

华东师范大学函授教材

普通物理初稿

第一册

張 开 圻 編

华东师范大学出版

華東師範大學函授教材

普通物理初稿

教學用書 僅供參考

編者	張	開	圻							
出版者	華	東	師	範	大	學				
發行者	新	華	書	店	上	海	郵	購	書	店
印刷者	上	海	市	印	刷	四	廠			

開本 787×1092 耗 1/27 1957 年 6 月第一版第一次印刷
印張：8 14/27 字數：621,000 印數：1,000 本

工本費 2.00 元

1.00

目 錄

緒 論

- 1. 物理学研究的对象和内容.....(1)
- 2. 物理学的研究方法.....(2)
- 3. 物理定律.....(3)
- 4. 物理学与生产技术和条件的关系.....(4)
- 5. 物理学在中等学校教学上的重要性.....(5)

第一編 力 学

第一章 力学概論

- 1.1.1 力学的内容和發展簡史.....(7)
- 1.1.2 力学和辨証唯物主义.....(8)
- 1.1.3 力学的分类.....(9)

第二章 运动学基础

- 1.2.1 物体的运动和質点的概念.....(11)
- 1.2.2 平动和轉动.....(11)
- 1.2.3 計算系統和坐标系.....(13)
- 1.2.4 基本量和單位制.....(15)
- 1.2.5 位移矢量——矢量的加法和分解.....(17)
- 1.2.6 速度矢量——匀速度、平均速度和瞬时速度.....(20)
- 1.2.7 相对速度——矢量的减法.....(25)
- 1.2.8 加速度矢量.....(28)
- 1.2.9 匀加速运动——落体运动.....(29)
- 1.2.10 平抛运动和斜抛运动.....(32)

- 1.2.11 曲綫运动中的加速度.....(36)
1.2.12 剛体运动学——角移、角速度、和角加速度....(41)

第三章 动力学基础質点动力学

- 1.3.1 牛頓第一运动定律——慣性系統.....(46)
1.3.2 牛頓第二运动定律.....(49)
1.3.3 力和質量的單位.....(52)
1.3.4 动量和衡量.....(54)
1.3.5 牛頓第三运动定律.....(55)
1.3.6 动量守恒定律和应用——閉合系統.....(61)
1.3.7 曲綫运动中的作用力.....(67)
1.3.8 力学的相对性原理.....(70)
1.3.9 慣性力——被加速度的系統.....(72)
1.3.10 摩擦力.....(76)

第四章 功和能

- 1.4.1 功和功率.....(80)
1.4.2 力学系統的能量——能功和势功.....(86)
1.4.3 能量守恒和轉換定律.....(91)
1.4.4 物体的碰撞.....(95)

第五章 万有引力

- 1.5.1 行星运动和开普勒定律.....(104)
1.5.2 万有引力定律.....(105)
1.5.3 引力常数.....(107)
1.5.4 重力加速度与高度和緯度的关系.....(109)
1.5.5 慣性質量 and 引力質量.....(112)

第六章 剛体力学

- 1.6.1 質心.....(114)

1.6.2 力矩和力偶.....	(118)
1.6.3 力的合成——力心和重心.....	(112)
1.6.4 转动惯量.....	(128)
1.6.5 转动底基本运动定律.....	(133)
1.6.6 动量矩守恒定律的例证.....	(136)
1.6.7 转动的功和能.....	(138)
1.6.8 滚动体的运动和滚动摩擦.....	(140)
1.6.9 回转运动.....	(143)
1.6.10 刚体的平衡条件.....	(146)
1.6.11 刚体底平衡状态.....	(150)

第七章 弹性体力学

1.7.1 物体的弹性.....	(154)
1.7.2 胡克定律和弹性模量.....	(156)
1.7.3 体积弹性模量和切变模量.....	(159)
1.7.4 扭转和弯曲.....	(160)
1.7.5 大形变中的变化.....	(162)

第八章 流体力学

1.8.1 静止流体中的压强.....	(165)
1.8.2 流体静力学中两个基本原理.....	(167)
1.8.3 内摩擦和理想流体.....	(168)
1.8.4 稳流底連續方程.....	(170)
1.8.5 伯努利方程.....	(171)
1.8.6 伯努利方程的应用.....	(173)
1.8.7 片流、端流和渦流.....	(176)
1.8.8 固体运动时的阻力.....	(178)
1.8.9 机翼的升力和阻力.....	(180)
1.8.10 稳流底动量守恒定律.....	(181)

第二編 振動、波動與声学

引 言

第一章 机械振動

- 2.1.1 簡諧振動的規律性.....(185)
- 2.1.2 簡諧振動的位移、速度和加速度.....(186)
- 2.1.3 簡諧振動的周相和周期.....(187)
- 2.1.4 簡諧振動的能量.....(189)
- 2.1.5 擺底振動.....(190)
- 2.1.6 同一直線上底振動的合成.....(193)
- 2.1.7 互相垂直(正交)的振動底合成.....(196)
- 2.1.8 各種振動簡說.....(201)

第二章 波動

- 2.2.1 均勻彈性介質內波底傳播.....(207)
- 2.2.2 惠更斯原理.....(210)
- 2.2.3 波的方程.....(212)
- 2.2.4 彈性波的速度公式.....(213)
- 2.2.5 波的迭加及干涉.....(214)
- 2.2.6 駐波.....(216)
- 2.2.7 波的能量.....(219)

緒 論

1. 物理学研究的对象和内容

物理学和其他自然科学一样，是研究我們周圍的物質世界底客觀性質的科学，它是研究空間時間（物質存在的基本形式）的性質，物質运动的最普遍形态和物質的基本結構的科学。“物質是作用于我們的感覺器官而引起感覺的东西；物質是在感覺中給与我們的客觀現實……”（列宁）。物質、自然界、存在、物理的东西是第一性的，而精神、意識、感覺、心里的东西是第二性的。

物質是在永恆的，不停的运动中。运动的广泛意义是指物質存在的形式，或物質固有的屬性。因此，运动和物質是分割不开的，运动这个概念是包括宇宙中發生的一切变化和过程，从簡單的空間中底移动以至于思維。机械运动（平动的、轉动的、振动的、波动的）是最簡單的运动形式。

运动不能够消灭，它只能从一种形式轉換为另一种形式。例如石塊在地面上某一高处落下时，它对地球所具有的势能，是原来的一种运动形式，在落下的过程中，石塊、地球和空气分子所得的热能量，石塊和泥土微粒，从振动引起的泥土和空气中声波底能量，都是新的运动形式，而势能底形式轉变为以热和声的形式出現的能量之和，是相等的。

物理学研究的对象，就是物質运动底最普遍的形式（如力的、热的、电磁的等等）和它們之間的相互轉換。一切高級而更复杂的运动形式，虽然是其他科学（化学、生物学等等）研究底对象，但在一切运动形式底过程中都遵从物理学所确立的定律，例如万有引力定律和能量守恒定律等。因此，物理学所研究的运动形式，虽然不能够完全包括其他科学，但却存在于一切高級而更复杂的运动形式之中，所以是最普遍的形式，在一切科学部門中，在我們的日常生活中，以及一切近代技术中，物理学的研究成果都有巨大的意义。

为了教学上方便起见，师范大学底教学计划中的普通物理学基本课程分为(1)力学(2)振动、波和声学(3)分子物理学及热力学(4)电磁学(5)光学(6)原子物理学等六门，在两年半内修读完毕。

2. 物理学研究方法

观察和实验是物理学研究方法的基础。观察是在自然的条件下研究现象，而实验是在人造的条件下使现象重演，以便发现这现象底特性和所创造的条件之间的依赖关系。为了要解释现象，就创造了一些假说。从观察、实验和假说中所引出的结论，在科学和实践底各种各样的相互作用中得到验证。实践指示出使科学经验(观察及实验)更为准确的方法，修正了假说，使科学丰富起来，而科学又转过来丰富了实践。随着科学知识在实践中的应用的扩大，就有需要利用这些知识去预测现象，去计算某一现象的结果。这样就必要综合各个片断的假说，需要繁复的智力劳动，把它们系统化起来，成为一些可能更为基本的理论。物理学家运用事实和概念，分析验证，最后获得一些推论和原理，这样就产生出物理定律。

物理定律和理论是否正确，要看从它得出的推论与实验，和一切日常生活的实践和生产实践是否一致而定。根据辩证唯物主义，科学发展底整个历史过程，和每一个单独的科学研究的过程，都是按照辩证的规律而进行的，列宁把这规律写成这样：“从生动的直观到抽象的思维，再从思维到实践，乃是认识真理、认识客观现实的辩证的途径”。因此，科学的研究乃是在实践起决定作用和理论起指导作用的条件下而进行的。就是理论和实践的一致。在理论和实践的相互影响、相互提高中，物理学就逐步地达到完善的程度。毛主席在实践论中指出：“通过实践而发生真理，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，必须根据这种法则。

3. 物理定律

物理定律和理論的內容表示着物理現象間客觀的內在連系和物理量間實際存在的關係。這些關係是用量度來確定，但因儀器和方法的不够完備，不可能是絕對準確的。因此，理論是客觀現實近似的模寫，它底接近於真實的程度是隨科學技術發展的水平，日益完善地更好地反映出世界底客觀性質，而世界底總體是不可窮盡的。列寧說：“承認理論是模寫，是客觀現實底近似的復寫，——這就是唯物論”。

物理定律和理論底近似的性質並不減少它們底客觀意義，而是在不斷地成長和革新着的。列寧說：“物理學的定律與物理理論不是什麼不可動搖的，一成不變的東西。它們只代表着人類認識自然的某一階段，代表着在特定的歷史時期中已知現象與累積起來的實踐之總結。”

如果忘掉了物理定律的近似性，把它看成絕對準確，而外推到它們的適用性在其中尚未被驗證的那些方面去，那就要引起很大的錯誤。例如把蓋、呂薩克的气体定律不合理地推到很低的溫度，我們就得到錯誤的結論：当气体冷却到溫度 -273°C 時，气体底物質應完全消滅。但事實上，早在这个溫度被達到之前，气体就不遵從蓋、呂薩克定律了。

斯大林指出：“——唯心主義否認世界及其規律的可知性，不相信我們知識底確實性，不承認客觀真理，並認為世界上充滿着科學永遠不能認識的‘自在之物’，而馬克思主義的哲學唯物主義却與此相反，認為：世界及其規律完全可能認識，我們對於自然界規律的那些已由經驗和實踐考驗過的知識是具有客觀真理意義的確實知識，世界上沒有不可認識之物，而只有現在尚未認識，但將來却會由科學和實踐力量揭示和認識之物”。因此，科學在某一情形下，對客觀世界的反映暫時只能是相對的準確。由科學，特別是物理學，所確定的真理是相對的，但同時亦是實在的。隨着物理世界研究方法底精確性的增進，物理學所建立的某些真理發生改變，或者給能更完全更準確

地反映客觀現實的真理所替代。在它的發展中，科學底前進目標就是認識絕對真理，即認識完全準確地反映客觀世界的真理。

4. 物理學與生產技術和社會條件的關係

物理學是人類在謀取生活資料的過程中從所得到實際經驗的材料中發展起來的。實踐、技術和生活的要求經常推動着物理學前進。例如，古代的埃及人和希臘人的力學之發生，就直接連系到當時建築上和兵工上的需要。同樣，在發展着的技術與軍事的影响下，完成了許多十七世紀末葉和十八世紀初期巨大的科學發端。

在十九世紀初，由於蒸汽機的应用，如何最有效地將熱轉變為功便成為必須解決的問題。但是，這個問題不能在狹隘的技術的途徑上謀取解決。只有在 1824 年法國工程師卡諾一般地研究了熱轉變為功的問題以後，真正提高蒸汽機械效率方為可能。同時，卡諾的研究工作奠定了關於能量的傳播與轉變之普遍學說的基础，這學說便是以後的熱力學。如此，實踐的需要導致物理學的新發現，而後者便是技術更進一步發展的基础。

新的，甚至初看起來還是最抽象的物理發現，總可以在以後技術與文化的發展中提到實際的应用。法拉第電磁感應現象的發現便是這方面最好的例子。

在 100 到 150 年前，電學實驗只是為了少數學者的好奇和作為宮庭里的一些玩物而已。至於把電应用到工程，也就根本談不上了。到了 1831 年法拉第發現了電磁感應現象。

當時即使是最豐富的想象力，也未必能預見到由於這個發現的应用而日益逼近的技術革命的巨大規模，就連對自己的發現在技術上的应用不大感興趣的法拉第本人也沒有看到。

但是，這個發現引起了全世界的力源經濟空前未有的改造。百年之前在這中間毫不起什麼作用的電力，現在則具有頭等重要的意義。它解決了能量向遠距離輸送的問題，與為了這個目的而發生的電的變壓問題，以及如何最經濟地利用它的問題；它為工業經營开辟了世界能量隱而不見的寶藏。

直到 1954 年，苏联科学界利用原子核分裂的巨大能量，加以控制，首先建立的原子能發電站开始發電后，工农建設，对于和平民主与社会主义陣营，是一个偉大的胜利，創出世界巨大动力的源泉，發展是无可限量！

技术一方面应用着物理学的發現，一方面又不断地在物理学前面提出愈来愈新的任务，因而又以新的研究工具武裝了物理学家。

在物理学的研究中，广泛地运用着仪器，作为我們很不完善的感覺器官的补充装备。随着技术的發展，物理学者得到愈来愈完备的仪器，大大地扩大了研究的領域。举例來說，并不太久以前，我們只能应用到放大率为兩千到三千倍的普通显微鏡，而現在我們的技术利用物理学的發現，为我們創造了电子显微鏡，其放大率达几万倍。近来苏联制出的电子計算机，可以快速地代人类計算数值和翻譯文字，更是一个奇迹！

計时的方法改进得格外完善。近代的計时仪器，使我們在研究某些現象时，可以計算到千万分之一秒。

新中国的物理学与资产阶级的物理学不同，它立足于精証唯物主义先进哲学基础之上，因此，它正与苏联的先进技术携手并进，并超过了被深重的危机籠罩着的、漸漸陷入唯心主义的泥沼中去的资产阶级科学。

资产阶级物理学是为資本家的利益服务的，是剝削工人阶级的武器和帝国主义發动新的战争的工具。

在新中国底优越的社会制度下，物理学与技术，都是为国民經济与人民文化服务的，是巩固与發展国家的工具。正如斯大林所指出：“先进的苏維埃科学是这样的科学，它不脱离人民，而是准备为人民服务。准备把一切科学的成果都交給人民；它不是被迫地而是自愿地、乐意地为人民服务。”

5. 物理学在中等学校教学上的重要性

我們的新中国是要从經濟落后的国家，通过几个五年計劃，朝着社会主义的建設而前进，来变成一个富強幸福的国家，对于工业和农

業的建設以及医学、經濟、文化等各方面,需要通曉科学和技术的大量干部。这些干部的培养,要具备相当程度的水准,才能为人民服务,物理学在中等学校教学,就占有重要的地位。中等学校物理教学的任务是要培养干部能奠定辯証唯物的世界觀,掌握理論和实际相結合的原则,發揚爱国主义和国际主义的思想,和树立科学研究的态度及方法。因此,对于文化教育 and 思想教育都有重大的意义的。

培养大量干部需要教師,而中等学校物理教師要在高等師范中培养出来。那么,在高等師范里讀物理專業,是負有重大光荣的艰巨任务的。我們要热爱这个專業,明确物理学系奠定辯証唯物主义世界觀的重要科学,并明确中等学校物理教師在国家社会主义工業化的建設中应起的作用,認真學習,准备全心全意的为人民服务!

第一編 力 學

第一章 力學概論

1.1.1 力學的內容和發展簡史

力學是研究物質底最簡單的運動形態以及引起這種運動底原因的學問。這裡所指的物質運動，就是一個物體對另一個物體，或物體內一部分對一部分間的位置變動，叫做機械運動。

人類從生產勞動和生活鬥爭中，自古以來就已獲得力學上的一些知識，從直接觀察物體的運動，表現出許多很複雜的軍事工程和偉大的建築物，例如我們祖國的萬里長城、宮殿、寶塔、橋梁和運河，埃及的金字塔，巴比倫的古塔，希臘的海港，羅馬的橋梁和堡壘，中古時代的城堡和廟宇等。因此，對於力學概念，人類天天接觸它和利用它，而獲得了直觀性；也可以說明為什麼在一切自然科學中，力學先得到廣大的發展。

從累積的零星力學知識，總結出一門有系統的科学，是經過了無數科學家不斷地運用實踐和認識的相互過程，才得出許多基本規律而逐步達到的。

在公元前五世紀，我國偉大的學者墨翟（公元前468—382）在力學方面的貢獻，已能正確地研究了力、重和運動間的關係及槓桿的原理。

在公元前三世紀，希臘出現了一位偉大的物理學家和數學家阿基米德（公元前287—212），他証明了槓桿原理，發現了流體靜力學的基本定律，研究了物體的重心，並且發明了許多機械。他奠定了靜力學的基础。

在十六世紀和十七世紀中，資本主義經濟逐漸發展，隨着貿易的競爭，航海和水陸的運輸頻繁，對於造船、築路、建港以及生產和軍事等，需要解決更多的技術問題，就大大地促進了力學的發展。當時偉

大的科学家有伽利略 (1564—1642)、惠更斯 (1629—1695) 及牛頓 (1642—1727)。伽利略广泛地闡明了力学的基本定律,而牛頓集其大成。欧勒 (1707—1783) 初次給力学定律以数学解析形式,对于力学的发展起了很大的作用。

伽利略和牛頓所奠定的力学在現代的名称叫做**牛頓力学**,又叫做**經典力学**。一百多年来力学和整个物理学在牛頓力学的基础上不断地發展;在理論力学的周圍聚集着許多服务于各种工程部門的应用力学。兩百年內所有根据理論想法而做出的种种推論和种种計算,都始終在實踐上得到証实。在工程师和学者的头腦中,牛頓力学底绝对正确的观念是根深蒂固,以致在十九世紀內有許多科学家認為用了力学定律,就可以解釋一切自然現象,这样就形成了相当于哲学上的**机械唯物論觀點**。

直到二十世紀,人們才知道牛頓力学并不能解釋一系列新發現的現象。爱因斯坦在 1905 年發表了著名的相对性原則,在这个基础上發展了一个相对論,又可叫做相对力学。經典力学的产生,只不过是观察宏观物体(和人体或人体的一部分所可比拟的物体,或者是比人体十分大的物体——例如行星等)底运动,并且物体底运动速度,和光速比較是十分小的,这就規定了它的适用范围の近似性。相对力学是广泛的研究到关于速度可以和光速比拟的宏观物体的运动規律。因此,列宁曾指出“力学是緩慢的实在的运动底模写,而新物理学是巨大速度的实在的运动底模写”。^①但是比較爱因斯坦公式和牛頓公式,可以將牛頓力学看作爱因斯坦力学中的特殊情形。因此,技术上接触到的低速度运动,仍可运用牛頓力学。

当我们研究微观^①物体(分子、原子或其他基粒如电子、質子、中子等)底运动时,不但微观物体的速度可以具有接近光速的数值,經典力学不能应用,并且有許多現象,如电磁过程和光的过程等,不可能从經典力学来衡量。在近代物理学中就产生了新的**量子力学**,各种現象才能得到进一步的研究。

^① 列宁著,唯物理与經驗批判論。參看三联書店出版的 293 頁。

在大学普通物理教学中,大部分我們將使用牛頓力学,只有在特殊的部分,我們才使用到爱因斯坦观念。量子力学的观念,在相当部分中,亦將广泛使用。

1.1.2 力学和辯證唯物主义

就力学的发展簡史,我們可以看出研究力学的方法,必須貫徹辯證唯物观点。因为辯證唯物論是研究更普遍的物質运动形态的,并且是考虑实在宇宙的一切变化的。

从牛頓力学过渡到爱因斯坦力学,是辯證唯物的极好例証。經典物理学所获得的客觀真理,是整体的有机地包含在新的理論中。同时这个理論使我們在認識自然的道路上又迈进了一大步,深入了經典物理学所不能深入的領域。我們可以將牛頓观念作为真理的第一次近似,而將爱因斯坦的观念作为更为完善的第二次近似。显而易见,就是爱因斯坦理論也不能当作是最后的真理,它只是認識我們周圍世界的沒有止境的过程中的一个阶段。① 量子力学的发展,也是一个极好的例証。

斯大林在他的天才的著作“辯證唯物論与历史唯物論”一書中曾指出:“辯證法認為自然界中任何一种現象,如果把它孤独来看,把它看作与其周圍現象沒有联系的現象,那它就成为不可了解的东西,因为自然界任何部分中任何一种現象,如果把它看作是与周圍条件沒有联系的現象,看作是与它們隔离的現象,那它就变成毫无意思的东西;反之,任何一种現象,如果把它看作是与周圍現象密切联系而不可分离的現象,把它看作是受周圍現象所制約的現象。那它就是可以了解、可以論証的东西”。② 这一段話,在研究力学时,討論物体間的联系現象是更应注意的。

1.1.3 力学的分類

因为考虑到机械运动定律比較簡單,并且有它的直觀性,又考虑

① 阿尔柴貝謝夫著,物理学教程第一卷第一分册 63—64 頁。

② 联共(布)党史簡明教程,1954 中文版(人民出版社),13 頁。

到它們在了解其他物理过程方面的重要性,所以物理教程通常是 从力学开始的。

但是人們在日常生活中所觀察到的机械运动,也有各种不同的形态,多数也是相当复杂的。因此,我們只能把实际的运动分析成为比較簡單些的运动先作研究,然后再研究比較复杂些的运动。通常把力学分成二个基本部分:运动学和动力学(包括静力学)。

运动学是不討論引起运动的种种原因,而从空間和時間的观点去敘述物体的运动。在这个部門中,只研究运动的各种类型所具有的特性征,而不考虑物体和它周圍物体的相互关系。

动力学是研究各种机械运动發生的原因,就是在物体的相互作用下,所引起每个物体底运动形态的变化原因。亦就是討論运动为什么是这样或那样的进行,以及运动中所依从的普遍規律。在这个部門中要論及整个物理学上的两个基本概念:力和質量。

静力学是論述物体在力的作用,表現平衡的學問。这个部門,实际上是动力学的特殊部分,是古代数学家和物理学家充分研究而得到的力学部門。

第二章 運動學基礎

1.2.1 物体的運動和質點的概念

宇宙中所有的物体，实际上都在不断的运动着。地球上所謂不动的物体，如房屋、树木、山嶺等，实际上都随着地球的自轉和公轉而运动，太陽和恆星，根据近代天文学的研究，也确定以很大的速度运动着。物体内部的分子，也連續不断地运动着。永恆的运动是物質最重要的基本屬性之一。

由此可見，物体或物体各部分間的位置变化，只發生在相对的意义，要說明一个物体的运动，必須选择另一个作为靜止的物体为标准；我們在說明火車的運動时，常以地球为靜止的标准体；在說明地球的运动时，就以太陽为靜止的标准体。运动和选择的参考物体有关的特性，叫做运动的相对性，就是任何一个运动，尤其是靜止，都是相对的。

在实际的运动問題中，如果物体的大小，比較周圍有关物体，小到可以忽略不計时，或物体的大小形狀，在一定的問題中并不影响它的运动特征时，都可以將物体看作一个几何点，而它的質量看作集中在这一点上。^① 我們把这样的小物体叫做質点。例如研究地球繞太陽的公轉时，可以把地球当作一个質点来看；研究炮弹在真空中运动时，可以把它当作質点来看，但在研究炮弹在空气中运动时，我們必須考虑空气阻力对它底运动的影响及它底本身底旋轉作用，而不能忽视它的形狀及大小，就不可能当作質点来看，因此，質点的概念只能在不影响物体运动的特征时而运用。

1.2.2 平動和轉動

物体运动时，体内各質点都要在空間中划出直線或曲線，每一条線叫做一个相当点的运动軌道。例如用粉笔头沿黑板面划动时，黑

^① 几何點只表示体积无限小的量度，而質點不但是有几何量度，并且代表实在物体的質量，意义上是有区别的。