

高等学校教学参考书

物 理 学

第 一 册

王 谟 显 改 编

人 民 教 育 出 版 社

高等学校教学参考书



物 理 学

第 一 册

王 谟 显 改 编

人 民 教 育 出 版 社

全书分三册，第一册包括力学、机械振动与机械波、分子物理和热力学，第二册为电磁学，第三册包括光学和近代物理。

本书系1963年改编版。为了满足学校教学急需，未经修改，予以重印，供高等工业学校各类专业普通物理学课程教学参考。

简装本说明

目前850×1168毫米规格纸张较少，本书暂以787×1092毫米规格纸张印刷，定价相应减少20%。希鉴谅。

物 理 学

第一册

王谟显改编

人民教育出版社(北京沙滩后街)

上海中华印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 13012·057 开本 787×1092 1/32 印张 7 8/16

字数 180,000 印数 519,001—619,000 定价(6) ¥ 0.60

1956年12月新1版 1963年8月第2版

1977年12月上海第24次印刷

第一册 目录

诸论	1
§ 0-0-1 物理学的研究对象	1
§ 0-0-2 物理现象的研究方法	2
§ 0-0-3 物理定律和理论是	

自然现象的客观规律的反映	4
§ 0-0-4 物理学和马克思主义世界观	5
§ 0-0-5 物理学的发展和生产技术及社会制度的关系	8

第一編 力学的物理基础

§ 1-0-1 力学发展史简述	11
第一章 质点运动学	14
§ 1-1-1 参照系和坐标系	14
§ 1-1-2 质点运动 轨道	15
§ 1-1-3 时间和时刻 运动方程	16
§ 1-1-4 匀速直线运动 位移 速度	17
§ 1-1-5 变速直线运动 平均速度和瞬时速度	19
§ 1-1-6 匀变速直线运动 加速度	22
§ 1-1-7 一般变速直线运动 平均加速度和瞬时加速度	24
§ 1-1-8 矢量	25
§ 1-1-9 曲线运动 匀速圆周运动	27
§ 1-1-10 抛射体运动	31
第二章 质点动力学	34
§ 1-2-1 力的初步概念 牛顿第一运动定律	34
§ 1-2-2 牛顿第二运动定律	35

§ 1-2-3 力和质量的单位 单位制和量纲	38
§ 1-2-4 牛顿第三运动定律	41
§ 1-2-5 万有引力定律	43
§ 1-2-6 弹性力和摩擦力 力的分析	44
§ 1-2-7 惯性系	47
§ 1-2-8 动量和冲量 动量原理	51
§ 1-2-9 动量守恒定律	52
§ 1-2-10 功 功率	55
§ 1-2-11 动能 功能原理	58
§ 1-2-12 重力和弹性力的势能	60
§ 1-2-13 机械能守恒定律 能量守恒和转换定律	63
§ 1-2-14 球体的对心碰撞	66

第三章 刚体的转动

§ 1-3-1 刚体运动学 角位移 角速度和角加速度	70
§ 1-3-2 刚体的动能 转动	

惯量·····75	§ 1-3-5 动量矩守恒定律·····79
§ 1-3-3 力矩 力矩的功·····76	§ 1-3-6 古典力学的适用 范围 相对论的 概念·····82
§ 1-3-4 转动定律 动量矩 和冲量矩·····78	

第二編 机械振动与机械波

第一章 振动学基础·····88	长 波的周期和频 率·····109
§ 2-1-1 谐振动·····88	§ 2-2-3 波动方程·····111
§ 2-1-2 谐振动中的振幅、 周期、频率和周相·····91	§ 2-2-4 波的能量 能流·····114
§ 2-1-3 谐振动的能量·····93	§ 2-2-5 惠更斯原理·····119
§ 2-1-4 单摆·····94	§ 2-2-6 波的反射和折射·····121
§ 2-1-5 同方向振动的合成 拍·····96	§ 2-2-7 叠加原理 波的干 涉·····123
§ 2-1-6 相互垂直振动的合 成·····99	§ 2-2-8 驻波·····126
§ 2-1-7 阻尼振动·····101	§ 2-2-9 波的绕射·····129
§ 2-1-8 受迫振动 共振·····102	第三章 声波和超声波·····131
第二章 波动学基础·····105	§ 2-3-1 声振动及声波 声 波的速度·····131
§ 2-2-1 弹性媒质中波的产 生和传播机构·····105	§ 2-3-2 声强 听觉范围·····132
§ 2-2-2 波的传播速度 波	§ 2-3-3 超声波的产生及应 用·····134

第三編 分子物理学和热力学基础

§ 3-0-1 物质结构概念发展 史简述·····137	§ 3-1-3 分子热运动的基本 特征和基本规律·····147
§ 3-0-2 分子物理学与热力 学的研究对象和方 法·····138	§ 3-1-4 理想气体的压强公 式·····151
第一章 气体分子运动 论·····140	§ 3-1-5 理想气体的能量公 式——玻耳兹曼恒 量·····155
§ 3-1-1 气体的状态参量 平衡状态 平衡过 程·····140	§ 3-1-6 气体分子运动的自 由度·····157
§ 3-1-2 理想气体及其状态 方程·····144	§ 3-1-7 能量按自由度均分 原则 理想气体的 内能·····159

§ 3-1-8 气体中的迁移现象 气体的扩散	162	§ 3-2-9 热力学第二定律	200
§ 3-1-9 气体的热传导	164	第三章 真实气体 液	
§ 3-1-10 气体的内摩擦	165	体	204
§ 3-1-11 获得真空的现代方 法	167	§ 3-3-1 理想气体定律的偏 差 真实气体的等 温线	204
§ 3-1-12 低气压的测定	171	§ 3-3-2 范德瓦耳斯方程	206
第二章 热力学的物理		§ 3-3-3 真实气体的内能 焦耳-汤姆孙实验	212
基础	174	§ 3-3-4 气体的液化与低温 的获得	214
§ 3-2-1 内能 功 热量	174	§ 3-3-5 聚集态的转变 三 态平衡点	216
§ 3-2-2 热力学第一定律	175	§ 3-3-6 液体的分子结构	218
§ 3-2-3 热力学第一定律对 于理想气体等容、 等压、等温过程的 应用	178	§ 3-3-7 液体的表面张力 表面张力系数的测 定	220
§ 3-2-4 气体的热容量	181	§ 3-3-8 弯曲液面内外压强 差	224
§ 3-2-5 绝热过程及第一定 律的应用	185	§ 3-3-9 液体与固体接触的 现象 毛细作用	226
§ 3-2-6 循环过程	189	§ 3-3-10 液体的粘滞性	230
§ 3-2-7 卡诺循环 热机的 效率	195		
§ 3-2-8 可逆过程与不可逆 过程	197		

绪 论

§ 0-0-1 物理学研究对象

毛主席在“整顿党的作风”一文中说过：“……世界上的知识只有两门，一门叫做生产斗争知识，一门叫做阶级斗争知识。自然科学、社会科学，就是这两门知识的结晶，……”。自然科学的目的不单纯是反映客观世界，而且力求通过对自然界的内在规律的认识，使自然的力量服务于人类的福利。

物理学和其他自然科学一样，都以我们周围的物质世界的客观属性为研究对象。列宁对物质(Материя)所下的定义是：“物质是作用于我们的感觉器官而引起感觉的东西；物质是在感觉中给与我们的客观的实在”。物理学中所研究的各种气体、液体、固体，组成物体的分子、原子、电子等，以及光和各种电磁辐射等，都是物质客体。

一切物质都在永恒不停的运动中，宇宙间的一切现象都是物质的各种不同的运动形式的表现。恩格斯就曾说过：“运动是物质的存在形式、物质的固有属性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从简单的位置变动起直到思维止”。

物质的各种不同运动形式，都有自己的特殊规律。不同的科学以不同的运动形式为研究对象。物理学所研究的运动，如机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动等，普遍地存在于其他复杂的高级的运动形式(例如化学的、生物的等等)之中。因此，物理学所研究的许多物质运动规律，有最大的普遍性。例如，地球上或天空中的一切物体，不论它们的化学性质如何，有无生命，都遵从物理学中的万有引力定律；一切变化和过程，不论

它们是否具有化学的、生物的或其他特殊性质，都遵从物理学所确立的能量守恒和转换定律。

由于物理学所研究的物质运动和物质运动的规律的普遍性，使物理学成为其他自然科学和工程技术科学的基础。如果没有很好的物理学知识，就不能顺利地研究其他自然科学和工程技术科学，不能了解现代一切科学技术上的伟大成就。

§ 0-0-2 物理现象的研究方法

学习物理学，除了要学习物理学中所讲的各种规律外，还必须学习物理学的研究方法。

物理学的研究方法是观察、实验、假说和理论。观察和实验是研究物理学的基础。观察是就现象发生在自然界中的原来样子加以考察研究，不少现象例如天体运动，只能在自然界中发生，对于这些现象的研究必须用观察方法。对于其他物理现象，观察常常是一种初步的研究方法。历史上不少物理学家的研究工作是从事观察开始的，例如伽利略对落体运动和摆动等的研究等。

然而发生在自然界中的现象，往往是错综复杂相互联系相互制约着的。在这情况下，就必须用人为的方法，尽可能分离各种条件或因素，使现象在经过简化的条件下重复发生，并加以反复地研究。这就是实验。例如，气体的容积、压强和温度三个量的变化关系是比较复杂的，如果用人工控制的方法，维持其中一个量不变，就可比较容易地把另外两个量的变化关系找出来。

有了足够丰富的观察、实验的资料，经过分析、概括、判断、推理等一连串脑力劳动，将它抽象到更一般的形式，再经过实践的反复考验，被证明可以足够正确地反映某些客观规律时，就引导到定律和理论的建立。多数物理定律都说明某些现象之间的相互联系，或说明在某些条件下就会有某些现象发生的规律，并且常常

用数学形式阐明和这些现象有关的某些物理量之间的数量上的关系。而物理理论则是更进一步，通过许多不同的但相互有关的现象的研究，从一些已经建立起来的定律中经过整理而得出的更为广泛概括的系统化的知识。一套体系完整的理论常常可以从少数几条比较简单的基本原理出发，经过一定的逻辑推理，就能够解释一定范围内的各种现象。

在定律和理论的建立过程中，假说常常起着很重要的作用，并且被广泛地应用着。假说是在一定的观察、实验的基础上概括和抽象出来的，最初仅仅以有限数量的事实和观察为基础。因此必须以进一步的实验材料清洗这些假说，即取消一些，修正另一些，直到最后建立起一个纯粹化的定律和理论。所以一个正确建立起来的假说不仅是定律和理论的基础，也是科学认识的发展过程中很重要的甚至是必不可少的一个阶段。例如在一定的实验基础上提出来的物质结构的分子原子假说及其推导出来的结果，因为能够解释物质在气液固各态的许多现象，所以就发展成为一套完整的分子运动理论的一部分。如果没有物质结构的分子原子假说，分子运动理论也就不会出现。

从观察、实验到假说、理论，物理学的研究还没有完结。认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须回到实践中去。理论是从许多现象中概括和抽象出来的最本质的东西，所以一个能够正确反映客观实在的理论，不仅能够解释已知现象，而且还能够预言未知的现象，指导进一步的新的实践，推断出尚未发现的新的自然规律。如果理论推导的结果，得到了新的实践的验证，就更加丰富了理论的内容。例如麦克斯韦的电磁场理论，不仅能够解释各种电现象和磁现象之间的关系，而且能够预言电磁波的存在及其传播速度。在这理论指导下的实验完全证实了它的预言。另一方面，如果某一理论或从它推出的结果和新的实验事实有矛盾，就必

须对这理论或对它所依据的某些基本假说加以修正,甚至放弃,而在新的实验基础上另外建立能正确反映客观实在的新的理论。例如在光的直进、反射、折射等实验事实的基础上,产生了光的微粒说。但当光的微粒说所推断出来的结果,和光在不同介质中传播速度的实验测定以及光的干涉、衍射等现象发生矛盾时,微粒说就为波动说所代替。到光电效应、原子光谱等新的实验事实不能用波动说来解释时,就又出现了光的量子说。

由上所述,可知观察和实验是物理学研究方法的基础,只有在观察、实验的基础上,才能够提出正确的假说,建立完善的理论。但理论还须回到实践中去。一方面,理论需要经过实践的检验,另一方面,正确的理论对实践具有高度的和广泛的指导作用,理论通过实践而获得进一步的发展。所以物理学的研究(实际上一切科学的研究都是这样)是理论和实践的统一。在理论和实践的相互影响、相互提高中,物理学逐步地达到完善的程度。

列宁说:“由生动的直观到抽象的思维,及由抽象的思维到实践——这便是认识真理、认识客观真实的辩证道路”。

毛主席在“实践论”中指出:“通过实践而发现真理,又通过实践而证实真理和发展真理。从感性认识而能动地发展到理性认识,又从理性认识而能动地指导革命实践,改造主观世界和客观世界。实践、认识、再实践、再认识,这种形式,循环往复以至无穷,而实践和认识之每一循环的内容,都比较地进到了高一级的程度”。这是辩证唯物论的认识法则,一切科学的研究方法,必须符合这种法则。

§ 0-0-3 物理定律和理论是自然现象的 客观规律的反映

从物理学的研究方法中,我们可以知道,物理定律和理论不是

人们硬套在自然现象身上的主观思想，而是自然现象本身所具有的客观规律在人们头脑中的反映。

物理定律和理论是建筑在观察和实验的基础上的。观察和实验都是在一定条件下和一定范围内进行的。观察和实验的结果绝大多数是对于各种物理量的量度结果。量度的精确程度，依赖于量度的技术水平、量度时所用仪器的完善程度以及进行量度的细心程度等等。因此，由观察和实验结果所建立的定律，不可能绝对精确的反映客观实在，而是有一定程度的近似性和局限性的，就是有一定的适用条件和适用范围的。例如，玻意耳-马略特定律和盖·吕萨克定律等，只有在压强不太大、温度不太低的时候，才能符合或接近事实。

列宁说：“承认理论是摹写，是客观实在的近似的复写，——这就是唯物论”。

物理定律的近似性和局限性并不减低它们的客观价值。虽然它们不是绝对精确的，但是它们在一定的精确程度内说明了自然现象的客观规律，并且它们的精确程度是在不断地提高改进着的。所以尽管物质世界是多种多样无穷无尽的，我们对它的认识只是相对的近似的复写，但是这复写是日益接近于真实的。随着科学技术的不断进步，物理学已经而且将会愈来愈完整愈精确地反映出自然现象的客观规律。

§ 0-0-4 物理学和马克思列宁主义世界观

自然科学的正确内容，不因社会制度不同而改变，这说明自然科学本身没有阶级性。但在阶级社会中，各阶级有着不同的哲学或世界观，对于同一自然现象，不同阶级所作哲学解释或哲学结论是不同的。同时，在阶级社会里，科学常被掌握在统治阶级手中，不同阶级又通过哲学而予科学以重大影响。所以在自然科学中经

常反映出敌对阶级在思想意识方面的斗争。

物理学所研究的现象和规律在自然界中有着最大的普遍性，这就使物理学永远接近哲学。物理学的研究对象是物质世界，物理学一直在揭露着物质运动的客观规律，所以物理学的许多重大发现都给唯物论哲学提供科学的论据。牛顿力学对于十八世纪的机械唯物论的影响，在许多科学家和哲学家的著作中，可以明显地看出。唯物论哲学的最高阶段是辩证唯物主义，在它发展的过程中，为了论证哲学原理，常常要引用物理学的发现。

辩证唯物主义世界观承认世界的物质性和物质运动发展的规律性；认为物质是独立存在于意识以外，不以人类意志为转移的客观实在，而意识则是客观世界在人类头脑中的反映；并肯定客观世界及其规律是可以为我们所认识的。辩证唯物主义指出：一切现象和事物不是孤立地存在着，而是永远相互联系、相互制约着的；自然界不是静止不动或一成不变，而是不断运动、不断变化、不断发展着的；事物发展过程不是简单的增长或重复，而是从量变到质变的飞跃或转化；一切事物发展变化的根本原因是事物内在的矛盾，而一切发展变化过程的实在内容就是矛盾或对立面的斗争。

物理学的发展，例如物质结构和光的本性的认识的发展等，越来越深刻地说明了世界的物质性和它的规律的可认识性，原子结构理论和元素的衰变，一方面揭示了各元素的相互联系，另一方面也充分说明了一切物质都在不断地运动变化着；麦克斯韦的电磁理论指出了电现象、磁现象和光现象之间的密切联系；物质的各种物理性质的变化（例如气液固不同聚集态的变化，元素性质随原子序数或核电荷数的变化，辐射性质随波长或频率的变化等），全部都离不开从量变到质变的基本法则。无数物理学的例子，都给辩证唯物主义哲学提供有力的科学论据。

尽管如此,那些代表反动统治阶级的学者们,却常常对物理学上的新发现,作出唯心主义的解释,企图打击唯物主义,为反动统治阶级寻找理论根据,达到维持反动统治的意图,同时,也把科学的发展引入歧途。例如,在力学发展初期,正确的天体运行理论和教会派的地球中心说的斗争,十八、十九世纪中物质结构的分子原子理论和唯心主义的所谓“感觉的复合”或“思考的符号”等谬论的斗争,都充分反映了思想体系间的阶级斗争。又如在上世纪之末,由于电子、放射性和光电效应等的发现,原有理论遇到了不能解释的困难,马赫派的唯心主义者就提出“物质消灭了”和物理学上“定律原理的普遍毁灭”等等谬论,企图根本推翻唯物主义,曾使当时的物理学暂时陷入混乱的局面。列宁在他的著作《唯物主义与经验批判主义》中,彻底批判了马赫派的错误观点,深刻地解释了物理中新发现的意义,并明确指出物理学发展的正确途径。列宁写道:“……‘物质正在消灭’——这是意味着我们在此以前所知道的物质的界限正在消灭,我们的认识愈更深入;从前看起来是绝对的、不变的、根源的那些物质特性(如不可入性、惯性、质量等等)正在消灭,这些特性现在显示为相对的、只是物质底某些状态所固有的。因为物质底唯一的特性——哲学唯物主义是与承认这个特性联系着的——乃是物质之作为存在于我们意识之外的客观的实在的特性”。^①本世纪物理的发展,完全证实了列宁的论断。

毛主席在实践论中指出:“理性认识依赖于感性认识,感性认识有待于发展到理性认识,这就是辩证唯物论的认识论”。又指出:“然而认识运动至此还没有完结。辩证唯物论的认识运动,如果只到理性认识为止,那末还只说到问题的一半。而且对于马克思主义的哲学说来,还只说到非十分重要的那一半。马克思主义的哲

^① 列宁:“唯物主义与经验批判主义”, 263页。人民出版社, 1956年, 北京。

学认为十分重要的问题,不在于懂得了客观世界的规律性,因而能够解释世界,而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界”。毛主席的这些指示不仅教导我们学习科学的正确途径,而且教导我们正确的学习观点,我们必须坚持理论联系实际的原则,坚持科学为祖国的社会主义和共产主义建设服务的观点。

由上可知,学习物理学,一方面有助于辩证唯物主义世界观的建立,另一方面也只有从辩证唯物主义观点来学习物理,才能对祖国的社会主义和共产主义建设事业作出应有的贡献。

§ 0-0-5 物理学的发展和生产技术及社会制度的关系

科学导源于人们的生产活动。恩格斯指出:“科学从属于技术的状况和需要。倘若社会上有一种技术上的必要,那就比十个大学还更能推动科学前进。”由于物理定律和理论的普遍性,物理学和各种技术都有着最密切的关系。一方面物理学的定律和理论永远指导着技术的改进和提高,另一方面技术常常向物理学提出问题,并以各种研究仪器供给物理学,有力地推动和帮助物理学的发展。

力学最早得到发展是和古代建筑、水利、机械、兵工等等技术上的需要分不开的。热力学的发展是和怎样提高热机效率问题密切联系着的。电学研究的结果,使电的应用成为本世纪来社会生产和日常生活不可缺少的部分。在今天,可以说任何技术部门都要和电学发生或多或少的关系。由于光学的研究,使我们能够制造各种观测仪器和精密量具,几乎在每一个技术部门中,这些工具都被广泛地应用着。由于原子核物理的研究,为人类发现了一个新的不可限量的能源,即原子核能。

如果仔细考察一下现代的技术,就可发现它的很大部分发源于物理学的实际应用。例如,海陆空交通运输、光的技术应用、自

动机械和遥控技术,以及整个热工学、电工学、无线电工学等等,都是物理学的实际应用。因此,很大部分现代技术可以称为技术物理学。

反过来,技术对于物理学发展的推进和帮助,也是非常巨大的。技术上经常发生许多新的问题,需要物理学加以解决,这就有力地促进物理学的发展。同时现代技术还以各种精密有效的仪器供给物理学,使物理学能够进行各种深入细致而且范围广泛的研究工作。例如,三个基本物理量的量度,已经能够测定一毫米的几分之一以至几万分之一、一克的几百万分之一和一秒的几千万分之一。又如一般光学显微镜的放大率只有二千倍,而现在的电子显微镜则能放大到几十万倍。此外,许多极准确的自动纪录仪器使物理学能够研究许多发生在人类不能到达的处所的现象。如果没有这些现代技术所供给的仪器设备,许多物理学的研究工作是可能进行的。

物理学和技术的关系就是理论和实践的关系。实践是理论的基础,理论是实践的指针。只有从实践中产生的理论,才能正确反映客观规律,也只有在理论指导下的实践,才能正确有效地利用客观规律来服务于人类。由此可以明白物理学和技术的密切关系,也可了解物理学这门课程在高等工业学校中的重要性。

另一方面,科学技术的发展和当时的社会制度是有密切联系的。我们伟大的祖国是有光辉灿烂的文化科学传统的,我国劳动人民和学者是勤劳聪明、富有研究和创造能力的。远在欧洲之先,我国就已发明了罗盘针、缫丝术和冶金、造纸、印刷、制造火药等技术。在春秋战国时代,墨翟所著的“墨经”,对物理学,特别是力学和光学已有重大的贡献。东汉张衡发明了候风地动仪和许多观察天文的仪器。北宋沈括对光学和磁学都作了深入的研究,有过重大的成就。可是在封建制度的统治下,生产技术长期停滞不前,视

科学技术为“雕虫小技”，使人民的创造能力受到重大的阻碍，科学事业不能迅速发展。近百年来，又受到帝国主义的侵略和在解放前反动统治的压迫摧残，使我国的科学技术远远落在世界先进水平的后面。

解放之后，党和政府积极发展生产，为科学事业的发展开辟了无限宽广的道路，同时又十分重视文化教育和科学技术，调动了广大劳动人民和科学界的积极性和创造性，科学技术就得到了迅速的发展。

1958年以来，在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，在学校中进一步贯彻执行了党的教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合的教育方针，我国的科学技术有了更大更迅速的发展。我国的劳动人民和科学界在党和毛主席的正确英明领导下，发奋图强、自力更生，积极研究科学技术，由于社会主义制度的优越性，今后一定能够取得更大、更光辉的成就。

第一编 力学的物理基础

§ 1-0-1 力学发展史简述

在物质的各种运动形式中，最简单而又最基本的一种是物体的位置的变化，这种变化或者是一个物体相对于另一个物体，或者是一个物体的某些部分相对于其他部分，我们把这种位置的变化称为机械运动。各行星围绕太阳的运动，地面上车辆、船只、飞机以及其他物体的运动，工厂矿山中各种机器的运动，弹簧、橡皮筋以及其他弹性体的运动，水、空气等流体的流动等等，都是机械运动。事实告诉我们，任何物体的机械运动都遵循一定的客观规律。力学的研究对象，就是机械运动的客观规律。

和其他自然科学一样，力学中各种概念和定律是在实践的基础上逐渐建立起来的。人类在社会实践中，特别在生产实践中，天天要接触到机械运动，需要掌握有关这些运动的知识，所以力学在各种自然科学中最富直观性，而且发展得最早。

在我们伟大的祖国，墨翟、张衡等人在力学方面的贡献已在绪论中提到。另外，在天象观察方面，远自夏商以来，对于每年的日数，每月的朔望，二十四个节气，以及日月蚀等等，均有极准确的预测。在水利方面，大禹治水的动人事迹一直流传在历史和传说中。后来秦朝李冰父子修建都江堰，隋朝开凿大运河，都是伟大的水利工程。在建筑方面，著名的万里长城，以及无数壮丽宏伟的宫殿庙宇、楼台亭阁、城堡关塞、桥梁涵闸等等，至今仍为世界各国所艳称。在机械方面，风车、水磨、杠杆、轮轴、舟车等等，久已普遍应用。在战争工具方面，弹弓、弓箭、弩炮、火炮等等的发明，也有极