

中学物理教程

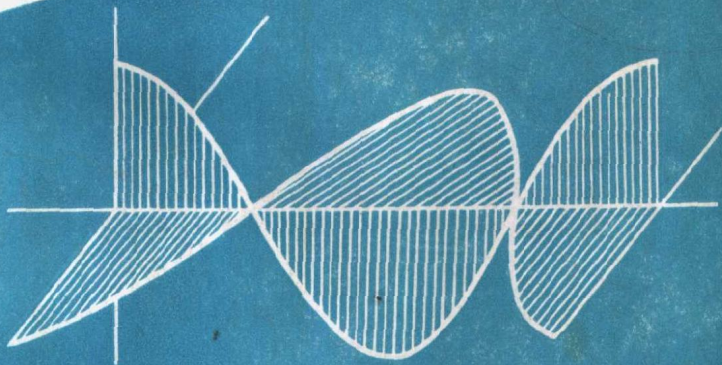
学生读物 4

光学和电磁学

[美] 杰拉尔德·霍尔顿 F. 詹姆士·卢瑟福

弗莱彻·G·沃森 编

张秉乾 陈寿祖 陈同新 译



中学物理教程

学生读物 4

光学和电磁学

[美] 杰拉尔德·霍尔顿

F. 詹姆士·卢瑟福 编

弗莱彻·G·沃森

张秉乾 陈寿祖 陈同新 译

文化教育出版社

这是一本美国高中学生的物理课外读物。原书是跟哈佛大学杰拉尔德·霍尔顿等主编的《中学物理教程》的第四册课本配套的。书中汇集的二十篇文章，都选自一些书籍、刊物的精彩部分。有的文章阐明欧姆定律、电与磁等基础知识，有的文章介绍偏振光、几何光学等的实际应用，有的文章讲述光速测定、电灯发明等科学技术史，有的文章讨论电子技术、直流输电的发展远景。文章多出自著名科学家，笔调生动活泼，引人入胜，能扩大眼界，开阔思路，激发学习物理的兴趣。

本书可供师范院校和中学的教师、学生及中等文化水平的读者阅读、参考。

书中文章的译者：第1、3~7、9~12篇是张秉乾，第13~15、17~20篇是陈寿祖，第8篇是陈同新。第2篇摘自《爱因斯坦文集》第一卷（许良英、范岱年编译 商务印书馆1976年1月第1版），第16篇摘自《物理学的进化》（周肇成译 上海科学技术出版社1962年3月第1版），我们在此对译者和出版者谨致谢意。

*

The Project Physics Course

Reader 4

Light and Electromagnetism

Gerald Holton

F. James Rutherford

Fletcher G. Watson

HOLT, RINEHART and WINSTON, Inc.

New York, Toronto

1970

中学物理教程

学生读物 4

光学和电磁学

〔美〕杰拉尔德·霍尔顿 等编

张秉乾 等译

文化教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市大兴县印刷厂印

•

开本 787×1092 1/32 印张 11.25 字数 269,000

1983年3月第1版 1983年9月第1次印刷

印数 1—12,000

书号 7057·068 定价 0.86 元

目 录

1. T. 杰弗逊的一封信.....	1
2. 关于理论物理学的方法.....	4
3. 系统, 反馈, 控制论.....	11
4. 光速.....	62
5. 偏振光的一般应用.....	77
6. 眼睛和照相机.....	98
7. 激光——是什么? 能作什么?.....	123
8. 简单电路: 欧姆定律.....	160
9. 电子革命.....	182
10. 电灯的发明.....	189
11. 高保真性.....	212
12. 直流输电的未来.....	234
13. 詹姆斯·克拉克·麦克斯韦的生平(第二部分).....	240
14. 论电流的感应.....	269
15. 电与磁的关系.....	273
16. 电磁场.....	278
17. 围绕地球的辐射带.....	285
18. 脑的反映.....	304
19. 科学的想象.....	327
20. 透镜与光学仪器.....	333

一个伟大的美国人关于科学在教育个人和创造
美国社会中的重要作用的论述。

1. T. 杰弗逊的一封信

1799 年 6 月

1799 年 6 月 18 日蒙梯塞勒(Monticello)

亲爱的先生:

感谢你五月十四日的来信, 信中提到你已经研究过了欧几里德的前六本著作, 平面几何学、测量学、代数学, 并且征求我的意见, 继续探究科学的这一分支对你是否有益。欧几里得近著中的一些命题, 以及阿基米德的一些命题, 是有用的, 我想你对它们是熟悉的。三角学对于每个人都是非常有价值的, 在人们的日常生活中, 几乎没有一天不涉及到它。计算的科学, 以至于求平方和立方根, 都是必不可少的知识。通常, 代数学, 甚至如四次方程、对数的应用, 都是有价值的。超出这些范围的便算是一种享受了, 当然是一种美好的享受, 但对一个图谋生计的人来说是没有必要来沉湎其中的。我指的是: 锥体截面、高阶曲线, 以至球面几何学、高于二次的代数演算、微分等。但是, 还有一些别的科学分支是值得每个人注意的, 如: 天文学、植物学、化学、自然哲学、自然史学、解剖学。不一定要求成为它们的专家; 但是掌握它们的一般原理和概要, 对于我们今后的生活和进一步深入研究, 是有帮助的。这方

• 1 •

面的一些知识是精神营养,并且对于培养人的素质是必需的。取得天文学和自然哲学方面的知识,需要学院中的仪器、设备,而其它学科则可根据我们的需要单纯从书本中即可进行学习。你曾长期考虑过哪些科学知识对于生活有实际用处,哪些仅仅是精神上的享受。因此我敢于大胆地向你提供这些意见,因为我相信这些意见对你不会没有参考价值。

一般地来讲,我是性善论者。我认为人是社会的成员,相信自然赋与了人类以适应于社会的气质。和你信中提到的康德谢(Condorcet)一样,我也相信人的心灵是可以完善到我们现在还难以想象的地步。一个人能博览了群书而却看不到每一门学科的发展前景以及不具有探索众多课题的才能,这是不可能的。在几何学和计算科学方面,我们的知识很多,但还不能以此满足。解剖学方面获得了很大进展,但还需要取得更多的知识。自然史方面已具备一定的知识,但差的很远。化学方面,对于一些简单元素还说不清楚。自然哲学处于很幼稚的状态,可能需要化学有进一步的发展,自然哲学才能有更大的进展。外科学已有相当的发展,但还远远不能满足需要。医药学处于比全然无知还不如的状况。如果我们能承认我们的知识是很贫乏的,那就容易作到高瞻远瞩。从希波格拉底(Hippocrates)直到勃朗(Brown)我们继承下来的不过是一连串的推理假设,每一项都象时髦的衣帽一样,风行一时,到头来却又被下一个更新的假设所取代。然而人体,做为这些风尚的受难者,却是保持不变的。为数不多的药品,例如树皮、鸦片、水银等,对于一些能够确诊的病是无疑有效的,但是还有大量的药物不过是庸医骗人的假货。至于那些疑难大

症，医师们常常是对它们作出错误的诊断。当然，可以越来越多地掌握准确的诊断和有效的治疗方法。在科学的其他领域中，肯定会尽我们的聪明才智去进行发掘，其前景是无可限量的。我同意你的观点，说人类的心智再也不能进步这是没有志气的。目前世上的暴君正在反复地灌输这样的论点，而且得到他们的追随者的响应，特别是在宗教和政治方面，说什么：“要想发现超过我们先人所知的新东西是不可能的。”照此说来，我们就不必要在前进中探求科学的发展，而是应当回到封建野蛮主义。但是谢天谢地，解放了的美国心灵是不会去理睬这些谬论的。印刷术已经广泛应用，科学是不会倒退的。已经获得的真知确论是永远不会消逝的了。为了维护心智和出版的自由，每个人都应具有牺牲精神。只要我们按照自己的意志去思想，按照自己的思想发表言论，人类是会不断进步的。已经退出历史舞台的上一代人，他们作过坚决的斗争，阻止了曾经奴役世界千万年的暴君统治，是值得人们颂扬的。如果他们取得的成果有丢失的危险的话，这危险来自这一代人。但是在我们的国家里青年一代不会做出扼杀自由和科学的蠢事。不论怎样你的学院是不会有这种事的；如果别处的青年人由于受蒙蔽放弃了自由和科学的旗帜而聚集在别的什么旗帜下，不久他们也会觉悟过来的。希望经常听到您的消息和您学习的进步，并愿尽力为您工作。致以真诚的敬意

您的朋友

T. 杰弗逊

爱因斯坦讨论了某些导致科学理论的因素。

2. 关于理论物理学的方法

A. 爱因斯坦。1933 年的一篇讲稿。

如果你们想要从理论物理学家那里发现有关他们所用方法的任何东西，我劝你们就得严格遵守这样一条原则：不要听他们的言论，而要注意他们的行动。对于这个领域的发现者来说，他的想象力的产物似乎是如此必然和自然的，以致他会认为，而且希望别人也会认为，它们不是思维的创造，而是既定的实在。

这些话听起来似乎是在请你们离开这个讲堂。你们会对自己说，这个人自己就是从事实工作的物理学家，因此，他应当把一切关于理论科学结构的问题都留给认识论者去研究。

针对这种批评，我可以从个人的观点来为自己辩护，这只要使你们相信，我不是自己要来的，而是应别人的亲切邀请，才来登上这个为纪念一个终生为知识的统一而艰苦奋斗的人而设立的讲座。可是，客观上，我要做的事可以从下面的理由来证明是正当的：对于一个毕生竭尽全力以求清理和改善科学基础的人，人们去了解他怎样看待他自己所研究的那个科学分支的，这也许毕竟是一件有意义的事。他对这门科学的过去和现在的看法，也许太过于依赖他对未来的希望和当前的目标；但这是任何一个深深地沉溺于观念世界里的人所不可

避免的命运。他的情况同历史学家一样，历史学家也以同样的方法——虽然这也许是无意识地——围绕着他自己对人类社会问题已经形成的理想，把各个实际事件组织起来。

现在让我们来考察一下理论体系的发展，并且特别注意理论内容同经验事实的总和之间的关系。我们所关心的是，我们这门科学里的知识的两个不可分割的部分，即经验知识和理性知识之间的永恒对立。

我们推崇古代希腊是西方科学的摇篮。在那里，世界第一次目睹了一个逻辑体系的奇迹，这个逻辑体系如此精密地一步一步推进，以致它的每一个命题都是绝对不容置疑的——我这里说的就是欧几里得几何。推理的这种可赞叹的胜利，使人类理智获得了为取得以后的成就所必需的信心。如果欧几里得未能激起你少年时代的热情，那末你就不是一个天生的科学思想家。

但是在人类成熟到能获得一种概括全部实在的科学以前，还需要有另一种基本的真理，这种真理只是随着开普勒和伽利略的到来才成为哲学家的公共财富。纯粹的逻辑思维不能给我们任何关于经验世界的知识；一切关于实在的知识，都是从经验开始，又终结于经验。用纯粹逻辑方法所得到的命题，对于实在来说是完全空洞的。由于伽利略看到了这一点，尤其是由于他向科学界谆谆不倦地教导了这一点，他才成为近代物理学之父——事实上也成为整个近代科学之父。

然而，如果经验是我们关于实在的知识的起点和终点，那末纯粹理性在科学中的作用又是怎样的呢？

理论物理学的完整体系是由概念、被认为对这些概念是

有效的基本定律，以及用逻辑推理得到的结论这三者所构成的。这些结论必须同我们的各个单独的经验相符合；在任何理论著作中，导出这些结论的逻辑演绎几乎占据了全部篇幅。

在欧几里得几何里，情况也正是这样；不过，在那里，基本定律被称为公理，而且也不存在结论必须同任何经验相符合的问题。但是，如果人们认为欧几里得几何是实际的刚体在空间里的可能的相互关系的科学，也就是说，把它当作一门物理科学来处理，而不是把它从原来的经验内容里抽象出来，那末几何学和理论物理学在逻辑上的同一性就完整无缺了。

我们就这样规定了纯粹理性和经验在物理学理论体系中的地位。这种体系的结构是理性的产品；经验内容及其相互关系都必须在理论的结论中表示出来。整个体系，特别是那些作为它的基础的概念和基本原理，其唯一价值和根据，就在于这种表示的可能性。此外，这些概念和基本原理都是人类理智的自由发明，既不能用这种理智的本性，也不能以其他任何先验的方式来证明它们是正确的。

这些不能在逻辑上进一步简化的基本概念和基本假设，组成了理论的根本部分，它们不是理性所能触动的。一切理论的崇高目标，就在于使这些不能简化的元素尽可能简单，并且在数目上尽可能少，同时不至于放弃对任何经验内容的适当表示。

我刚才简略阐述了的观点，即科学理论基础具有纯粹虚构的特征的观点，决不是十八世纪和十九世纪流行的观点。但是，它目前正在不断地占领着阵地，因为，逻辑结构变得愈来愈简单——也就是说，支持这个结构所必需的逻辑上独立的

概念元素愈来愈少——以基本概念和基本定律作为一方，以那些必须同我们的经验发生关系的结论作为另一方，两者之间在思维上的距离也就愈来愈大了。

理论物理学的广博而合用的体系的首创者牛顿却相信，他的体系的基本概念和基本定律是能够从经验中推导出来的。这无疑就是他所说的“我不作假说”(*hypotheses non fingo*)的意义。

事实上，在那个时候，时间和空间概念看来没有出现什么困难。质量、惯性和力的概念，以及把它们联系起来的定律，似乎都是直接从经验中推导出来的。一旦这个基础被接受了，引力的表示式似乎就可以从经验中推论出来，而且有理由希望对于别的力也能如此。

我们固然能从牛顿对他的体系的表述方式中看出，那个包含着绝对静止概念的绝对空间概念，使他感到不安；他了解到，在经验中似乎没有同这个绝对静止概念相对应的东西。他对于引进超距作用力也不是很放心的。但是，他的学说在实践上的巨大成就，也许足以阻止他和十八、十九世纪的物理学家们去认识他的体系的基础的虚构特征。

相反，那时的自然哲学家，大多数都有这样想法，即认为物理学的基本概念和假设，在逻辑意义上并不是人类思想的自由发明，而是可以用“抽象法”——即用逻辑方法——从经验中推导出来。实际上，只是由于出现了广义相对论，人们才清楚认识到这种见解的错误。广义相对论表明，人们可以在完全不同于牛顿的基础上，以更加令人满意和更加完备的方式，来考虑范围更广泛的经验事实。但是，完全撇开这种理论

还是那种理论优越的问题不谈，基本原理的虚构特征却是完全明显的，因为我们能够指出两条根本不同的原理，而两者在很大程度上都同经验相符合；这一点同时又证明，要在逻辑上从基本经验推出力学的基本概念和基本假设的任何企图，都是注定要失败的。

如果理论物理学的公理基础真的不能从经验中抽取出来，而必须自由地发明出来，那末我们到底能不能希望找到一条正确的道路呢？不仅如此，而且还要问，在我们的幻想之外，是否还存在着这样一条正确的道路呢？如果有一些理论（比如古典力学）能够在很大程度上妥当地处理经验，可是没有抓住问题的根本，那末我们究竟能不能希望由经验来作我们可靠的指导呢？我可以毫不犹豫地回答：照我的见解，确实有这样一条正确的道路，而且我们是有能力去找到它的。迄今为止，我们的经验已经使我们有理由相信，自然界是可以想象到的最简单的数学观念的实际体现。我坚信，我们能够用纯粹数学的构造来发现概念以及把这些概念联系起来的定律，这些概念和定律是理解自然现象的钥匙。经验可以提示合适的数学概念，但是数学概念无论如何却不能从经验中推导出来。当然，经验始终是数学构造的物理效用的唯一判据。但是这种创造的原理却存在于数学之中。因此，在某种意义上，我认为，象古代人所梦想的，纯粹思维能够把握实在，这种看法是正确的。

为了证明这种信念，我不得不运用数学概念。物理世界是由四维连续区来表示的。如果我假定这连续区里有一种黎曼度规，并且去探求这种度规能满足的那些最简单的定律，那末，我就得到了空虚空间里的相对论性的引力论。如果我假

定在这空间里有一个矢量场或者有一个能从其中推出的反对称张量场,并且要寻求这种场所能满足的最简单的定律,那末我就得到了关于空虚空间的麦克斯韦方程。

在这里,对于空间里电的密度不等于零的那些部分,我们还是缺少理论。德布罗意曾推测有一种波场存在,它可以来说明物质的某些量子性质。狄喇克发现旋量(*spinor*)是一种新的场量;它的最简单的方程在很大程度上能使人推出电子的性质。后来,在同我的同事伐耳特·迈尔(Walter Mayer)博士合作下,我发现,这些旋量形成一种新的场的特例,在数学上同四维体系相联系,我们称之为“半矢量”。这种半矢量所服从的最简单的方程,为理解两种基本粒子^①的存在提供了线索,这两种粒子具有不同的静止质量^②和相反的等量电荷。除了通常的矢量,这些半矢量就是四维度规连续区中所能有的数学上最简单的场,它们似乎能以自然的方式描述带电粒子的某些根本性质。

我们应当注意的要点是,所有这些构造和把它们联系起来的定律,都能由寻求数学上最简单的概念和它们之间的关系这一原则来得到。理论家深入地把握实在的希望就在于:数学上存在的简单的场的类型,以及它们之间可能存在的简单方程,两者的数目都是有限的。

同时,这种场论的重大障碍在于物质和能量的原子结构概念。因为这种理论就它仅仅使用空间的连续函数来说,基本上是非原子的,这同古典力学相反,古典力学的最重要的元

① 指质子和电子——编者。

② 原文是“有重质量”——编者。

素是质点，它本身就已经妥当地说明了物质的原子结构。

现代量子论，在同德布罗意、薛定谔和狄喇克的名字联系在一起的形式中，用的是连续函数，它已经靠一种大胆的解释克服了这些困难；这种解释是由麦克斯·玻恩首先以清楚的形式提出来的。根据这种解释，方程中出现的空间函数，并不要求成为一种原子结构的数学模型。这些函数只是决定，当进行量度时，在特定地点或者特定运动状态中找到这种结构的数学几率。这种想法在逻辑上是无可非议的，并且已经取得了重大的成就。但是，可惜它使人们不得不使用这样一种连续区，其维数并不是物理学迄今所加给空间（四维）的，而是随着构成被考查体系的粒子数目无限地增加的。我不得不承认，对这种解释，我只能给以暂时的重要性。我仍然相信可能有一种实在的模型——那就是说，相信有这样一种理论，它所表示的是事物本身，而不仅是它们出现的几率。

另一方面，我以为我们必须放弃粒子在理论模型中完全定域的观念。我以为这是海森伯测不准原理的永久性的结果。但是，在原子论这个词的真实意义上（不仅是根据一种解释），要在数学模型中没有粒子的定域，那是完全可以想象的。比如，为了说明电的原子特征，场方程只需要引导到如下结论：在边界上电的密度到处等于零的三维空间区域永远包含着大小由整数表示的总电荷。在连续区理论中，原子特征将由积分定律满意地表示出来，而不必确定那些组成原子结构的实体的位置。

要等到用这种方式把原子结构成功地表示出来以后，我才认为量子之谜算是得到了解决。

一个过程可以引起另一个过程，而后者又会引起一系列的事件，包括对于头一个过程本身的修正。本文是应用科学、工程学、信息理论中一些基本概念
的初级读物。

3. 系统, 反馈, 控制论

V. L. 波赛金 A. S. 麦尔芝 A. S. 鲁金
K. S. 金纳逊

摘自《自然科学导论》，1968.

读者们可以回顾，在第一章中的泰勒哈的引言之后，我们曾提出把本书的范围扩大到包括对自然现象的关系与相互关系的分析。现在将对此种相互关系作较完整的论述。

6.1 系统的引伸

牛顿时代的成就之一是强调了这样一个论点：在物质的或至少是物理的环境中，没有一个作用力，事件是不会发生的。一块石头开始移动或停止移动，不取决于它本身的意愿。在本章内我们将引用这个概念不过要作三项引伸。

第一项引伸，考虑到这样的事实：在围绕一个事件（例如扔出一块石头）的多种环境中，当前的事件本身是一个更大的环境或系统的一部分，这个系统包含其他各种相互关联的事件。（例如，有一个人扔出石头，而扔石头这个动作又跟它的原因或目的相关联。）

第二项引伸可以理解为与作用-反作用原理有关,即:在包含一个事件(扔出一块石头)的相关联的整个系统内部,常常存在一种反馈效应。(例如,石头所扔向的那个人会把石头再扔回来。)

第三项引伸是,系统的含义同时包括物质事件(石头)和人类的生物和思维过程。

系统一词的含义是什么呢?我们把悬在弹簧下面的一件重物看成是一个作简谐振动的系统。控制一部机器速度的节速器是一个控制系统。我们还经常谈到什么公路系统,某一个国家的经济系统,一种思想体系等等。锁住储蓄银行保管库的保险锁的暗码组成一个保护系统,而它又可以看成是银行业的一个分系统。银行业本身又算是更大的社会经济的分系统,而社会经济又是整个国民经济的分系统。这一连串的越来越大的分系统,或是大分系统内套住的若干个分系统,可以产生非常复杂的组合关系。

要给“系统”这个名词下一个准确而完整的定义是不容易的,但是我们可以举出一些通常称之为系统的一些特征:

(1) 一个系统通常包含两个或者更多的部分、因素或方面,这些部分彼此具有功能的联系。(例如:一把锁中钥匙与锁簧的关系,银行里经理与职员的关系。)

(2) 由于系统常常是较大单元的分系统,所以当研究某些特定的功能因素及其相互关系时,我们最好(有时是必须这样)把研究工作集中于包含这些特定因素的最小单元。(例如,一个锁匠可以很好地修理银行保管库的锁而不需要去考虑社会主义对于国家银行系统的优越性方面的问题。)

(3) 一个控制系统内部具有调节功能，藉以控制诸如马达的转速，室内温度，商品价格，麻醉品的国际贸易等变量。

(4) 一个系统的“输入”和“输出”部分，一般是可以鉴别出来的。例如：转动一把锁的钥匙（输入）可以使锁簧活动（输出）；工业公司经理的指令（输入）可以把商品的售价提高一倍（输出）。当然，可以看到，多数系统具有不止一种形式的输入，以及不同的功能关系，因而产生各不相同的输出。

(5) 输出往往（在具有调节功能的系统中常常是这样）会对输入施加某种形式的反馈作用，以致大大地改变系统的净输出。[例如，在(4)中提到的商品的售价提高了一倍时，消费者们便以拒绝买货来发动强烈的反馈；公司的董事会也可以施行更强烈的反馈——解雇原经理而雇用一位能维持合理售价的新经理。]在下面的讨论中将相当重视反馈所起的作用。

下面我们将介绍有关系统，反馈，控制的一些细节。

6.2 自然现象的循环性

在第五章里我们已学习过，当一个悬挂在弹簧下面的重物稍微偏离它的平衡位置时，便产生简谐振动。如果把这一运动记录在移动的纸上（将运动表示为时间的函数），振动就会显示出正弦或者余弦的波形。我们都知道，这一运动是由于把势能加入到重物与弹簧的系统中而引起的（人力克服重力的吸引而把重物从它原来静止位置上举起，或是把重物下拉因而伸长了弹簧）。这两种情况，无论是克服重力的吸引或是拉长弹簧，都交替地引入了一种回复力，它倾向于使被移动的“质量”恢复原位（图 5.24）、因为施加到质量上的力加速了质量，即增加了它的速度（公式 5.1）所以当质量抵达其零点