



# 固体激光导论

# 固体激光导论

《固体激光导论》编写组 编

上海  科技教育出版社

# 固体激光导论

《固体激光导论》编写组 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 21.75 字数 575,000

1975年9月第1版 1975年9月第1次印刷

统一书号: 13171·120 定价: 1.70 元

## 毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

# 前 言

随着激光技术的发展与应用,有关这方面的书籍也与日俱增。本书的任务则是从基础方面较为系统地阐述固体激光技术的发展。

全书的安排大致是这样的:第一章从经典光学、辐射理论以及原子能级与光谱等几个方面扼要地引出用于固体激光深入讨论所必需的基础。第二章进一步概括地论及固体激光技术中的某些问题,如媒质对光的吸收与放大,光学谐振腔,光泵抽运,激光的产生乃至光信号在媒质中的传输等等。在阐述动态过程的内容时,运用了初等的激光变率方程。同时,由于考虑了光和物质的相互作用,因而对于半经典理论的处理方法也顺便作些简要介绍。这一章可以说是全书的一个纲,因为以下各章实际上也就是从相应的方面引向深入的。应当指出,第二章中的最后一节相干自发辐射与光的相干起伏的讨论是从激光发展着眼的,详尽地分析这类问题应属量子光学,超出了本书的范围。第三章关于光学谐振腔的讨论在书中占了相当的比重。除了应用几何光学、物理光学分析了较为典型的共焦腔、低损耗腔以及模式传输等内容之外,还包括了有关平行平面腔的解析理论,纵向本征模式, W. K. B 方法的应用,光学纤维波导腔等较为专门性的内容。与第三章密切相关的是第六章关于激光方向性的分析,它直接涉及了谐振腔模式理论的运用。这里,着重讨论了在广泛实验研究的基础上,应用模式理论所出现的一些问题。诸如腔内有工作物质以及工作物质的散射和形变等因素对模式的影响,考虑腔面有畸变时的模式损耗计算,等等。最后,还给出了多模振荡方程的理论分析。另外,第四章调 Q 振荡器,第五章激光放大以及第七章模式锁定,主要论及瞬时大功率激光脉冲的形成与放大问题。书中虽然也提到了一些较为近期

的理论分析与实验结果，但是，应当注意到这方面的发展是很快的。本书最后一章介绍了强光光学的某些方面，仅限于对非线性现象的物理概念上的描述，而对许多内容未作详尽探讨。

必须指出，本书固然以讨论固体激光为主，不过也涉及了气体激光的某些基础内容，在模式锁定及内调制等讨论中便是如此，因为这两种激光实际上有许多共性的东西，至于内容上的取舍完全出于本书的需要。

本书可供从事固体激光生产、研制以及有关方面的同志参考。激光技术的发展很快，限于我们的水平，书中会有不少缺点和错误，希望同志们批评指正。

编 者

1974年9月

# 目 录

<b>第一章 光学基础</b> .....	1
第一节 光学发展概述.....	1
第二节 几何光学.....	9
1. 几何光学的基本定律(10)	
2. 理想光学系统的成象关系(13)	
3. 矩阵光学(20)	
第三节 波动光学.....	23
1. 干涉(23)	
2. 惠更斯原理(26)	
3. 克希霍夫-菲涅耳衍射积分(28)	
4. 光的电磁波理论(30)	
第四节 黑体辐射.....	36
1. 克希霍夫定律(36)	
2. 位移定律(39)	
3. 黑体辐射分布函数的确定(41)	
第五节 光子学说.....	47
1. 爱因斯坦对普朗克的黑体辐射公式的推导(48)	
2. 光的波动性与粒子性(49)	
3. 光子的状态(52)	
4. 光子简并度(55)	
5. 光的相干性与相干体积(56)	
6. 爱因斯坦系数的经典近似(62)	
第六节 原子能级与光谱.....	68
1. 氢原子光谱(68)	
2. 复杂原子光谱(72)	
3. 红宝石铬离子 $\text{Cr}^{3+}$ 的能谱(77)	
4. 三价稀土离子的能谱(83)	
<b>第二章 激光引论</b> .....	86
第一节 激光技术产生的历史简况.....	86
第二节 两能级原子系统对光的吸收(放大)和线型.....	90
1. 原子的状态分布与粒子数反转(90)	
2. 自发辐射的谱线形状(91)	
3. 考虑到谱线形状后的跃迁几率(93)	
4. 吸收系数与吸收截面(94)	
5. 两能级系统的吸收系数与吸收截面(95)	
6. 谱线加宽与线型(99)	
第三节 光学谐振腔的初步考虑.....	105
1. 光学开腔的模式(105)	
2. 光学开谐振腔的损耗(115)	
第四节 激光振荡条件.....	123

第五节 光泵抽运 .....	129
1. 粒子数方程(131) 2. 光泵抽率与光泵功率(136)	
第六节 激光输出 .....	138
1. 单模振荡的变率方程(138) 2. 激光输出功率与能量(141)	
3. 最佳耦合输出(145) 4. 受激辐射实验(147) 5. 光泵效率(152)	
第七节 激光的频率牵引与光谱变窄 .....	153
1. 工作物质与腔的传输特性(153) 2. 法布里-珀罗干涉仪理论(157) 3. 激光的线宽与输出功率(159)	
第八节 光信号的放大与超辐射 .....	162
1. 光信号放大的输运方程(162) 2. 超辐射(167)	
第九节 激光与激活离子的相互作用 .....	172
1. 相互作用方程(172) 2. 相互作用方程的解(拉姆方法)(176)	
第十节 相干自发辐射与光子的相关起伏 .....	182
1. 回波概念及光子回波实验(182) 2. 相干自发辐射(185) 3. 光子的相关起伏与凝聚现象(187) 4. 相干激光器(193) 5. 相干自发辐射几率的计算(194)	
<b>第三章 光学谐振腔 .....</b>	<b>197</b>
第一节 引论 .....	197
1. 谐振腔(197) 2. 封闭腔与开腔的模式(200) 3. 谐振腔的类型(202)	
第二节 谐振腔的几何光学分析 .....	205
1. 多次反射成象(205) 2. 多次反射成象的横向放大率(207)	
3. 高损耗区与低损耗区(208) 4. 环形腔与复合腔(213) 5. 高损耗腔(214)	
第三节 谐振腔模式的物理光学分析 .....	218
1. 谐振腔模式分析的物理光学基础(218) 2. 用迭代法求解共振模式的积分方程(221)	
第四节 谐振腔面倾斜或有任意曲率时对谐振模式的影响 .....	229
1. 倾斜的无限长条面腔(230) 2. 镜面曲率对共振模式的影响(232)	
3. 模式计算的微扰方法(234)	
第五节 共焦腔 .....	237
1. 球面镜谐振腔的几何参量(238) 2. 方形镜面共焦腔(239) 3. 方形镜面共焦腔的共振条件与模式简并(240) 4. 方形镜面共焦腔的损耗(242) 5. 方形镜面共焦腔模式的场分布(243) 6. 横模指标的截止值(247) 7. 方形镜面共焦腔模式的空间分布(247) 8. 共焦	



腔的焦散曲线(250) 9. 不等尺寸的矩形镜面共焦腔(251) 10. 圆形镜面共焦腔(252)	
第六节 低损耗球面腔	257
1. 低损耗球面腔的共振条件(258) 2. 低损耗球面腔的模斑(260)	
3. 低损耗腔的模体(261) 4. 低损耗球面腔的等效性问题(263)	
第七节 高损耗腔	264
1. 高损耗腔的模式与损耗(几何光学方法)(265) 2. 高损耗腔本征模式的本征值的菲涅耳积分表示(267)	
第八节 平行平面腔	272
1. 半无限大平行平面的波导传输与平行平面腔(272) 2. 封闭的平行平面腔的本征模式(274) 3. 半无限大平行平面腔的本征模式(274) 4. 有限宽度的平行平面腔(277) 5. 矩形镜面平行平面腔与圆形镜面平行平面腔(280)	
第九节 W. K. B 方法*(谐振腔模式的解析理论)	282
1. 共焦腔(282) 2. 低损耗腔(284) 3. 圆形镜面共焦腔的本征模式(285) 4. 本征模式的微分方程的标准形式(288) 5. 当 $\xi \rightarrow \infty$ 时,本征模式的渐近行为(290) 6. W. K. B 方法解本征模式的微分方程(291) 7. W. K. B 方法的推广形式(294) 8. 无限长条形腔的渐近积分(296)	
第十节 纵向的本征模式(纵模锁定)	301
1. 纵模重现和它的表示(301) 2. 纵向本征模式的计算(302)	
第十一节 激光束的结构与传输问题	307
1. 激光束的传输问题(307) 2. 无损耗传输情况下激光的本征模式(308) 3. 激光光束通过透镜的传输(312) 4. 传输系统与谐振腔系统的匹配(313)	
第十二节 光学纤维波导腔	318
1. 光学纤维波导腔的模式分析(318) 2. 光学纤维波导腔的本征模式图象(324)	
<b>第四章 调 Q 激光振荡器</b>	<b>327</b>
第一节 调 Q 激光振荡器的工作原理	327
第二节 调 Q 振荡器的基本参量分析	337
第三节 光开关	341
1. 慢开关的大功率激光器(342) 2. 电光开关调 Q 振荡器(351)	
3. 饱和吸收染料快速开关(355)	
第四节 影响巨脉冲的形状与宽度的各种因素	362

1. 光泵的不均匀对巨脉冲宽度的影响 (362)
2. 空间的空穴效应对巨脉冲的影响 (365)
3. 高增益腔的调  $Q$  振荡问题 (369)

## 第五章 激光放大 .....376

### 第一节 行波放大的输运方程(非相干相互作用理论) .....376

### 第二节 输运方程的稳态解 .....379

1. 计及光泵抽运及反转粒子数弛豫后的输运方程 (379)
2. 谱线轮廓对增益系数的影响 (382)
3. 增益变窄 (387)
4. 饱和输出功率 (388)

### 第三节 空穴效应 .....390

1. 空穴效应 (390)
2. 空穴的深度与宽度 (391)
3. 单模输出功率的“凹陷”效应 (393)
4. 交叉弛豫与“空穴”效应 (394)
5. 交叉弛豫的实验测定 (400)

### 第四节 输运方程的非稳态解 .....400

1. 无损耗介质中放大方程的解 (402)
2. 放大率  $G(x, \tau)$  与信号脉冲能量  $\int I(x, \tau) d\tau$  间的关系 (406)
3. 脉冲宽度在放大过程中被压缩 (408)
4. 脉冲信号在无损耗介质中的放大 (411)
5. 光脉冲在放大与吸收两元介质中的传播 (415)

### 第五节 行波放大的半经典理论 .....418

1. 激光与激活介质的相互作用方程 (420)
2. 超短光脉冲通过激活介质的放大与吸收 (422)
3. 面积定理 (424)
4. 放大介质中的  $\pi$  脉冲 (427)
5. 无损耗放大介质中稳态脉冲的形成过程 (429)
6. 超短脉冲在非线形吸收介质中的传播与“自感透明”效应 (432)

### 第六节 行波放大实验 .....434

1. 一般考虑 (434)
2. 棒状放大器中的一些问题 (437)
3. 超辐射的隔离 (439)
4. 片状激光放大器 (448)
5. 行波放大器的总体实验 (453)

## 第六章 固体激光的方向性 .....456

### 第一节 对固体激光方向性的实验研究 .....456

1. 空间相干性 (456)
2. 横模激发与激光光束的发散角 (465)
3. 腔面调整精度对激光方向性的影响 (473)
4. 尖峰效应与弛豫振荡 (476)

### 第二节 工作物质的光学不均匀性 .....481

1. 工作物质的散射 (481)
2. 工作物质的光学不均匀性 (483)

### 第三节 工作物质的热形变 .....489

1. 工作物质的热形变 (489)
2. 钎玻璃的光畸变分析 (494)
3. 激光器的热象差 (497)
4. 热形变的补偿问题 (501)

第四节	开腔模型在应用中的一些问题 .....	504
1.	开腔模型在应用中的一些问题 (504)	
2.	增益饱和对激光振荡模式的影响 (507)	
3.	反转粒子数的不均匀对激发模式的影响 (511)	
4.	谐振腔的各种偏差对本征模式及衍射损耗的影响 (515)	
5.	法布里-珀罗谐振腔的本征模式和损耗问题 (517)	
第五节	稳态多模振荡对激光方向性的影响 .....	524
1.	空间空穴效应 (524)	
2.	用环形腔获得红宝石激光的单模振荡 (528)	
3.	钕玻璃环形腔激光器 (529)	
4.	稳态多模振荡方程的近似解与准确解 (531)	
第六节	模式选择 .....	544
1.	低损耗球面腔与平行平面腔的模式选择 (544)	
2.	腔内插入透镜选模 (546)	
3.	高损耗腔的模式选择 (547)	
4.	高损耗腔参数的选择 (548)	
5.	调 $Q$ 的高损耗腔 (550)	
6.	高损耗腔的纵模选择 (551)	
<b>第七章</b>	<b>激光的模式锁定 .....</b>	<b>554</b>
第一节	模式锁定的一般论述 .....	554
1.	模式锁定的基本概念 (554)	
2.	激光的多模锁定及超短脉冲技术的发展情况 (557)	
3.	纵模锁定 (559)	
4.	各种纵模锁定方式 (561)	
5.	横模锁定 (565)	
第二节	超短脉冲技术 .....	568
1.	超短脉冲的产生 (569)	
2.	有子腔情况下的超短脉冲系列 (571)	
3.	单一超短脉冲的选取 (573)	
4.	超短脉冲的压缩与放大 (575)	
5.	超短激光脉冲的应用 (577)	
第三节	超短脉冲宽度的测量 .....	580
1.	双光子荧光效应的测量 (581)	
2.	测定超短脉冲产生的二次谐波确定脉冲宽度 (584)	
3.	线性光学测量 (586)	
第四节	纵模锁定条件 .....	589
1.	极化与频率牵引 (590)	
2.	激活媒质的三次极化 (592)	
3.	激活媒质的色散与补偿 (595)	
4.	高次极化系数的计算 (599)	
5.	多个模式的锁定 (603)	
第五节	内调制 .....	605
1.	相位调制 (606)	
2.	损耗调制 (613)	
3.	单频输出 (615)	
<b>第八章</b>	<b>强光光学 .....</b>	<b>617</b>
第一节	强光光学 .....	617
第二节	光与物质的相互作用 .....	620
1.	色散 (620)	
2.	双折射 (624)	
3.	旋光 (628)	
4.	散射 (630)	
5.	超声波对光的衍射 (638)	
6.	拉曼散射 (640)	
7.	“超光速”电子效应 (644)	

第三节 受激拉曼散射 .....	646
1. 受激拉曼散射与一般拉曼散射的区别 (647)	
2. 受激拉曼散射的机制(648)	
3. 斯托克斯辐射及高阶的斯托克斯辐射(650)	
4. 产生反斯托克斯辐射的四光子过程问题(653)	
第四节 受激布里渊散射 .....	654
1. 受激布里渊散射(654)	
2. 受激布里渊散射的频移(656)	
3. 液体的受激布里渊散射(657)	
第五节 受激康普顿-吴有训散射 .....	658
第六节 等离子体对激光的散射 .....	659
第七节 光束的自聚焦 .....	660
1. 自聚焦的内全反射模型(660)	
2. 光束自聚焦的波面会聚模型(662)	
第八节 二次谐波 .....	664
1. 二次谐波分析(664)	
2. 非线性极化系数与晶体的对称性(668)	
3. 利用双折射晶体进行位相匹配(671)	
4. 临界匹配与非临界匹配(673)	
5. 腔外倍频(676)	
6. 腔内倍频(677)	
7. 倍频晶体(678)	
第九节 光参量振荡器 .....	679
1. 光参量振荡器的增益分析(680)	
2. 光参量振荡阈值(681)	
3. 调谐技术(682)	

# 第一章 光学基础

## 第一节 光学发展概述

毛主席教导我们：“人类认识的历史告诉我们，许多理论的真理性是不完全的，经过实践的检验而纠正了它们的不完全性。许多理论是错误的，经过实践的检验而纠正其错误。”从光学发展来看，也同样清楚地说明人类的确经历着“实践、认识、再实践、再认识”这种过程而不断深化对客观世界的认识。

在古代，起初为了解释人为什么能够看到周围物体这一问题，便产生了对光的种种设想。古希腊的一些哲学家曾经认为：人的眼睛之能识别物体，大体上同手能触摸到物体有些相似。并且，还曾设想人的眼睛能够向着被看见的物体发射一种“视线”。后来，人们由实践经验察觉到这种看法不妥，并指出：如果视觉的产生是由于眼睛能够发出“视线”的话，那么为什么人在黑暗中却看不见物体呢？显然，那种认为光由人眼睛射出进入黑暗中就会消失的看法是不正确的。恰好相反，视觉是发光体射出的微粒落到眼睛上而产生的，至于物体所以能被识别，则是由于从物体表面放出的微粒构成原物外貌和形状的“幻影”，它推动空气“刺激瞳孔”，穿过眼睛造成视觉。并用“光线”一词表示光是人体以外发生的现象。一旦光现象作用到人的眼睛，便引起视觉。这就是西方各国对于由“视线”到“光线”的认识转变过程，这段时间是漫长的，大约经历了六、七个世纪，即从公元前五、六世纪一直延续到公元一世纪。

约在公元前四世纪，我国先秦时代的《墨经》已经有了关于光学现象的科学记载。这部世界上最早的文献中，记述了阴影的形成、反射的走向、传播的直进性，以及平面镜和球面镜的映象成象等等。文理扼要，精辟地概括了我国劳动人民的劳动和智慧。图

尤者景也景光之人則若射下者之人  
 也高而射之人也下足蔽下光故成景於止  
 首蔽上光故成景於下在遠近有端與於光  
 故景廡內也景日之光反燭人則景在日與  
 人之間景木植景短大木正景長小大小於  
 木則景大於木非獨小也遠近臨正鑿景其  
 貌能白黑遠近植正異於光鑿景當俱就去  
 本當俱俱用此鑿者之異於鑿無所不鑿景  
 之異無數而必過正故同處其體俱然鑿亦  
 鑿中之內鑿者近中則所鑿大景亦大遠中  
 則所鑿小景亦小而必正起於中緣正而鑿  
 其直也中之外鑿者近中則所鑿大景亦大  
 遠中則所鑿小景亦小而必易合於而長其  
 直也鑿鑿者近則所鑿大景亦大亦遠所鑿  
 小景亦小而必正景過正

圖 1-1

古人鑄鑑大則平鑑小則凸凡鑑鑿則照人面  
 大凸則照人面小小鑑不能全觀人面故令鑑  
 凸收人面令小則鑑雖小而能全納人面仍復  
 量鑑之小大增損高下常令人面與鑑大小相  
 若此二之巧智後人不能造比得古鑑皆刻磨  
 令平此師曠所以傷知音也  
 陽燧照物皆倒中間有礙故也算家謂之格術也  
 人攝鏡泉為之礙故也若鳥飛空中其影隨鳥  
 而移或中間為窗隙所束則影與鳥逐相逐也  
 東則影西為西則影東又如窗隙中機塔之影  
 中間為窗所束亦皆倒垂與陽燧一也陽燧而  
 注以一指迫而照之則正漸遠則無所見過此  
 遂倒其無所見處正如窗隙機泉腰鼓礙之本  
 末相格遂成搖撼之勢故舉手則影愈下下手  
 則影愈上此其可見也  
 為一強大如麻菴者物則  
 大器此則明誠最細處也

圖 1-2

1-1 是《墨经》中关于光学八条的部分记载。

到了公元九世纪,我国宋代沈括在《梦溪笔谈》一书中,对凹面镜和凸面镜的成象以及凹面镜焦点位置与曲率的关系,更作了详细的记载,这些关系的获得说明当时我国的光学工艺技术已有相当水平。图 1-2 取自《梦溪笔谈》中论述的光学部分。

公元十三世纪,西方有人开始利用聚光的凹面镜取火。在此期间还发明了眼镜。

大约公元 1600 年间,荷兰人发明了由会聚透镜与发散透镜组成的望远镜和显微镜。不久,伽利略仿制了一台望远镜用于天文观测。后来,开普勒搞了一台实焦点望远镜,由于提高了放大倍率,扩大了天文观测的视野。

公元十七世纪初,荷兰的斯奈耳发现:在同一媒质中,光线入射角的正弦与折射角的正弦之比是常数。在他死后十一年,1637 年由笛卡儿总结成了现在的折射定律。

十七世纪中叶,发现了光的散射现象、衍射现象以及双折射现象。

到 1672 年,牛顿发表了关于光的本质的基本假说。牛顿写道:“……有充分根据认为光是实体”,并认为光是由一种具有完全弹性的球形微粒组成,由光源发出,以高速作直线运动,而且只有在媒质发生变更的情况下才会有速度的变化,而速度的变化则用媒质对微粒的作用力来解释。牛顿以此为论据,阐明了光的直进现象、反射定律以及折射定律。在解释光的折射与反射时,牛顿认为:光的传播速度决定于媒质的密度,媒质的密度愈大,光在其中传播的速度也愈大。

1678 年,惠更斯提出一种和“微粒论”根本不同的概念,创立了光的“波动说”。他认为:“……光象声音一样,以球形波面的形式传播……”,他假定传播的媒质是“以太”,并且是按“以太”的弹性纵振动传播。

惠更斯的理论可以解释光的反射、折射和双折射等现象。但是,对不同媒质中光的传播速度,“波动说”得出了与“微粒论”相反

的结论：即在较密的媒质中，光的速度比在较疏的媒质中为小。

十七世纪七十年代，根据天文上观测到的木星卫星星蚀现象，计算出光的速度，数值很大，约 215000 公里/秒。具有如此巨大速度的粒子流在当时是很难想象的，这给“微粒论”带来一定的困难。但是，若用“波动说”解释，必须假设“以太”既具有固态物质的性质，又不妨碍天体运动，这就更困难。比较来说，用“微粒论”解释还算容易接受一些。事实上，“微粒论”和“波动说”，并没有哪一个具有特别显著的优越性。

随着各种光现象的发现，人们对光的本质的认识也在逐渐地深化。光的干涉现象有力地支持了光的“波动说”。

1801 年，托马斯·杨研究了光的干涉现象。他成功地用光波的迭加解释了这一现象。而且，他还运用干涉方法首次测定了可见光的波长。这就大大地冲击了“微粒论”。

1808 年，马吕斯发现光在反射时的偏振现象。第二年马吕斯与毕奥又在同一天发现了光在双折射时的偏振现象。同年，阿喇果还发现了偏振面的旋转现象。

这些偏振现象表明，某些光在其传播方向和垂直面上有取向性，根据惠更斯把光的传播看成是“以太”纵向振动的波的传播理论观点已无法解释。

1820 年前后，菲涅耳根据多方面的资料确立了“波动说”的数学论据，并提出了光是横波的假设，用“以太”横振动解释了光的传播。1835 年，菲涅耳又根据托马斯·杨的干涉原理（以光波具有一定的波长为基础）补充了惠更斯原理，建立了所谓惠更斯-菲涅耳原理，圆满地解释了光的传播和衍射现象，成为波动光学的基础。

1850 年，用高速转镜法测定出光在水中的速度大约是在空气中的  $\frac{3}{4}$ ，亦即在空气中的光速比在水中的光速约大 1.33 倍（指黄光波长范围）。这个结果，与“波动说”的结论相符合，因而它有力地支持了“波动说”，而被认为是“微粒论”不正确的一个根据。

1846 年法拉第发现：光的振动面在磁场中发生了旋转。它反



映了光现象与磁学现象存在着某种内在联系。

1856年，韦伯发现光在真空中的速度等于电流强度的电磁单位与静电单位的比值（这个比值等于  $3 \times 10^{10}$  厘米/秒）。这又揭示出光现象与电学现象有一定关系。

1865年间，麦克斯韦以库仑、安培、法拉第、高斯等在电磁学中奠定的经验规律为基础，创立了电磁波理论，正确地阐明了法拉第关于电磁场的概念，预言了电磁波的存在。不久，约在1888年赫兹实验证实了上述结论。

麦克斯韦的电磁波理论指出：变化着的电场和磁场以  $3 \times 10^{10}$  厘米/秒的速度在真空中传播，与实验结果准确地符合。从而得出结论：光波就是一种电磁波。

但是，电磁波理论的基础还需要有所谓“电磁以太”为媒质，只是代替了“机械以太”而已。

1881年，迈克尔逊和莫雷根据长时期的实验所累积的结果，相当精确地证明：不论观察者如何在运动，所测得的光速总是一个常量。找不到存在“以太”的证据。

1896年，洛仑兹创立了物质结构的电子论，认为原子和分子中含有带负电的电子，在无外力作用时处于平衡位置；在外力作用下，电子作阻尼振动而产生光的辐射。并根据光的电磁理论，解释了媒质对光传播的影响。当光通过媒质时，媒质中电子的自然频率若与外场的频率接近时，则产生共振吸收或选择性吸收以及色散现象。

1905年，爱因斯坦根据迈克尔逊实验提出了狭义相对论，克服了电磁波理论中存在“电磁以太”的矛盾，使得理论的基础进一步稳固。

尽管光的电磁波理论对许多有关光的传播现象能够解释，甚至预见了一些新现象的存在，但是，对光的发射、吸收以及光电、光压与光化效应等的解释却遇到了困难。

关于黑体辐射能量按波长分布的问题比较典型。从洛仑兹理论出发得不出令人满意的解释。