

英国等离子体物理研究概况*

前 言

科学研究委员会(以下简称科委)大学科学技术局物理委员会,对英国等离子体物理领域当前的研究工作与发展工作进行了这一评论,目的是为预测大学各系对这门学科的研究需要,以及为预测工业和技术的现有应用和潜在应用对这门学科的研究需要,提供确实的依据。

本评论包括大学与学院中研究生的教学与研究的概况,包括对工业中与政府实验室中等离子体物理的研究、应用的范围与性质的估计。评论工作开始于1967年2月,其基础是同年6月至12月收集的资料。

本评论由物理委员会等离子体小组负责写成,小组成员为 J. E. 艾伦博士(牛津), R. 莱瑟姆博士(帝国学院), F. 卢埃林·琼斯教授(斯温西)和 R. S. 皮斯博士(柯拉姆)(组长)。P. A. 达文波特博士(柯拉姆)在调到科委时曾作过一个概述。

目 录

1. 绪论.....	38
2. 研究生教学(略).....	40
(i)完全是或主要是等离子体物理的课程	
(ii)其他含有等离子体物理内容的课程	
(iii)等离子体物理的哲学博士	
(iv)较高学位研究生的出路	
3. 研究.....	40
(i)大学和学院中的研究.....	40
(ii)非私营机构中的研究.....	44
(iii)私营机构中的研究.....	44
(iv)等离子体物理杂志.....	46
4. 国外状况(略).....	46
(i)美国的等离子体物理	

* 本文摘译自英国科学研究委员会 (Science Research Council)1968年10月出版的《英国等离子体物理评论》(Review Plasma Physics in the United Kingdom)一书,题目系译者所加。文末附摘译自《英国大学和学院的科学研究》(Scientific Research in British Universities and Colleges)1970—71第1卷中有关等离子体物理和磁流体力学方面的内容。

(ii)法国的投资	
(iii)全世界的聚变研究	
5. 等离子体物理与等离子体技术的现状与趋势	46
(i)基础方面	46
(ii)技术方面	47
(iii)聚变研究	48
(iv)等离子体技术的市场	48
(v)对化学工业的潜在应用	49
(vi)磁流体力学发电	49
(vii)一些重要的生长点	50
6. 结论	51
7. 建议	52

附 录

I. 研究生课程(略)	53
II. 大学和学院中的研究	53
III. 非私营机构中的研究	62
IV. 私营机构中的研究	68
V. 英国的气体激光物理	74

1. 绪 论

等离子体是一种充分电离的气态物质,其性质和行为受其中存在的带电粒子所支配。等离子体除具有与通常气体共同的性质外,它还是导电的,因此它受电磁场的作用,而集体运动的结果也可以产生电磁场。等离子体的另一基本性质为准中性;电荷的任一重大的不平衡都将产生足够强的电场以恢复原状。因此由于静电耦合能够激起等离子体振荡。

图1表明,这一物质的第四态¹⁾(等离子体有时被这样称呼)存在于很广的物理参数范围内。粒子密度范围从恒星际气体中的 $1-100\text{厘米}^{-3}$,经过实验室等离子体的 10^8-10^{20} ,到恒星内部与核爆炸时的 $10^{22}-10^{25}$ 。等离子体温度范围从小电流放电中的几分之一电子伏到聚变等离子体的 10^5 电子伏,而在宇宙等离子体中例如蟹状星云中则达到相对论的能量。

最简单的等离子体由完全电离的氢所组成,在高温与低密度的条件下碰撞效应可以忽略。这是天体物理与热核等离子体的领域,在近十五年左右形成为实验科学,并时常被称作完全电离气体物理学。在低温等离子体中,各种不同粒子组元(正负离子,分子离子和中性原子)的相互作用变得重要。在许多实验室等离子体中,还必须考虑这些组

1) W. 克鲁克斯在1879年把气体放电中产生的电离介质称为物质的第四态(Phil. Trans., 1, 135).
I. 朗缪尔在1928年左右定名为'等离子体'。

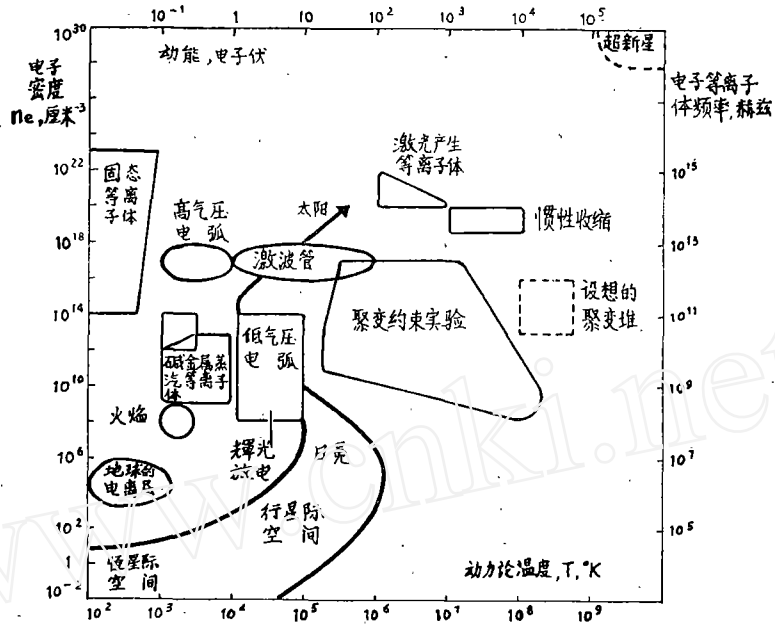


图1 等离子体态——密度与温度

元与凝聚物表面的相互作用。由于在很多情况下等离子体的行为类似于可压缩导电液体，其运动取决于与磁场的相互作用，所以等离子体物理也加进了不少磁流体力学的学科内容。高超声速——高马赫数时的激波与爆震波——和高温化学火焰，也都涉及等离子体物理。

在二十世纪物理学的发展中，在我们对实验室中物质的本性的认识中，在高空大气和空间中，电离物理与等离子体物理的研究都起着主导的作用。要理解其他科学领域的基础，包括天体物理，化学和生命科学，有赖于电离物理与等离子体物理研究中所揭示的原子与分子过程的原理。有充分理由认为，扩大这些研究将对物理学和其他科学的未来发展继续作出贡献。此外，电离物理由于包含的学科范围广，已被证明对于大学生和研究生来说是有价值的训练场地。这些大学生不仅在电磁学基本原理方面，在带电粒子与中性粒子相互作用方面受到广泛的训练，也在很多迅速发展的实验方法如超高真空技术，高速示波器与光电子学等方面受到训练。在大学的各科学系里所能做的有价值的实验，就其规模而言花钱不应太多，同时能使学生独立工作并获得个人责任感，这常常是大规模研究中所缺少的。就职记录表明，后来进入工业，政府部门，教学，学校和大学的在等离子体物理方面受过训练的这些研究生具有广泛的适应性。

对于本评论来说，等离子体研究从基础研究到技术应用划分为七大项目，每一项目的内容再划分为多至六个的小课题，见下：

- | | |
|---------------|-----------------------------|
| 1. 自然等离子体 | (d) 大气电学 |
| (a) 天体物理与太阳物理 | 2. 实验室等离子体 (把等离子体作为一种介质来研究) |
| (b) 磁层 | (a) 与电磁场的相互作用 |
| (c) 电离层 | |

- (b)与准稳场的相互作用 (流体力学与约束)
 - (c)波和束一相互作用
 - (d)高超声速, 激波和湍流
 - (e)输运性质
 - (f)辐射
3. 使用等离子体作基础研究
- (a)原子数据
 - (b)光谱学
 - (c)气体激光器
 - (d)电离物理 (表面现象与击穿现象, 等离子体的产生)
 - (e)诊断方法
 - (f)等离子体化学
4. 使用等离子体来研究技术
- (a)离子源
 - (b)粒子探测器
 - (c)真空技术
 - (d)等离子体炬和火焰, 等离子体炉
- (e)微电子学电路
5. 等离子体用作电路元件
- (a)开关与整流
 - (b)放大器
 - (c)微波技术
 - (d)电弧、火花和电晕
 - (e)噪音源
6. 化学工程与加工工程
- (a)化学合成
 - (b)材料制造
 - (c)环境模拟
 - (d)表面处理
7. 动力产生与能量转换
- (a)聚变
 - (b)磁流体力学(MHD)发电
 - (c)等离子体二极管
 - (d)推进
 - (e)光源

对等离子体物理的这种分类, 其范围需进一步明确。在原子物理与光谱学领域中, 包括物质的等离子体态是主要成分的研究工作。在表面物理领域中, 包括等离子体与表面的相互作用, 如触点的微弧, 火花加工与辉光放电淀积, 而不包括主要过程的研究, 如溅射, 二次发射, 使用带电粒子束。类似地, 气体激光器研究的目的是更好地理解所包含的等离子体过程, 而不涉及有关器件的研制或激光器在其他领域中的应用。在天体物理和空间研究领域中, 以及在等离子体化学和加工工程中, 则只包括主要目的是研究等离子体性态的那些内容。虽然金属与半导体中的电子等离子体所展示的现象与我们在气态等离子体中所观察到的十分相似, 但本评论只限于气态等离子体, 而把固态等离子体的研究排除在外。已研制成的各种等离子体装置的应用, 这里仅作为当前国民经济中等离子体技术的代表而提到。

2. 研究生教学 (略)

3. 研 究

(i) 大学和学院中的研究

本评论范围内的研究工作在英国四十个大学和学院的大约八十个系里是 彰 明 昭 著 的。附录 II 给出这种工作的广泛的分类表, 以及详细的注释, 来源和参考资料。在等离

子体研究方面，有积极性的研究人员总数约为260。

担任主要工作的各系列于表Ⅶ（物理系）和表Ⅷ（工程系），各研究项目下的数字是从事研究的毕业生估计数。列入表中的标准是至少有两个研究人员的主要研究工作在等离子体领域内。总共约有200名研究人员在33个系中从事这些主要工作。

各物理学的研究工作 表Ⅶ

研 究 项 目	1	2	3	4	5	6	7	总 计
	自然等 离子体	实 验 室 等 离 子 体	基本 研究	技术 研究	电路 元件	化学工程 与 加工工程	动力与 能 量	
贝尔发斯特	1	1	13	2	—	—	—	17
伯 明 翰	6	—	2	—	—	—	—	8
剑 桥	3	—	—	—	—	—	—	3
剑桥 应用数学与理论物理系	1½	1½	—	—	—	—	—	3
达拉姆 (Durham)	2	—	1	—	—	—	—	3
埃塞克斯	—	—	2	—	—	—	—	2
格拉斯哥	—	3	—	—	—	—	—	3
赫 尔 伦 敦	—	1	2	—	—	—	—	3
霍洛威 (Holloway)	—	1	1	1	—	—	1	4
帝 国 * 大学学院	1	3	3	—	—	—	1	8
纽加塞尔	12	1	12	—	—	—	1	26
组加塞尔	1	1	3	—	—	—	—	5
牛 津	—	1	1	—	—	—	—	2
雪 菲 尔	7	—	—	—	—	—	—	7
斯特拉思克莱德	—	4	4	—	—	—	—	8
萨 里 (微 波)	—	3	—	—	—	—	—	3
苏塞克斯	1	1	1	—	—	—	—	3
约克 (York)	—	—	4	—	—	—	—	4
威 尔 斯 阿贝里斯退斯 (Aberystwyth)	5	2	—	—	—	—	—	7
斯 温 西	—	1	8	—	2	—	—	11
总 计	40½	24½	57	3	2	0	3	130
%	31	19	44	2	2	0	2	

* 伦敦大学学院 (UCL) 的数字，第 1 行有10人在穆拉德空间科学实验室 (Mullard Space Science Laboratory)，第 3 行有 9 人在原子物理方面，并且未计27名研究助理。

图 2 是这33系的等离子体研究人数分布，它是把 7 个研究项目下的研究人员总数加起来而得到的。

表Ⅷ中称为外围工作的其余研究工作列入附录Ⅱ的表中，包括更为外围的等离子体研究，零星散布在航空、天体物体、燃料科学、地质和冶金等系。我们估计，实际上约有60名大学毕业的研究人员参与这种外围工作。

各工程系的研究工作

表Ⅷ

研究项目	1	2	3	4	5	6	7	总计
	自然等 离子体	实验室 等离子体	基本 研究	研究 技术	电路 元件	化学工程 与 加工工程	动力与 能量	
剑桥	—	1	1	—	1	—	—	3
里兹	—	—	1	—	4	—	—	5
利物浦	—	2½	8½	2	4	—	—	17
伦敦	—	—	—	—	—	—	—	—
帝国	—	—	2	2	—	—	—	4
国王	—	1	—	—	—	—	1	2
(电力)	—	—	—	—	—	—	—	—
玛丽皇后学院	—	—	—	—	—	2	1	3
(机械)	—	—	—	—	—	—	—	—
曼彻斯特	—	—	1	—	1	—	—	2
科学技术学院	—	—	—	—	—	—	—	—
纽加塞耳	—	—	2	2	—	—	2	6
(化学)	—	—	—	—	—	—	—	—
牛津	—	3	2	—	2	—	—	7
雪非尔	—	—	—	—	—	—	—	—
(电力)	—	1	2	—	1	—	—	4
(化学)	—	—	—	1	—	1	1	3
扫桑波敦	—	—	3	2	—	—	1	6
(电力)	—	—	—	—	—	—	—	—
斯特拉克莱德	—	—	3	—	3	—	—	6
(电力)	—	—	—	—	—	—	—	—
总计	0	8½	25½	9	16	3	6	68
%	0	12	38	13	24	4	9	

1965—66年间英国大学中从事科学与技术课题的研究人员总数是¹⁾

物理科学	4313	其他应用科学	1283
生物科学	1240	农林	402
工程	2513	兽医科学	277

因此上面所说的在等离子体研究方面有积极性的260人，占物理科学与工程二者的总人数的4%。

等离子体物理的当代科学研究可分为两个不同的分支。一个分支研究部分电离等离子体，包括电离物理与气体放电物理，一般还涉及等离子体与物质其他三态的相互作用

¹⁾ Statistics of Science and Technology, HMSO (1967), 表45。

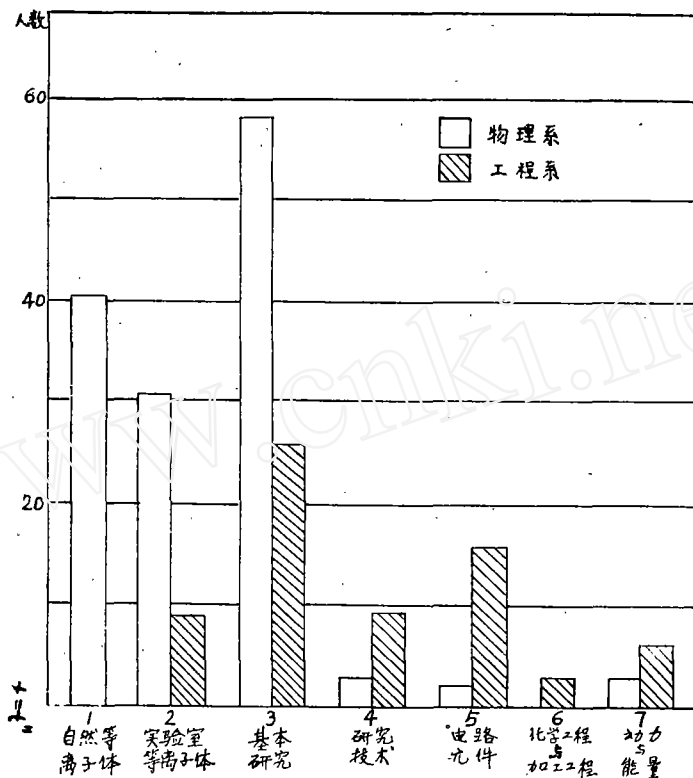


图2 大学中等离子体研究人数分布

用。另一个分支研究完全电离等离子体，它与物质的其他三态相隔离，只与场有相互作用，而且它主要处于高温无碰撞状态。

部分电离等离子体领域看来相当迎合各种水平的教学与研究的需要，尽管它之所以能够受到更广泛的重视，是由于它作为一个广泛而有价值的学科领域所具有的潜力，以及由于它与其他课题如表面物理，气相化学，燃烧和火焰研究等的联系。

完全电离等离子体的研究是比较新的发展，在我国大学中还未广泛成为一门实验科学。这一领域的大多数工作是理论性的，并带有天体物理的倾向。在利物浦和斯特拉思克莱德进行了角收缩高温等离子体约束的实验工作，帝国学院进行了 Polytron 装置的工作。磁化等离子体中电磁波的实验室研究在苏塞克斯进行，在拉夫巴勒和牛津研究了电声波和朗道阻尼。除了这些以外，看来在英国各大学并未进行以下各种现象的实验研究，如阿尔芬波，电声波，朗道阻尼，湍流加热，无碰撞激波同完全电离等离子体中的非线性波相互作用。

最近三年科委物理委员会对等离子体研究给予下列补助金：

科委给予等离子体物理的补助金(单位为1千英磅)

表 IX

	学 年		
	1964—5	1965—6	1966—7
科委在物理科学与工程方面总支出		25,000	30,000
大学科学技术局物理委员会的总补助金	673	661	1,061
物理委员会等离子体物理补助金			
金 额	92.1	70.4	157.5
百 分 比	13.5%	11%	15%
补助金项数	13	15	20

此外,科委其他委员会的研究补助金有些与等离子体物理有关;1966—67这类补助金包括:

委 员 会	补 助 金 项 数	金 额 (千英磅)
电力与系统工程	5	29.9
天文、空间与射电局	3	11.1
化学工程与技术	1	2.8
小 计	9	43.8
物理委员会(见上)	20	157.5
1966—67的总数	29	201.3

(ii) 非私营机构中的研究

本节包括政府与科委实验室,国营工业和非私营企业的等离子体研究。有四个十分明确的研究范围。

(a) 空间科学 电离层,磁层和太阳中自然等离子体的基础研究。等离子体环境对卫星和空间飞行器的影响。发展空间电推进。

(b) 供电工业 用于整流和转换的电弧装置技术。面向开关与绝缘问题的高电压击穿研究。

(c) 原子能 热等离子体的实验室研究,目的是实际实现从受控核聚变获得能量。

(d) 通讯 研究电磁波在自然等离子体中的传播。发展通讯用气体激光器。

表 X 说明在等离子体领域中非私营机构实验室的一些最突出的研究工作。更详细的表,以及注释和参考资料,见附录 II。

这些表中没有提到国防研究单位的保密工作。这种照例的省略看来并未严重改变所展示的研究工作概况。

数字是近似的大学毕业的研究人员数。

柯拉姆的总数中不包括技术人员,而且研究项目 2 与 7 之间的划分带有主观随意性。

(iii) 私营机构中的研究

私营工业中的等离子体研究更难于查明。商业秘密的考虑使得某些商行不愿泄露它

研 究 项 目	1	2	3	4	5	6	7	总 计
	自然等 离子体	实 验 室 等 离 子 体	基 本 研 究	研 究 技 术	电 路 元 件	化 学 工 程 与 加 工 工 程	动 力 与 能 量	
电力委员会								
Capenhurst	—	—	4	1	2	2	—	9
中央电力生产局								
Leatherhead	—	—	6	—	5	—	3	14
Marchwood	—	—	6	—	21½	2	—	29½
Portishead	—	—	—	—	1	—	—	1
Cockfosters	—	—	—	—	4	—	—	4
电力研究协会								
Leatherhead	1	—	—	1	2	—	—	4
英国铁路局								
Derby	—	—	—	3½	2	—	—	5½
政 府								
NPL	—	—	—	3½	—	5	—	8½
RAE	1	½	2	—	—	—	12	15½
RARDE	1	—	1	2	—	3	—	7
RPE	—	3	2	—	1	—	1	7
SERL	—	—	18	—	—	—	—	18
英国原子能局								
AERE	—	—	—	—	—	4	—	4
AWRE	—	—	2	6	—	—	1	9
Culham	7	65	35	10	3	—	40	160
科 委								
RSRS	36	—	—	—	—	—	—	36
总 计	46	68½	76	27	41½	16	57	332

们研究工作的实质与规模。

已明确的是，比较基础的研究项目如（1）自然等离子体和（2）实验室等离子体的研究较少。其他五个研究项目的研究与发展工作看来主要限于三种工业中。

(a) 电力工业 大量的研究是针对改进熟知的装置如汞弧整流器，闸流管，气体放电灯和光源等的。还有一些值得注意的在气体激光器领域内新发展的开拓性项目。

(b) 加工工程 研究工作主要是发展等离子体炬装置并把它应用于金属和耐热材料的喷涂与制造。

(c) 化学工程 把等离子体应用于化学合成方面的研究有加强的征兆，但迄今并未应用到任何一种大规模的工艺过程中去。

表Ⅺ说明私营机构中实验室的等离子体研究工作情况。符号×表示没有可以采用的大学毕业的研究人员数字，或表示会使人误解的情形。详细的表，以及注释和参考资料，见附录Ⅳ。

私营机构中的研究

表 XI

研究项目	3	4	5	6	7	总计
	基础研究	研究技术	电路元件	化学工程与加工工程	动力与能量	
GEC—Wembley	2	—	11	3	8	24
Tetronics—Faringdon	—	1	—	1	1	3
Associated Engineering—Rugby	—	1½	—	1½	—	3
IRD—Newcastle	2	—	—	—	—	2
AEI—Trafford Park	1	1	1	—	×	—
Bristol Aerojet—Banwell	—	—	—	×	—	—
BOC—Cricklewood	1	1	—	×	—	—
Rolls Royce—Derby	—	—	1	—	1	2
Thornton Research Centre	×	—	—	—	—	—
BP—Sunbury	—	1	—	1	—	2
Mullard—Redhill	—	4	—	—	—	4
Elliott—Auto—Borehamwood	3	3	—	—	—	6
Frimley	—	—	—	—	2	2
English Electric—Chelmsford	—	—	×	—	×	—
Stafford	—	—	×	—	—	—
Whetstone	×	—	—	—	—	—
(Marconi) Baddow	×	—	×	—	—	—

数字表示近似的大学毕业的研究人员人数。

×表示没有可以采用的数字，或者不反映真实的情况。

考虑到有些工业实验室没有标明人数，看来包含的毕业生总数有100人左右。

(iv) 等离子体物理杂志

英国出版两种专供登载等离子体物理研究成果的学术杂志。

(a) « 等离子体物理 » (Plasma Physics) 原称 « 核能杂志 » 第 C 部分 (Journal of Nuclear Energy, Part C), 1959年10月创刊, 每月由派加蒙出版有限公司 (Pergamon Press Ltd.) 出版。

(b) « 等离子体物理杂志 » (Journal of Plasma Physics), 1967年1月创刊, 每季度由剑桥大学印刷所 (Cambridge University Press) 出版。

有关等离子体物理的文章也见于

(c) « 英国应用物理杂志 » (British Journal of Applied Physics) [物理杂志 D (Journal of Physics D)] 每月由物理研究所 (Institute of Physics) 与物理学会 (Physical Society) 出版。

4. 国外概况 (略)

5. 等离子体物理与等离子体技术的现状与趋势

(i) 基础方面

等离子体物理的研究中提出了很多具有根本物理意义的问题。从弥漫于太阳系的等

离子体中观察到的现象，启发人们对等离子体的性质作理论上的解释，过反过来这些理论解释又在可控制条件下的实验室等离子体中受到检验。聚变等离子体的研究提出有关等离子体稳定性，非线性过程，以及等离子体横过磁场的运动等理论问题。这些研究增加的有关等离子体物理的知识，又被用来企图解释不少天体物理的现象，像天体射电源，超新星，磁变星和太阳耀斑等。

电离物理研究的一个基本特征是能够给出关于碰撞截面和反应率的基本数据，以及更充分了解原子和分子同带电粒子和辐射的多种相互作用。在大学的有关各系就可进行的低气压下关于电子、原子、分子碰撞束的复杂的研究，将给出有关碰撞截面的新数据，这在等离子体物理的很多技术应用中是迫切需要的。

高强度相干光源的最近发展无疑地将促使我们进一步了解辐射与物质相互作用的本质，进一步了解气体与固体中等离子体的产生。而由于研究激光辐射在气体与液体中的散射，结果将会改进对分子结构的测定。激光器的发展，以及借助于非线性光学介质使波长从红端向较短波长的紫外方面扩展，将带来很强的紫外光源，这是其他等离子体研究中所迫切需要的。紧接着某些政府实验室（特别是 SERL, Baldock）在气体激光器方面的开创工作之后，基础物理研究已大批转移到大学实验室，政府研究机构目前更多地从事于特种激光应用研究¹⁾。

有几个实验室正在研究快速激发激光系统，该系统在铅蒸气和其他各种金属蒸气中以及在 N_2 、Ne 和 AlI 中，产生了脉宽为10毫微秒量级的大功率脉冲激光。跃迁的特征是光学增益的数值极高。 N_2 激光器产生3371 Å 的辐射。在‘微扰光谱’法中，一个激射能级的自发发射是在调制光腔的Q值时被测量的。这种技术用以证认与激射有关的能级，以及测量能级粒子数随时间的变化。带有转镜的Q开关用以测量反转的自发衰变时间，它等于直接测得的发生粒子数反转的时间。对产生几条谱线的激光器光腔全长进行扫描，就记录下了谱线之间的交叉调制效应，于是证认了那些跃迁具有共同的能级，因而这些跃迁不是参与争夺过程便是参与级联过程。当磁场加到激光器上时，塞曼分裂产生的光腔共振的曳调被用作测量多普勒线宽的方法。激光放大器中饱和效应的理论概念正从实验上加以核实。

已扩大到高压和大极距条件下的电火花机制的研究，将给出电子—原子电离与电子—离子复合的数据。所有这些发展工作，均将随着敏感电子探测器，快速光学技术与电子技术，以及计算方法等的发展而发展。高能核加速中基本带电粒子的产生，分离与探测的技术，也紧密地与电离物理的发展相联系。

(ii) 技术方面

等离子体物理基本研究成果的技术应用是各式各样的。它遍及整个电讯，空间飞行器设计，电能的控制与输送等领域。电离物理与等离子体物理的远期技术前景，在很大程度上是和以下几项重大目标相关的：聚变能，等离子体与离子推进，以及发展磁流体发电和直接转换系统。

短期内可望改进各种利用气体电子学现象的装置——从光频和微波通讯系统直到超高真空泵与真空规，电弧整流器以及照明装置。对产生放电的基本物理过程加以完全控

1) 见附录 V。

制的可能性开辟了这样一种前景，即有可能在足够长的时间的抑制放电，不致发生危险，而又可靠地进行有效电转换操作。对分开的电接点上的微等离子体的研究，可能带来低功率应用中转换技术的改进。而高气压气体中电击穿机制的有关研究，将导致大型断路器的崭新进展，以及利用高压气体作绝缘的高电压动力电缆的改进。

等离子体在大功率技术方面的应用或许更为明显而重要性并不减小。提高到更大功率的传输电压（大于1百万伏），需要进行各种绝缘物（气、液、固态及真空）中电击穿机制的基本物理研究。全世界都在应用真空转换装置，这方面的技术上与工业上的意义是明显的，任何一种可靠的发展工作，都将以表面物理的进一步研究以及与之密切相关的所谓真空击穿的进一步研究为依据。

(iii) 聚变研究

得到政府赞助的最大的唯一研究领域，同时也是拥有最大潜在市场的研究领域，是由受控核聚变提供动力。在英国，这一领域的工作几乎完全由一个集中的单位即英国原子能局的柯拉姆实验室进行，年投资380万英镑（1967）。聚变工作本质上是一个长期的事业；20年内聚变对提供动力有重大贡献的希望不大。英国原子能局最近（1966—67）回顾了它的聚变规划，由工业部于1967年7月宣布了一项决定，到1972/73年度将这项工作的人力减少50%。但是，这和国外同样的机构把规划扩大的作法正相反。一个结果是决定把20位柯拉姆的研究人员调到科委从事太阳光谱学和实验室等离子体光谱学的工作。

已经提过高温等离子体研究在天体物理上的重要性；从聚变研究受到鼓励与革新的技术领域包括：计算，高压转换与能量贮存，用于诊断的电子学，超导磁铁。

(iv) 等离子体技术的市场

(a) 供电 虽然可控硅整流器正在迅速取代电弧整流器与闸流管，但汞弧管的使用看来还要继续一段时间。高电压直流输电正在刺激电流2千安、电压20万伏或更高的汞弧管的发展，在这种参数下固态装置已不能使用¹⁾。在英国，水电资源几乎已完全利用，核电站站址现在可更自由地选定，这就无需进行远距离直流输电，这一领域的扩大依赖于对各个大的卫星市镇采用地下直流输电。然而，在国外大片大片的陆地上，开发远离城市的水电资源，直流输电仍可能是很重要的。目前，由于高压电缆比起架空线来价格昂贵，故其用途有限。

英国交流电网对运行在40万伏或更高电压的变电所开关设备有着固定的需求。这就形成每年800万英镑的国内市场，并对改进空气吹弧断路器，SF₆断路器和真空断路器的可靠性和降低其价格的研究工作给予资助。

(b) 照明 仍在继续研究改进气体放电灯的效率与可靠性。1966年英国生产了3900万只灯，每年增加500万只，是一个约几千万英镑的市场。

(c) 加工工程 越来越多地知道，在很多工艺过程中使用等离子体炬是有利的。其应用包括切割，机械加工，焊接，喷涂，粉碎，球化和表面处理。1966年英国销售仅用于切割和焊接的等离子体炬装置估计为15万英镑，到1969年可望成倍增长。

火花腐蚀加工（放电加工）是一种稳妥可靠的工艺过程。作此用途的机床在西方世

1) D. Fishlock, Financial Times, 8 Nov. 1967.

界每年的生产价值为1500万英镑。

(d) 钢铁工业中的应用 近年来,熔炼废渣的电弧炉在钢铁工业中使用广泛。产生高离解度,透明火焰的燃油-氧气燃烧系统技术,其最新的发展是新熔渣炉的基础。电增强火焰的使用看来使这一领域得到进一步的发展。

(e) 气体激光器 气体激光器已在商业上用于这样一些加工:切割薄片材料,微加工和精细焊接;在计量,机器对准和控制,全息照相,以及火箭导航用环形激光器等应用方面已有所发展。潜在应用有通讯,大气湍流的研究,多普勒雷达,以及穿过雾的传输等。

关于英国出售的气体激光器,没有可靠的市场调查数字,但每年销售额近于10万英镑是确信无疑的。《激光集锦》(Laser Focus)¹⁾杂志估计,1966年美国全部激光器产品销售额为42万英镑。

(v) 对化学工业的潜在应用

在化学工程领域中,等离子体技术有几种潜在的应用。当前研究题目的一些例子有:

(a) 吸热反应化合物的合成,如 C_2N_2 , NO, N_2H_4 , C_2H_2 , 以及某些难于用普通方法制成,从而价格昂贵的产品²⁾。

(b) 矿石变体 例如瓷土³⁾。

(c) 稀有金属生产的阶段,如从氯化物转换为氧化物³⁾。

(d) 气体放电高分子化和在金属箔,纸张,纺织品等等上面的涂层沉积⁴⁾。

过去十年间,尽管等离子体化学的文章数量有很大增加,但利用等离子体工艺过程的化学生产工厂,已经知道正在进行的只有两处,均为从炔制造乙炔⁵⁾。这就是西德的许尔斯(Hüls)工厂和美国密执安州蒙塔格的杜邦(Du Pont)工厂。在商业上实现更多的工艺规程,看来是一种探索的长期冒险的事,需要进行学科研究,不能在早期对技术-经济性作出评价。

(vi) 磁流体力学发电

中央电力生产局(CEGB)与工业部门合作承担的开式循环磁流体力学发电大规模实验计划正在缩减⁶⁾。主要原因是AGR核电站降低投资,看来开式循环燃烧气体MHD电站不见得能与之竞争而在最近期间投入运行。

另一方面,闭式循环MHD发电,尤其是振荡与脉冲系统,仍继续吸引着科学与技术的兴趣⁷⁾。闭式循环系统的潜力的长期经济性评价很难作,这方面还有更多的科学工作要做。把闭式循环系统用于高温反应堆(HTR),根据目前资料已证明,较短期的经济性评价对MHD发电不利,这方面的工作已告结束。关于非平衡等离子体中电离与不

1) Laser Focus, 3, No. 1 (Jan. 1967).

2) The Application of Plasmas to Chemical Processing, Edit. Baddour & Timmins, Pergamon Press (1967).

3) NRDC 私人通信

4) 见电力委员会(Electricity Council), 附录Ⅲ.

5) 见本页2)。

6) MHD and Power Generation, L. Rotherham, Nature, 216, 1071 (16th Dec. 1967).

7) 例如, IAEA Symposium on MHD Power Generation, Warsaw (July 1968).

稳定性的研究，它们除了与闭式循环 MHD 系统有关外，还具有相当普遍的物理意义，所以是值得去做的。

(vii) 一些重要的生长点

除当前有兴趣的各领域之外，对科委来说重要的是那些与基础研究有关的领域，特别是那些与其他研究领域与发展领域相交叉的领域。

由于最贴近地球表面之外的大多数物质均处于等离子体态，所以与空间和天文学研究有关的等离子体物理，是最有兴趣的研究领域。多年来已认识到光谱研究与原子物理在这一领域中的重要性，至于实验室等离子体光谱与空间等离子体之间的关系，科委天文、空间与射电局已认识到，它是目前人们关注的焦点，因而最近决定在柯拉姆建立一个科委的天体物理研究机构。此机构大约有20位专家，每年30万英镑经费。但是，也还有更具有潜在重要性的更大的领域，即高电离度等离子体动力学的研究，在美国和苏联，这方面的实验室实验工作正在开始扩大。它包括等离子体波动，湍流(MHD 湍流与静电湍流)，激波，不稳定性，高能粒子与非热辐射的产生与发射，波回声现象，以及相对论等离子体的性质，这些现象被越来越多地用来解释天体物理与空间数据，现在正在可控制的实验室条件下研究它们。这方面的某些实验已形成热核研究规划的一部分；但在英国大学中很少做这种类型的实验室工作；只有苏塞克斯大学的唯一一个组具有这方面的明确目的。射电与空间研究站(斯劳)从事等离子体空间物理研究的36位研究人员进行着日一地环境的直接观察，但未做上述实验室工作。看来这一领域很值得科委给以鼓励与支持，作为目前支持直接空间研究的一个补充。

磁场中等离子体动力学的研究具有很多方面。和物理学家在实验室中所研究的大多数介质不一样，等离子体尚未能充分控制，并对用以产生和研究它们的仪器本身细节很敏感，特别是对于杂质很敏感。尽管磁控制等离子体多年来已经是热核研究的主要目标，但还应认识到，了解等离子体动力学以更好地控制等离子体，其每一进展对其他领域也将是一个推动。例如，应用已知的规律，可在离子推进的离子源和核研究的重离子源方面引起重大的发展。过去十年间曾不断提出以这种或那种方式将加速器与等离子体相结合的很多建议，虽然尚无一个是可用的，但可能性依然存在。这对于已在核物理装置上作大量投资的科委来说，很明显仍是一个有兴趣的领域。

在低温和部分电离等离子体的一般领域中，基础研究对于电离物理和给等离子体各种工业应用奠定基础来说仍有重要意义。有三个领域似乎值得特别注意。首先，气体激光器的发明提供很宽电磁谱的强辐射源，特别是在波长从1微米到1毫米之间的三个数量级内；尽管这一范围的可能应用很广，在很多激光器中对物理过程的了解却比较少。这一领域的基础研究看来特别值得科委加以支持，以便提供气体激光器未来技术发展所必需依据的正确知识。

第二个有兴趣的问题是等离子体与凝聚物表面的相互作用。在这方面，技术装置多年来已大大发展与使用，但对基本过程了解得少。例如，关于电弧辉点的基本物理原理有不少争论与不明确之处，火花腐蚀机已使用但很少了解(或许与拙劣的唯能论不同)金属是怎样除去的。在这方面科委最好的作用可能是鼓励与支持使这些技术装置能立于坚实基础上所必须的基本研究。

最后，部分电离等离子体在磁流体力学工作中与等离子体化学中有重要意义。化学

工程与技术委员会在他们的报告¹⁾“高温过程，特别是关于火焰与等离子体”中，已对等离子体化学的潜在重要性给予支持。这是两大学科之间的边缘领域，它可能从科委鼓励与支持的协同研究中得到许多好处，科委将鉴别那些阐明基本原理所需的研究领域和发展技术所需的知识领域。

6. 结 论²⁾

(i) 研究生教学 (略)

(ii) 等离子体物理研究

(a) 英国各种机构中做研究工作的毕业生总数约为1000，见表Ⅷ。在三种机构中术语‘毕业生’的同义性只是近似的；私营机构中的数字比起真正进行研究的人数来要偏低，因为这里毕业生常常管理大量的研究技术人员。

进行等离子体研究的毕业生的分布 表Ⅷ

范 围	系的数目或实验室	毕 业 生 人 数	研 究 生 人 数
大 学			
主要工作	33	200 ⁽¹⁾	340 ⁽²⁾
外围工作	37	60 ⁽¹⁾	100 ⁽³⁾
非 私 营 机 构	20	350	
私 营 机 构	20	100 ⁽⁴⁾	

注：(1)助理讲师，相当于助理讲师或更高。

(2)注册的研究生。

(3)利用学生/教师比为1.7的估计数。

(4)粗略估计。

(b) 大学研究工作遍及等离子体物理整个领域，但在比较新的高电离度等离子体领域中，没有大量实验工作。[3(i)]

(c) 公立机构中，在 CEGB 有一些有实力的小组（部分电离等离子体研究），在 RSRS（斯劳）则进行日一地环境中的空间等离子体研究。最大的是英国原子能局160人的强大队伍在柯拉姆进行等离子体物理应用于受控热核反应的工作，此工作代表着等离子体物理方面国家研究的主体部分。公立机构中的其他研究是比较分散的。〔表X〕

(d) 私营工业研究实验室中的等离子体物理研究是不多的，或许只占总数的10%。大多数工作集中于部分电离等离子体问题；除了有名的 GEC（温布利）的小组外，看来都散布在比较小的小组当中。〔表Ⅷ〕

(e) 以每人每年1万英镑计，这一研究的总费用大约是每年1000万英镑。费钱的领域是热核研究，它每年的总费用大约是每一专家1.5万英镑，而在包含空间飞行器的空间等离子体物理方面，以及用 MHD 方法使能量直接转换的某些工作中，个别实验组合体的费用曾高达100万英镑。科委给大学进行等离子体研究的补助金约为20万英镑，给

1) 未发表的报告，1966年。

2) 作为参考的有关各节和表，以后用〔 〕注明。

大学生的补助金约为15万英镑，加上在 RSRS 和斯劳集中使用于等离子体物理工作的费用（可能有25万英镑），共为60万英镑。当科委的天体物理研究机构完全建成时，这一数字还要增加30万英镑（来自天文、空间与射电局的基金）。这大约是 1966/67 科委用在物理科学与工程方面3000万英镑费用的 3%。〔3(i)表Ⅴ〕

(f) 大学科学技术局物理委员会以其补助金的15%支持大学在等离子体物理方面的研究。1966/67 这些补助金的设备和储备部分是11.3万英镑。

(iii) 国外的等离子体物理

这部分仅简略谈一谈。数字表明，科委用于英国等离子体物理研究的费用，大体上并未超过其他国家的水平。美国和苏联也许受到较大的国家空间规划的刺激，所以特别在等离子体动力学和空间等离子体方面有日益增长的研究工作。在聚变研究方面，英国工业部宣布削减费用，是和其他国家公布增加费用大相逕庭的。〔4〕

(iv) 现状与趋势

我们发现，英国研究工作大体上包括整个等离子体物理领域，而且在所有领域里都可找到值得鼓励的新问题和进展。特别有兴趣的领域是：〔5〕

(a) 高电离度等离子体物理学 因为它构成大部分天体物理学与空间物理的基础。我们提请注意等离子体动力学实验研究的可能性，它可能与空间等离子体有关。

(b) 等离子体的磁控制 与热核研究密切相关的一个领域，也与要求增强等离子体控制的那些应用相关。例如，利用以等离子体为基础的粒子加速是当前议论的一个焦点，它可能使高能核研究的费用降低。离子源的发展工作对实验物理学，以及对卫星和空间飞行器的推进也是重要的。

(c) 气体激光器 等离子体中激光作用的物理学不仅就其本身而言是有兴趣的，而且气体激光器应用于先进技术有巨大的潜力。

(d) 等离子体与表面的相互作用 对此课题的了解较少，它在等离子体的许多技术应用领域中是重要的。

(e) 部分电离等离子体物理学 等离子体化学已被化学工程与技术委员会所推荐，现正从 NRDC 得到支持；这是一个需要进行基础研究的探索得较少的领域。MHD 的原理，高超声速和激波现象的原理，仍是值得从事的领域。

(v) 商业重要性

(a) 大量的和日益增多的商品以及很多社会服务与供应，都间接依赖于等离子体技术的应用。此外，有些特殊的等离子体装置有着牢靠的市场。等离子体的两大潜在应用是 MHD 发电和核聚变；二者都是相当长期的事业。〔5〕

7. 建 议¹⁾

(i) 教 学 (略)

(ii) 研 究

(a) 增长 我们注意到，把读科学和技术较高学位的人数和每年等离子体物理哲学

1) 作为参考的有关各节和表，以后用〔 〕注明。

博士的增加人数进行线性外插, 结果表明每年增长约10%, 虽则丹顿报告中提到的几个因素可能使这一趋势减缓。我们提请科委注意, 进入这一领域的研究大学生数目应适当地增长, 对临时需要应给予财政支持。[2(iii)]

(b) 设备 我们注意到, 科委用于大学等离子体物理研究的补助金(设备与储备)每年约15万英镑, 我们认为, 在现代等离子体物理很多领域中, 实验研究所需要的先进设备的标准, 将要求今后有更多的设备补助金。[3(i)表Ⅷ]

(c) 与工业的合作 我们认为, 应当建立以大学为一方, 工业和政府研究机构为另一方二者之间在哲学博士一级的紧密合作, 其目的, 一是使更多的学生面向工业问题, 一是使用工业与政府研究机构中现有的设备以进行培养哲学博士的工作。我们期望, 这些安排将导致加强研究和了解等离子体物理中若干重要的领域。

(iii) 生长点

(a) 高电离度等离子体物理学 我们建议, 科委同原子能局和工业部进一步协商未来的基础研究工作, 迄今这些工作均是原子能局所作。我们建议, 科委加强支持与空间和天体物理现象有关的高电离度等离子体动力学的实验。

(b) 粒子加速器 我们建议, 应继续密切注意关于粒子加速器的所有新建议, 若出现任何有真正希望的苗头, 应设一研究组以提出采取什么行动的建议。同时应鼓励对加速器和等离子体问题有兴趣的那些人之间的接触。

(c) 气体激光器 我们建议, 加强支持气体激光器的基础研究, 这个课题看来很适合大学研究。

(d) 等离子体—表面物理 我们建议, 加强支持等离子体与表面的相互作用的基本研究, 以作为很多技术应用的基础。这是一个可能从大学各系、政府研究机构和工业的协作中得到好处的领域。

(e) 等离子体化学 我们注意到, 化学工程与技术委员会高温过程工作组关于这一领域内等离子体过程的作用的结论和建议。我们支持他们的目的在于基础知识的研究, 其中有些很可能是边缘学科。

附录 I 研究生课程 (略)

附录 II 大学和学院中的研究

注:

(i) 这里和附录 III, IV 所用的研究分类符号, 见第 77 页《等离子体物理研究分类表》

(ii) * 表示有注释和参考资料, 其他的, 读者可参看《英国大学和学院的科学研究》(SRBUC)。

(iii) L 表示附录 V 的项目。

参考资料

(i) SRBUC—Scientific Research in British Universities and Colleges, 1966

大学或学院	研 究 分 类							毕 业 生 数	备 注
	1	2	3	4	5	6	7		
阿斯吞 (Aston)									
电力工程				d				1	
巴斯 (Bath)									
物 理			d					2	
贝尔发斯特									
电 力				e				1	*
纯粹物理与应用物理	a	bd	a def	d				16	*
应用数学	c		a					4	
伯明翰									
物 理	ac		a de					8	SRUK
机械工程						b		1	
剑桥									
天体物理	a							1	
应用数学与理论物理	abc	abc						3	
化学工程			f					1	
工 程		cd	e		a			3	
冶 金						a		2	
物 理	adc							3	
克兰菲尔 (Cranfield)									
飞机推进				d		c	d	2	
达拉姆									
物 理	d		d					3	
爱丁堡									
电机工程		e			d			3	
埃塞克斯									
物 理			bcd				a	2	L
化 学			f						
爱塞特									
地球物理	c							1	
格拉斯哥									
自然哲学		ab						3	
航 空			d						
赫尔									
物 理		e						3	
歧尔			bc						
物 理			d					1	
里 兹									
电力与电子工程			d		acd			5	*
瓦斯工程与燃料科学				d		a		3	
机械工程			d					2	
列斯特									

大学或学院	研 究 分 类							毕 业 生 数	备 注
系	1	2	3	4	5	6	7		
物 理	c		d					3	SRUK
利物浦									
电力工程与电子学		b	ab de	c	ad			17	*
机械工程		bd	f						
Reg. Coll. Tech.									
物理与数学			ad					2	
伦 敦									
贝德福 (Bedford)									
物 理	c							1	
比尔克贝克									
物 理		b		b				2	
巴勒 (Berough)									
物 理			d					3	
霍洛成									
物 理		a	ce	d			d	4	L
帝 国									
物 理	acd	bcd	b de				ab	8	*
电力工程			d					1	
化学工程		d	b, f	d				4	
地 质	c								SRUK
国 王									
电力工程		ab					e	2	
物 理	cd							1	
玛丽皇后学院									
电力工程					d			1	
数 学	c	b						2	
机械工程						b	b	3	
大 学									
电力工程			c		c			1	L
物 理	abcd	c	ab d				d	26	*
拉夫巴勒									
应用科学		c						1	
曼彻斯特									
物 理		de	c					1	L
电力工程					d				
工学院 (Inst. Tech.)									
电力工程			e		acd			2	
纽加塞耳									
物理学校	a	b	ab					5	*
地球物理		b'						1	
化学工程			f	d			b	6	*

大学或学院 系	研 究 分 类							毕 业 生 数	备 注
	1	2	3	4	5	6	7		
数 学		b d							
卢瑟福(Rutherford)								1	
物 理			d						
牛 津									
天体物理	a							2	SRUK
物 理		ab	c					1	L
工程科学		abcd f	a d f		a d			7	*
数 学		bcde						2	
勒 定									
工程科学			d				b	2	
索福特 (Salford)									
电力工程			d						
雪非尔									
电子学与电力工程		c	a e		cd			4	*
物理化学			ab d					1	
燃料技术与化学工程			f	d		a	b	3	
应用数学	c	b						3	
物 理	bc							7	*
扫桑波敦									
电 子 学			c e	b			b	6	L
航空与宇航		b d	b f					2	
物 理	bc							2	SRUK
圣安德鲁斯									
自然哲学			c e					2	L
斯特拉克莱德									
自然哲学		b d	d e					8	*
电力工程			d		d			6	*
巽得兰(Sunderland Tech)									
物 理			d					1	
萨 里									
微波物理		a c						3	
苏塞克斯									
物 理	b	a c	c					3	*L
瓦立克 (Warwick)									
物 理		bcde						1	
威 尔 斯									
班 哥					c			2	
工程科学									
阿贝里斯退斯									
物 理	c	f						7	SRUK
斯温西									
工 程			c					1	
物 理		a e f	abcd		a d	d		11	*
约 克									
物 理			bcd					4	

—67, Vol. 1, Physical Science (HMSO) (英国大学和学院的科学研究, 1966—67, 第1卷, 物理科学)。

(ii) SRUK—Space Research in the United Kingdom (联合王国的空间研究), 1965—66和1966—67, The Royal Society and the Science Research Council (皇家学会和科学研究委员会)。

贝尔发斯特, 皇后大学 (Belfast, Queen's University)

纯粹物理与应用物理系

空间物理

利用地面基地、火箭上和卫星上仪器作太阳光谱研究。

参考资料: SRUK

激光产生等离子体

利用光谱诊断和高速显象管摄影机研究激光火花。

原子碰撞

重粒子碰撞及表面相互作用的研究。电子碰撞产生的多极发射的光谱研究。

激波管与火焰物理

用激波管研究热碰撞, 电离和复合, 碰撞截面与反应率常数的测量。研究化学—电离, 低气压火焰反应区域的迁移率与扩散。

协作单位: Thornton Research Centre; RPE Westcott; Clarke, Chapman & Co.

小电流等离子体

研究低气压气体放电, 着重与空间研究有关的诊断技术。

大电流等离子体

大电流直线收缩放电的研究即将结束。

来源: 布雷德利 (D. J. Bradley) 教授

贝尔发斯特, 皇后大学

电力工程系

微电子学

利用气压范围 10^{-2} — 10^{-3} 托的氩气和氩气/氧气混合气中的辉光放电与热电子放电, 喷射电介质与半导体材料, 以制备微电子学应用所需的薄膜。

来源: 韦克菲尔德 (J. Wakefield) 先生

里兹大学 (Leeds University)

电力与电子学工程系

击穿研究

在直线硬芯装置交叉电磁场中汞蒸气的击穿研究，指望用于气体放电开关。

高气压电弧

高气压电弧机制与现象的一般研究。

来源：艾伦 (N. L. Allen) 博士

参考资料

(i) Progress Reports on Gas Discharge and Plasma Physics (该系出版)

(ii) NERC Review vol. 1, №4, p. 79 (Nov. 1965)

(iii) SRPUC p. 255

利物浦 (Liverpool) 大学

电力工程与电子学系

电弧研究

研究电弧的温度、密度与电特性。诊断方法包括激波通过电弧的传播。

角收缩

研究角收缩装置的爆聚，特别注意利用激光方法测电子密度。

电离和碰撞过程

处于搅动条件下的电离与碰撞过程的基础研究。电子与离子运动的漂移管研究，包括介电气体（如复体碳氟化合物）的数据。

大电流放电

汞蒸气中 200 仟安放电的研究。

击穿研究

利用稳定到 0.01% 的 600 仟伏直流发电机，研究均匀场中击穿现象。利用 1.6 兆伏脉冲发电机作大间隙电晕放电研究。

来源：克拉格斯 (J. D. Craggs) 教授

参考资料

(i) Annual Research Report

(ii) NERC Review, Vol. 1, №3, p. 59 (Aug. 1965)

帝国科学技术学院 (Imperial College of Science & Technology)

物理系

等离子体物理

用光学方法测量热等离子体中密度与温度，包括显示谱线剖面的快速方法与激光束的使用。

一个热核等离子体约束装置，利用 Hall 电流使等离子体加速的“Polytron”。
MHD 发电的理论与实验工作。

光谱学

把光谱方法用于天体物理，上层大气和等离子体物理。

空间物理

辐射带与磁层物理的理论研究。

来源：莱瑟姆 (R. Latham) 博士

参考资料：Imperial College Calendar

伦敦，大学学院 (University College, London)

物理系

在等离子体物理的广阔领域作研究工作的几个组。

1. 原子物理组
2. 离子与电子物理研究组
3. 穆拉德空间科学实验室
4. 空间科学与大气结构组
5. 原子物理与天体物理组¹⁾
6. 普通物理组¹⁾
7. 分子束组

来源：戴维斯 (D. G. Davis) 博士

参考资料

(i) 物理系的工作见该系年度研究报告

(ii) 小册子 «Physics at UCL»

泰因河畔纽加塞耳大学 (Newcastle Upon Tyne University)

物理学校

原子光谱

研究气压对实验室光源与太阳二者形成的原子光谱的影响。

等离子体物理

研究激波管中产生的碱金属等离子体。电离松弛时间与电导率的测量，光谱研究。

原子碰撞

1) 理論研究組。

研究激波加热氧分子束，电子撞击产生的碱离子电离，慢电子受稀有气体原子散射。

来源：欣德马什 (W. R. Hindmarsh) 教授

参考资料：大学小册子 «Research in Science»

化学工程系 (燃料科学组)

火焰化学物理

研究电增强炔火焰。研究骤冷系统中的化学合成。用束技术从火焰和放电中萃取不安定组元的质谱学。

能量转换

把在气体上的热离子发射体悬浮物作为 MHD 工作流体的实验研究。

来源：费尔斯 (I. Felis) 博士

牛津大学 (Oxford University)

工程科学系

等离子体波与振荡

研究非均匀等离子体中的朗道阻尼，碱等离子体中的振荡，离子波的传播，以及束等离子体不稳定性。

(与柯拉姆实验室协作)。

击穿与碰撞现象

研究受激原子和分子在击穿过程，碰撞过程与电离过程中的作用。

汞弧

研究汞弧整流器中电流限制与双鞘层形成。

火焰与等离子体射流

火焰微结构的研究。等离子体射流中化学反应的研究。

火花隙

用激光脉冲触发快速火花隙的研究。

来源：艾伦 (J. E. Allen) 博士

参考资料

(i) 研究报告见该系报告 1,025.67 “Summaries of Current Research Projects” (1967年4月)

(ii) SRBUC, p. 316

雪非尔大学 (Sheffield University)

电子学与电力工程系

束等离子体相互作用

研究束等离子体相互作用, 指望用于微波振荡器与放大器。

电晕放电

与陶瓷金属管的发展工作有关, 研究电晕稳定器的作用。

原子数据

由管状电子束形成的等离子体, 对其碰撞产物进行质谱分析, 以研究电离截面与高阶离子的阈值。

来源: 本森 (F. A. Benson) 博士

参考资料

(i) NERC Review, Vol. 1, №2, p. 39 (1965年4月)

(ii) SRBUC p. 266

物理系

自然等离子体

研究射电流星, 上层大气极光, 电离层扰动与甚低频发射。地面基地技术与弹道飞行器技术均被利用。

来源: 凯泽 (T. R. Kaiser) 教授

参考资料: SRUK

斯特拉思克莱德大学 (Strathclyde University)

自然哲学系

角收缩

研究角收缩装置中形成的等离子体, 诊断方法包括高速照相, 激光束干涉仪与红宝石激光散射。

激光产生等离子体

Q-开关红宝石激光器和钕激光器产生的等离子体的光谱与摄影研究。

来源: 欧文 (J. Irving) 教授

参考资料: 大学出版物 «Report on Research»

电力工程系

高电压放电现象

研究间隙从几毫米至2米, 气压从高真空至数千大气压的脉冲放电特性。发展了击

穿电流脉冲技术以观察在击穿前一个很广的电离范围。

来源：布鲁斯 (F. M. Bruce) 教授

参考资料：大学出版物《Report on Research》

苏塞克斯大学 (Sussex University)

实验物理系

波/电子束相互作用

研究电磁波与冷磁活性等离子体中高能粒子的相互作用，特别是模拟地球磁层中高能粒子特性的过程。

从粒子束激发等离子体波。

来源：马特利 (G. Martelli) 博士

斯温西大学学院 (University College of Swansea)

物理系

电离物理

气体的电击穿——在不同的气体中很广的气压与电压范围内，研究击穿前，击穿时和击穿后电离的时间增长率。在气压 10^{-5} — 10^{-10} 毛范围内利用600千伏发电机与小间隙（10厘米和更小）作真空击穿研究。

碰撞现象——研究气体中电子吸附与电子脱离。

电接点

电接点操作的高速研究，微弧的作用与接点处的金属徙动。

辐射与物质的相互作用

研究气体中激光诱导的电离与击穿。（与AWRE协作）。

来源：格雷·摩根 (C. Grey Morgan) 博士

附录Ⅲ 非私营机构中的研究

电力委员会研究中心 (Electricity Council Research Centre)

Capenhurst, Chester

等离子体化学

把电能耦合到放电过程的机理的基础研究（用于气相电合成），以及等离子体参与与化学反应之间关系的基础研究。诊断技术包括光谱学，激光干涉术与电子自旋共振。特种研究包括肼类合成，从单分子蒸气中放电生产高分子薄膜。

等离子体工程

研究直流注入电弧炉的稳定。研究电弧闪光机理，目的是消除大功率工业电弧中的

这种干扰源。研究与发展用于制造与焊接的等离子体炬。

一般参考资料: «Electricity Research 1967», Electricity Council
来源: 韦伯斯特 (J. Webster) 先生 (信息科学家)

机构与试验室	研 究 分 类							备 注
	1	2	3	4	5	6	7	
电力委员会								
Capenhurst			b def	d	d	ab		
中央电力生产局								
Leatherhead			d		de		b	
Marchwood			de		a	b		
Portishead					d			
Cockfosters					d			
电力研究协会								
Leatherhead	d			e	a d			每年3.3 万英镑
英国铁路局								
Derby				d	d			
政 府								
NPL			c f	d		ac		附录 V
RAE	abc	abcd	c	d	c	c	b d	附录 V
RARDE	b		e	d		bc		
RPE		a d	f	d	e		d	
RRE	bc							
SERL			c	ac				附录 V
英国原子能局								
AERE						bd		
AWRE			e	de			e	
Culham	a	abcdef	abcde	ac	a d		a d	
科 委								
RSRS	abc							每年12.9 万英镑
研究协会								每年0.5 万英镑
BISRA				d				
SIRA							d	

中央电力生产局 (Central Electricity Generating Board)

一般参考资料: CEGB Annual Report HMSO

马希伍德工程实验室 (Marchwood Engineering Laboratories),
Marchwood, Southampton

汞弧管

汞弧等离子体物理的基础研究, 目的是改善管子设计。研究工作包括电弧不足与电

流中断，电弧引燃，汞离子溅射，阳极表面场致发射。管子实验的直流参数达180千伏，1500安。

开关与断路器

研究 SF₆ 的性质与 SF₆ 电弧特性。与真空开关有关的真空工艺。

诊断技术

以上工作使用的技术包括光谱学，激光束的汤姆森 (Thomson) 散射，微波诊断，高速摄影与条纹摄影。

等离子体焊接

焊接用电弧等离子体的应用研究。

参考资料：小册子 Marchwood Engineering Laboratories CEGB

中央电力研究实验室 (Central Electricity Research Laboratories)

Cleeve Road, Leatherhead, Surrey

高电压部

一般气体放电物理，面向供电中发生的问题，包括电介质中与越过绝缘物的击穿现象；MHD 发电的研究。

参考资料：小册子 Marchwood Engineering Laboratories CEGB

西南地区实验室 (South West Regional Laboratory), Portishead

研究电滤波器中电击穿机理。

东南地区实验室 (South East Regional Laboratory), Cockfosters

通过污染表面的电弧造成的绝缘击穿。

电力研究协会 (Electrical Research Association)

Cleeve Road, Leatherhead, Surrey

电子学部

使用包括射频溅射在内的方法，研究制备金属薄膜，半导体薄膜与电介质薄膜。

电弧物理分部

考察气体与电极材料间电流转移中的电极机理。

高电压与电涌部

研究闪电特性与避雷。闪电掠过地面的气象学研究，包括测量闪电电流与闪光计数的技术。

开关与控制机构部

研究电弧现象与气体流动以及它们对气体吹弧断路器中电弧间隙恢复过程的影响。

来源: ERA Publication T/10, «Research Programme», 1967

英国铁路局 (British Railways Board)

电力研究部 (Electrical Research Division), London Road, Derby

等离子体炬

研究应用等离子体炬以改善钢轨与机车车轮之间附着力。

参考资料

(i) Science Journal, vol. 3, № 8, p. 37 (Aug. 1967)

(ii) Coates, P. J., Railway Gazette, p. 741 (6 Oct. 1967)

(iii) Dobbs, D. J., Proc. IEE p. 893 (June, 1968)

高电压绝缘

研究铁路运输电气化中碰到的高电压绝缘问题。

来源: 阿尔斯顿 (L. Alston) 博士 (电力研究处处长)

皇家军械研究与发展研究所 (Royal Armament Research & Development Establishment)

Fort Halstead, Sevenoaks, Kent

空气物理分部

研究电离层空气动力学, 即物体在电离层中的运动以及等离子体与飞行器的相互作用。实验设备包括一个电弧加热低密度风洞和一等离子体束。

参考资料: RARDE 小册子《空气物理设备》(Aerophysics Facilities) (1967)

来源: 克莱登 (W. A. Clayden) 先生

电弧—等离子体技术

研究将电弧等离子体装置用于加工工程, 特别是材料淀积。

参考资料

(i) Moss, A. R., and Young, W. J., Powder Metallurgy, vol. 7, № 14, p. 261, (1964)

(ii) RARDE 影片 «Arc-Plasma Technology»

来源: 莫斯 (A. R. Moss) 先生

火箭推进研究所 (Rocket Propulsion Establishment)

Westcott, Aglesburg, Bucks

火焰

研究严密控制的热火焰等离子体的物理与化学性质。研究工作集中在无线电波传播和散射和噪音产生, 以及火焰中电离化学与电荷交换过程。

推 进

开始电推进工作。

来源：马克斯威尔 (W. R. Maxwele) 先生 (研究负责人)

皇家雷达研究所 (Royal Radar Establishment)

Malvern, Worcs

射电天文部

磁层、电离层与上层大气的雷达回声研究，包括地球磁场对流星电离与非相干散射体的影响。等离子体实验室各种实验，用以研究与上层大气条件有关的电离现象和磁场相互作用。

参考资料：RRE Activities Guide, 1967 (Technical and Research Service for Industry)

英国原子能局 (United Kingdom Atomic Energy Authority)

AERE Harwell, Didcot, Berks

陶 瓷 部

用辉光放电电子与离子束作陶瓷与金属加工。发展有关技术，把从辉光放电得到的束用在金属、玻璃与陶瓷的加工工程。

参考资料：R. A. Dugdale, New Technology, No. 8 (Aug. 1967)

工 程 部

发展冷阴极电子束枪，特别重视聚焦问题。应用包括热偶的等离子体弧焊。

AWRE Aldermaston, Berks

应用物理部

(i) 基础研究，把等离子体用于低能溅射以使光薄膜与电光薄膜淀积。

来源：麦考密克 (N. R. Mc Cormick) 博士

(ii) 发展12道多普勒剖面分光光度计用于等离子体散射的激光。

参考资料：AWRE Report No. O-42/67, HMSO, April 1967

AWRE Foulness, Southend-on-Sea, Essex

等离子体弧炉

发展用等离子体弧作热源的镜象炉。等离子体源是用旋涡气流使之稳定与集中的高压直流氩弧。对于在很大范围内的气压与温度参数用计算机计算 LTE 中氩等离子体的数密度与热力学性质。

来源：特纳 (R. G. Turner) 先生

柯拉姆实验室(Culham Laboratory), Abingdon, Berkshire

等离子体物理与核聚变研究

柯拉姆实验室是全国核聚变研究中心。其主要目的在于确定是否可以实现轻元素的受控聚变反应作为新的核能源。

有关研究包括:

高温等离子体物理

等离子体的产生与加热

等离子体测量技术

强磁场的产生,特别是用超导磁铁

高电压与高真空技术

计算机技术

* 天体物理学 自然等离子体的紫外光谱学。

最后一项由科委主办。实验室工作全部成文记录。索用研究报告的目录(HMSO出版),柯拉姆实验室年度报告(Culham Laboratory Annual Report),柯拉姆实验室进展报告(Culham Laboratory Progress Reports)等,可找图书管理员。

参考资料

(i) UKAEA Annual Report and Accounts, 或带图解的总结, ATOM, 67 (HMSO)

(ii) 小册子«Culham Laboratory» (UKAEA)

(iii)* Space Research in the UK. Royal Society/SRC

射电与空间研究站 (Radio & Space Research Station)

Ditton Park, Slough, Bucks

电离层与地/日关系

基础工作,目的在于了解电离层,对流层的本质与特性,以及来自太阳辐射的影响。用地面上与火箭上仪器研究自然等离子体,在实验室等离子体中模拟电离层条件。一个强大的理论组从事研究有关电离层,磁层与太阳风问题。

参考资料

(i) 小册子«Radio and Space Research Station», SRC (HMSO, 1967)

(ii) Space Research in the UK. Royal Society/SRC

英国钢铁研究协会 (British Iron & Steel Research Association)

104 Battersea Park Road, London, S. W. 11

冶金部

用直接注入直流等离子体射流的方法对钢粉作光谱分析。

参考资料: BISRA Annual Report

英国科学仪器研究协会 (British Scientific Instrument Research Association)

SIRA South Hill, Chislehurst, Kent

玻璃抛光

发展用氦离子轰击使透镜抛光技术, 与苏塞克斯大学协作 [汤普森 (M. Thompson) 教授]。

参考资料: Financial Times, 19 February, 1968

附录 IV 私营机构中的研究

在等离子体研究与发展中通常不很有力的机构

Plessey Group

Allen Clark Research Centre,
"Caswell", Towcester, Northants.

"Shell" Research Ltd.,
Shell Centre, London, S. E. 1.

ICI Research & Development Ltd.,
ICI House, Millbank, London, S. W. 1.

Chloride Electrical Storage Co. Ltd.,
20-26 Wellesley Road, Croydon.

Northern Research & Engineering Corp.,
197 Knightsbridge, London, S. W. 7.

Atomic Power Constructors,
Sutton Court Road, Sutton, Surrey.

一般参考: Industrial Research in Britain, 第六版, Harrap Research Publications (1968)

Associated Electrical Industries LTD.

Power Group Research Laboratory, Trafford Park, Manchester,

17

等离子体物理分部

MHD 发电工作, CEBG 共同研究规划的一部分, 于1967年底结束。

机构与实验室	研 究 分 类							备 注
	1	2	3	4	5	6	7	
AEI Trafford Park			de	d	d		b	
GEC Wembley			cd		adc	b	e	附 录 V
Tetronics Faringdon				cd		ab d	e	
AE Rugby				d		b		
IRD Newcastle			ac					Incl. System Computers Ltd.
Bristol Aerojet Banwell						c		
BOC Cricklewood			d	d		b		
Rolls-Royce Derby					d			
Thornton Res. Cen. Chester			f					
BP Res. Cen. Sunbury-on-Thames				d		a		
Mullard Redhill				ace				
Elliott-Automation Borehamwood			c	a				附 录 V
Frimley							d	
English Electric Stafford					a			
(Marconi) Baddow	c		c		e			
(Valve Co.) Chelmsford					ac		e	
Whetstone			d					
Ferranti Ltd Edinburgh			c					附 录 V

两个主要设备

(i) 油/氧设备, 供给播种钾的火焰, 发热率高达 8 兆瓦。

(ii) 10 仟瓦氩等离子体射流, 在马赫数 1.3 时进入大真空室。

有关等离子体射流的小规模工作可望继续下去, 目的是更好地控制射流。

电弧物理分部

气体与真空中电击穿的研究。真空工作是有关电极形状和表面条件的影响, 特别是

关于真空开关问题。气体工作的目的是对小间隙电极间的火花引燃作基本了解。

来源：米勒 (C. W. Miller) 先生

参考资料：艾伦 (K. R. Allen) 与菲利普斯 (K. Phillips) 有关火花引燃的几篇论文，包括

Proc. Roy. Soc. A, 274, 163 (1963)

278, 168 (1964)

278, 188 (1964)

General Electric Company LTD.

Hirst Research Centre, Wembley, Middlesex

水银强整流器

研究与发展直流输电用的紧凑的单栅极与多栅极整流器。与CEGB协作(Marchwood)。

参考资料：Papers 37 and 43 IEE Conference on HVDC Transmission 19-23 Sept. 1966

强辉光放电

研究强辉光放电用于材料制造，与 AERE 协作。

闸流管

研究和发展氢和氩闸流管，目的是改善开关特性与阴极寿命。

灯的研究

详细研究在很大气压范围内，在可见与紫外辐射丰富的那些气体中放电的电特性与发光特性。

束等离子体相互作用

继承早期关于电子束中微波起伏的工作，研究高频不稳定性对等离子体特性的影响。应用于微波放大与移相器，以及应用于提高以电子束激励代替通常放电激励的气体激光器的效率。

Tetronics Research & Development Co. LTD.

Lechlade Road, Faringdon, Berks

发展与制造适于各种特殊用途的等离子体炬，包括

薄片片的焊接

陶瓷加工

* 改善铁路机车车轮的附着力

不锈钢真空容器的加工

防腐蚀

化学合成

新型陶瓷的制作

还有一般加工工程应用。

研究适于细胞学应用的等离子体光源。

来源: 泰尔科 (J. K. Tylko) 先生

参考资料: * New Scientist, 33, 669 (30 March, 1967)

Associated Engineering LTD.

Cawston, Rugby

高级设计部

设计各种等离子体枪, 用于喷涂粉末金属, 表面难加工合金与陶瓷, 以及用于焊接金属箔。

设计用于细管内部涂层和球化粉末粒子的等离子体弧炉。

来源: 阿特金 (F. J. Atkins) 先生

International Research & Development Co. LTD.

Fosse Way, Newcastle-upon-Tyne, 6

MHD 发电

用铯-氩回路作闭式循环 MHD 研究, 部分由原子能局资助, 于1967年5月停止。燃烧等离子体中热陶瓷电极性能的研究, 这是1967年底结束的 CEGB 与电器制造厂协作研究规划的一部分。有关铯-氩碰撞的小规模工作仍在继续。

气体激光器

有关气体激光器 (氟-氩, CO₂ 和 Ar) 的应用与发展工作。由 IRD 子公司, Systems Computers 有限公司销售。

参考资料: «Physics Activities at IRD» . H. Rose, Bull. Inst.Phys. & Phys. Soc., p. 315 (September 1966)

来源: 鲍尔弗 (D. Balfour) 博士

Bristol Aerojet LTD.

Banwell, Weston-Super-Mare

利用等离子体弧装置使耐热与绝缘材料在高速、热播种气体环境下受到大约3000°C 的高温。

参考资料: T. R. № 274, «The Nozzle Material Test Facility Installed at Bristol Aerojet»

British Oxygen Co. LTD.

North Circular Road, Cricklewood, N.W. 2

焊接产品部

等离子体弧机制的基本研究。

把等离子体弧技术应用于加工工程，主要有焊接，切割与喷涂，使用的是电弧，收缩弧，大功率 CO₂ 激光器与等离子体电弧炉。

参考资料

(i) BOC 研究成员的大量论文，包括鲁脑 (F. W. Lunau) 先生，莱文 (M. L. Levin) 博士，克雷斯韦尔 (R. A. Cresswell) 博士，卢西 (J. A. Lucey) 先生，怀利 (F. S. Wylie) 先生的论文

(ii) «Micro-plasma Welding Equipment» Machinery & Production Engineering, 112, 368, (21 February, 1968)

Rolls-Royce LTD.

Old Hall, Littleover, Derby

应用物理部

研究高能点火极火花的能量转移。

发展用于高速摄影的高能短时间光源。

来源：米尔 (R. J. Mill) 先生 (部长)

Thornton Research Centre

P. O. Box No. 1 Chester

燃烧研究

火焰中电离过程，特别是化学—电离和交叉分子束中离子—分子反应的研究。

来源：赫尔 (I. R. Hurle) 博士 (部长)

British Petroleum Co. LTD.

BP Research Centre, Chester Road, Sunbury on Thames, Middx.

石油研究部

发展高强度发汗弧作为一种工具供化学方面用。

研究燃烧波反应器作为化学合成中自由基廉价来源的应用可能性。

来源：黑尔斯纳普 (J. N. Haresnape) (部经理)

Mullard Research Laboratories

Redhill, Surrey

离子源

研究产生直径 1 微米或更小的离子探针束，以用于无掩蔽的半导体离子注入。正在进行的工作，有适当离子源 (如硼离子) 和这些束的偏转与聚焦方法。

真空技术

研究喷射离子泵中放电的机制，以期确定受泵浦分子的后果。正在研究用氮的自动射线照相法。

微电子学

与 AERE Harwell 协作，估价离子注入法的使用（硅中注入硼和磷）。

来源：艾伦 (D. H. O. Allen) 博士

参考资料：Hill, A. R., Nature, 218, 202, 13 Apr. 1968

Elliott-Automation LTD.

Electronics Tubes Division, Elstree Way, Borehamwood, Herts.

中子管

研究和发展工作的目的在于改善等离子体离子源的效率，了解确定等离子体边界形状的因素，设计很简洁的离子源。此工作的主要目的在于发展简洁的 DT 中子源以用于油井记录等。

气体激光器

研究发生在 N_2-CO_2 放电中的气体反应，特别是影响一氧化氮与 CO 形成率的因素，出现这些气体似将限制 CO_2 激光器的效率。

Space & Weapons Research Laboratory

Chobham Road, Frimley, Camberley, Surrey

卫星推进

正在发展两种推力器

(i) 离子推力器，用于卫星轨道展开操纵。所用离子是从燃料蒸气（水银）被电子轰击产生的等离子体中得到的。预定功率约为 1 千瓦。

(ii) 脉冲等离子体弧射流微推力器，用于卫星姿态与位置控制。这种推力器的运行是利用通过油膜放电而产生的部分电离蒸气脉冲。蒸气或作为等离子体由电磁加速，或具有由电弧增强的热能。曾得到过 1 达因/脉冲的推力。

来源：托马斯 (W. R. Thomas) 先生 (Borehamwood)

参考资料：Financial Times, 6 March, 1968.

English Electric Company

English Electric House, Strand, London, W. C. 2

Nelson 研究实验室

Beaconhill, Stafford

在供电领域内的研究，特别是高压直流输电用的水银真空管。

参考资料：Financial Times, 8 Nov. 1967.

Nelson 工程实验室

Stafford

研究输电特性与配电装置特性，特别是断路器与断续器。

Marconi 研究部

Great Baddow Laboratories, Chelmsford, Essex

遍及通讯、雷达、磁物理、数据处理、电磁波传播、空间技术等领域中现代电子学各个方面的基础与应用研究。

English Electric Valve Co. Ltd.

Waterhouse Lane, Chelmsford, Essex

有关等离子体装置的研究与发展工作，包括氢闸流管，喷火口灯，闪光管，气体激光器，点火与整流器，气体稳定器和 TR 电池。

Mechanical Engineering Laboratory

Cambridge Road, Whetstone, Leics

电离物理的理论研究，包括激光产生的气体击穿。

参考资料：J. W. Gardner, Int. J. Electron, 22, 123, (1967)

Electron Lett., 3, 264 (1967)

附录V 英国的气体激光物理

由 A. N. Dellis (柯拉姆) 编制

大学中气体激光物理的基础研究以及政府和工业实验室中有关气体激光器的研究、发展工作的总结。

大学实验室的研究工作

牛津大学, Clarendon 实验室

研究：金属蒸气的快速激发激光器，跃迁的证认和光学增益的测量。脉冲 CO₂ 激光器的 Q-开关，包括能级粒子数与自发发射衰变时间的研究。

来源：桑德斯 (J. H. Sanders) 博士

埃塞克斯大学, 物理系

研究: 作为Q开关振荡器与脉冲放大器的CO₂激光器的研究。光学增益与时间的关系; 氦气压对转动能级之间热化的影响。

来源: 吉布森 (A. F. Gibson) 教授

伦敦大学学院, 电子与电力工程系

研究: 用作放大器的CO₂激光器中饱和效应的理论与实际工作。

来源: 卡伦 (A. L. Cullen) 教授

曼彻斯特大学, 物理系

研究: 惰性气体离子激光器中的基本过程 (包括 AlI, NeI, KrI)。被测能级的寿命与激发几率; 作为放大器使用的脉冲激光器。

来源: 金 (T. A. King) 博士

圣·安德鲁斯大学, 物理科学学校

研究: 激光器基本过程。氩离子激光器中激射对自发侧光发射的极化的影响。惰性气体离子激光器快速时间分辨光谱学。研究CO₂激光器中的过程以发展密封管。来自O₂激光器的可见与紫外辐射。

来源: 梅特兰 (A. Maitland) 先生

扫桑波敦大学, 电子学系

研究: 分子 (特别是 HCN, H₂O 和 NH₃) 激光器的基本过程。从激射时 HCN 激光器的自发发射光谱来证认激射跃迁。

来源: 托马斯 (G. C. Thomas) 博士

皇家霍洛威学院 (Royal Holloway College), 物理系

研究: HCN 激光器的基本过程, Q-开关, 测量反转粒子数的自发衰变时间; 扫描光腔干涉仪以研究级联与争夺过程。

这一工作正在 UKAEA Culham Laboratory, Abingdon, Berks 进行。

来源: 弗雷恩 (P. G. Frayne) 博士

苏塞克斯大学, 数学与物理科学学校

研究: 气体激光器测量与最好理论工作的比较; 研究特种气体激光系统的性能。磁场对 He-Ne 激光器的影响; He-Ne 与 AlI 激光器中的差频现象; 快速激发 N₂ 与 Ne 激光器中的超发光, 受激态的寿命。也研究其他惰性气体离子激光器。

来源: 艾伦 (L. Allen) 博士

非私营机构中的研究工作

服务电子学研究实验室 (Services Electronics Research Laboratory), Baldock, Herts.

研究: 导致发展特种用途气体激光器的基础研究。当前工作包括, 发展用于国防与加热的紧凑的大功率 CO₂ 激光器, 发展氩离子激光器用于全息摄影, 包括微电子学装置的生产。研究氩氙环形激光器用于导航时限制其精确度的各因素。发展适用于计量学的单频 CO₂ 激光器。

谘询能力: 由 CVD 合同管理气体激光器的工作。有责任向工业部提出有关气体激光器的建议, 以及作为工业部合同的技术保证人。

来源: 洛默 (P. D. Lomer) 先生

参考资料: «SEPL Technical Journal» 中发表论文的再版。(限制销数, 但图书馆可索取)

皇家飞机研究所 (Royal Aircraft Establishment), Farnborough, Hants.

研究: 把轴向磁场加到工作波长 $\lambda=3.39$ 微米的 He-Ne 激光器进而测量其影响, 由此推出激光器的气体温度。研究加轴向磁场后 He-Ne 环形激光器中的差频现象; 应用于半导体研究。

来源: 伯勒尔 (G. J. Burrell) 先生

国家物理实验室 (National Physical Laboratory), Teddington, Middx.

研究: HCN 激光器 ($\lambda=337$ 微米, 连续波) 的研究; 发展亚毫米波技术并将其应用于光谱学, 计量和穿过雾的通讯。

来源: 格比 (H. A. Gebbie) 博士

一般参考资料: NPL Quarterly

等 离 子 体 物 理 研 究 分 类 表

主 要 课 题	内 容
1.自然等离子体	(a) 天体与太阳物理 (b) 磁层 (c) 电离层 (d) 大气电学
2.实验室离子体 (等离子体作为介质的研究)	(a) 与电磁场相互作用 (b) 与准稳场的相互作用 (流体力学和约束) (c) 波与束相互作用 (d) 高超声速, 激波, 湍流 (e) 输运性质 (f) 辐射
3.使用等离子体的基础研究	(a) 原子数据 (b) 光谱学 (c) 气体激光器 (d) 电离物理 (表面现象与击穿现象, 等离子体的产生) (e) 诊断方法 (f) 等离子体化学
4.使用等离子体的研究技术	(a) 离子源 (b) 粒子探测器 (c) 真空技术 (d) 等离子体炬, 火焰和等离子体炉 (e) 微电子学电路
5.等离子体用作电路元件	(a) 开关与整流 (b) 放大器 (c) 微波技术 (d) 电弧, 火花与电晕 (e) 噪音源
6.化学工程与加工工程	(a) 化学合成 (b) 材料制造 (c) 环境模拟 (d) 表面处理
7.动力产生与能量转换	(a) 聚变 (b) 磁流体力学发电 (c) 等离子体二极管 (d) 推进 (e) 光源

私营机构中的研究

General Electric Company, Hirst Research Centre, Wembley,
Middx.

研究: 目的在于提高氩离子激光器的效率。研究由射入电子束形成非热电子速度分布对反转机制的影响。研究热平衡松弛。

来源: 雷迪什 (A. Reddish) 博士

Elliott-Automation Ltd., Borehamwood, Herts.

研究: CO₂ 激光器中气体反应的研究, 目的在于效率最优和发展密封系统。

来源: 托马斯 (W. R. Thomas) 先生

Ferranti Ltd., West Granton Road, Edinburgh 5

研究: 快速激发 N₂, Ne 和金属蒸气激光器的基础研究。快速激发型和其他型新激光跃迁的证认。

来源: 福布斯 (N. Forbes) 先生

(徐复摘译)

附: 英国高等院校 1970—71 年有关等离子体物理和 磁流体力学方面研究课题*

1. 伯明翰大学 (Birmingham University):

机械工程系:

电弧等离子体发生器: 设计和性能

——斯科特 (B. F. Scott) 哲学博士

等离子体诊断

——同上

物理系:

电子和离子的碰撞截面

——史密斯 (D. Smith) 哲学博士等

气体中的电离现象, 特别是有关电离层的问题

——史密斯和亚当斯 (N. G. Adams) 哲学博士等

气体放电余辉的质谱分析和朗缪探针

——史密斯等

* 摘译自《英国大学和学院的科学研究》1970—71第1卷。按大学或学院、系的英语名称字母顺序排列。

2. 勃里斯脱大学 (Bristol U.):

数学系:

等离子体物理

——格里菲 (D. H. Griffel) 哲学博士

磁流体力学稳定性

——理查森 (A. T. Richardson)

3. 勃里斯脱工艺学校 (Bristol Polytechnic):

科学系:

应用朗缪尔探针研究等离子体中电子能量的分布

——格林 (T. Green) 哲学博士和梅因沃林 (E. E. Mainwaring)

4. 剑桥大学 (Cambridge U.):

工程系:

水银蒸气等离子体的研究

——桑德 (K. F. Sander) 哲学博士

磁流体力学和电弧研究

——考利 (M. D. Cowley) 哲学博士

应用数学和理论物理系:

等离子体物理和无线电波

——克莱默 (D. C. Clemmon) 哲学博士和道尔蒂 (J. P. Dougherty)

磁流体力学

——莫法特 (H. K. Moffatt) 哲学博士

太阳物理和磁流体力学

——韦斯 (N. O. Weiss) 哲学博士

5. 西蒂大学 (City U.):

航空系:

平行等离子体束的产生

——考克斯 (R. N. Cox) 教授、哲学博士

等离子体绕过物体的流动

——同上

6. 东安格里亚大学 (East Anglia U.):

数学物理系:

磁流体力学

——格劳威 (M. B. Glauert) 教授、科学博士

7. 爱丁堡大学 (Edinburgh U.):

电力工程系:

磁流体力学

——谢菲德 (J. Shepherd)

8. 埃塞克斯大学 (Essex U.):

物理系:

大功率激光器的研究; 激光产生等离子体

——休斯 (T. P. Hughes) F. Inst. P.

用二氧化碳激光器产生等离子体

——吉布森 (A. F. Gibson) 教授、哲学博士和金米特 (N. F. Kimmitt)

9. 爱塞特大学 (Exeter U.):

数学系:

磁流体力学

——杰地 (R. J. Jady)

10. 格拉斯哥大学 (Glasgow U.):

自然哲学系:

在达勒斯堡利 (Daresbury) 核物理实验室 5-GeV 电子同步加速器 NINA 中的基本粒子电磁相互作用

——鲁塞伦 (J. G. Rutherglen) 教授、哲学博士

理论和计算等离子体物理

——莱恩 (E. W. Liang) 哲学博士和泰勒 (J. C. S. E. Taylor) 哲学博士

11. 赫里奥特-瓦特大学 (Heriot-Watt U.):

化学工程系:

等离子体中的高温过程

——法内尔 (G. Farnell)

等离子体中的化学反应

——瓦尔地 (B. Waldie) 哲学博士

电流体力学

——斯图尔特 (G. Stewart) 哲学博士

等离子体中的传热和传质

——瓦尔地

等离子体中的粉尘和流体动力学

——同上

12. 赫尔大学 (Hull U.):

应用物理系:

激光束从等离子体中的散射

——拉姆斯登 (S. A. Ramsden) 教授、哲学博士

用激光在气体中和从固体靶产生等离子体

——安德雷德 (O. O. Andrade)

多光子电离

——克拉费 (R. C. Crafer) 哲学博士

高压横向激励二氧化碳激光器及其应用于等离子体加热和材料加工

——赫德 (R. L. Hyde)

流体的统计力学; 等离子体和磁流体力学; 多体问题

——科尔 (G. H. A. Cole) 哲学博士、科学博士、F. R. A. S.

13. 岐尔大学 (Keele U.):
数学系:
磁流体力学
——史密斯 (P. Smith) 哲学博士
14. 兰特斯特工艺学校 (Lanchester Polytechnic: Rugby):
数学系:
液态金属磁流体力学: 在平行磁场的表面上的边界层
——克罗夫特 (A. J. Croft)
15. 里兹大学 (Leeds U.):
应用数学系:
磁流体力学
——萨韦其 (M. D. Savage) 哲学博士
磁流体力学
——戈兹沃西 (F. A. Goldsworthy) 教授、哲学博士等
16. 列斯特大学 (Leicester U.):
工程系:
传热; 等离子体表面作用
——马克斯韦 (R. W. Maxwell) 哲学博士
17. 利物浦大学 (Liverpool U.):
应用数学系:
磁流体力学
——巴雷特 (K. E. Barrett) 哲学博士
磁流体力学
——查特温 (P. C. Chatwin) 哲学博士
等离子体物理
——邓内特 (D. A. Dunett) 哲学博士
18. 伦敦大学 (London U.): 白克贝克学院 (Birkbeck College):
物理系:
原子、分子、离子、电子的碰撞过程
——哈斯特德 (J. B. Hasted) 教授、哲学博士
等离子体物理
——博姆 (D. Bohm) 教授、哲学博士
19. 伦敦大学: 帝国科学技术学院 (Imperial College of Science & Technology):
物理系:
等离子体物理
——拉沙姆 (R. Latham) 哲学博士
热核约束和激光诊断
——丹戈 (A. E. Dangor)
快收缩产生的聚焦等离子体的性质

——福尔基尔斯基 (A. Folkierski) 哲学博士

理论等离子体物理

——海恩斯 (M. G. Haines) 哲学博士

激波和磁流体相互作用

——佩因 (H. J. Pain) 科学博士

计算等离子体物理

——波特 (D. E. Potter) 哲学博士

使用激光的等离子体诊断

——惠勒 (C. B. Wheeler)

等离子体的辐射性质

——同上

20. 伦敦大学: 国王学院 (King's College):

数学系:

磁流体力学

——艾伦 (D. W. Allan) 哲学博士

电子和电力工程系:

磁场中无碰撞等离子体中的电子速度分布

——霍肯 (R. E. Hawken)

21. 伦敦大学: 玛丽皇后学院 (Queen Mary College):

数学系:

空间物理和磁流体力学

——费拉罗 (V. C. Ferraro) 教授

磁流体力学

——罗克斯伯格 (I. W. Roxburgh) 教授

磁层等离子体动力学

——格里顿 (J. E. C. Gliddon) 哲学博士

磁流体力学

——普伦普顿 (C. Plumpton) 哲学博士

机械工程系:

等离子体工程

——思林 (H. W. Thring) 教授、科学博士

22. 拉夫巴勒技术大学 (Loughborough U. of Technology):

数学系:

磁流体力学

——沃尔克 (D. Walker)

物理系:

等离子体正柱中电声波的传播

——斯图格斯 (J. W. Sturgess) 哲学博士和琼斯 (H. G. Jones)

正柱中的非线性效应

——同上

高温火焰的等离子体诊断

——同上

等离子体炬的基本性质

——同上

23. 曼彻斯特大学 (Manchester U.):

数学系:

流体力学: 磁流体力学……

——伊林沃思 (C. R. Illingworth) 教授等

宇宙磁流体力学

——莫斯 (D. L. Moss) 哲学博士

相对论等离子体物理

——斯图尔特 (P. Stewart) 哲学博士

24. 曼彻斯特大学: 科学技术学院 (Institute of Science & Technology):

物理系:

在磁场中带电粒子的轨道

——菲利普斯 (K. Phillips) 哲学博士和杨 (K. M. Young) 哲学博士

被约束的等离子体中湍流的实验研究

——卢斯勃里奇 (M. G. Rusbridge) 教授、哲学博士

25. 泰因河畔纽加塞尔大学 (Newcastle upon Tyne U.):

应用数学系:

磁流体力学

——罗伯特 (P. H. Roberts) 教授、科学博士

工程数学系:

磁流体力学

——杰弗里 (A. Jeffery) 教授、哲学博士

外加磁场作用下管道中泊肃叶流动的稳定性

——鲍德温 (P. Baldwin)

地球物理和行星物理系:

磁流体力学

——威尔金森 (L. Wilkinson) 哲学博士

26. 泰因河畔纽加塞尔耳工艺学校 (Newcastle upon Tyne Polytechnic):

物理学和物理电子系:

射频等离子体的特性、阻抗和维持机理

——克拉克 (J. L. Clark) 哲学博士等

在高压放电灯中的物理过程

——同上

27. 北方工艺学校 (London: Northern Polytechnic):

物理系:

水银放电灯中氮气的影晌

——奥特勒德 (M. Outred) 哲学博士和皮洛 (M. E. Pillow) 哲学博士
频率范围0.5—1500兆赫之间的稀薄气体余辉等离子体的测量

——达特 (T. L. Dutt) 哲学博士

28. 北斯塔弗西尔工艺学校 (North Staffordshire Polytechnic):

数学系:

轴对称磁气体力学流动

——科尔韦尔 (D. J. Colwell)

非定常磁气体力学流动

——科尔韦尔和塔尔伯特 (R. F. Talbot) 哲学博士

磁流体轴对称流动

——纳托尔 (S. M. Nuttall)

磁流体力学中叠加的可能性

——科尔韦尔

螺旋对称磁流体力学流动

——同上

29. 诺廷汉大学 (Nottingham U.):

数学系:

磁流体力学

——鲍尔 (G. Power) 哲学博士等

30. 奥朋大学 (Open U.):

科学学院:

等离子体特别作为非平衡统计力学问题来研究

——史密斯 (T. B. Smith) 哲学博士

31. 牛津大学 (Oxford U.):

工程科学系:

在超声速部分电离气体中的朗缪尔探针

——勃鲁定 (C. L. Brundin) 哲学博士

部分电离气体的密度测量

——洛德 (R. G. Lord) 哲学博士

被约束的等离子体中的波

——斯彭斯 (D. A. Spence) 哲学博士、科学博士

激波管中弧的特性

——霍瓦特松 (A. M. Howatson) 哲学博士

电场中的燃烧过程

——恩格尔 (A. von Engel) 科学博士

用电子激发原子离解

——同上

低气压电离气体中的波

——富兰克林 (R. N. Franklin) 哲学博士

碱等离子体中的振荡

——艾伦 (J. E. Allen) 哲学博士、工程博士

等离子体物理

——同上

数学学院:

等离子体物理: 激波的不稳定性, 反常电阻率, 等离子体中的波

——伍兹 (L. C. Woods) 教授、哲学博士、科学博士

32. 南方班哥工艺学校 (London: Polytechnic of the South Bank);

物理系:

在弱场中氩气的电离性质

——科林森 (A. T. L. Collinson)

氮等离子体中电子能量的分布

——托马斯 (D. Thomas)

33. 贝尔发斯特: 皇后大学 (Belfast: Queen's U.);

应用数学和理论物理系:

磁流体力学及其应用于空间物理

——希伯特 (A. Hibbert) 哲学博士

纯物理和应用物理系:

原子和分子过程: 重粒子气态碰撞; 电荷的变化, 电离和激发过程有特殊的兴趣; 用交叉束、质谱和光谱技术研究能量由几电子伏到 500 千电子伏之间的离子束和原子束

——吉尔波蒂 (H. B. Gilbody) 教授、哲学博士等

用质谱仪分析简单气体的光致电离

——威廉斯 (J. F. Williams) 哲学博士和威利斯 (B. A. Willis) 哲学博士

电子撞击现象: 原子和分子在激发和电离过程中被散射的电子的角度和能量的相互关系的测量

——同上

34. 勒定大学 (Reading U.);

数学系:

计算物理: 等离子体和银河系的模拟

——霍克尼 (R. W. Hockney) 哲学博士和亨特 (J. N. Hunt) 哲学博士

35. 雪非尔大学 (Sheffield U.);

应用数学系:

磁流体力学

——伯吉斯 (D. N. Burghes) 哲学博士

磁流体力学

——休森-布朗 (R. C. Hewson-Browne) 哲学博士

等离子体扩散和电子的计算

——皮克林 (W. M. Pickering) 哲学博士

磁流体力学

——梭隆 (C. Soron) 哲学博士

36. 雪菲尔工艺学校 (Sheffield Polytechnic) :

数学和计算科学系:

磁流体力学中的问题

——威廉斯 (M. W. Williams)

电离层动力学

——贝利 (G. J. Bailey)

化学工程和燃料技术系:

磁流体力学

——西达尔 (R. G. Siddall) 哲学博士

等离子体反应堆工程

——斯威辛班克 (J. Swithenbank) 哲学博士

电子和电力工程系

用于电离层模拟的人工离子束的进展

——弗里斯顿 (I. L. Freeston)

等离子体炬的光谱和探针研究以及新炬外形的进展

——同上

象在很多种微波管中看到的, 由于被捕获的离子束引起的在电子束中的低频不稳定性

——哈特那格 (H. Hartnagel) 哲学博士

用管形电子束测量离子电子碰撞产物

——同上

37. 扫桑波敦大学 (Southampton U.) :

航空和宇宙航行学系:

等离子体物理

——布雷 (K. N. C. Bray) 教授、哲学博士

电子系:

激光流体流动计速计

——西姆斯 (G. D. Sims) 教授、哲学博士等

播种等离子体

——西姆斯教授、哲学博士

数学系:

等离子体物理

——墨西埃 (R. P. Mercier) 哲学博士

38. 圣·安德鲁斯大学 (St. Andrews U.) :

应用数学系:

等离子体激波

——凯恩斯 (R. A. Cairns)

磁流体力学

——普里斯特 (E. R. Priest) 哲学博士

等离子体物理

——同上

在磁化等离子体中的无碰撞激波

——桑德森 (J. J. Sanderson) 哲学博士

39. 斯特拉思克莱德大学 (Strathclyde U.) :

数学系:

磁流体力学边界层

——勃拉姆莱 (J. S. Bramley) 哲学博士和科尔 (R. J. Cole) 哲学博士

磁流体力学管道流

——奈耶 (V. A. Nye) 哲学博士

自然哲学系:

等离子体物理: 用高速照相、气体和红宝石激光诊断技术研究 θ -收缩中的等离子体; 激光产生等离子体; 微微秒激光脉冲的研究; 脉冲气体激光; 全息照相; 等离子体模拟计算机的研究

——欧文 (J. Irving) 教授、哲学博士等

40. 萨里大学 (Surrey U.) :

数学系:

数学物理边值问题特别有关的电磁理论, 慢粘性流动和磁流体力学问题

——威廉斯 (W. E. Williams) 教授、哲学博士、科学博士等

41. 苏塞克斯大学 (Sussex U.) :

数学和物理科学系:

粒子和波相互作用以及波在磁活性等离子体中的传播

——克里斯琴森 (P. J. Christiansen) 哲学博士和马特利 (G. Martelli)

磁流体力学

——怀特曼 (K. J. Whiteman)

粒子和波相互作用以及波在磁活性等离子体中的传播

——马特利 (G. Martelli)

42. 威尔斯大学 (U. of Wales) : 北威尔斯班哥大学学院 (University College of North Wales, Banger):

应用数学系:

等离子体波与波相互作用动力理论

——博伊德 (J. J. M. Boyd) 教授、哲学博士

等离子体波中离子波不稳定性的理论和数值分析

——博伊德等

辐射和等离子体相互作用的数值分析

——同上

电子工程科学系:

固态和气态等离子体的不稳定性

——牛顿 (R. H. C. Newton) 哲学博士

43. 威尔斯大学: 斯温西大学学院 (University College of Swansea):

物理系:

气体的等离子体态

——托勒曼 (P. C. Thonemann) 哲学博士

等离子体物理

——卢埃林-琼斯 (F. Llewellyn-Jones) 科学博士

电离气体性质的理论研究

——戴维斯 (A. J. Davies) 哲学博士

气体中电离作用增长的理论

——埃文 (C. J. Evans) 哲学博士

等离子体天体物理

——同上

电子物理; 电离的暂时增长; ……在气体中激光产生电离, 辐射和物质间的相互作用

——摩根 (C. G. Morgan) 哲学博士

在带负电气体中电离的增长和击穿

——哈里斯 (F. M. Harris) 哲学博士

激光产生的等离子体的性质

——迈尔斯 (H. T. Miles) 哲学博士

44. 瓦立克大学 (Warick U.):

物理系:

固体和气体等离子体的理论研究

——罗兰兹 (G. Rowlands) 哲学博士

(荣升摘译)