

高等师范学校試用教材

普通物理学讲义

第一卷 第一分册

馮鍾泰 赵亮坚編

高等教育出版社



普通物理学讲义

第一卷 第一分册

馮鍾泰 赵亮坚 編

高等教育出版社

普通物理学讲义

第一卷 第一分册

馮鍾泰 赵亮坚編

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺

(北京市書刊出版業 業許可証出字第054号)

京华印書局印刷 新华書店發行

統一書号 13010·431 開本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印張 $8 \frac{15}{16}$ 字数 223,000 印數 0001—7,000
1958年7月第1版 1958年7月北京第1次印刷 定價(8) 1.00

序

本書是根据中央教育部 1955 年頒發的师范学院物理系普通物理試行教学大綱的要求，參照着苏联的几种普通物理学教程和編者近年来在北京师范大学物理系講授这一課程时所用的講义，經過一些修改和补充而編成的。

本書內容虽然很多都是取材于苏联的几种教本，但是为了适应教学工作的需要，不少地方还是經過重新組織与調整，力求使学生容易理解。为了加强直觀性，还适当地补充了編者在教学实践过程中所使用过的和設計出来的一些演示实验。另外，在每章之末，編列了一定数量的習題，供学生練習、演算。因为按教学计划規定，在講課之外另有習題課，所以本書中沒有列入很多示范性的例題。

在本書的編写过程中，我們虽然力求結合实际，从現象出發，并尽可能地揭示出現象的本質和相互联系，避免过分追求理論，但是限于水平，本書中的缺点仍然是很多的。希望使用本書的同志批評、指正。

本書手稿曾經朱正元先生审阅，并提出不少宝貴意見，在此深表謝忱。

編 者

1957 年于北京师范大学

目 录

緒論.....	1
---------	---

1. 物理学研究的对象和方法(1)
2. 物理学与其他科学技术以及社会制度间的关系(3)

第一編 力学

引言.....	9
---------	---

第一章 运动学.....	14
--------------	----

- § 1-1 参考系, 坐标(14)
- § 1-2 匀速直线运动(14)
- § 1-3 变速直线运动(17)
- § 1-4 匀变速直线运动, 加速度(21)
- § 1-5 变加速直线运动(23)
- § 1-6 速度矢量和加速度矢量(24)
- § 1-7 曲线运动的速度(28)
- § 1-8 曲线运动的加速度(30)
- § 1-9 刚体的运动, 角速度和角加速度(34)
- § 1-10 角速度矢量(38)
- 习题(40)

第二章 质点动力学.....	41
----------------	----

- § 2-1 牛顿第一运动定律(43)
- § 2-2 惯性系, 伽利略相对性原理(44)
- § 2-3 牛顿第二运动定律(47)
- § 2-4 摩擦力(50)
- § 2-5 动量和冲量(53)
- § 2-6 牛顿第三运动定律和动量守恒定律(55)
- § 2-7 曲线运动中的作用力, 向心力和离心力(59)
- § 2-8 非惯性系统, 惯性力(62)
- 习题(68)

第三章 功与能.....	70
--------------	----

- § 3-1 功和功率(71)
- § 3-2 力学系统的能量: 动能和势能(76)
- § 3-3 能量守恒与转换定律(77)
- § 3-4 弹性碰撞和非弹性碰撞(81)
- § 3-5 量纲公式(87)
- 习题(88)

第四章 万有引力.....	89
---------------	----

- § 4-1 开普勒行星运动定律(89)
- § 4-2 牛顿万有引力定律(93)
- 习题(98)

第五章 刚体动力学.....	99
----------------	----

- § 5-1 质心, 质心的运动(99)
- § 5-2 力矩和力偶(104)
- § 5-3 转动惯量(106)
- § 5-4 力矩的功, 刚体转动的基本方程(109)
- § 5-5 动量矩, 动量矩守恒定律(112)
- § 5-6 刚体的滚动(115)
- § 5.7 滚动摩擦(118)
- § 5-8 迴转器, 刚体的进动(119)
- 习题(122)

第六章 刚体的平衡.....	124
----------------	-----

- § 6-1 刚体的平衡条件, 重心(124)
- § 6-2 解决刚体平衡问题的一般方

法(126) § 6-3 刚体平衡的三种情形(127) 习题(128)	
第七章 物体的弹性	129
§ 7-1 胡克定律(129) § 7-2 伸长、各向压缩和弯曲(130) § 7-3 切变和扭转(134) § 7-4 弹性形变的能量(137) § 7-5 弹性体的胁强和胁变的一般关系(138) 习题(140)	
第八章 流体的平衡	141
§ 8-1 流体的压强(142) § 8-2 阿基米德原理, 浮体的平衡情形(144) 习题(147)	
第九章 流体的运动	147
§ 9-1 理想流体的稳定流动(148) § 9-2 伯努利方程(150) § 9-3 流体运动中的动量守恒定律(156) § 9-4 流体的粘滞性, 粘滞系数(159) § 9-5 粘滞流体的运动(160) § 9-6 粘滞流体中物体的运动(163) § 9-7 湍流和涡旋(164) § 9-8 马格努斯效应, 环流(167) § 9-9 机翼周围的环流, 儒阔夫斯基的升力公式(168) 习题(171)	
第二編 振动·波与声学	
引言	173
第十章 简谐振动	174
§ 10-1 简谐振动中的基本概念(174) § 10-2 自由振动(179) § 10-3 简谐振动的能量(184) § 10-4 在同一直线上的振动的合成(187) § 10-5 复杂振动的分解(193) § 10-6 互相垂直的振动的合成(196) § 10-7 阻尼振动(202) § 10-8 受迫振动, 共振(207) 习题(213)	
第十一章 波	214
§ 11-1 横波和纵波, 波的方程(215) § 11-2 波的传播速度(221) § 11-3 波的能量, 波的强度(225) § 11-4 叠加原理, 波的干涉(228) § 11-5 驻波(231) § 11-6 惠更斯-菲涅耳原理(237) § 11-7 波的反射和折射(239) § 11-8 波的衍射(241) § 11-9 多普勒效应(243) 习题(246)	
第十二章 声学	247
§ 12-1 声场和声强(247) § 12-2 声音的传播, 声速(251) § 12-3 声波的干涉(253) § 12-4 共鸣(255) § 12-5 空气柱的振动(256) § 12-6 弦的振动(261) § 12-7 棒的振动(262) § 12-8 膜和板的振动(265) § 12-9 声音的感觉, 双耳效应(266) § 12-10 音调 and 音色(268) § 12-11 我国古乐律的介绍(270) § 12-12 响度和闻阈(272) § 12-13 声源方向及其距离的测定(274) § 12-14 建筑声学的初步知识(276) § 12-15 超声波(278) 习题(280)	

緒 論

1. 物理学研究的对象和方法

科学是人类在社会生活中所积累起来的知識的总和。自然科学是关于自然現象的知識，是关于生产斗争知識的总和。它的任务在于研究、解释并控制自然界，使自然力为人类服务。

物理学一字的西文古义本就是“自然”。在古代，物理学就是自然科学。后来，自然科学才分成一系列的科学部門，例如：物理学、化学、生物学等。

客觀世界是物質的，物質处于永恒的运动中。世界上形形色色的現象都是物質运动的各种各样的表現形式。物理学研究的对象則是物質的最基本、最普遍的一些运动形态以及这些形态間的相互轉化。正是由于这种緣故，物理学在自然科学中可以說占有首要的地位。物理学的規律具有最普遍的性質。例如，一切已知的物体，不論它們的大小如何，不論它們的化学成分怎样，也不論它們是有生命的或是無生命的，都遵从物理学中的万有引力定律；一切变化过程，不論它們的性質如何，都遵从能量守恒和轉換定律。

关于物理学知識的积累，早在远古时代就已經开始了。不过，最初的知識是很不完整的，甚至于是错误的，只是某些偉大的思想家的一些臆想。这些想法是根据对自然界日常發生的現象所进行的观察而提出的。观察是在自然的条件下研究各种現象，譬如观察日月运行等。

自然現象本身是錯綜复杂的，各个現象之間存在着密切的相

互联系。只憑在自然条件下所进行的观察，很难进一步揭示出现象的本質。为此，必須进行实验。实验是在人为的条件下使现象重演，以便发现这些现象和我们所创造的条件之间的依赖关系。物理实验無論在以往、現在和將來都是推动物理学向前發展的重要方法。

通过观察和实验积累了許多实际材料，为了把这些結果联系起来，为了把它们和从前的已知事实联系起来，常常需要創立某些假說。正确地建立起来的假說是科学的認識过程中一个很重要的阶段。假說最初是“……以有限数量的事实和观察为基础……”^①。随后，进一步的观察和实验又会“……清洗这些假說，取消一些，修正另一些，直到最后建立起一个純粹化的定律”^②。所以科学的假說并不是毫無根据的玄想，而是根据一定的事实所提出的合理的猜測。当假說受到实践的檢驗而証明是正确的时候，假說也就成为反映客观实在的科学規律，科学理論；那些与事实不符的假說也就被揚弃。

由初步的观察，进一步的实验，再对具体材料进行綜合概括，得出能說明一定范围内的許多现象的理論，这是認識过程中的一个段落。随着繼續探索，还会从观察和实验里发现新的事实。这些新的事实往往是已有的理論所不能圓滿解釋的，或和已有的理論似乎完全抵触。这时就需要根据新的材料审查已有的理論，加以修正、补充或者甚至于必須做比較根本性的改变，以建立比較完善的理論。其后，新的理論又將为更完善的理論所代替。科学的認識过程就是这样，正如毛主席在他的杰出的哲学著作“实践論”里所写：“通过实践而发现真理，又通过实践而証实真理与發展真理。……实践、認識、再实践、再認識，这种形式，循环往复以至無

① 恩格斯，自然辯証法，中譯本，第201頁，1957年版，人民出版社。

② 同上書。

劣，而實踐和認識之每一循環的內容，都比較地進到了高一級的程度。”^①

科學的理論不斷地在發展，逐步地深化，因此科學理論、物理定律往往是近似的，它們只在一定的條件下和一定的範圍內才是正確的。不顧定律的近似性而將它絕對化並且無限制地外推，就會得出不科學的、錯誤的謬論。

然而另一方面也應該注意到，理論虽然是近似的，但是在指定的範圍內它仍然具有充分的客觀意義。忽略了定律在一定適用範圍內的近真性就會落入妄稱事物似乎是不可認識的不可知論的泥潭。

2. 物理學與其他科學技術以及 社會制度間的關係

由於物理學研究的是物質運動的最基本、最普遍的形態，所以在那些以物質運動的更高級、更複雜的形式為其研究對象的自然科學部門里，必然滲入許多物理學方面的內容。譬如化學中就廣泛地應用到電磁學、光學以及關於原子結構等方面的知識，生物學中所涉及到的光合作用、神經活動、滲透作用等也都聯系到物理學方面的原理。物理學與某些自然科學部門在許多問題上已經交織在一起，甚至於產生了一系列的所謂邊緣科學，例如：物理化學、生物物理學、天體物理學等等。在這些與物理學有關的邊緣科學的發展中，物理學的研究起着很重要的作用。

物理學上的發明和發現時常促進其他相關科學的發展（例如望遠鏡和顯微鏡對於天文學和生物學的影響）；反之，其他科學部

^① 毛澤東選集，第一卷，第295頁，1951年，人民出版社。

門的研究也常能促使物理学前进（例如無線电測位术的广泛应用导致关于微波研究的蓬勃發展）。

物理学和工程技术也是互相影响的。科学的产生本来就是由于社会的实际需要，因此生活实践特别是生产的需要永远推动着物理学發展。实践提出問題要求理論加以解决，建立了理論以后又可以进而指导实践活动。理論和实践的这种相互关系也同样反映在物理学和生产技术的联系中。譬如，在十八世紀中，由于工業和交通上的需要引导到蒸汽机的發明和广泛应用。为了改善蒸汽机，科学家們于是系統地研究了热現象和热学理論。这就奠定了热力学的基础，而热力学的原理又成为热工学及一切有关問題的指导原則。

随着物理学的發展，它和其他科学部門以及生产技术之間的关系就愈益密切。近代物理学中的三大卓越成就——原子能、半导体物理学和电子学——已經深入到現代科学技术的各个部門，为这些科学技术領域以及物理学本身的研究工作开辟了广闊的前途。

科学的發展和技术的进步又都不能不受到社会制度的影响。科学定律本身是自然界所固有的客观規律的反映，不随人們的意志为轉移。無論是什么人，只要依照正确的科学方法去探索，必然会得到应有的結果。然而，在發現一个現象或建立了一条定律以后，对这現象和定律怎样解釋，却可以由于人們的世界觀不同而迥然有別。例如，物理学中所謂質量与能量相互联系定律指明，在一个变化过程中如果某物体的質量有所改变（譬如改变了 Δm ），那末它的能量也將發生相应的变化 $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ ，其中 c 是光速。但是資產階級唯心主义的学者却把这一事实解釋为物体的質量轉变为能量，因而物質消灭了。对同一現象的这两种理解有着深刻的原則性的差別。

人們的思想意識決定于社會存在，因而社會制度就必然影響到科學理論的發展。自然科學理論本身雖然沒有階級性，但是研究科學、掌握科學知識的學者却是社會的成員，而且科學從它產生的時候起就被統治階級利用去為它的利益服務。例如在古代歐洲，神權高於一切，科學也就與宗教緊密地結合在一起。宗教給予科學許多神秘的色彩，束縛了科學的發展。當然那時候的一些具有素朴唯物主義思想的學者也曾提出過某些進步的學說，例如關於物質的原子性結構等。

在中世紀的歐洲，教會更依靠了封建統治階級，使用了各種極其殘暴的手段，迫使科學為神學所奴役，形成科學發展的黑暗時代。在這一段時期里，科學的進展極為遲緩。

在我國，情形也大体相仿。雖然很早就在力學、天文學等方面有不少成就，不過在漫長的封建主義社會制度下，科學不被重視，儘管有不少勤勤懇懇的學者曾經作出具有世界意義的發明創造，但是總的說來科學得不到發揚光大。

在歐洲，直到文藝復興時代（十五——十六世紀），在工商業擴大的基礎上，力學、天文學和物理學等才得到比較迅速的發展。當時的科學工作成為新興的資產階級與衰亡着的封建制度的支柱——宗教——作鬥爭的有力武器。

到了十七世紀，大資產階級力圖與封建勢力覓取妥協。相應地，在科學家的代表人物中也出現了與宗教協調的傾向。牛頓就曾為聖經啓示錄寫過注解，笛卡兒在他的哲學著作里也曾努力要證明上帝的存在。

資本主義的發展，社會生產的需要，終究給予自然科學以莫大的推動力。因此在十七——十八世紀中物理學的各個部門的研究工作也都進展得比較快。這時，牛頓確立了運動定律。惠更斯和牛頓關於光的本質的研究也是在這個時期。同時，電和熱的現象

也开始在研究着。

杰出的俄罗斯学者米哈依耳·瓦西里叶維奇·罗蒙諾索夫也是这一时期中的一位卓越的科学家。他在自然科学的許多領域內都有寶貴的貢獻。特別值得提出的是他明确提出了物質及其运动的永恒性的統一定律,他說:“自然界中的一切变化都具有这样的本質,即在一个物体中减少了多少,在别的物体中就增加多少……。这样普遍的自然定律也可以扩展到运动的規律上去:因为一个物体用它自己的力使另一物体运动时,它自己的运动損失多少,它所推动的另一物体就得到多少。”罗蒙諾索夫冲破了当时占統治地位的形而上学的观点,指出运动的轉化。

形而上学的方法是一种有很大局限性的不完备的認識方法。形而上学把自然界和社会生活的現象看作是一成不变的,即使是有变化,也只不过是簡單的重复。然而从十八世紀末叶起,自然科学方面的成就已經开始为否定这种認識方法准备了条件。

在物理学方面,关于电磁学的理論在十九世紀中有了長足的进展。法拉第、麦克斯韋和楞次等人的工作奠定了电磁学和电工学的物理基础。十九世紀中的一系列其他的重要發現——能量守恒与轉換定律,电子和天然放射性現象的發現以及生物学、化学和地質学方面的一些研究成果——終於推翻了世界是永恒不变的学說。机械論遭到完全的破产。只有站在馬克思和恩格斯所首創的辯証唯物主义的立場,才能正确地理解科学上新的成就。

然而資產階級为了他們的階級利害,不可能接受無產階級的哲学——辯証唯物主义。受了統治階級的反动思想影响的資產階級學者曾經屢次企圖利用物理学上的新發現去論証唯心主义的观点。在每一重大發現出現时,当旧的原理受到修正而新的原理又未被充分闡明时,这种企圖就来得特別頻繁。

在十九世紀末、二十世紀初这一段时期里,一方面是物理学知

識的蓬勃發展，一方面是資產階級學者爭相以唯心主義的外衣去淹沒這些成就的實質，這就形成所謂“近代物理學的危機”。列寧則在他的名著“唯物主義與經驗批判主義”中概括了恩格斯逝世以後的自然科學上的新成就，揭露了各種唯心主義的變種，並對物理學的危機作了一個深刻的分析。

蘇聯在偉大的十月社會主義革命勝利之後，在馬克思列寧主義思想的指導下，大力發展科學事業。到目前為止，在科學的各個主要領域內，蘇聯已經趕上並超過了資本主義國家的水平，並且正在以資本主義國家所不能比擬的速度飛躍地前進。1954年建成的世界上第一座原子能發電站，1956年修建的世界上最大的100億電子伏特的同步穩相粒子加速器，TY-104型噴氣客機的制成，1957年8月第一枚超遠程洲際彈道導彈的製造與發射，以及1957年10月和11月先後兩顆人造地球衛星的發射成功，都雄辯地說明了在無比優越的社會主義制度下，科學技術的蓬勃發展。

然而在資本主義國家中由於推行帝國主義的戰爭政策，壟斷資本家集團無止境地追求最大限度的利潤，科學事業日益沿着不健康的道路向前發展。在這些國家里，科學成果首先不是服務於和平建設；而是服務於戰爭，服務於資本家的利潤。這與和平民主社會主義陣營各國的情況形成鮮明的對比。

在我國，過去由於前面已經提到的原因，科學事業長期停滯不前。近百年來帝國主義侵入中國以後，在半封建半殖民地的社會制度下，科學工作雖然有一定的開展，但是基礎仍然十分薄弱。直到人民革命取得勝利後，在中國共產黨的領導下，科學事業才走上康莊大道。在偉大的社會主義建設實踐的推動下，學習蘇聯和各個兄弟國家的先進科學成果，利用資本主義國家所積累的全部科學知識，按照國家發展科學工作的長期規劃，科學家經過辛勤勞動將把我國的科學水平迅速提高起來。我國不僅以具有悠久歷史的

文明古国而自豪，不仅以冲破国内外反动势力而解放自己并进行豪迈的社会主义建设的事迹鼓舞其他各国人民，而且将以具有先进科学文化水平的国家与全世界人民一道为人类的解放和幸福生活而共同努力。

第一編 力学

引 言

力学是研究物質运动的最簡單的形式科学。物質运动的最簡單的形式就是所謂机械运动,即一个物体相对于另一个物体,或一个物体中各个部分之間相对的位置变动。

力学的基本原理和其他科学一样,都是在实践的基础上建立起来的。由于物体在空間中位置的变动是日常生活里最常見的現象,而且在生产过程中也必須掌握有关物体运动的知識,因此在自然科学中力学最先得发展。从古代以来,人們已經获得了关于力学方面的知識,很早就出現了宏偉复杂的建筑物。我国的宮殿、庙宇、运河,埃及的金字塔,希腊的海港,羅馬的城堡等都說明当时已經在力学的許多方面积累了丰富的知識。

关于力学的原理,也早已为卓越的思想家所注意。我国春秋时代的学者墨翟在他所著的墨經一書中就有关于力和运动的关系和杠杆原理的記載。关于杠杆的原理以及一般的平衡問題,在阿基米德(紀元前 287—212 年)的著作里也有簡明的闡述。

然而古代的力学知識多是偏于所謂靜力学的方面,而且在中世紀羅馬帝国傾复以后,力学的發展也和其他自然科学一样,暫時中斷。直到欧洲文艺复兴时代,才又从意大利开始再度發展起来。这个时期中意大利的杰出的艺术家、几何学家和工程师里昂納德·达·芬奇在力学和工程技术上有不少貢獻。

到了十六世紀末叶,資本主义开始萌芽,在貿易和工業發展的基礎上,力学和天文学开始迅速成長。波蘭学者尼古拉依·哥白

尼(1473—1543)創立了关于天体运行的日心学說，使天文学脫离了宗教的束縛，为正确地理解天体运行的規律打下基础。随后，开普勒(1572—1630)由長期的观测纪录中归納出行星运动定律。

在力学的发展中，伽利略(1564—1642)的工作具有重大的意义。他开始細致地研究物体运动的問題，他不仅研究物体的平衡，并且探討了落体和物体沿斜面下落的規律。更主要的是他認為認識自然的出發点是观察，科学的基础是实践。

伽利略的工作为荷蘭人惠更斯(1629—1695)所繼續，他研究了摆的运动，綜合伽利略所引进的加速度的概念，給出了离心力的定理。

力学发展的新阶段是从依薩克·牛頓(1642—1727)开始的。牛頓总结了前人的工作，确立了力学的基本定律(或称之为公理)和万有引力定律。从牛頓的时代起，力学成为一門精确的科学。此外，牛頓还和萊布尼茲(1646—1716)同时創立了关于無穷小量的运算理論——微积分学。無疑地，微积分学对力学以后的發展起过很大的作用。然而在牛頓以后，力学的发展几乎是純数学的，力学的物理原理始終如一。

直到十九世紀中叶，情况才發生变化。这时人們已經积累了一些有关非机械运动的知識，其中有許多是伽利略——牛頓力学(又叫做經典力学)所不能解釋的。到了二十世紀，人們所观察的現象范围愈广，經典力学規律的局限性就愈加显著。这就引导到新理論的建立，即关于高速度(与光速可以相比的)宏观物体运动規律的相对論，和关于微观物体(原子、电子等)运动規律的量子力学。

新理論的产生并不意味着旧理論的簡單地被遺弃。新理論能概括范围更为寬闊的現象，并为旧理論划定了明确的适用界限，在这一界限之内，旧理論依然不失其正确性。經典力学与相对論以

及量子力学之間的关系正是如此。当物体不小于組成物質的分子,速度又比光速小很多时(日常生活和生产技术里遇到的絕大多数实际問題都是这样的),相对論和量子力学的結論和經典力学的結論几乎完全一致。只有在不滿足上述条件时,新理論的修正才变得很重要。因此,經典力学在一定範圍內將永远不喪失它的科学意义和实用价值。

然而正是由于經典力学在廣闊的範圍內获得成功,又由于力学現象的直觀性,結果使得一些物理学家产生一种錯誤的想法,企圖把所有現象都还原为力学現象去解釋,妄想为各种各样的現象建立起不同的力学模型。力学的蓬勃發展和上述这种观点的兴起与十七和十八世紀哲学上机械唯物主义的極盛时代有联系。机械唯物主义是历史上唯物主义哲学發展的一个必然的和进步的阶段,但是它具有很大的狹隘性和局限性。科学的进一步發展,充分揭示出这一点。到了十九世紀,馬克思和恩格斯依据科学上的最新成就,創立了完善地反映着自然、社会和思維發展規律的辯証唯物主义的学說,克服了旧式唯物主义的机械論的局限性。現在已經十分明显,即使是在純力学現象的範圍內也必須坚定地站在辯証唯物主义的立場,遵循着馬克思、恩格斯的指示,才能对力学的基本概念获得正确的理解。

力学問題的研究和闡述必須以辯証唯物主义为指导思想,这就是說首先必須確認,力学現象乃是存在于人們意識之外的物質的一种运动形式(机械运动),它与其他物質运动形式有密切的联系。既然与物質的机械运动相关的力学現象和联系到其他的物質运动形式的另外的一些現象(例如热現象、电磁現象等)有着密切关联,所以如果只把力学現象孤立出来,許多問題当然是很难理解的,至少是很难理解得很深刻。然而,如果我們从一开始就把牽涉到各种各样現象的錯綜复杂的問題作为研究的对象,显然是無