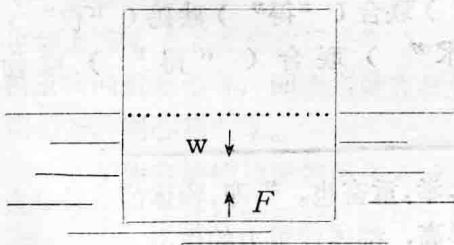
墨家考察了体力的作用，把体力定义为：〔“力，刑（形）之所以奋也”〕（意思说力是人体所具有的使运动发生变化的能力），认为重力的属性是方向朝下（“重之谓下”，举重就是克服阻抗（“举重，奋也”）*。

这里的力是指体力，而不是物理学中一般的力。据墨经中《说文·力部》原意“力”就指体力。

在《墨经》中：“生，刑（形）与知处也（人的生命是肉体和精神相处）。可见“刑（形）”指身体而不是物体。物体另用“荆（形）”表示。

《墨经》中，就是这样从人们熟知的关于体力的认识中抽象出力的一般定义：“力，形之所以奋也”（意思说力是使物体运动发生变化的原因）。

当时，在生产上对水的浮力的利用已很广泛。例如工匠们将造好的车放入静水中，观察其各部位上浮高度是否均一，而检验结构是否匀称。墨家据此，总结出浮力定律：



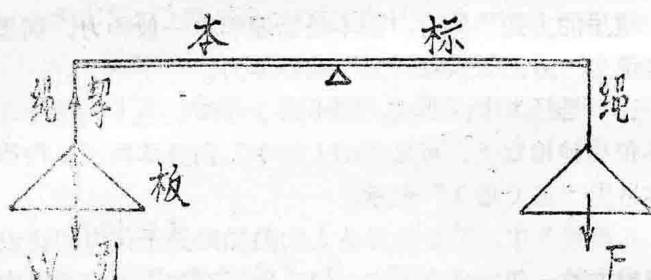
物体大“形之大”），而其下沉部分却可以是浅的（“其沉浅也”）。这是什么呢？原因在于这时物体重量已被

水对物体下沉部分的浮力所平衡（“衡”）。物体重量同水对物体下沉部分的浮力相互平衡，就象市场上五件甲商品同一件乙商品等价交换一样（“若易五之一”。）

这说明墨家已经试图定量地表示物体重量同浮力平衡的关系。这种思想早于希腊学者阿基米德（约公元前287～212年）两个世纪。

4·杠杆原理。

墨家也是早于阿基米德两个世纪发现了杠杆原理，而且是通过实验表述的：



（ W 重物重量， F 砝码重量）

1) 设一杠杆，一端挂砝码（“权”），另端挂重物（“重”）。若两边平衡（力矩相等），则杠杆必呈水平（“衡而必正”）。这是为什么？

原因是力臂（“标”）联合（“得”）砝码（“权”）的作用，等于重臂（“本”）联合（“得”）重物（“重”）的作用。

* “力，重之谓。下，举，重奋也。”即，物体的重量是力的表现形式。下落或被举高，都体现重力的作用。

2) 若(“加重于其一旁, 必垂”)。这是由于原来砝码和重物的重量相等(“权、重相若也”)

3) 这时若两边恢复平衡, 则必须重臂短(若加重于重物一边), 力臂长(“相衡, 则本短标长”。)

4) 经此调整, 若在两边再加相等重量, 则力臂必定下垂(“两加焉, 重相若, 则标必下”。这是为什么?)

是由于力臂和砝码的联合作用大于重臂和重物的联合作用(“标得权也”), 从而造成绳子对重物的提举比较有力, 自重对重物的牵引比较无力(“挈有力也, 引无力也”)

这时支点不在杠杆中心(“不心”)。被提重物上升使杠杆倾斜到相当程度才停止(“所挈者止于逾也”)。砝码是通过绳子的牵掣而提举重物的(“绳掣挈之也”)。在重臂短、力臂长的情况下, 能以较轻的砝码提起较重的重物, 就象利用锥子比利用钝器容易刺入物体一样(“若以锥刺之”)

5) 砝码通过杠杆提举重物(“挈”), 总是长或重的一边下垂, 短或轻的一边上翘(“长、重者下, 短、轻者上”)。上翘的一边如果渐渐增加臂长或重量, 就会下垂(“上者愈得, 下”); 下垂的一边逐渐减少臂长或重量, 也会上翘(“下者愈亡, 上”)。若绳子垂直于杠杆, 砝码和重物的重量相等, 则支点就在杠杆的中心(“绳直, 权、重相若, 则心焉”)

6) 假定重物拉扯着绳子(“扳”)…

墨家对于杠杆的研究, 鼓舞了他们的想象力。他们设计了一个独特的杠杆起重实验: 以人力拉扯代替砝码, 把力臂

端绳子换成头发。实验指出，拉扯头发断绝与否，取决于两边是否均衡〔“均之，绝否，说在所均”。均，引〕。若使两边均衡，则在重物原使头发断绝的话，现在也不会断绝〔“均，其绝也莫绝”〕。就是说只要头发的最大抗拉力 $\times$ 力臂 $\geq$ 重物重量 $\times$ 重臂，头发就不会断。名家的公孙龙（约公元前320~250年左右）加以夸张，提出一个论题“发引千钧”*（《列子·仲尼》）。几十年后，阿基米德才有类似的论述。

关于简单机械，墨家概括一段谜语式的话：“举之则轻，废之则重，非有力也”（《墨经》第一百一十一条经说）。意思是一个物体提举起来比较轻松，而放在那里却比较沉重，不是提举者特别有力气。为什么？

因为使用了机械。

此外，《墨经》中还讨论了一些力学现象。比如，指出物体如果不受重力以外的力，必定自由下落（“凡重，上弗挈，下弗板，旁弗劫，则下直”意思是说凡重物上不提举，下不拖拽，旁不牵引，则必定垂直下落）等都是很精僻的论述。

二，《考工记》

郭沫若认为《考工记》是春秋末年齐国人的著作。汉代以后，做为补缺“各官”一篇而被编入“周礼”。《考工记》这个名字是后人所用，可能是出于考察当时手工业和工

* “钧”是当时一种重量单位，一钧等于三十斤。

商业的发展和分工的意思。

《考工记》中所含科学知识极为丰富，其中力学颇多。

例举：

1) 滚动摩擦问题。

“轮人”篇中有一段讨论对轮的要求，提到：“凡察车之道，必自载于地者始也；是故察车自轮始。凡察车之道，欲其朴属而微至。不朴属，无以为完久也；不微至，无以为戚速也”。这句话的意思是：如果轮子和地面的接触多，就难转、转不快。反过来说，即接触少就易转、转得快。

怎样达到微至呢？书中说“欲其微至也，无所取之，取诸圜也”。“圜”即“圆”，轮子做得圆，就能达到微至。

“轮已崇，则人不能登也；轮已，则于马终古登阨也”。译成现代语言应为：

“轮子太大，人不易登上车；轮子太小，马拉起来就好像经常在上斜坡。”

（“终古登阨”）生动比喻马的难引。

根据滚动摩擦理论，可知阻力与轮半径成反比，轮越小、阻力越大，故马难拉。

这些论述在二千二百年前，恐怕是世界上最早关于滚动摩擦的理论了吧。

2) 惯性现象的记载。

“辘人”篇中：“马力既竭，舟犹能一取焉”。这是说，马虽然停止前进了（即不对车施拉力了），但车还能前进一段路。这也是世界上对惯性现象较早的记载。

除此，考工记中还研究了许多关于力学的问题。例如在研究弓箭的制作时，指出箭矢：箭头太轻，箭会往下俯冲；

箭尾太轻，箭往上飞翔；中间过轻，箭会打转；羽多飞行慢；羽少不稳定等。这实际上已经探讨了飞行器的重心、形状以及同阻力、轨道的关系等科学知识和技术问题。

第二节 阿基米德的静力学

我国的春秋战国时代，正是西方古希腊奴隶制社会的鼎盛时期。在数学、物理学、天文学、形而上学、文学和艺术等领域中，泰勒斯、亚里斯多德、欧几里德（约公元前330～275年，写出著名的《欧氏几何学原理》）、阿基米德等一大批哲学家、科学家发挥了创造性的才能，使古希腊的科学文化达到古代科学文化发展的高峰。古希腊的哲学思想、科学研究的思想和方法对后来科学的发展也有着极为深刻的影响。恩格斯说：“在希腊哲学的多种多样的形式中，差不多可以找到以后各种观点的胚胎、萌芽。因此，如果理论自然科学想要追溯到自己今天的一般原理发生和发展的历史，它也不得不回到希腊人那里去”^{*}

力学是最早开始的一门科学。而静力学又是力学中最早发展起来的，这可能是因为静力学问题总是和人们熟习的重力的作用有关。

静力学的发展，可以追溯到遥远的古代。从简单机械的使用，到重心和比重这类概念在希腊产生，…直到近代虚位移原理几乎达到了顶峰。这当中，有许多人先后作出了贡献，载入史册，但只有阿基米德（约公元前287～212

^{*} 《马克思恩格斯选集》第三卷第468页。