

硼烷与硅烷

复旦大学化学系编

硼烷与硅烷

序

Cornell大学化学系的George Fisher Baker Nam-Resident Lecturer要讲这次报告的重要内容并印出版，给我一个很好的机会，能使我硅烷和硼烷的研究整理成系统的和详细的报告。本书部分地包括在1932年二月至五月之间所作的那些讲主题。

三十几年前，当我在德国结束了学生时代，以及在巴黎的Mitsunobu实验室工作许多年之后，我回到了德国柏林大学化学系实验室决定选择硼烷研究工作，作为我科学研究工作的主题。我之所以要选择这个主题是由于明显地看到硼在周期表中与碳相邻，能够形成各种种子的化合物，其数目和那时仅知道的硼酸和硼酸盐要多得多。实验室主任Wilhelm Fieser告诉我关于我所提出的计划他已听W. B. Ramsay在文中同重述，Ramsay告我不要进行这个研究，因为关于硼烷的研究在Ramsay的实验室已进行过彻底的研究。当然在那时候我放弃了再研究的打算，但Ramsay的初步报告对于其最初结果一直没有作进一步的实验证实。因此在1912年当我在Breslau高等技术学校有了自己的实验，我改回我的原来计划。承蒙热心专家们的帮助，我发展了新型仪器与特殊实验方法。最终使我成功地澄清了一些在化学中的困难问题，协助我进行工作的这些人中间，我所要特别提一提Karl Massberg, Otto Priess, Wilhant Sinter Kuch Fieser, 以及最近Erich Pahlhand和Egon Wshay。我们特别要感谢Wilhey，他协助我处理在本书各章节中的结构问题。

因为我们的许多研究成果散见在各种杂志上，从而这次总结也许会帮助在这一领域内进一步实验工作的其他同志，同样也许能有利于发展这些重要化合物的结构理论，因为在发展我们对化学价键的一般概念时，硼烷的特殊意义越来越变得明显起来。

值得高兴的是看到了其他实验室的工作者正参加到这一领域中来，犹如Schlosser, Nye与Bury二人最近的文献所显示出

那干。在Karlruhe为了讨论这些化合物的结构理论。目前我们进一步研究的目标在于发展实验基础。

为了避免注脚的累赘，将参考文献列于本书之末，放在() 中的为号数和页数，例如(I, 3540)读者可参见在书末209至214页所列的(I)及版本页数(3540)。

最后我将衷心感谢校正本书缺点的J. Papish教授和W. J. Cleary博士，以及翻译我手稿的Cleveland Abbr 第一，并且也要感谢我的助理E. G. Rochow他制作了在本书中所印的大部分的说明图。

Ithaca, N. Y.

Alfred Black

1932年4月15日

目 录

序言：自然科学的状况	1
(I) 概 论	8
(II) 硅硼化合物的研究	13
(III) 制备以及分解含有硼烷的原始气体	27

个 别 硼 烷

(IV) B_2H_6 二硼烷	35
(V) B_4H_{10} 氢化四硼烷	41
(VI) B_5H_9 五硼烷	46
(VII) B_5H_{11} 氢化五硼烷	49
(VIII) B_6H_{10} 六硼烷	51
(IX) B_6H_{12} ? 氢化六硼烷	52
(X) $B_{10}H_{14}$ 十硼烷	54
(XI) 低挥发性的液体硼烷	59
(XII) 非挥发性的固体硼烷	60
(XIII) 黄色氢化物	62
(XIV) 硼化合物和三硼化合物是否存在?	63
(XV) $B_3N_3H_6$	63
(XVI) 对烷基硼的某些观察	69

硼 烷 的 反 应

(XVI) 关于硼烷分析	71
(XVII) 硼烷的稳定性	76
(XVIII) 硼烷与水的作用	77
(XIX) 硼烷和卤素	78
(XX) 硼烷和氨	85
(XXI) 在液氨中硼烷络合物的电介	88
(XXII) 硼烷氢氧化物与氯化氢的作用	93
(XXIII) 硼烷和钠汞齐	95
(XXIV) 含氧化合物：次硼酸，硼的过氧化物	97
(XXV) 与有机物的反应	104

结 构 问 题

(XXXV) 硼烷的光学性质研究	104
(XXVI) 硼烷的结构	105
(XXVII) 硼化镁同水与酸的分解作用	112
(XXIX) 小 结	117

附 录

(XXX) 高真空技术与高真冷器械	119
(XXXI) 硼烷与某些其他硼化物的物理常数	147
(XXXII) 文 献	149

插 画

1. Automatic Mercury pump	自动水龙泵	121
2. Float-valve	浮动阀	121
3. Porous Valves	多孔阀	121
4. Container For storing Gases	气体贮存器	123
5. Porous Double Valve	多孔双连阀	123
6. Vacuum-tube opener	真空管开割器	124
7. Crushing of a Thin- walled Bulb in the vacuum-apparatus	在真空系统中不平美 玻璃球	125
8. Tube for storing subst- ances	贮存物质的管子	125
9. Weighing Tube for sus- tance that React With a Lubricant	与油脂起作的物质称 重管	125
10. Vessel for Weighing Gases	称重气体的器皿	125
11. Melting Point Apparatus	熔点测定器	127
12. Shaking Device	振荡器	127

13. Aerostatic or Floating Balance	浮气天平	128
14. Magnetic Balance	磁力浮动天平	129
15. Circuits for the Electro magnetic Floating Balance	电磁浮动天平的线路	129
16. Magnetic Floating Balance (J. G. Farberindustrie, A. G. Mode)	磁力浮动天平	130
17. Quartz Beam of the latest Model	最新浮动天平石英共楔	130
18. Magnetic Floating Balance assembled, with Aluminum Casing open	开启铝盒的磁力浮动天平组合	131
19. Magnetic Floating Balance assembled	开启铝盒的磁力浮动天平组合	131
20. Aluminum Block for Coalina Baths	冷却浴的铝板	132
21. The Vapor-pressure Thermometer (drawing)	蒸气压力温度计 (工程图)	133
22. The Vapor-pressure Thermometer (photograph)	蒸气压力温度计 (照相)	133
23. Apparatus for Measuring Vapor Pressures at Higher than Room Temperature	高于室温测定蒸气压力的仪器	135
24. Vapor pressure of Two Substances Compared	比较二物质的蒸气压	135
25. Apparatus for Determinating Fall in Vapor Pressure of a Solution in Liquid Ammonia	在液氨中测定蒸气压力的仪器	136

26. Filter Tube for Washing Solids With Dequefied Gases	用液体气体洗涤固 结管	137
27. Filter Tube for Continuous Washing	连续洗涤管	137
28. Apparatus for Analyzing Hydrides	分析氢化物的仪器	138
29. Creating Hydrides With Amalgam	氢和钠汞齐的处 理	138
30. Reaction between SiH_4 and Oxygen	SiH_4 与氧之间 反应	139
31. Decomposition of Magnesium Boride by Hydrochloric Acid	硼化镁、硼酸盐分 解	140
32. Mechanical Transfer of Boride into Acid	硼化物转入酸中 的器械	140
33. Early form of Vacuum Apparatus	早期形式的真空 系统	142
34. Recent "Universal Vacuum Apparatus"	新型"万用真空 系统"	143
35. Photograph of Vacuum Apparatus under a Laboratory Hood	实验室橱中的真 空系统照相	145
36. A Group of Valves of a Vacuum Apparatus	真空系统阀门组	146

序 言

自然科学的現况

在以后九月里我将在Itasca作一系列的演講，我首先想对Cornell大学和以我的朋友Dennis为首化学系同僚們在

期間的邀請表示衷心的感谢。這對我來說是一個最大快樂和光榮，能特 花上几个月和我的美国同僚們在一起並亲自地介绍了今天世界中在工业和经济上呈现领导角色和科学工作比其他任何地方更有威信更有成就的国家。

的住所很好，這對我日常生活习惯是一个决定性变化，並給予我一个 所渴望的机会，能安静的观察自然科学和工艺学的現况，也就是自然科学在目前的应用和利用程度。

讓人們公正的說一句是不是科学和技术越发达我們就愈面臨危机呢？这种說法至少在我們分裂的欧洲常常听到和談到。正确的科学能真正貫彻到人类認識深处嗎？工业將鞭答人类將导致我們经济生活的毁灭使精神更加痛苦嗎？求助于玄学和哲学能得到救濟嗎？

自然科学只不过在最近几百年内才有重要意义的，虽然在古代也有一些在技术上很重要成就，例如在世界上的那些奇跡埃及金字塔、陶瓷、印染、制革等，工艺发展和 的研究天文学（虽然这些天文学主要的来自占星学）和中世纪炼金术引导人們发现不少的化学事实。但是我們今天认识的自然科学也不过是开端，所以进行它的研究不但具有实际的目的也是为了创造完整的宇宙概念，自然科学中发明和运用许多工具，如钟錶、气压计、温度计、望遠鏡、显微镜、空气泵和其他等如果没有这些是不能进行正确的科学研究的。人类不惧海洋的危险从而獲得了地球的知识。巨大的毅力解决了行星运动的秘密並 出了地球在宇宙中的最近位置。科学研究代替了炼金术对世界毫无目标的摸索。印刷术的发明大大加速了相互之間意見的交換，这样科学 是形成了。同时自然科学也从单纯靠記事实和运用经验公式而上升到应用数学定律。天文学和物理学是首先应用化学和生物学比较进一步，数学的运用产生了许多奇跡，很明显它对自然科学和工艺学起了不可比喻的帮助虽然它是人类在思考中最抽象的領域。

上世纪在自然科学和艺术方法上有惊人的发展。在上世纪的进步中仅局限于几个傑出的学者，现在已涌现出成批的科学家和工程上的尖兵，他们具有灵巧的实验方法和巩固理论基础。在所有文明国家里目前所进行的科学研究方法几乎是一样的，在研究期间往往个别的也能突然的得到光辉的成就。但是大多数的成功是通过有规律的研究，虽然这样研究比较缓慢。正像

教授在这里的最近演讲所指出一样，领导者指出一条途径然后科学工作者和建筑师们跟随着他的脚步在不久还开荒无人烟的沙漠很快的兴起新的住所。

科学上和技术的文献的增加速度是令人吃惊的，保持和所有作者甚至在某一领域的作者的接触也是很困难的，这样就不可能在什誌上和工作文献上对他们主题作出公正的判断。我们对将来展望带有憂慮应该在工作范風和发表之间需要有更多限制以避免在很多的会议中进行同一个问题的反反覆覆讨论。

在另一方面从本世纪由于进行频繁交往科学和艺术学上的研究在这短短的期间取得了空前未有的进步本人可以很自然的几个关于现代成就的例子。

物理：通过又光学和最近的电子光学在很大程度上扩展以前这些仅包括可见光线和照射有直接关系的领域。这类光学方法在广义上来说是一个奇跡它带给我们宇宙中最微细领域的知识，如像精密的化学原子内部，我们用这类光学方法能知道有寿命极短的化合物存在，这些化合物是我们始终不能理介和保持的这类光学方法也使我們能测量更小（初看起来似乎和这类化学方法毫不），例如测量化学力。

电学通过对电子的研究，它的基础更加广濶，人們都承認原子核带有正电。对每个人來說如果他具有无线电装置就更能体会对发现和利用的电磁波的重大意义。在我们思想中物理上理论概念更难理介，或许量子力学的建立是

时期以后在自然科学中最伟大的成就，按照量子力学能的放出和吸收是有一定特殊分配或者说是量子“方式”正如化学元素以原子形式存在一样，产生了相对论以后对于外行的人是没有必要的，而对当前的传统概念作有力批评。新命名为电动力学的学科是基于原子性质上的最新理论，先前独立的“质”和“能”现在是已经可以相互转换，在我们物理概

会上这些概念的改革导致了一些对自然机械看法的破产。目前仍在继续进行理论上和事实上激烈的争论，可疑的发射能具有波动和微粒性真的理论重新恢复；因为在美国已证实地球上有线无线电发射的以太和光速是不相干运动的，这是和以太性质相抵触的，并且再一次地阐明在宇宙中存在以太说法是不正确的，在事实上我们常常听到这样疑问是不是这样的因果关系可引伸到原子的内部去，当定律的起因是没有根据时，对自然科学来说那是丧失了最重要的支持和推理方法。本人是支持这类研究者的，就是在他们假定因果关系能很精密的支配他所研究范围，某些不准确仅仅是由于我们测量和观察方法仍很粗劣，但是仍能正确地求出这类现象原因和结果，即使是怀疑者也支持，在所有情况下统计学起因是一个统计了大多数以后所得平均结果。

现代物理学引伸到更高深的数学范围中去，用新发明的数学方法来促进了物理进展。

最近所有自然科学流派在应用物理学方面，有暴风雨般的发展，在我们看来在许多方面有新的进步从而也摧毁了老的观点。

显然在我们自然科学中最古老的天文学方面也起了根本的变化。对宇宙的概念也作了很大扩展。今天我们能看见比太阳系和银河系更远的宇宙空间。关于行星的化学成分大小比重温度和它的运动已成为我们研究的主题，我们发现许多行星它的大气层比地球低得多并且假定它具有很大质量集中，例如天狼星的阴暗不明的伴星它具有50000比重。通过新的关系原子蜕变和质与能之间的相互转化的观点使天文学中能得平衡得到新的完整的分析，由于光速和观察之间的相对移动引起波长的微小的变化我们叫它为多普勒效应。这启发我们知道了宇宙中运动的关系，用这些关系帮助我们确定了运动中心，并测定了以前以为显然是梦想的光速，确定它为 300000 km/s 。联系到最近物理学电子方面研究可能用来解决极光问题，它指出极光产生原因是由于北极的磁性力作用电子现象。

近代物理学上进步有力促进了化学方面研究如光谱分析，量子力学、电子理论和电动力学，对化学原子起草了一个模型，这在几十年前化学家是梦想不到的，他们只认为原子是一成不

变的物体。最近原子的概念是核带有正电荷其周围带负电的电子这样就有可能来解释许多本来不能解释的现象如个别元素的光谱特性。原子化或原子中存在电性的变化有可能被电光等所激发在周期表中所表示的一定化学元素相似性在放射性元素蜕变中所伴随着值得注意的现象，就是存在着同位素，它们有相同化学性质，但具有不同的原子量，令人惊奇的在质谱仪中我们能准确的测定同位素及其重量。

反应速度是在以前化学中最缺少了解的领域，现在已用新的观点揭开了它的深处像Haber所说一样“我们仅在化学的现实过程中迈出了第一步，在以前正如指出我们只知道开幕是什么，幕闭后的结果是什么”。显然的在反应速度中最主要的是用原子和反应来决定的。它们是由于个别原子在反应中能释放所引起，带光谱使我们检得极不稳定稀有化合物如羟基并且用这一事实可以用来补充我们解释许多迄今尚模糊不清反应，在我們研究微粒表面特殊作用力中，也有巨大的进步，在微粒内部由于其周围微粒均匀作用所以和上面情况相反，这些在胶体化学领域上的吸附现象接触效应和接触剂等的知识在以前是模糊不清和暧昧的。

也不是说经典的制备化学是无用了。相反在本世纪末它们中间有许多显著成功，这里述及一下它的制备了人体组织中的重要生命物质如从肾上腺得到了副肾素从胰腺得到了胰岛素，从甲状腺得到甲状腺素和得到了结晶形态的维生素C和维生素D。

矿物学在它的研究课题也得到深远的见解，在今天矿物学指引了更多性质和晶体的最小结构单位的排列与其外部形状比较。我们运用新的知识就是关于放射性和原子蜕变时释放出大量的能用以来帮助地质学获得本质的不同和建立更好在地球内部所有地带化学元素的分布也更认识清楚。

用形态学来生物学是愈来愈趋没落，而用化学和物理过程结果来处理生物现象这样就可能来解释肌肉的能和简单化学反应有关系存在。能调节人体中各种机能的激素的研究是一个巨大进步，这里只述及一个例子，用性激素作帮助（能从小便和其他物质中得到）在将来可以有这样可能随自己意志朝向男或女性方面发展，人们很震动的。控制生物学

家和化学家手中的魔力和职责。

酶的研究是一个完善的进程，酶的量虽然极微小，但在我们身体化学体系呈现一个奇异角色，（当在消化食物和生长身体时）酶至今尚未分离成纯粹状态或人工合成，进一步沿着这样一条路线就是用一般吸收方法来完成纯化浓缩分离过程以避免化学变化。

遗传学也揭开了具有很大实用意义的新的一页，某些定律是早已发现或证明对每个种族的遗传如植物、动物甚至于人是很重要的，例如站在遗传的研究上。

因为自然科学的成就在医学上的进步是已经可以使我们的短促生命得到延长，近世纪在文明国家里人平均寿命已反了一倍，不管这对地球上居民说来是不平等的幸福，但在现代经济情况下至少是一个未解决的问题。另外生物学中发现奇怪的叫“发育射线”的一种射线，它是自然界中的一种紫外幅射线，在生物进化时起作用，例如对洋葱根部的生长和蝌蚪的发育，虽然这个射线尚未认识清楚，但已经期望它来解决生物学的問題如这些细胞分类問題也许在生物学领域上应用自然科学的发现如影响电子过程分子活化幅射作用和人体组织中的电荷变化等考虑得比较少，其实从人命来说是很重要的。

应用科学——工艺学——起初总是跟随在理论科学之后，但是在今日也常常指出新的有價值的研究路线，当人们回忆起接近一百年前那时蒸汽机刚发明铁路刚开始通行，棉花才做成纺织纤维来应用，再看看我们现在工业上成就是好像在做梦一样，如网状般铁路布满地球，有优良的机器，无线电学航空和无线电报上有很大的进步，和农作物产量成倍提高。科学是艰苦结果。在工业进步方面我们尚须进一步努力以供给各种用途最合適材料，来取得足够的自然界原料，来开发新动力源泉，来簡化和減輕人們工作，今天在工业上已清楚地认识科学研究的巨大價值，工业不但也对高等院校的科学研究的有力帮助，而且建立了它自己完整的研究实验室。

在自然科学和工艺学中各种不同学科之間将逐渐扫去境界向统一方向而作共同努力，这是最近自然科学发展的特色：天文学、物理学、化学、矿物学、地质学和生物学是正在逐渐合并为一个学科，它們普遍地用相同实验来进行工作，具有相同

的数学意义物理和化学已经很多地方合而为一。

乃至“正确”科学和“心理学”或“精神科学”也是对现代向合并的学科提供了证据。在最近布拉格的物理学和数学会议上在共同讨论相互交换。其中这些论据是很重要的。但是不同的哲学派别从此理个吗？不可否认哲学是已经强烈地受到当前自然科学的影响，这种影响也越来越使各个自然科学方面趋向于统一理论，今天哲学上的广阔范围不再是像他们所提出那些“范畴”哲学上“宇宙观点”，而是渐渐地和自然科学概念相吻合，这类哲学已变成自然科学的先驱者和向导。

“哲学是反映了尚未完全明白的领域，哲学意味着包括所有的领域，哲学对研究者决定提出结果相反哲学继续

研究 来的需要考察和讨论材料。”按Russell所说，哲学同样是研究一部分，为以后知识而奋斗。但一旦在这一领域上知识得到后，那末就不再叫其“哲学”，而成为独立的科学。以前研究天空现象当作哲学一部分处理，现在叫其为天文学。最近人的思想研究从哲学中分离出来心理学。在哲学上‘Carnap’写道‘我们对象在经历戏剧中情节一样，许多矛盾的哲学范畴是，的和相陪地地土起来’。Von Mises说在目的上和方法是统一的，就是通过概念来改造世界科学区分为二个部分一个叫自然科学，一个叫精神科学，这不过是实用上和暂时的区分，而且这种区分不是最好的，也是无规则的’。按syengle说：‘每准确的科学都是不有觉的希望去了介和洞察整个宇宙’。Driesch说‘没有一个人完全知道任何特殊的原因即使是一个科学上学者。’在以此我们已有哲学和数学上证明这个自然科学和精神科学朝向共同认识上前进。

工艺学也意各和精神科学接触也已经有许多一度被很尊重的主义如“机构学”‘唯理主义’“唯物主义”加于工艺学之上但是现在有更多的荒唐名词应用到纯洁的技术研究上去，在检定之时用批评的眼光，需要极改的时间，或者把它放在现实人类的经济和文化的生活来进行检定。美国的工业领导者们创造了“人类工程学”的名词。工艺学是讨论人类在劳动中威严和平静劳动和资本之间斗争。在未来完美的工业上工作将更多的依靠人来操作而是比机器改良来得更多只。‘plonk’预期Meta-的发展如完整的经济技术的完整意见和工作

这仅仅基于理由和一个公式和符号表白。

这个自然科学现象由于题目很大和本人整理时间较短，只不过是一个草稿，只能指出纯粹科学和应用科学的势不可挡生命力。在 的 中表明出在那边并无减弱停止或者让位意思：所有都沿着这条线去奋斗，为了努力明白矛盾和统一。我们的观念，保卫自然和宇宙，常有革命的斗争，我们完全相信“了个世界的可能性”和存在永恒支配世界概念（M.）。

过去已经做了很多工作。许多余留下的也完成了，自然科学的学者 牛顿的牛顿一样，牛顿说“他自已好像一个在海边玩石头的小孩，在地面前展开着极大的尚未明白的海洋”。虽然每个自然科学领域都有众多尚未介决的问题，但他们概况是可以认识的。同时也没有人知道在模糊将来将潜伏着什么。如果 兵士的粗暴手中逃脱死亡自然科学可能继续永胜前进：

在 actual 的科学金字塔中社会学是居于顶点，数下来大概是有自然科学，但是它的课题是错综复杂的和有无数的自然产物对科学的目的来说最高的问题是：人类如何从政治经验和 社会限制中获得自由，如何给予人类纯洁开朗和在共同工作中相互同情博爱的思想。

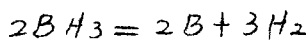
第 I 章

概 论

早已知晓有易挥发的硼烷的存在，某种硼化物（常用的是硼化镁）用酸来分解时就发生了气体，它的主要成分是氢气，但是在其中因为混有硼烷所以有特别的不愉快气味，燃烧时呈现绿色的火焰，加热时产生硼，能还原银盐溶液，Jones和Taylor他们是首先比较透彻的研究用盐酸来作用硼化镁所生成的气体，他们发现要进行可靠的分析这少量硼烷是太少了，他们用某些不能确实的实验导出了 BH_3 的分子式，Salatien也支持这个分子式，他用了像Jones和Taylor同样的方法制备了原料，他自己也没有作任何分析就作了定性的指示，他只发现混在氢气中的少量硼烷能快速地被害性溶液所分解。

十年以后的硼烷研究详细地被和提及，他们用新的实验来帮助浓缩氢化物，研究者报告他们初步的结果，他们也用加热硼化镁（二氧化硼和镁粉在铁坩锅中加至红热）和盐酸得到含有硼烷的气体，并用液态空气冷却，冷却后在冷却的接收器中产生结晶，温热以后气体就燃烧呈绿色火焰，它用苛性碱并打石灰五氧化二磷处理以后的密度是19.36，用电火花能分解硼烷产生的固体，作者认为是硼，反应后体积大约增加了 $1\frac{1}{2}$ 倍，他们说：「这是一个困难的实验，不能给予非常正确的结果，那些实验只给出了一个可能性，就是这气体主要由 B_3H_3 化合物组成。」

因为初产生气体甚至在液态空气中冷却，仍能燃烧呈现绿色火焰，他们决定通过瓷管为了尽可能除去多余的氢气余下象气体压缩至一大气压然后在液态空气冷却下减压沸腾，因此部分是冻结，蒸馏部分密度是2.59，假定硼烷的分子式认为是 BH_3 ，那末气体必有26.5%是 BH_3 ，余下是氢气用电火花来分解7.45 c.c. 能得到8.5 c.c. 气体或者说增加了1.05 c.c. 因为7.45 c.c. 的26.5%是1.97 c.c. 体积1.97 c.c. 增加到3.02 c.c. ($1.97 + 1.05 = 3.02$) 是一个几乎2:3的比例象用方程所规定一样。



Dannay 和 Hatfield 还谈到制备 B_3H_3 化合物所作努力没有成功，直接去却使他们得到唯一化合物，这些化合物能用固体苛性碱和浓硫酸来分解，它并有 18.1 蒸汽密度，在电火花下能产生硼，因此他们总结出 B_3H_3 存在二种分子式，一种是稳定的另外一种能快速地试剂所分解，他们写道：“在后一种事件中产量是很少而且作者尚未得到不被不稳定气体所污染的情况”按照结论他们拟出几个结构式指定链状结构 $H_2B \rightarrow B \rightarrow BH$ 为不稳定 氢化物环状结构 $H_3B \rightarrow BH \rightarrow BH$ 为比较稳定之一。

这些重要注意没有在 的详细报告中提到
的后来一卷说到这些理由 指出他至少在制取 B_3H_3 时做了二十五次才成功的试验甚至用不同的路径使三氧化二硼制得硼化镁，使用可以想象的范围加热来改变温度和作用物之间比例，但在最有利情况下也只得到几立方厘米未经确实的气体。

作者在下面几页中指示 和 的气体中必含有颇多的矽烷，附加在硼烷上这个事实在他们的注意中被遗漏，—— 已经提起过—— 也未观察硼烷用碱处理时能快速地完全地分解。作者观察当气体通过仅几厘米长的一层打石灰就足以移去硼烷的气味，假定气体通过火花所产生的硼末作进一步试验，那末毫无疑问这些实验如制备“稳定的 B_3H_3 ”和“ BH_3 ”时差不多都包含了矽烷如此 的所有分析结论和有气的消臭都是不可靠的。

在 1912 年我们开始研究硼烷时，仅仅得到上面公开资料，我们第一步也是用盐酸来分解所谓“硼化镁”，（由加热三氧化二硼和镁而制得）如果本层硼烷的得率很少，这是一个很有效的方法，在得到硼烷中只不过利用原来硼的 1/10，在所谓“硼化镁”中除了包含真正二者合成的硼化镁外 还包含过量的三氧化硼，其它硼化物和“连二硼酸盐”如在第十八节所指出它们用酸分解过程是非常复杂的，按照 Stoll 和 Mill 实验（7.5, 74）如果用磷酸来代替盐酸来分解硼化物产生的硼烷是有所增加，我们最近也发现用硼化 来代替硼化镁这个同时形成的矽烷就能避免。

我们探知附加，在其中的主要成分是氢气，在气体中也包含，

硼烷和砂烷为单一的一 B_4H_{10} 是很不稳定，在 $18^\circ C$ 沸腾用分馏能分离之，当加热时它经历一个复杂的分解形成 B_2H_6 和另外化合物，一件事物引起了继续讨论下去的很大困难，并一种情形是硼烷是很不稳定和对润滑油和微量空气有极大的敏感，更大妨害是在研究时只能获得少量物质。第二种情况在原始气体中存在着砂烷，这对硼烷是一个很大妨害，因为它们物理上和化学性质极相似，要分离它们是很困难的，用化学方法在拿掉砂烷的同时不毁灭不稳定的硼烷这是不可能的，然而我们不能避免砂烷沾染硼烷，因为商业上的镁常常包含一些砂，这些砂形成了砂化镁在以后反应中形成砂烷，更深入一步研究它们除了有 SiH_4 以外，反应中没有其它砂烷的可靠消息。

我们最初的企业是在发展实验室的高真空实验方法，用特别类型的装置和技术，这样就使我们有一种可能就是当我们工作中具有不稳定或易挥发物质时就能排除空气、湿气 and 润滑油，使这类物质仅仅接触到玻璃和水银，用蒸汽压和熔点的方法去主要地来决定硼烷纯度和证实其存在，混合物的分离和个别化合物之分开可用在真空中冷凝或分馏办法后，一种方法更为有效，在我们工作许多种辅助性仪器是发明了，例如蒸汽压温度计和气体浮力天平，这种真空方法是能佳确地进行范围很大的物理和化学性质研究，而且仅仅需要几个立方厘米气体状材料，这是一个创举，在研究一般的易挥发物质（它们沸点在 $150^\circ C$ 或更高是更容易处理）而且所有的量很少，又希望是一个定量反应，这些装置在科学实验室或工业实验室已起了作用，并且对 L. M. Deunin 教授在锆烷上的研究提供了很好服务条件。

最初我们应用盐酸分解砂化镁的方法来研究砂烷，在研究砂烷的过程中有很重要进展，这些进展帮助了我们在研究硼烷上克服更大困难已经证明存在的几种砂烷是和饱和烷类相对应如 SiH_4 Si_2H_6 Si_3H_8 等这样就引导我们去制备先前不知道的砂的化合物如 $(SiH_3)_3N$ 等。

这些实验完成后，我们工作被世界大战所阻碍，我们重新回到 1921 年的砂烷问题上，运用了从砂烷方面得到知识，我们能容易地分离了硼烷化学证明是一个意想不到的复杂过程，从原始气体中我们也能从硼烷从砂烷中用分馏来分离成纯粹状态