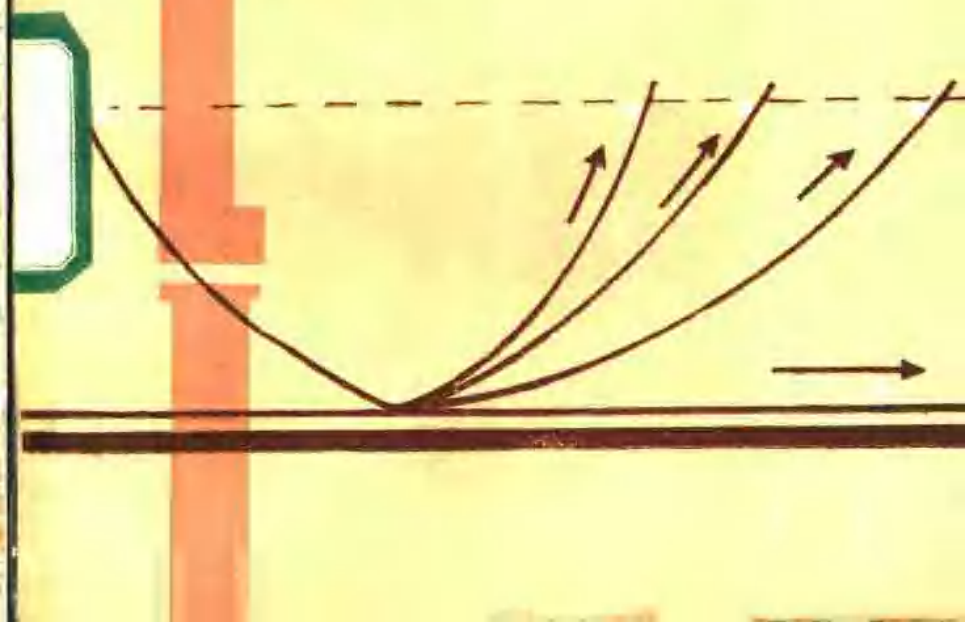


# 物理学发展史

## 简明教程

盛孝官 编



## 序 言

近年来，许多高等院校物理专业相继开设了“物理学史”选修课程，这对于未来的物理工作者和物理教师是很有意义的。

通过学习物理学的知识、理论和方法的发生与发展的历史，可以了解过去，认识现在，展望未来。特别是学习物理学发展过程中所形成的科学思想和科学方法，对人们认识自然，发展创造性思维，提高科学研究能力，进行教学改革、提高教学质量，以及培养辩证唯物主义观点等方面，都是极为有益的。

随着科学技术的迅速发展，人们的教学思想也正在发生着深刻地变化。在教学过程中，不仅仅限于科学知识的传授，而更要提倡科学方法的训练，科学思维的发展，以及创造能力的培养。因此，开设“物理学史”课程，更显得必要。

然而，要开好“物理学史”选修课，达到上述的目的，使其富有生机和活力，必须精选教学内容，实现“史”、“论”、“教”三方面的统一，贯彻“少、精、活”的教学原则，在使学生了解客观历史事实、掌握理论的过程中，立足于发展思维，提高能力。

盛孝官同志主编的“物理学发展史简明教程”（以下简称“教程”）一书，是作者在多年的教学实践基础上，进行教学内容改革中的一种尝试，迈出了可喜的一步。它具有如下一些

特点：

一、“教程”一书以物理学发展过程中在理论上的五次大综合作为教材结构的主线，选取史料、组织内容，从本质上揭示物理学发展史的内在规律，建立起物理学史的教材体系。这样，就抓住了物理学史中的主要矛盾，不致堕入浩瀚的史海之中，使教材具有主线鲜明、脉络清晰的特点；

二、突出科学思想和科学方法在物理学发展史中的重要作用。“教程”一书中把“伽利略和近代物理学的诞生”专列一章，不仅限于伽利略在当时站在科学发展的前沿，推翻了以亚里斯多德为代表的传统错误观念，建立起科学的力学，更为重要的是，他创造性地建立起了实验同数学相结合的真正物理学的方法，从而开创了物理学的新纪元，推动着物理学的迅速发展。为了突出物理思想和物理方法的起源与演变，“教程”除了重视对杰出物理学家的思想和方法的介绍外，还重点选择了物理学史中所出现的几次“大争论”。例如，力学史中的“机械运动的量度”之争，“地球形状”之争，热学史中对“永动机”与“热寂说”的批判，电学史中“超距作用与媒递作用”之争，以及相对论中的“双生子佯谬”等等。它将有助于开拓学生的思维，特别是创造性思维；提高科研能力和树立辩证唯物主义观点；

三、“教程”在内容安排上，把近代物理学的发展列为重点。而对于物理学的萌芽时期中的物理成就，则精选一些影响后世物理学发展的内容，对于我国古代在物理方面的成就，则重点选择一些在世界科学文化史中处于领先的史料，特别是影响近代物理学产生和发展的物理思想火花。

四、“教程”把“物理学的方法论”列为终篇，作为学习

物理学史的落脚点，是具有一定特色的。

此外，从“教程”一书的编排上看，它既可以作系统地讲授，也可以选择进行专题讲座。每章之后，备有思考练习题，作为复习巩固之用。

总之“教程”一书的出版，对“物理学史”选修课的开设，以及对物理学史的普及，教学改革的研究，都将会起到一定的促进作用。

阎金铎，于北京师范大学

1984.11.30

# 目 录

导言	( 1 )
古代物理学	( 8 )
第一章 中国古代物理学概况	( 8 )
第二章 古希腊物理学和经院哲学	( 20 )
经典物理学	( 26 )
第三章 行星体系和开普勒三定律	( 26 )
第四章 伽利略和近代物理学的诞生	( 35 )
第五章 牛顿和经典力学的建立与发展	( 52 )
第六章 热力学和统计物理学的建立	( 79 )
第七章 法拉第、麦克斯韦和电磁场理论的建立	( 102 )
第八章 光学的建立与发展	( 126 )
现代物理学	( 146 )
第九章 爱因斯坦和相对论的创立	( 148 )
第十章 量子力学的建立与发展	( 174 )
第十一章 物理学面临着又一次新的理论大综合	( 198 )
物理学方法论	( 213 )
附录 重要物理实验年表	( 227 )

## 导 言

任何一门科学都有一个不断积累和发展的过程，和处于继往开来的地位。现代物理学中的基本概念、基本定律和基本理论，都经历过一番自酝酿到产生，从萌芽到建立的辩证发展过程。物理学发展史就是研究物理学辩证发展过程的规律的一门学科。

学习物理学发展史，不但有助于了解和掌握物理学的发生、发展及其总体规律，加深对物理学基本理论知识的理解，而且对系统地掌握物理学的科学思想和科学方法，开拓人们的理论思维，特别是创造性思维，提高科学研究能力和培养辩证唯物主义观点都是一条具体的有效途径。因此，把物理学史引入现代科学教育，对于培养造就“创造型”的四化建设人才，是有重要作用的。

物理学的发展，经历了从萌芽时期（十六世纪以前），经典物理学时期（十六世纪到十九世纪），到现代物理学时期（廿世纪）的发展阶段。通过实践——理论——实践的辩证发展，物理学不断地分化与综合，形成了严密的理论体系，成为现代自然科学的重要基础之一。物理学发展成为一门真正的科学，还是从十六世纪开始的。这以后，物理学在理论上经历了五次大的综合：第一次是牛顿力学体系的建立，实现了天上力学和地上力学的综合统一；第二次是经典热力学和统计物理学的建立，实现了机械运动、热运动、电运动等不同运动形式的

综合统一；第三次是电磁理论的建立，实现了电、磁和光现象的综合统一；第四次是相对论的建立，实现了低速运动和高速运动下物理规律的综合统一；第五次是量子力学的建立，实现了连续性与不连续性（量子性）的综合统一。当前，物理学在研究自然界四种相互作用的不断统一理论上，将面临着又一次即第六次新的大综合。可见，物理学在理论上的不断综合统一，显示出物理学发展所具有的内在规律性。

生产实践和科学实验是物理学发生和发展的源泉和动力。在古代，由于农牧业的生产活动需要观察天象，了解气候的变化，确定季节和历法，这就产生了古代的天文学；由于建筑工程和手工业发展，航海和战争的需要而形成和发展成古代力学。随着十五世纪以来欧洲工业的巨大发展，产生了很多力学上的（纺织、钟表制造、磨坊）、化学上的（染色、冶金、酿酒）以及物理学上的（透镜制造、抽气设备、热机）新事实，这些新事实提供了大量可供观察的材料。近代力学、化学和物理学就是在研究由生产发展而不断扩大的材料的基础上迅速发展起来的。如果说，在中世纪的黑夜之后，科学以意想不到的力量一下子重新兴起，并且以神奇的速度发展起来，那末，我们再次把这个奇迹归功于生产。然而，从物理学的发展过程来看，物理学中不少规律和理论虽是直接由生产实践中总结出来的，但更多的物理发现却来自长期的科学实验。从十六世纪伽利略创立的科学物理实验方法以来，物理学以史无前例的发展速度迅速发展成为一门真正独立的科学。经过十七、十八世纪近两百年时间，在伽利略的斜面落体实验基础上，牛顿建立起了运动三大定律；19世纪，在奥斯特的“电生磁”实验和法拉第的“磁生电”实验基础上，由麦克斯韦建立起了电与磁统一

的电磁场理论。特别是近百年来，由于实验设备的不断改进，实验方法和实验技能的不断提高，科学实验取得了丰硕成果，更推动了物理学理论的迅速发展。例如迈克尔逊—莫雷的精密实验结果，动摇了作为光波传播介质的“以太”概念；瑞利和金斯关于黑体辐射实验结果和其后赫兹关于光电效应的发现，冲击了经典电磁理论关于能量连续辐射的观点，导致普朗克量子假说的提出，进而发展为量子力学。此后，又在许多新发现的推动下，爱因斯坦建立了相对论。相对论和量子力学是现代物理学的两大柱石，是导致本世纪科学技术飞跃发展的重要理论基础。

生产实践和科学实验不仅是建立物理论的源泉，而且也是理论、学说、假设正确与否的检验标准。从哥白尼、开普勒到牛顿，已经完成了经典的天体力学理论体系。但只有通过一系列的实验的检验，例如1845年勒维烈和亚当斯等通过计算，预测到在天王星外还有一个新行星存在，并于1846年由加勒根据他们的预测观测到了海王星，才更有力地证实了万有引力定律和哥白尼的太阳系学说。同样，麦克斯韦的电磁理论，预言了电磁波，并断言它以光速传播，也只有通过赫兹的实验而得到确证。1827年布朗运动的实验，预示着分子存在的可能性，但只有到廿世纪初佩兰根据爱因斯坦的研究，直接测出阿伏伽德罗常数，才证明了分子的存在。还有，本世纪三十年代初期，泡利和费米等人根据 $\beta$ 衰变实验事实，提出中微子假说。但这一假说遭到一些著名物理学家的反对，他们不承认中微子的存在，宣称在 $\beta$ 衰变过程中能量不守恒。直到1956年，实验证实了中微子的存在，泡利等的假说才获得确认。同样，李政道、杨振宁关于弱相互作用中，宇称不守恒的假说，也是在吴健雄



精密设计的实验的检验下，才得到确认。

实验不仅能使正确的理论经受检验而被证实，而且能够使错误的理论经过检验而被扬弃。地心说流传了一千五百年，燃素说、热质说、“以太”概念流行了一百多年，但最终还是由实践作出判决而被推翻。

科学理论既来源于生产实践和科学实验，但反过来又能对其产生推动的作用。物理学的发展已经明显地促使工业生产发生了三次大突破。在十七、十八世纪，由于牛顿力学和热力学的发展，不仅有力地推动了其他学科的进展，而且适应了研制蒸汽机和发展机械工业的社会需要，引起了第一次工业革命，极大地改变了工业生产的面貌。到了十九世纪，在法拉第一麦克斯韦电磁场理论的推动下，人们成功地制造了电机、电器和电讯设备，引起了工业电气化，使人类进入了应用电能的时代，这就是第二次工业革命。廿世纪以来，由于相对论和量子力学的建立，人们对原子、原子核结构的认识日益深入。在这样的基础上，人们实现了原子核能和人工放射性同位素的利用；而由于量子力学微观理论的成果，又直接促成了半导体、核磁共振、激光等新兴技术的发明，许多边缘学科发展起来了，新兴工业象雨后春笋，现代科学技术正在经历一场伟大的革命，人类进入了原子能、电子计算机、自动化、半导体、激光、空间科学等新技术的时代。

物理学和数学之间的联系极为密切。从伽利略开创了把物理实验同数学方法相结合的研究途径以后，物理学才迅速发展成为一门精密的量的科学。数学成了物理学家的思想工具，惟有它才能以最终的、精确的和便于讲授的形式来表达自然规律，惟有它才可以透过错综复杂的现象，描绘出一幅简明的图

画；开普勒之所以能从第谷观察到的数据资料中发现天体运动定律，就是由于应用了当时已经发明的对数为工具，才能完成的。同样，在以后的几年中，物理学特别是力学的发展和数学在同时期的进步是最紧密地联系在一起。牛顿使用了莱布尼兹（G. W. F. Leibniz 1646—1716）和他自己创造的无限小运算，能够大大减轻劳动。微积分、微分方程和概率论的相继应用，促进了分析力学、流体力学、电磁理论、分子运动论等许多科学理论的诞生。不少重大的科学预见，是由科学理论与数学相结合而作出的。如天体力学理论结合数学的推导和计算而预言了海王星的存在；爱因斯坦狭义相对论中用数学方法获得的质能公式预示了原子核破裂产生的巨大能量；电磁波的预见是由麦克斯韦方程推导出来的。数学还可以给物理学提供简洁精确的形式化语言。如在电动力学中，用一组偏微分方程——麦克斯韦方程，就可概括描述出经典电磁理论的全部基本定律。进入微观物理世界，则可用泛函分析中的希尔伯特空间和算子表达量子力学的量的关系，等等。此外，利用抽象的数学工具还可以帮助人们进入和把握超出感性经验以外的客观世界。例如，廿世纪以来关于引力场的新见解，可以用非欧几何来描述。研究微观粒子的运动规律性的量子力学，在获得了希尔伯特空间这样的数学工具以后才大大地发展起来。正如科学家认为，数学的应用，不仅在于它是计算的工具，而更主要地在于它所能独具的抽象能力。数学在物理学的发生和发展中既是人们进行辩证思维的辅助性工具，又是辩证思想的一种语言和方式。当然，在物理学的发展中向数学提出的问题，又不止一次地直接推动了数学的发展。

物理学所研究的规律具有很大的普遍性，它与哲学也就显

得更为密切。恩格斯在他的伟大著作《自然辩证法》一书中，在阐述辩证唯物主义的最一般规律时就曾引用了很多的物理学中的现象、概念、定律和理论。本世纪以来，近代物理已经更为充实，更为提高。物理学中的许多重大的发现，例如相对论时空观以及物质二象性的确定、基本粒子的相互转变和1974年以后弱相互作用和电磁相互作用有统一性的实验证明等等，为辩证唯物主义世界观提供了有力的科学论据。但是，在物理学的发展史上充满着唯物主义与唯心主义、辩证法与形而上学的斗争。十五世纪的“日心说”对“地心说”的斗争的胜利，使自然科学开始从神学中解放出来。十七、十八世纪出现的“机械唯物论”、“热质说”，十九世纪的“热寂说”，廿世纪初的“物理学的危机”和“唯能论”等等，都是对物理学的新成就加以歪曲、企图否定物质的客观存在，宣扬唯心主义和形而上学的观点，这些都受到了恩格斯、列宁和坚持辩证唯物论的自然科学家的无情批判。可见，物理学的新发现和不断发展，不仅更进一步证明辩证唯物主义世界观的正确性，而且也说明了只有在正确的哲学思想指导下，物理学才能得到发展。

恩格斯指出：不管自然科学家采取什么样的态度，他们还是得受哲学的支配。在科学史上有一些伟大的科学家，他们主观上想摆脱哲学，表现出对理论思维的蔑视，但实际上并没有摆脱。他们在科学研究中，除了受自发唯物主义和辩证法的支配而取得科学成就外，还由于某些方面轻视理论思维，而受到唯心主义和形而上学的支配，阻碍了科学研究，甚至投入神学的怀抱。恩格斯对这些科学家进行了严厉而中肯的批评，指出蔑视理论思维的经验主义和神秘主义是“两极相通”的。牛顿的“神的第一次推动”，华莱士、克鲁克斯相信“神灵世

界”，其认识根源就是在某些方面离开了辩证思维。因此，蔑视辩证法是不能不受惩罚的。

但是，也有许多有重大贡献的科学家既坚持实践，又重视哲学研究，善于用哲学思想探讨科学问题，爱因斯坦就是一个代表。他认为哲学“是全部科学研究之母”，他很关心古希腊哲学和笛卡儿、康德的哲学思想，阅读了斯宾诺莎、休谟、马赫、彭加勒等人的哲学著作。还有量子力学的创始人薛定谔、海森伯都注意学习和运用哲学。薛定谔把哲学看成是科学的支柱，是科学研究必不可少的东西。有些科学家还能自觉地运用辩证唯物主义，日本物理学家坂田吕一等人，非常重视恩格斯的《自然辩证法》，自觉运用辩证法思想指导基本粒子研究。在社会主义的新中国，科学家学习马列主义哲学，掌握科学的认识论和方法论，指导科学研究已蔚然成风。有的老科学家深有体会地说：钻研业务多年，摸索出一套心得，一套科学研究方法，通过学习，才发现在辩证唯物主义那里都有，而且比自己说得更完全、更明白。因此做一个自觉的辩证唯物主义者，对于每一个献身于四化建设的有志之士来说是至为重要的。

## 思 考 题

- 1、学习物理学发展史有何意义？
- 2、物理学的发展经历了哪五次理论大综合？
- 3、物理学的发展同生产实践和科学实验、数学、哲学之间的关系如何？

# 古代物理学

在古代，物理学是包括在自然哲学之中的。人们对自然界的认识，除了实践经验和直接观察到的现象以外，就是一些直觉的猜测。在这个时期，提出了诸如原子论、元素学说、阴阳五行说、以太假说等关于物质结构的猜测；积累了一些关于静力学（如杠杆原理、简单机械、浮力定律等）、几何光学（如光的直进、折射、反射、小孔生象、凹凸面镜等）、静电和静磁学（如琥珀摩擦起电、磁石召铁、司南等）以及声学（乐律等）等方面知识。在这个阶段，物理学处于萌芽时期。

严格说来，在古代历史时期谈不上“物理学”，但是，从历史发展的观点看来，古代人对物理现象的一些很零散的猜测、观察、计量和实验，则是现代物理学的先导，而古代人对物理现象的思辩性的解释又广泛地被人们看成是近代、现代科学思想的渊源。因此，人们把物理学发展的蒙昧时期约定俗成地以“古代物理学”来表示。

## 第一章 中国古代物理学概况

中国是世界文明发达最早的国家之一，物理学在中国具有悠久的历史，它的发展经历了萌芽、形成、发展、鼎盛和相对落后等五个时期。

## 萌芽和 形成时期

从远古到西周（公元前770年以前）。在原始社会时期，当人们学会用火、学会制造石器时，就在劳动实践中播下了物理学的种子。到夏、商、西周时期，进入了奴隶社会，出现了青铜时代。西周手工业极为发达，种类多，分工细，出现了掌握专门技术的“百工”，如专门造车轮的“轮人”，专门制造车轴的“轴人”，专门制造箭的“矢人”……等。技术的发展为物理学知识的积累创造了条件，为其后总结出物理学理论打下了基础。

春秋战国时期（公元前770年—前221年）是我国从奴隶制向封建制过渡的社会变革时期，我国完成了从青铜时代向铁器时代的过渡。随着冶铁和铁制工具的使用，农田水利的发达，都邑建筑的兴盛，以及列国兼并战争的刺激，以《墨经》和《考工记》两书为标志，中国物理学开始了它的形成时期。

《墨经》系墨翟（鲁国人，约公元前468—376年）和他的弟子组成的墨家的代表作，分“经”和“经说”两部分，“经”可能是墨翟自己的作品，“经说”是其弟子或后期墨家解释“经”之作。《墨经》中记载了有关力学、声学、光学和物质结构假说等方面的知识。在力学方面，对力作了“刑(形)之所以奋也”的定义；对杠杆、轮轴和斜面作了分析，在杠杆平衡原理的探讨中，不仅考虑到力和重物的因素，而且还考虑到两端与支点距离的因素；初步阐发了应力与物重平衡的概念；讨论了浮体平衡原理。对时间、空间作出了正确定义，讨论了平动、转动和滚动、以及运动和时空关系等课题。在声学方面，发现了埋在地下的陶瓮具有共振效应。然而，墨家最伟大的成就还在光学方面，《墨经》中以八条文字连续地记述了

光学问题，它是世界古代文化史上一篇很难得的和较全面的光学著作（在第八章作详细介绍）。它还提出了物质不能再分的“端”的概念。

《考工记》是春秋末年齐国人的著作。它是我国古代一部手工技术规范的汇集，论述了当时手工业的主要工种。其中所阐述的科学道理包括了力学、声学 and 热学等知识，它可以称为集我国古代物理学知识在工艺技术上应用的大成。

在《考工记》中，叙述了车轮、箭杆的均匀对称检验法，即把它们置于水中，看其各部分的浮沉状态；又指出了按皮革受力和形变情况作为检验其质量好坏的方法。它最早描述了惯性现象：“马力既竭，辀犹能一取焉。”它从实践经验中对斜面受力情况作了极好地描写，如小车轮直，当车上坡时，不把车轱压低，就可能把牛勒死，车上坡相当于加倍重量。即使上了坡，到下坡时，若不拉住车后，也要拉住牛后的皮带（《考工记·辀人》）。

在《考工记·矢人》中细致地分析了箭的结构和它飞行轨道的关系；箭头、箭杆、箭羽要有一定的比例，才能使箭在疾风中保持一定的弹道前进。如果三者不成比例，则矢行不正。箭头太轻会往下俯行，箭尾太轻会往上飞翔，中间过轻会打转，中间过重会上扬，羽多飞行慢，羽少达不到。《考工记·鳧氏》详细叙述了钟的制造及其音响情形。首先规定了制钟的合金比例：“六分其金而锡居一”。然后以六段文字分述：第一、指出钟体各部分名称及其位置；第二、规定钟体各部分的尺寸比例；第三、说明钟壁厚薄、钟口形状、钟甬长短对发声的影响；第四、规定钟壁厚度比例；第五、叙述整个钟的大小、长短及其音响效果；第六、规定为调音而摩铍钟壁的比例。

例。全篇254个字，层次分明，逻辑严谨，是世界上最早论述制钟技术的文章，比欧洲同样内容的论述几乎要早1500年。此外，该书还有关于鼓、磬的声学技术的记述。

在《考工记》里有不少关于热学技术的记载。在其《栗氏》篇中写道：“凡铸金之状，金（铜）与锡，黑浊之气竭，黄白次之；黄白之气竭，青白次之；青白之气竭，青气次之。然后可铸也。”在熔炼过程中，金属里含有碳、钠一类杂质，不同物质有不同的汽化点，这些汽化物质的颜色就可以作为判别火候或温度高低的一个标准。同一种物质，在加热时，初成暗红色（约550℃），温度渐高，次第成橙色、黄色，约当温度在1000℃时，成白色。中国古代人在烧制陶器、冶炼金属时掌握了这些以颜色判别火候的知识，甚至今天，广大农村的制陶和冶炼工人可以不靠温度计而用这种古老方法来确定烧炼程度。

此外，在春秋末期成书的《管子·地数篇》、战国时期的《鬼谷子》、战国末期的《吕氏春秋》中，都曾记述了天然磁石及其吸铁现象，记载了最古老的指南针“司南”。在《管子·地员篇》中记载了定律调音的三分损益法，即以某一律音的弦长为标准，其它各律可依标准弦长依次乘 $2/3$ （三分损一）或 $4/3$ （三分益一）而得。这是物理学史中最早用数学公式总结物理现象的一个例子。在公元前三到四世纪成书的《庄子·杂篇·徐无鬼》中，最早记载了弦线的共振现象。

在这个时期关于物质结构的哲学猜测有了发展。除了墨家的论述外，《管子·水地篇》设想水是万物（无机界）和诸生（有机界）的统一本原。名家惠施（约前370—310）的著名论断是：“至大无外，谓之大一（指全宇宙）；至小无内，谓之



小一（《庄子·天下篇》）。他的“小一”的概念，说明分割物质是有限度的。但名家公孙龙（约前320—240）提出：“一尺之捶，日取其半，万世不竭”（《庄子·天下篇》）。他的说法表明物质是无限可分的。公元前四世纪的宋钘和尹文提出了宇宙万物统一于“气”的学说，此后，原子论的思想基本上停顿，而元气说得到了充分发展。

从秦、汉开始，经过三国、晋、南北朝、到隋、唐、五代（公元前221—公元960）的1200年间，我国古代物理学有了较大的发展。

第一、制造了不少大型的复杂机械，如西汉初出现的指南车和记里鼓车、张衡（78—139）制造了浑天仪和公元132年制造了世界上第一个地动仪，用于测定震源的方向。公元二世纪，毕岚创制“翻车”即龙骨水车，发明了名为“渴乌”的虹吸管。公元725年，唐僧一行和梁令瓚又造水运浑仪，它既能表现日月运行规律，又能自动记时。

第二、发明了许多小型器具，如汉代长安巧工丁缓作的“被中香炉”，“为机环转四周，而炉体常平。”这是世界上最早的常平架。汉代开始产生了透光镜，公元十世纪，南唐谭峭（生卒年代不详）在其《化书》中描述了四种透镜：一名圭（双凹），一名珠（双凸），一名砥（平凹），一名孟（平凸）。一种称为“洗”的金属铜盆，也叫“汉洗”，盆内铸有四条龙或四条鱼，又称为“龙洗”或“鱼洗”。以双手摩擦“汉洗”的双耳，盆内的水会显示出美妙的各种驻波花样。西