

# 实物场物理学

颜 跃 著

华南理工大学出版社

122

7

5

## 内 容 提 要

本书以统一的实物场物质为场统一体，以科学的实验结果为基础，以严紧的理论论证和推导为手段，将电场、磁场、电磁波及光子等概念完全统一为实物场物质。本书在第二章对以往电磁场和电磁波理论作了进一步讨论；第三章介绍关于独立场实物电磁波的基本概念；在第四章介绍了实物场电磁学理论；第五章介绍实物场光学理论和实验；第六章作了其他物理理论综述。将电磁学、电磁波理论、波动光学、量子光学、电动力学、量子力学、原子物理以及基本粒子物理等理论圆满地纳入统一的实物场理论体系。本书不但对现行物理理论中存在的许多错误概念进行了修正，还对当今物理理论中许多重大疑难问题提出了合理的解答。

本书对基础理论物理提出了全面的概念更新，是所有具有大学本科水平以上的理论、工程及科研人员的必读参考书。

〔粤〕新登字 12 号

## 实物场物理学

颜 跃 著

华南理工大学出版社出版发行

(广州 五山 邮政编码 510641)

各地新华书店经销

华南师范大学微电子学研究所

《电脑杂志社》电脑排版部排版、印刷

\*

开本: 850×1168 1/32 印张: 5.875 字数: 147 千字

1993 年 3 月第 1 版 1993 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—15000

ISBN 7—5623—0479—3 / O · 50

定价: 4.80 元

## 前 言

自从牛顿统一了经典力学以来，物理理论已在电磁学、光学、原子物理、量子力学、电动力学以及基本粒子物理等许多领域中取得了重大的进展。与此同时，物理学各个理论领域之间的联系和统一问题，已越来越引起物理学界的重视。各种以统一为基点的概念和理论因此而不断产生。

基于上述对物理学各研究领域的理论和实验进行统一的目的，本书集作者长期的实验、分析和研究结果，以实物场概念为基本线索，建立了统一的实物场物理学理论体系。希望这个理论体系能够对物理理论的研究和发展起到积极的促进作用。

# 目 录

第一章 引言 .....	(1)
第二章 以往电磁场理论分析 .....	(5)
第一节 缝间磁场对单缝衍射条纹分布的影响 .....	(5)
第二节 对以往电磁波理论的分析 .....	(10)
第三节 光量子及其波动性 .....	(15)
第四节 光的波动性与粒子性之间的关系 .....	(17)
第五节 电磁场矢量概念的局限性 .....	(20)
第六节 电磁场理论分析 .....	(26)
第七节 其他问题综合讨论 .....	(34)
第三章 关于独立场实物电磁波的基本概念 .....	(37)
第一节 依附场与独立场的区别 .....	(37)
第二节 独立场实物电磁波应满足的物理条件 .....	(40)
第三节 独立场实物电磁波理论分析 .....	(43)
第四节 独立场实物电磁波模型 .....	(47)
第四章 实物场电磁学 .....	(51)
第一节 实物静电场 .....	(51)
第二节 导体情况 .....	(57)
第三节 平行板电容器 .....	(60)
第四节 电介质情况 .....	(64)
第五节 直流电路 .....	(70)

第六节	磁场的形成 .....	(77)
第七节	通电导体的磁场 .....	(79)
第八节	电磁感应 .....	(84)
第九节	磁感系数及磁能量 .....	(94)
第十节	磁介质情况 .....	(97)
第十一节	麦克斯韦方程组 .....	(100)
<b>第五章</b>	<b>实物场光学</b> .....	<b>(103)</b>
第一节	独立场实物电磁波基本理论 .....	(103)
第二节	独立场实物电磁波的基本性质 .....	(114)
第三节	独立场实物电磁波在介质中的传播 .....	(118)
第四节	独立场实物电磁波的性质叠加及性质湮灭 ...	(128)
第五节	光绕射和单缝衍射实验 .....	(136)
第六节	光的干涉实验 .....	(146)
第七节	特殊类型的光干涉——光偏振实验.....	(150)
第八节	光的粒子性实验 .....	(160)
<b>第六章</b>	<b>其他物理理论综述</b> .....	<b>(161)</b>
第一节	与量子力学有关的基本概念 .....	(161)
第二节	关于电动力学理论 .....	(167)
第三节	基本粒子及原子核 .....	(168)
第四节	天体物理 .....	(178)
结束语	.....	(180)



# 第一章 引言

物理理论的研究和发展工作，历来是人类所共同关心的问题。我们现在所说的现代物理这一概念，实际上集中了古往今来无数物理学研究者的理论成果和实验资料。从历史的角度来看，人类对于物理世界的本质及其运动变化规律的认识，是由浅到深不断发展和完善的。物理理论发展的每一个历史阶段，都伴随着新的物理实验及与之相应的新的物理理论的产生，而在新的物理实验和新的物理理论产生和发展的过程中，人类原有的物理概念和实验知识将随之产生不同程度的更新，正是这种不断的知识更新，推动着人类对物理世界的认识不断地向着更深入，更全面的方向发展。

基于上述促进物理理论研究和发展的目的，本书以单缝衍射实验中的磁致衍射条纹扩散现象为实验基点，结合其他许多我们所熟知的物理实验现象，提出了实物场电磁学和独立场实物电磁波理论概念，在这两个相互关联的关于实物场概念的基础上，通过对其他有关物理理论问题的深入讨论，初步形成了一整套以实物场概念为基本线索的实物场物理学理论体系。

本书第二章第一节所论及的缝间磁场使单缝衍射实验中的衍射条纹产生磁致扩散的实验现象，是以往的单缝衍射理论以及电磁波理论所不能解释的新的物理实验现象。为了解决这一理论与实验之间的矛盾，我们面临着两种选择。其一是在原有的电磁波理论中加入新的假设条件，从而使修改后的电磁波理论能够对磁致单缝衍射条纹扩散实验作出特别解释。其二是彻底地对电磁学以及电磁波的有关理论问题进行理论更新，以便从根本上解决理论与实验之间的上述深刻矛盾，而这两种选择的区别仅仅在于我们对已有电磁波理论以及与之密切相关的电磁场理论的修改程度的不同。

在新的实验事实面前，理论的相应修改是不可避免的！

深入研究已有的电磁场和电磁波理论，就会发现其中存在着许许多多如上所述的深刻矛盾。在这许许多多的矛盾之中，又以电磁场的纯数学概念与电磁场的实物性之间的矛盾和光的波动性理论与光的粒子性理论之间的矛盾最为突出。在这两个突出矛盾中，前者直接与电磁学理论有关，揭示了已有电磁学理论不完善的方面。后者则直接与电磁波理论有关，揭示了电磁波理论不完善的方面。因此，对这两个突出矛盾的进一步讨论，将可以自然地引导出本书后面的有关章节中对电磁场和电磁波问题所进行的一系列深入讨论。

首先讨论一下纯数学的电磁场概念与实物电磁场之间的矛盾。

由于历史的原因，我们往往习惯于按照物理理论产生的时间顺序来建立整个物理学体系的框架。但是人类对物理世界的认识必然有一个由浅到深、由片面到全面、甚至是由错误到正确的认识过程。这就要求我们随着对物理世界的深入了解，不断地用新的正确理论和认识对原有的理论进行及时的检验和修正，从而使整个物理学体系得到不断的发展和完善。也就是说，如果我们对物理世界的新认识和新理论与原有理论概念相矛盾时，不能对这些矛盾采取回避态度，而应该用新理论和新认识来彻底修正原有的理论概念。

关于这种新旧理论概念相矛盾的一个突出例子是电磁场的实物性与电磁场理论概念的纯数学化之间的矛盾。由于历史的原因，电磁场是作为纯数学的概念被引入物理理论中的。随着人类对电磁场认识的不断深入，从理论和实验两个方面都证明了电磁场的实物性这一极为重要的物理概念。但令人遗憾的是，至今为止的所有电磁学理论都仍然用纯数学的矢量场方法来引入电磁场概念，而电磁场的实物性被作为数学电磁场的理论推导结果和一

种实验现象被放在了次要的地位，这就使得实物电磁场概念永远不能真正地在电磁学理论中立足。

举例来讲，根据已有关于电磁场的理论，设有一个带有实物正电场的点电荷 $+q$ 与一个带有实物负电场的点电荷 $-q$ 相结合并形成电中性的质点。在这个过程中，由于正电荷 $+q$ 的电场与负电荷 $-q$ 的电场的代数和为零，将导致实物电场之和是使物质消失的错误结果。反之，我们又可以用磨擦生电的方法凭空产生电场物质。这显然是违反物质不灭定律的。

对于磁场来说，情况基本相同。根据电磁学基本原理，世界上不存在独立的磁单极子，所有已知的磁场现象都是由于带电粒子或物体的运动而产生的。也就是说，如果我们使原来处于静止的带电粒子或物体受到外力作用而产生运动，则可以在带电粒子或物体的周围产生磁场。对于纯数学的磁场概念来说，这似乎是十分合理的。但对于实物磁场概念来说，这却是与物质不灭定律相对立的。很明显，我们不可能用使带电粒子或物体运动的方法来凭空产生磁场物质，也不可能用使带电粒子或物体停止运动的方法来消灭已经存在的磁场物质。

由以上的简单分析可知，在以往电磁学理论中，所谓电磁场的实物性，只不过是毫无理论根基的空中阁楼。而要想真正地从理论上确立电磁场的实物性概念，就必须从实物场概念出发，对以往的纯数学电磁场理论进行彻底的修改。

现在再来讨论一下光的波动性理论与光的粒子性理论之间的矛盾。

我们知道，从纯数学的电磁场概念出发所得到的关于电磁场的麦克斯韦方程组，是以往电磁波理论的基础。由这种关于电磁场的麦克斯韦方程组，我们可以推导出关于电磁场的波动方程，并可建立起与之相应的纯数学意义的电磁波模型。正是由于电磁波理论是建立在纯数学电磁场理论的基础之上，这就使电磁场的



波动方程和电磁波模型都从根本上排斥一切具有实物意义的电磁波，因而也就从根本上否定了电磁波具有任何实物粒子性的可能。另一方面，与电磁波同属于电磁场物质的具有粒子性的光子概念，由于得不到电磁波理论的任何支持，至今还停留在实验物理阶段，这使得光子成为一种毫无理论根源的特殊形式的电磁场。

总体来说，至今为止我们对电磁波现象的认识，包括毫无实物意义的纯数学的电磁波理论和具有明确实物意义的光子理论这两大部分。而一个完整准确的电磁波理论，应该是既能体现光的波动性，又能体现光的粒子性的理论。为此目的，唯有从实物电磁场概念出发，对以往电磁波理论进行彻底的修改，使得修改后的电磁波理论能够充分体现电磁场的实物性，进而体现光的粒子性。

作为本书的引言，我们的中心目的是要确立实物场概念在电磁学和电磁波理论中本应具有的绝对重要地位，由此基本观点出发，我们才可以对以往电磁学和电磁波理论中的缺陷和错误进行深入分析。在此基础上，我们将可以建立起实物场电磁学和独立场实物电磁波理论，并以实物场概念为核心，最终建立起实物场物理学体系。

## 第二章 以往电磁场理论分析

### 第一节 缝间磁场对单缝衍射条纹分布的影响

以往电磁学理论的重要结果之一，是通过电磁场的麦克斯韦方程组推导出电磁场的波动方程。而电磁场的波动方程以及有关的电磁波理论，又为光的波动性理论提供了理论依据。因此，从电磁场理论的角度来看，波动光学理论实际上是电磁场和电磁波理论在光学领域中的发展和延伸。这就使得波动光学中的所有理论和实验，都应与电磁场与电磁波理论之间产生本质的内在联系。按照以往波动光学理论的基本观点，波动光学与电磁场和电磁波理论之间最直接的联系就在于与电磁波电场强度矢量  $E$  的平方成正比的光强的叠加原理和光偏振原理。也就是说，电磁波电场强度矢量  $E$  的横向振动及其叠加性，是解释所有光波动和光偏振实验的基本线索。

以波动光学中最基本的单缝衍射实验为例，对于这一实验现象的理论解释是以惠更斯—菲涅耳原理为基础的。这个原理认为光波所传达到的各点都能产生子波，且子波之间将发生子波干涉。运用惠更斯—菲涅耳关于子波和子波干涉的原理来解释单缝衍射实验时，单缝对于衍射光强的分布情况只具有机械意义。一旦光栏狭缝的宽度被确定，则光栏狭缝之间的光振动分布也将被确定，从而也就确定了单缝衍射光条纹的分布情况。根据这种理论解释，由于衍射光的条纹分布情况只与子波和子波干涉有关，而与光栏的物理条件无关，所以当我们在光栏狭缝中加有磁场时，应该不对衍射光条纹的分布产生任何影响。但实验结果却与上述结论完全相反。

下面就是在狭缝光栏之间加有磁场的单缝衍射实验的具体装

置、步骤和实验结果。

实验要求可以随时在单缝光栏所形成的狭缝之间建立或取消磁场，以便观察磁场对单缝衍射条纹分布情况的影响。为此目的，需将用铁磁材料制成的两个光栏片，分别固定在中间留有足够间隙的非铁磁材料托架的两侧。另有一电磁铁与组成狭缝光栏的两块铁磁材料之一相连接，以便通过对电磁铁的控制，在光栏狭缝之间建立或取消磁场。实验装置如图（2-1-1）所示。

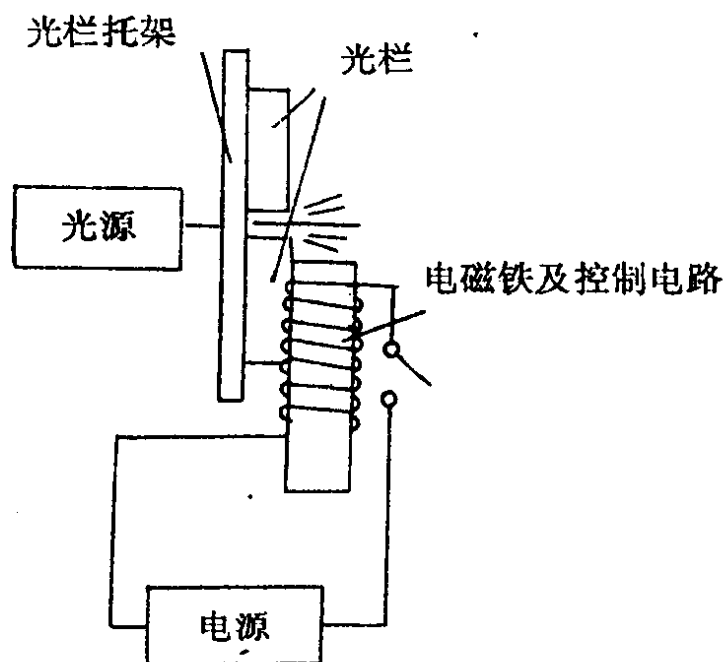


图 2-1-1 实验装置

在本书所论及的实验操作中，实验装置各部分所选用的具体参数如下。

(1) 光源：实验中所使用的是 1 毫瓦 He-Ne 激光器。

(2) 光栏托架：为确保光栏托架有足够的机械强度，以避免在磁场力作用下使该托架有任何微小的形变，实验中使用 5 毫米厚的环氧酚醛层压玻璃布板材料。光栏托架板的中间部分开出适当尺寸的通光槽，以便激光束通过。

(3) 光栏片：光栏片是用铁磁材料制成的，以确保其导磁良好。为了比较不同的磁场空间分布情况对衍射条纹所产生的不同影响，故在实验中使用了如图（2-1-2）所示的三种不同形式的光栏片，这样，我们就可以通过更换光栏片来形成三种不同磁场

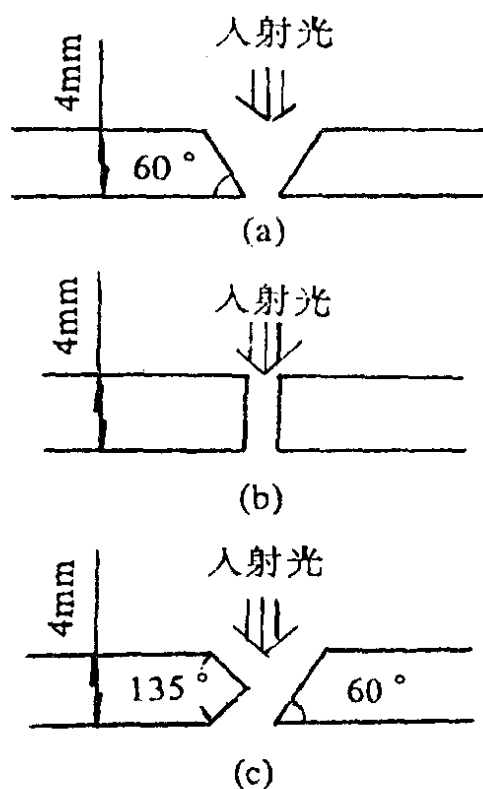


图 2-1-2 实验所用的三种狭缝

空间分布情况。

(4) 电磁铁：电磁铁所产生的磁感应强度  $B$  由下式决定

$$B = \mu_0 \mu_r NI / L \quad (2-1-1)$$

式中  $\mu_0$  为真空中磁导率，且有  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m} / \text{A}$ ； $\mu_r$  为铁芯材料的相对磁导率，对于实验中所使用的迭层硅钢片材料有

$\mu_r = 4 \times 10^3$ ;  $N$  为电磁铁线圈匝数, 实验选用  $N = 7 \times 10^3$  匝;  $I$  为电磁铁线圈中电流强度, 实验选用直流稳压电源, 并控制其电流强度为  $I = 1.25 \times 10^{-1} \text{A}$ ;  $L$  为线圈长度, 且有  $L = 4.5 \times 10^{-2} \text{m}$ ; 将上述参数代入公式 (2-1-1) 可得  $B = 97.9 \text{T}$ 。

在上述实验装置中, 如果电源开关断开, 则该装置与一般单缝衍射实验装置完全相同。但当电源开关闭合时, 则可在光栏狭缝之间建立起  $B = 97.9 \text{T}$  的磁场。

按照以往单缝衍射理论, 无论光栏狭缝之间是否有磁场存在, 将不会对衍射光的条纹分布产生任何影响。但实际的实验观察结果却得到了与之相反的实验结果。

为了便于比较, 实验中对于图 (2-1-2) 中的三种狭缝光栏情况, 均取缝宽为  $1 \times 10^{-4} \text{m}$ , 光栏与屏幕之间的距离均取  $2 \text{m}$ 。这样, 在这三种光栏条件下, 当在光栏狭缝之间建立磁场后, 实验表明衍射条纹分布都比无磁场情况有不同程度的扩展。

对于图 (2-1-2a) 所示的单缝光栏, 当在光栏狭缝之间加入磁场后, 与无磁场情况比较, 各级衍射条纹都以中央明条纹为对称点向两侧位移。距离中央明条纹越远的条纹, 其向外扩散的位移量越大。例如, 距离中央明条纹为  $170$  毫米处的第  $10$  级明条纹向外的位移量为  $0.5$  毫米, 而距离中央明条纹为  $265$  毫米处的第  $20$  级明条纹向外的位移量为  $1.5$  毫米。

对于图 (2-1-2b) 所示的单缝光栏, 加磁场后衍射条纹也产生如前一种情况的对称扩散, 但各相应条纹的位移量明显增加, 例如, 第  $10$  级明条纹的位移量达到  $2$  毫米。

对于图 (2-1-2c) 所示的单缝光栏, 当加磁场后, 衍射条纹与无磁场情况比较, 产生以中央明条纹为中心向两侧的非对称扩散。在这种非对称的衍射条纹扩散中,  $60^\circ$  角光栏片一侧衍射条纹的扩散程度要比  $135^\circ$  角光栏片一侧衍射条纹的扩散程度大。但无论对于两光栏片的哪一侧来说, 相应条纹的位移量较前

两种单缝光栏情况都要小。例如，在  $60^\circ$  角光栏片一侧，第 20 级明条纹的位移量为 0.5 毫米。

实验装置中对光栏片与光栏托架之间所采取的各种紧固措施，可以完全避免光栏片产生任何微小的相对位移。所以衍射条纹的扩散的现象，完全是由于磁场影响的结果。

在实验中，如果不断地开、闭电源开关，可使衍射条纹产生明显的扩散和收缩变化，实验的重复率为 100%。

比较图 (2-1-2) 中的三种光栏片所对应的磁致衍射条纹扩散情况可知，衍射条纹的扩散程度与光栏狭缝之间的实际磁场分布状态有关。总体来说，光栏狭缝之间所实际形成的磁场强度越强，衍射条纹的扩散程度就越大。

由上述实验结果可知，单缝衍射实验的衍射条纹分布情况，不仅与衍射光栏的机械条件（即光栏所形成的狭缝间距）有关，还与衍射光栏的物理条件（即光栏狭缝之间的磁场及其分布情况）有关。而这种单缝衍射实验中的磁致衍射条纹扩散现象，是以往单缝衍射理论、电磁波理论、以及与之有关的电磁场理论和电动力学理论所不能解释的。产生这种理论与实验之间深刻矛盾的根本原因就在于以往有关电磁波的所有理论，都是以电磁场的数学场概念为基本出发点的。在由此而建立起来的电磁波理论中，电磁波根本没有实体物质所应具有的具体空间存在形态。因此，这种非实物的电磁波无法与光栏物质组成当中的实物微观粒子结构以及光栏狭缝之间的外加实物磁场产生相互作用。

实际上，以往被普遍公认的数学电磁场和数学场电磁波理论中，存在着许多明显的矛盾和缺陷。而在以往的物理理论研究中，对这些矛盾和缺陷都是采取补救或回避的态度。磁致单缝衍射条纹扩散的实验结果，促使我们必须正视以往电磁场和电磁波理论中所存在的矛盾和缺陷。只有深刻地认识到以往电磁场和电磁波理论中所存在的矛盾和缺陷，才有可能从理论上根本解决这



些矛盾和缺陷，进而形成一个与实验相符合的电磁场和电磁波理论体系。

## 第二节 对以往电磁波理论的分析

以往有关电磁波的基础理论大体上包含如下三个基本组成部分。

其一是由麦克斯韦方程组所推导出来的关于电磁场的波动方程。这个波动方程被具体表达为电场强度矢量  $E$  的波动方程

$$\nabla^2 E = \frac{1}{C^2} \cdot \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (2-2-1)$$

和磁场强度矢量  $H$  的波动方程

$$\nabla^2 H = \frac{1}{C^2} \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \quad (2-2-2)$$

并认为方程式 (2-2-1) 式和 (2-2-2) 式分别表明了电场和磁场各自分别具有波动性。而将这两个方程组合起来考虑之，则可认为电磁场具有波动性。因此，(2-2-1) 式和 (2-2-2) 式就成为电磁场波动性理论的重要理论基础之一。

其二是按照电场强度波动方程 (2-2-1) 式和磁场强度波动方程 (2-2-2) 式的简谐波解的形式所建立起来的纯数学模式的电磁波模型。图 (2-2-1) 是这种电磁波模型的一般画法。虽然在对这个电磁波模型进行有关讨论时，往往要涉及到电磁波的实物性问题，但从这个模型本身来看，根本不具有任何实物意义。

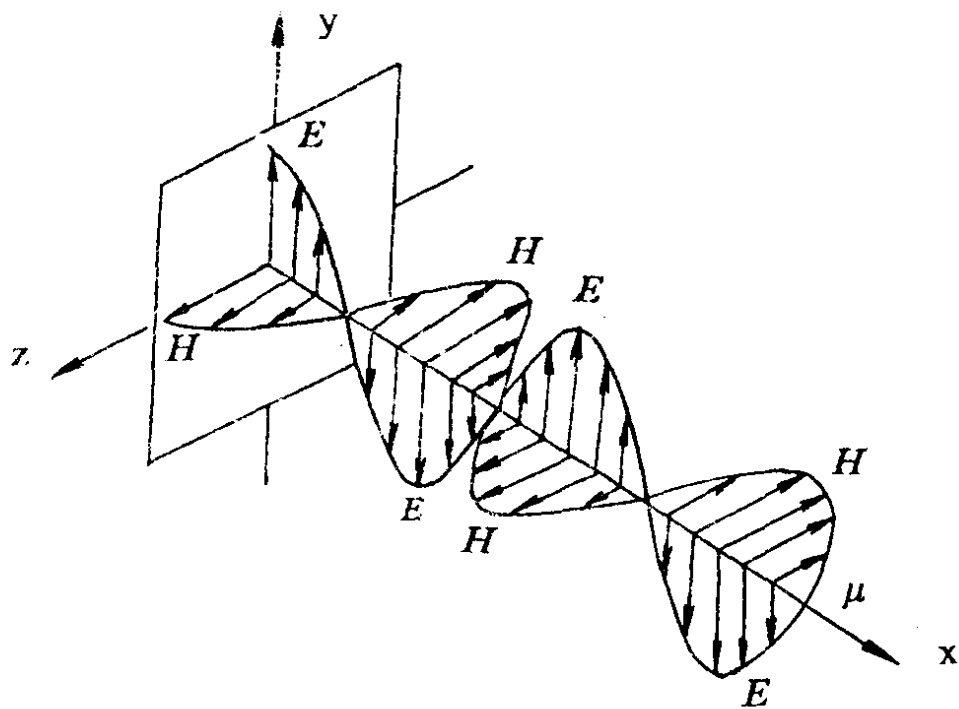


图 2-2-1 电磁波数学模型图

从图 (2-2-1) 可知, 以往电磁波理论认为, 电磁波中的电场强度矢量  $E$ 、磁场强度矢量  $H$  和电磁波能流密度矢量  $\mu$  三者之间为右手螺旋关系。同时, 电场强度矢量  $E$  的横向振动还被认为是光偏振理论的理论依据。

其三是光的干涉原理和惠更斯-菲涅耳原理。前者根据波动的基本原理假定光波之间具有干涉效应, 而后者假定光波的任意点处可以产生子波, 且这些子波之间具有干涉效应。上述两个原理分别被认为是光干涉理论和光衍射理论的理论依据。

在上述电磁场波动方程、电磁波数学模型、以及光波和子波干涉等基本理论的基础上, 我们似乎可以得到一整套关于电磁波和波动光学的理论。但是, 在关于电磁波的上述基本理论当中, 存在着一个非常严重的缺陷, 即这些理论根本没有考虑到电磁波

的实物性。也就是说在以往电磁波理论中，我们从非实物性的电磁波基本理论出发，可以得到电磁波具有实物性的推论，但实物电磁波概念却无法被纳入关于电磁波的基本理论之中。更为严重的是，当我们用电磁波的实物性观点来对上述基本理论进行分析时，就会发现这些基本理论是与实物电磁波概念根本对立的。

在用实物电磁波观点对上述有关电磁波基本理论进行具体分析之前，有必要重新明确电磁波的实物概念。光压实验可以说是证明电磁波是实物波的早期实验之一。此外，光电效应实验以及近代物理关于光子物理性质的种种实验和研究都充分证明，光子是以光速运动且静止质量为零的实物粒子。因此，与光子有着本质的相互依存关系的电磁波也必然是实物波。把光子和电磁波作为一个统一的客观整体来考虑，我们不能只认为光子是实物粒子，而电磁波却具有非实物（指基础理论部分）和实物（指从基本理论推导出来的某些结果）的两重性。从根本上说，以往电磁波理论根据其非实物性的基本理论和其具有实物意义的理论推导结果，将电磁波看做是具有实物意义的波的观点是极不全面的。一个完整准确的电磁波理论，应该在其基础理论部分就充分考虑到电磁波的实物性本质，并将这种实物电磁波观点贯穿于电磁波理论的始终。

下面我们来具体分析以往电磁波理论的基础部分与实物电磁波概念之间所存在的根本矛盾。

首先分析电场强度  $E$  的波动方程 (2-2-1) 式和磁场强度  $H$  的波动方程 (2-2-2) 式。

我们知道，在电磁学或电动力学理论中，无论是电场强度矢量  $E$  或是磁场强度矢量  $H$ ，都是以一种纯数学意义的矢量概念被引入物理理论中来的。尽管这两个基本物理概念在理论计算方面具有极其重要的作用，但在整个电磁学或电动力学理论中，始终没有对这两个纯数学的物理概念进行彻底的实物化。也就是