

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

肖莱马



## 一、肖莱马的生平

在德国西南部的黑森州，有一座重要的工业城市——达姆斯塔德市。1834年9月30日，近代有机化学的奠基人之一——卡尔·肖莱马就诞生在这座城市里。

美丽的莱茵河与它的支流美因河流经黑森州，给黑森州带来了滔滔的水流与秀丽的景色。州内美因河畔的不少城市，比如：法兰克福、卡塞尔、威斯巴登与达姆斯塔德等，都是德国著名的工业城市，盛产钢铁、煤炭以及化工产品。达姆斯塔德是当时黑森州的首府，离此地几十公里的法兰克福与路德维希港，是德国最大的两个化学工业中心。

肖莱马的父亲约翰逊·肖莱马，是达姆斯塔德城的一位木匠，母亲罗斯是一位勤劳而纯朴的家庭妇女。他们两个人先后生育了9个子女，其中卡尔·肖莱马是老大，这一大家子的生活都要靠父亲的辛勤劳动去维持，由于人口多，所以日子过得很艰苦。父母亲都没有什么文化，因此他们明白有文化的重要性，平时节衣缩食积攒了一点钱，陆续地送孩子们上学。卡尔在自己家附近的一所小学读书，小小的他深知父母的心愿，他努力地学习、读书，成绩总是在班里名列前茅。而一放学，他就急急忙忙地赶回家中，帮母亲干家务活；照料弟弟妹妹们，他把白天在学校发生的各种各样的事情编成小故事或笑话，讲给弟妹们听，弟妹们聚精会神地听连眼也不眨，有时又不禁“咯咯”地大笑。但他的作业呢——早已经在学校做完了。

小学毕业后，12岁的卡尔进入了本城的实科初级中学读书。随着年龄的增长，他更加懂事了，学习也更刻苦了；只要家里没有太多的事，他的时间准是用在了学习上，所以他连年是优等生。在领悟了老师所教内容以后，他常常会想到下一部分的内容，看书看不懂的内容他就去问老师，有些问题的提出，往往会超出他所学的范围；但老师非常喜欢这个勤学好问的学生，因此卡尔的问题每次都会得到满意的答案。

在学好各门功课的同时，肖莱马还非常关心那些学习上吃力的同学。他自己学习成绩很好，但从来没有看不起那些学习上不如他的同学，他常与这些同学在一起学习、游戏，无论谁遇到了问题，他都会耐心、细致地给予讲解。一遍不懂就再讲一遍，直到同学的问题完全弄明白为止。学习优秀、对同学无私帮助，使肖莱马在同学们中间有很高的声望；老师们也都很喜欢这个品学兼优的好学生。

日子过得飞快，转眼4年过去了，肖莱马16岁时，从初级中学毕业了。这时，父亲认为肖莱马已经长大了，应该找个工作为家里分担一些困难了；肖莱马本人很理解父亲此时的心情，望着父亲那日益苍老的面容与逐渐成长的弟妹们，肖莱马也决定不再上学而去找份工作来补贴家用。老师们了解到这种情况后，就来到了肖莱马的家中，与约翰逊进行了交谈，他们认为如果

此时就让肖莱马工作而不继续学习，那会埋没肖莱马的天才，以后的科学界也就会少了一颗明亮的新星，因此，最好还是继续让他上学。肖莱马的母亲也是这个意见。在他们的共同劝说下，父亲与肖莱马改变了主意，肖莱马准备进入高级学校继续学习。经过认真的考前准备，他考入了本城的高级职业学校。

在职业学校的前两年半时间里，肖莱马进一步学习了语文、数学、历史与博物学；在最后一个学期里，他又学习了物理学与化学。在这三年的时间里，肖莱马继续保持他勤学好问的优点，因此他各科的成绩都很出色，尤其在物理学与化学两门学科中，成绩都是全班第一。在最后一个学期里，他迷上了化学，整天泡在学校的化学实验室里，沉醉在内容丰富的化学实验中。熟能生巧，学期末，肖莱马在实验操作上已经表现出了高超的技巧。

肖莱马生活的达姆斯塔德市，有“化学家摇篮”之称，比如著名的有机化学家李比希（公元 1800—1873）、凯库勒（公元 1829—1896），都是在这个城市出生，而离此城不远又有法兰克福市与路德维希港两个化学工业中心。因此，无论从历史传统与所处环境来看，都会对一个立志于化学的年轻人有很大的促进作用，而 19 岁的肖莱马正是这样的一个年轻人。

1853 年，肖莱马从高级职业学校毕业。此时摆在他面前的有两条路：一条是继续深造，学习自己喜欢的化学；另一条就是走入社会，找一份工作以分担家庭的贫困。经过仔细思考以后，肖莱马实在不忍心让已年迈的父母再为自己的学费操心了，所以他想暂时放弃深造的机会，找份工作以糊口，但他又真的舍不得已经深深吸引他的化学。因此，他找到了一条折衷的方法，选择了与化学研究最接近的制药行业。因为在那时，药房中的许多药物都是自行制备的，而在药品的制备过程中必然会涉及到使用化学制剂与化学设备，为此就需要药房的工作人员要有相当的化学知识，并要不断地学习与研究化学。

这样，在 1853 年，肖莱马来到乌姆施塔德城的“林登堡药房”，当上了学徒工。乌姆施塔德城是个山清水秀的地方，在城外有覆盖了各种树木的高山。喜好观察与研究的肖莱马，经常在此地登山远足，同时采集了许多植物标本，对于药用植物，他更是潜心研究，由此，他打下了广泛的植物学知识的基础。这些知识对于他在以后关于药物学与化学的研究，起到了极大的帮助。

野外考察的同时，肖莱马还利用药房便利的实验条件，进行了广泛的化学实验与物质分析，这些都为他的化学研究打下了坚实的基础。两年半以后，他的学徒期满，经过考试取得了药剂师助手的资格。

不久，肖莱马离开了乌姆施塔德城，来到了古老的德国城市海德堡，在这里的一家“施万药房”当配药助手。工作之余，他经常去海德堡大学旁听著名化学家本生（公元 1811—1899）的化学讲座。用后代人的评论来说：“本生的讲课对肖莱马的影响是如此之大，以至他决定放弃配药助手的职业，而

渴望研究化学知识的心情久久不能平静下去。使他终于去了基森大学，为的是系统掌握实验知识。”

1859年春，被化学研究强烈吸引的肖莱马，考入了著名化学家李比希正在执教的基森大学化学系。他在李比希的学生威尔教授的指导下，学习了为他后来的研究打下初步基础的分析化学课。肖莱马的一位大学同学，后来成为著名制药师的施克里伯回忆这时的情况时说道：“肖莱马与我是夏季学期的同学，我研究制药，他则专心研究基础化学。我们是在实验室里共同工作时认识的。在那以后，我们相互交换心得，很快就成为了知己。与肖莱马相处的那段日子，是我年青时最美好的时光，因为他是一位可亲而又可信的朋友……肖莱马学习非常努力，对自己要求很高；在我们的同学中，他对化学专业的掌握是最好的。但他对别人极其谦逊，同学们对他有求，他都必应；他为人很热情，在化学实验时，他能够帮助别人知道自己的分析哪里有缺点，定量分析计算时哪里有错误。他对我个人有很大帮助。当时威尔教授很赏识他的知识与为人，所以常让他在实验室中作些个人的额外工作。”

在基森大学学习期间，肖莱马还选修了德国化学史家赫尔曼·柯普的化学史讲座。早在中学时，肖莱马就很喜欢历史学，听了柯普的讲座以后，更激起了他对化学史的浓厚兴趣，并且这种兴趣一直保持到了他的晚年。

尽管这位来自达姆斯塔德的贫寒学生在基森大学不知疲倦地学习，而且初步显露出他的化学才能，但是由于没能够筹措到第二学期的学费，到了1859年8月，肖莱马不得不离开基森大学，另谋出路。

就在这个关头，肖莱马接到了中学同学吉特马从英国寄来的一封信，信中说由于种种原因，他辞去了英国曼彻斯特市欧文斯学院化学教授罗斯科的“私人助手”职业，所以正需要有人来接替他。他问肖莱马，是否愿意从事这一职业。

这封信的到来，对于前途渺茫而又情系化学的肖莱马来说，无疑是一个极大的福音。于是他产生了去英国的念头。在与父母商量后，1859年秋天，这位25岁的青年人离开了祖国，渡过英吉利海峡，来到了曼彻斯特这个大工业城市谋生。这样，就开始了她一生中一个新的阶段，从此他在英国定居下来，直到去世为止，长达33年。

来到英国后，肖莱马利用欧文斯学院提供的就业机会，不知疲倦地工作，他把工作挣来的钱除了维持生活以外，全部投入到了化学研究中去。同时，他充分利用了学院的化学实验室，经常是加班加点进行各方面的试验，有时甚至一整天不出实验室的门。

在罗斯科教授的化学实验室里，肖莱马协助了教授从事的测定恒沸点稀酸溶液组成的专题研究。两年以后，由于出色的工作，肖莱马成为欧文斯学院化学实验室的正式助手。在担任正式助手以后，肖莱马开始给学生讲化学实验课，并辅导他们的有机化学，同时开始了他自己在有机化学领域内独立的科学研究。

从 1861 年开始，肖莱马连续在有机化学，尤其是脂肪烃化学领域内，从事了一系列理论与实验的研究，并分别以英文和德文在化学刊物上发表了 60 多篇论文与多种专著。他的这些论文大部分是有机化学方面具有开创意义的经典研究成果。这些研究成果，使得他成为有机化学领域内的权威人物。

由于在化学研究上的卓越成就，1871 年肖莱马被选为英国皇家学会会员。1874 年，在欧文斯学院和英国各大学中首次开创了有机化学讲座，肖莱马成了主持这个讲座的有机化学教授，并且连任 18 年。1878 年，他又被美国科学协会选为会员。

60 年代初期，肖莱马在曼彻斯特与恩格斯结识，后来又通过恩格斯的介绍在伦敦与马克思相识，并很快与他们两人成为亲密的朋友。受马克思与恩格斯的影响，肖莱马逐渐树立了共产主义信念。随着德国工人阶级政党——德国社会民主党的建立，卡尔·肖莱马与弟弟路德维希·肖莱马，都成了德国社会民主党的最早一批党员。这样，肖莱马不仅在科学上有着明确的前进方向，同时在政治信仰上也有了坚定的信念，此后他一直积极活动在工人运动的最前列。

正当科学事业与工人运动都需要这位优秀人物作出新贡献时，由于长期劳累与忘我的工作而造成的疾病缠住了肖莱马的身躯。从 1890 年开始，他的身体日渐虚弱，1891 年一场突发的疾病使得他丧失了听力。1892 年 6 月 27 日，无情的肺癌夺走了肖莱马的生命，享年 58 岁。

1892 年 7 月 1 日，在曼彻斯特隆重举行了肖莱马的葬礼。参加葬礼的有恩格斯，科学界的代表，欧文斯学院的教师及学生，还有德国社会民主党的代表以及其他自发加入的群众。恩格斯在写给肖莱马家人的信中说：“送葬的行列很可观：前面是卡尔的生前好友，乘坐马车；接着是欧文斯学院的教授们（他们几乎都来了），也乘着马车；后面是卡尔的许多过去与现在的学生……他们都送了花圈；除了家属，好友，党的执行委员会的花圈外，还有一个很大的花圈，上面写着：‘献给我们著名的同胞，伟大的肖莱马永垂不朽——曼彻斯特的全体德国人敬挽。’”

与此同时，欧文斯学院的师生又联名倡议，为了永远纪念这位优秀的化学家，应该在校园内建立一座“肖莱马实验室”。这一倡议很快得到了校方与其他各界的响应，大家纷纷捐款并成立了专门委员会进行筹划。1894 年，一座宽敞的、设备齐全的“肖莱马实验室”正式落成，肖莱马在科学研究上孜孜不倦、勇于进取的作风，将永远激励着每一位真正的学者自强不息地为科学事业作出更大的贡献。

## 二、在化学领域内的实践

由于生活上的贫困，使得肖莱马失去了接受高等教育的机会。他在基森大学化学系只上了一个学期就不得不中途辍学，背井离乡去英国当私人的助

手。但后来肖莱马却掌握了渊博的科学知识，为人类化学事业的发展作出了不朽的贡献。这些成就的取得，除了他的天赋才能外，更主要的是因为他勤奋刻苦地自学。

肖莱马在研究化学之初，就对化学实验与化学分析表现出极大的兴趣。在欧文斯学院化学实验室当助手期间，他充分利用了那里提供的实验仪器设备与化学试剂，进行了许多独立的实验研究。他很重视化学分析，认为化学分析是化学实验与化学研究的基础。对于这一点，他说：“有机化学的进步，与化学分析的进步密切相关……只有少数有限的有机化合物可以靠定性分析来识别；但在多数情况下，我们不得不在未知状态下准备所要实验的物质，以决定其物理、化学性质，然后确定其定量的组成。要知道，不仅仅是新发现的化合物需要进行这种仔细的研究，就是早已熟悉的常见物质，也只有用这种方法才能辨别。”

肖莱马正是带着这种严谨的科学态度，进行了严格的各种化学分析，所以在有机化学领域内完成了许多重要的科学发现。他对所用试剂和样品都力求提制成纯品；在进行实验时，他细心观察并记录实验中所发生现象的细节，然后对实验产物进行详细分析；有些重要的实验，他都多次重复实验，进行对比与验证，以求最佳的实验结果。

肖莱马的化学研究是以对脂肪烃的研究为起点的，这项研究工作不只是有理论意义，还有巨大的实践价值。因为在19世纪后半期，兴起了石油工业，60年代初期内燃机出现以后，对于燃料的需求与日俱增。我们知道，石油及其加工品，如汽油、柴油等，都是由碳氢化合物（其中包括脂肪烃）构成的。但当时限于水平，化学家们对石油成分还缺乏系统的研究，对脂肪烃的认识也仅限于少数几种。为了扩大能源的来源，科学家与实业家们开始试图从煤炭干馏产物中得到汽油；而这项研究，对于此时缺乏石油资源的英国来说更为重要。

正是在这时，曼彻斯特附近一家工厂的工程师巴罗，把该市附近出产的烛蜡与长焰煤干馏产物中的轻油样品，送到欧文斯学院罗斯科实验室请求进行分析化验。罗斯科教授对此未感兴趣，但却引起了该实验室里的年轻助手肖莱马的注意，他向教授要求由他来进行样品的分析，教授同意了。

肖莱马接过这种生疏的化学产品后，立即以其熟练的分析技术，通过详细的化验查明了这种油的成份是碳氢化合物，即后来被称为脂肪烃系列的那些烃，于是他就开始致力于这些烃的深入研究。虽然这项研究与当时的工业生产急需解决的实际问题密切相关，但由于其研究工作十分复杂并且充满了风险，所以化学界还极少有人对此进行研究分析。然而肖莱马却知难而进。

正如恩格斯在回忆肖莱马时所说的：“那时候，他常常脸上带着血斑与伤痕来看我。跟脂肪烃打交道可不是闹着玩的；这些大部分还没有认识的物质，不时在他实验时发生爆炸，这样他就得到了不少光荣的伤痕。只是因为戴着眼镜，他才没有为此丧失视力”。肖莱马正是这样勇敢而努力地工作着。

他采用分馏净化法，逐一仔细地从小煤焦油轻油馏份中成功地分离出一系列单独的烃，这些烃在当时被当做“醇基的氢化物”（即烷烃）。

随后肖莱马逐一测得了这些新烃的沸点以及其元素组成，又通过测定其蒸气密度的方法求出它们的分子量。他分离出的纯脂肪烃中，有戊烷（ $C_5H_{12}$ ）、己烷（ $C_6H_{14}$ ）、庚烷（ $C_7H_{16}$ ）、辛烷（ $C_8H_{18}$ ），这些烃的成功分离具有重大的意义，它大大地提高了人们对脂肪烃的认识，对石油提炼技术的发展具有极大的促进作用。

对于脂肪烃系列产物，肖莱马对甲烷、乙烷、丙烷、丁烷直到辛烷都作了研究。他通过卤化、水解、氧化、酯化等反应制备了这些烃的许多衍生物，如卤化物、饱和一元醇、脂肪酸、醛、酮以及酯等等；同时，他还用合成方法得到了许多有机化合物。比如，他通过氯对庚烷（ $C_7H_{16}$ ）的作用合成出一氯庚烷以及二氯庚烷；由丙烷的氯化得到一二号氯丙烷，在碘的存在下他把丙烷氯化后制得一氯丙烷；他又将醋酸庚酯与一氯庚烷作用，合成出了正庚醇，将醋酸庚酯与二氯庚烷作用，合成出了副庚烷。肖莱马的所有这些研究，都是具有开创性地位的。

1866年，肖莱马将霍夫曼建议称为四甲基乙烷的“二异丙基”的性质研究，纳入了自己的实验范围。

他将仲碘丙烷（ $CH_3 - CHI - CH_3$ ）与钠在含水醚中作用，合成制得“二异丙基”，这在化学史上是第一次。他又以氯在硫的存在下作用于二异丙基，得到了二甲基丁烷（ $CH_3 - CCl(CH_3) - CCl(CH_3) - CH_3$ ）。在制得二异丙基的过程中，肖莱马发现从反应瓶中逃逸了丙烷的气流；于是他又用锌与稀盐酸对仲碘丙烷进行了处理，结果他又成功地合成制得丙烷，从而第一个找到了将异构的烷烃转变成正烷烃的办法。以后他又用钠作用于二碘丁烷，从而首次合成出正辛醇。

通过对脂肪烃类物质大量地深入研究，肖莱马发现了一条规律，即直链烃比其异构物有着更高的沸点。这条规律的发现，揭示了有机物性质与结构之间的关系。例如他指出，正丁烷沸点比异丁烷高出  $18^\circ C$ ，而正戊烷要比季戊烷沸点高出  $28.5^\circ C$ ；从壬烷（ $C_9H_{20}$ ）起，每增加一个  $CH_2$  基，则其相应烃沸点的增加就低于常数。他接着指出，在烷烃中，正烃的沸点最高，仲烃次之，叔烃则沸点最低。

由于这项出色的研究，肖莱马在 1868 年应邀到英国皇家学会作关于烷烃沸点规律的报告，后来他所研究的这一沸点规律被称为沸点定律。又经过其他化学家的研究发现，肖莱马的沸点定律不但适用于脂肪烃，同时也适用于其衍生物，如醇等等。

正是由于肖莱马在烷烃领域内的这些经典性研究，所以极大地扩充了脂肪烃系列物质研究的空白，丰富了脂肪烃化学的内容。在他之前，化学界还只是处在对个别烷烃的单独研究的阶段，没能对这个系列的系统化学进行研究。经过肖莱马首次分离或合成制得的一系列烷烃，先前也根本不为人所知，

更谈不上认识其性质以及反应了。只是在肖莱马研究了这些烃的物理、化学性质，确定了它们的化学结构、制备了它们的衍生物以后，脂肪烃化学系统的研究才正式形成规模；因而肖莱马被认为是脂肪烃化学系统研究的奠基人。

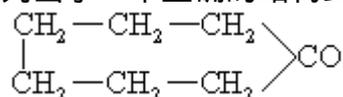
在这一时期，肖莱马对石油化学也进行了研究。1862年，他在对美国宾夕法尼亚石油馏份的研究中，用实验确定了其中主要含饱和的直链烃。可是当他把石油中的这些烃与从煤焦油中得到的烃进行对比时，又觉察到其中某些烃之间在性质上不尽相同，因而他推断在石油中除存在着大量同系直链烃之外，还有其异构烃，并认为完全有可能将其分离出。不久，他就从美国石油中，除分离出正庚烷外，还分离出其异构烃 2-甲基己烷 ( $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ )。

以后，肖莱马又从加拿大石油馏份中，通过硝化反应得到属于芳香族的硝基苯与三硝基异丙苯，由此他推断认为石油中还有芳香烃的存在。他的这项结论，后来被其他化学家从对俄国石油馏份的分析结果中，得到了有力的证实。此后的进一步研究证明，石油中既有含正构、异构的烷烃，又有芳香烃和脂环烃，甚至还有不饱和烃。

因为肖莱马成功地研究了石油的化学组成以及化学结构，详细考察了石油组份的性质及其转变，所以他又是一位石油化学研究的先驱者。

肖莱马不但在脂肪烃，而且在脂环烃及其衍生物方面的研究也是具有开创性成果的。脂环烃的化学结构并不十分复杂，但由于这类烃在当时还没有获得实际应用，所以化学家们对其研究还很不够。到 19 世纪 60 年代，人们才肯定了由相应的芳香烃经加氢反应而得到的环己烷的存在。这时柯尔贝对苯甲酸加入氢制得了脂环烃衍生物，但他没能进一步研究出产物的结构。后来格雷贝指出，柯尔贝得到的加氢产物中含有由大个碳原子组成的环。

由于当时在实验室中只得到了一种环己烷的衍生物，而且在自然界中也只发现有六碳环的化合物，所以大部分化学家认为，在这类环烃中所含的碳原子不可能有另外的数目。可是在 1874 年，肖莱马与友人达尔关于脂环烃衍生物软木酮的研究，却否定了以前化学家们的成见。他们用简明而且令人信服的合成反应，给软木酮列出了一个正确的结构式：



按照这个结构式，软木酮含有由 7 个碳原子组成的环。此后，在 1882 年弗兰德合成制得环戊烷，接着珀金更发现了含 3、4 以及 5 个碳原子的脂环烃。这样，原来的那些对脂环烃的化学成见便不攻自破了。

在芳香烃的研究领域内，肖莱马也有深刻的造诣。他与达尔合作，对于属于三苯甲烷系的芳香族染料玫红酸及其与玫苯胺的关系，进行了深入研究。1861 年时，柯尔贝与施密特将苯酚、草酸与硫酸一起加热，得到了一种红色染料，被称为玫红酸。不久，卡罗将玫苯胺偶合并将其产生与氢氰酸共

沸时，也得到了这种染料。但柯尔贝与卡罗对此物质给出的分子式却存在着很大的缺陷。

这些研究引起了肖莱马与达尔的关注，他们决定仔细研究这种红色染料的分子结构及其与玫苯胺的关系。通过实验，他们也得到了玫红酸，并将玫红酸与锌粉共同蒸馏，又得到了高沸点的烃以及苯。在对纯度很高的玫红酸进行反复地计算分析后，得到了它的正确分子式： $C_{19}H_{14}O_3$ 。

除去对烃类化合物，肖莱马对于醇类化合物方面的研究，也是成效卓越的。在 19 世纪 50 年代，布伊与莫施宁在蒸馏蓖麻子油时得到一种醇，但两人中一个认为这种醇是庚醇 ( $C_7H_{16}O$ )；另一个则认为是辛醇 ( $C_8H_{18}O$ )。其他化学家对此也是存在着这两种认识，谁也无法拿出令对方所信服的证据。以后的十多年间，化学界对这种醇的化学组成、结构一直没能取得一致的意见。肖莱马经过考虑与分析后，决定尽力揭开这种醇的谜底。在经过了大量的精密实验与分析后，肖莱马最终确定了这种醇的沸点、分子量以及正确的分子式 ( $C_8H_{18}O$ )，他的实验报告与论文一经发表，立即以其严谨的论证，详细的数据博得了其他同行的认同。这样，肖莱马就解开了这一延续十多年的化学之谜。

肖莱马在确定醇类物质的化学结构时采用了一种新方法——氧化法，即通过氧化产物来断定或区别伯、仲、叔醇。他将上述辛醇用氧化剂处理后，得到了酮；将酮进一步氧化，则又得到了醋酸 ( $C_2H_4O_2$ ) 和己酸 ( $C_6H_{14}O_2$ )，因此，他断定该醇是仲辛醇。他在研究醇类化合物时所采用氧化法，至今仍被用以区别或鉴定伯、仲、叔醇。

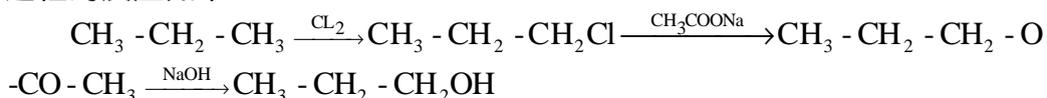
肖莱马对于丙醇的研究，是更值得大书一笔的了。19 世纪以前，人们在醇系列低级成员中只是对甲醇（木精）和乙醇（酒精）有所了解，对丙醇则不甚了解。现在我们知道，丙醇有两种：伯丙醇与仲丙醇；而取得这种认识的过程则是艰难且曲折的。19 世纪 60 年代以前，化学家们曾努力试图对丙醇加以提纯分析，但都没有成功。到了 1862 年，弗里德尔发现并提取了仲丙醇；以后，门捷列夫、特朗斯道夫、布特列洛以及林内曼等人也都曾试图得到伯丙醇，但都未能如愿以偿。

在提取伯丙醇方面的一连串失败，自然而然地使化学家认为伯丙醇的存在与否是一个问题。其实，经过化学家的不断实验，伯丙醇已经被合成了，就在这些化学家实验时所用的烧瓶之中，只是由于剂量很小，所以他们都没能意识到成功已经在自己的掌握之中，只能与迎面而来的成功失之交臂。

肖莱马从他们的实验报告中，敏感地意识到了他们的失误。在 1869 年，细心的肖莱马终于从制造白兰地酒时得到的杂醇油中分离出了伯丙醇，并研究了它的物理、化学性质。同时他指出，其他化学家的失败，是由于没能用精密的分馏净化法分离出含量较少的伯丙醇。

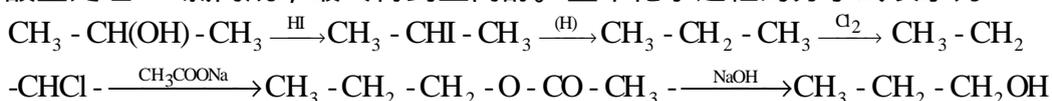
不久，肖莱马又以他先前合成制得的正丙烷为基础，进一步合成出了正丙醇。他采用的合成方法是：将丙烷以氯作用而得到 一氯丙烷，再将后者

用醋酸盐加以处理，得到了乙酸丙酯，然后经过水解最终得到正丙醇。整个过程的反应如下：



这样，在此之前化学界关于是否有正丙醇存在的疑团被打消了，而正丙醇的性质也开始被详细地加以研究和认识。

肖莱马在研究丙烷衍生物时，发现了一种将仲醇化合物变为伯醇化合物的反应规律。这个反应后来在物质的有机合成中得到了广泛的应用。在阐述实现这一反应的关键点时，肖莱马指出：“这是由于以氢取代仲碘化物中的碘，并将氯作用于此得到的烃，由此而形成伯氯化物的结果。”肖莱马以仲丙醇变成为伯丙醇为例进行了分析：首先将仲丙醇变成仲碘丙烷，使后者经加氢反应还原成正丙烷。再以氯作用于正丙烷，形成 1-氯丙烷，最后再以醋酸盐处理 1-氯丙烷，最终得到正丙醇。整个化学过程的分子式表示为：



自从 1860 年贝特罗指出甘露糖醇是一种大元醇，给出其分子式  $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$  以来，化学家们并不清楚分子式中的  $\text{C}_6\text{H}_8$  是从哪一种己烷所衍生出来的，因为它存在 5 种异构排列，故一时无法断定甘露糖醇的化学结构。第二年，艾伦迈将此醇用碘化氢还原，并用锌与水作用于碘己烷，得到了氢化己基，但他仍然没能得出此醇的化学结构。肖莱马对此研究后认为，艾伦迈得到的“氢化己基”就是正己烷 ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ )，这样，甘露糖醇的结构也就得到了解决。

从以上的简要叙述中可以看出，肖莱马从 19 世纪 60 年代以后，对于烃类化学物质与醇类化学物质以及它们衍生物进行了开创性研究，大大充实了有机化学这门新兴学科的内容，完成了不少重要的科学发现。他基于广泛的实验而掌握了众多的科学资料，在对这些资料进行总结时，他的研究就进入了有机化学的理论领域。在这个领域内，正如他在实验领域内的其他方面，同样取得了重大成就。

### 三、杰出的有机化学理论家

在有机化学实验领域内取得了巨大成就的肖莱马，并没有因为自己的种种发现而停步不前，而是在每一项发现之后都要寻根问底地思索它们在理论上的意义。所以他是有机化学领域内一位卓越的理论家。他在自己的论文中，敢于向当时的权威挑战，勇于提出新问题、新观点，开拓新的理论思路。

有机化学作为一门新兴的科学，是在 19 世纪发展起来的。化学工业，特别是煤焦油、石油、染料、药物与基本有机合成工业的发展刺激了对有机化

学的研究，而有机合成、有机分析的发展又为有机化学提供了丰富的实际资料，所以新的发现接连不断。有机化学的发展所提供的这些丰富的实践资料逐渐增多，就要求人们从理论上加以概括，以便于从中找到规律性的东西，从而进一步指导有机化学的实践领域。而且也只有这样，有机化学这门新兴的学科才能成为一门真正的科学。

在这方面，早在 19 世纪前期就有许多化学家进行了初步的探索。一开始是贝采里乌斯把无机化学中的电化学理论照搬到有机化学方面，建立起所谓的“二元论”。他认为有机物象无机物一样，也可以分为正电与负电两部分，并以此解释了一些反应。但在实际应用中，这一理论与许多事实相矛盾，于是李比希继而提出“基团理论”，认为有机化学是研究一些原子所构成的“基团”的化学。用这一理论，他解释了一些事实，但同样存在着相当的缺陷。1834 年，杜马关于卤素（如氯）对有机基团中氢的取代作用的发现，给予了以上两种理论以极大的冲击。

为克服先前理论的缺陷并吸收杜马的“取代理论”的成果，“类型论”进而出现在有机化学界。类型论从统一观点考察各种有机物，认为它们是从简单的氢、水、盐酸、氨以及沼气等物质中的氢原子被一个或几个其它有机基团所取代后而衍生出来的，并将有机物进而分为相应的几种类型。类型论成功地解释了有机物的一些典型反应，对有机化学理论的发展起到了很大的促进作用。但由于这种理论没有考虑到各种原子在有机分子中的排列及结合方式（亦即其化学结构），所以随着有机化学现象的不断增加，这种理论开始显得狭窄起来。为了自圆其说，类型论的支持者们又引入了“混合类型”、“稠密类型”等发展的概念，却仍然无法对许多新的现象加以解释。

有机化学的进一步发展，要求将以前各自反映有机分子一个或几个单独侧面的种种理论联系起来，并把对原子基团的注意转向对有机分子中单独原子的注意，即要求转向对原子间的相互关系、排列方式的注意。与此同时，还要求对“分子”、“原子”、“分子量”、“原子量”、“当量”、“化合价”等概念作出明确区划，因为如果连某个分子含有多少个原子或某种元素以几价化合还搞不清楚，就更谈不上对原子排列的认识了。而只有满足这些起码的要求，才能对化合物的结构进行分析，这些条件是在 19 世纪 60 年代初期才具备的。

19 世纪 50 年代，拉尔与罗兰特在区分原子、分子、原子量、分子量等概念方面提出了合理化建议，到了 1860 年被科学界所公认。几乎在同时，凯库勒与库帕在碳元素的化合价及碳原子结合成有机物方面提出了新的理论假说。他们提出的碳原子以四价结合成有机物分子链的假说，比以前的各种理论都有提高。但这种假说依然是不完备的，比如此时碳原子的四价是否等同还没有搞清；因此要将它应用于各种有机物的结构研究，还需要在实验上与理论上进行更大的努力。

以上就是肖莱马开始从事有机化学的结构理论研究时（1861）的现状。

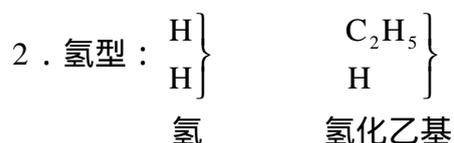
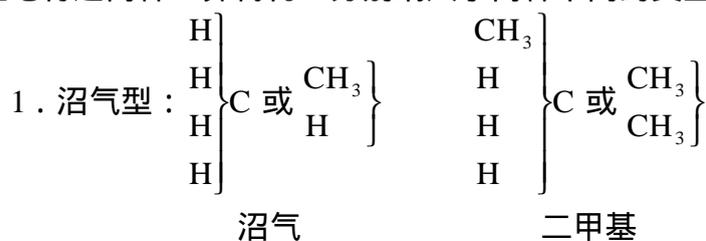
这时流行的各种旧理论已经千疮百孔，而新理论又还未成熟，在各种化学教科书与化学文献中充满着混乱的观念与术语；在混乱中完成理论上的突破，以新的统一的正确理论代替已经过时的旧理论，已如箭在弦上，蓄势待发了。

这时的首要任务，就是要突破类型论的束缚，将凯库勒-库帕的假说向前推进一步，建立起正确的化学结构理论。年轻的肖莱马正是在这个方向上开始了他的理论探索。

肖莱马以脂肪烃为研究对象，首先从寻找其异构现象的正确解释入手，这就抓住了解决问题的关键。因为有机物与无机物不同，其组成的同一性常常伴随着性质上的差异，而造成这种差异的根源就是异构现象；而要解释具有同一化学组成和分子量的那些有机物为什么会有如此大的差异，就只有从其分子内原子排列方式的不同中，才能寻找到正确的答案，这就需要化学结构理论的建立与发展。

在肖莱马之前，关于脂肪烃的异构物被似是而非地分成并列的两大类：一类是所谓游离的“醇基”，其通用分子式为  $C_nH_{2n+1}$ ，如甲基 ( $CH_3$ )、乙基 ( $C_2H_5$ )、丙基 ( $C_3H_7$ ) 等，它们被视为沼气的真正同系物；另一类是所谓的“氢化醇基”，它们通用分子式为  $C_nH_{2n+1} \cdot H$ ，如氢化乙基 ( $C_2H_5 \cdot H$ ) 氢化丙基 ( $C_3H_7 \cdot H$ ) 等，它们被视为相应醇基的异构物。

以含 2 个碳原子的烃（即乙烷）为例，类型论的拥护者以为  $C_2H_6$  这个分子式反映了两种异构烃：一种是柯尔贝从电解醋酸与弗兰克兰加热碘甲烷与锌时得到的被称为“甲基” ( $CH_3$ ) 的游离基，后来日拉尔与罗朗按照阿弗加德罗定律将此分子式增加了一倍，改成  $CH_3 \cdot CH_3$ ，或被称为“二甲基”；另一种是弗兰克兰从乙腈  $CH_3 \cdot CN$  中得到的产物，被称为“氢化乙基” ( $C_2H_5 \cdot H$ )。类型论将这两种“异构物”分别纳入了两种不同的类型之中：



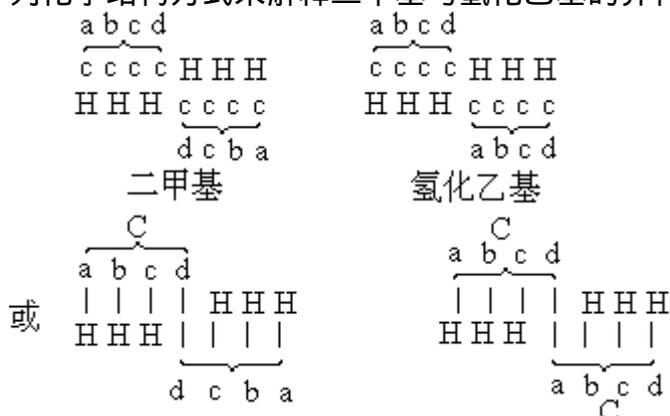
依照类型论的说法，二甲基是沼气中的一个氢原子被甲基取代的产物，因而是沼气的真正同系物；氢化乙基则是氢元素中的一个氢原子被乙基取代的产物，因而是二甲基的异构物。这种说法得到了凯库勒、日拉尔、布特列洛夫等著名化学家的认同。

为了给这种解释提供理论根据，1861 年布特列洛夫提出了一种假说：碳原子的四个化合价应是不同，他将其分为“伯价”及“仲价”两种；前者如

-CN 的价，后者如  $\text{CH}_3$ - 的化合价。他认为  $\text{CH}_3$ -CN 以及从其中衍生的醋酸  $\text{CH}_3$ - $\text{CO}_2\text{H}$  和氢化乙基  $\text{C}_2\text{H}_5$ -H 等乙基化合物，均是以一个伯价和一个仲价相联而成的。而二甲基  $\text{CH}_3$ - $\text{CH}_3$  则是以两个仲价相联而成的。因此，氢化乙基与二甲基是不同的。

但经过推论，布特列洛夫的假说本身有着很大的矛盾，正如布朗所指出的那样，草酸、醋酸等也可以从  $\text{NC-CN}$  中衍生出来；那么按布特列洛夫的说法， $\text{NC-CN}$  中含有两个伯价，则草酸、醋酸就应如此，这岂不是与他自己所说的醋酸中含伯—仲价相互矛盾了吗？所以，布特列洛夫的假说没能站住脚。

1863 年艾伦迈又提出另一种假说：碳的四个价彼此都不相同，有 a、b、c、d 四种价；而碳化合价的不同是因为各价受不同的“力”的影响；他以下列化学结构方式来解释二甲基与氢化乙基的异构现象（式中  $\text{C}=4\text{c}$ ）：



在艾伦迈看来，二甲基中的两个碳原子各以 2 个 d 价相联；氢化乙基中的两个碳原子则以 1 个 a 价和 1 个 d 价相联。从实质上分析，艾伦迈的这种假说不过是布特列洛夫翻版，也无法解决实际问题。

此时的肖莱马，还只是欧文斯学院化学实验室里的一名普通的实验助手。但是面对有机化学理论的这种混乱的局面，他并没有被化学权威们的理论所吓倒，并开始向那些似是而非的假说进行了挑战。他一分为二地对待了前人的见解，此时他已经对煤焦油与石油馏份中的醇基氧化物进行过研究，对醇基氧化物和醇基的物理、化学性质都了然于胸，所以他提出了与前人截然不同的见解。

如前所述，在肖莱马以前，关于脂肪烃的异构物被化学家们按其形成过程而分为并列的两大族异构的系列：醇基与醇基氢化物。根据阿佛加德罗定律，它们的通用分子为  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 。但化学家所注意的，只是醇基与醇基氢化物之间在物理性质上的差异；对于两者的化学性质，却很少有人研究过。这无疑是本末倒置，因为从根本上反映物质性状的，是物质的化学性质。肖莱马认识到了这一点。他认为判断两种有机物的异同，不应只着眼于它们的物理性质，因为有时样品不纯会直接影响所测物理性质的准确性；他主张应着眼于它们的化学性质，两种有机物在同一试剂，同一条件作用后是否得出同一产物，才是最终判断两者是否相同的准则。因此，肖莱马对  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  系列烷

烃的化学性质第一个作了详细的系统研究。

肖莱马首先以  $C_nH_{2n+2}$  系列的较高级成员为研究对象。在考察了直链烷烃中被化学家们当成互为异构的乙基-戊基 ( $C_2H_5-C_5H_{11}$ ) 与氢化庚基 ( $C_7H_{15} \cdot H$ ) 以及二戊基 ( $C_5H_{11}-C_5H_{11}$ ) 与氢化癸基 ( $C_{10}H_{21} \cdot H$ ) 这两对氢化物和基的化学反应及其衍生物特征,发现经过氯处理后,氢化庚基与乙基-戊基都得出同样的氯化庚基;而氢化癸基与二戊基都得出同样的氯化癸基。再以硫氢化钾 (KSH) 处理氢化庚基与乙基-戊基后,二者都得出同一产物:  $C_7H_{15}SH$  它表现出硫醇的全部性质,具有同样的沸点。

经过反复实验后,肖莱马得到了同样的实验结果。于是他在论文中写道:“从这项研究的上述结果中,我大胆地作出结论说,在氢化物与基之间,至少在这个系列的较高级成员间,不存在化学上的区别”。同时他指出,至于两者在沸点上的差异,是由于分离技术所面临的暂时困难所造成的。

肖莱马在作出上述结论后,接着指出:“如果以上的这些观点是正确的,那有些重要问题就急需研究了。正如我已说过的,曾有人认为甲基与氢化乙基有不同的化学性状。那么  $C_2H_6$  以及  $C_7H_{16}$  之间化合物的性状又是如何的呢?只是这个系列的两个最低级的异构物得出的不同衍生物,还是另一些成员也表现出一种类似的异点,而哪一些成员没有这种区别,或者是否只是系列中的高级成员的这种区别开始逐渐变小呢?”

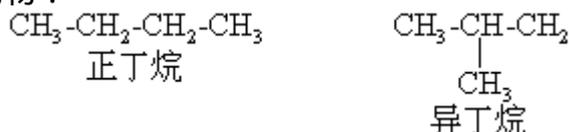
为了解释这些不清楚的问题,肖莱马又开始专心致力于研究二甲基与氢化乙基的化学性质了。在 1864 年,他发表了《氯对甲基的作用》与《论甲基与氢化乙基的同一性》这两篇具有历史意义的论文。他精心地制备了纯度很高的试剂,严格地重复了以前弗兰克兰与柯贝尔所进行的氯对二甲基和氢化乙基的作用的实验,仔细地观察了实验中遇到的所有现象并予以详细的记录,又对实验产物进行了精密的分析,但却得出了与前两个人不同的结果。而高纯度的试剂、熟练的实验技巧、严格的实验步骤,证明了肖莱马所得结论的正确性。用肖莱马自己的话来说,他得出了“既是出人意料的,又是决定性的研究成果”。通过实验,他证明先前弗兰克兰与柯贝尔等人确认下来的所谓甲基(或二甲基)的氯化产物与氢化乙基的氯化产物,成分都同样主要是氯乙烷 ( $C_2H_5Cl$ ),一种沸点为 11 的无色液体;此外,还含有少量的沸点为 64 的二氯乙烷 ( $C_2H_4Cl_2$ )。

得到了正确的实验结果后,肖莱马充满信心地在论文中得出结论说:“从这些实验中显而易见,就  $C_nH_{2n+2}$  系列烃的较高级成员而言,在氢化物与基之间我先前证明的它们没有化学上的区别的理论,就是对这个族的低级异构物而言,也是有效。至于说到二甲基与氢化乙基在物理性质(如溶度)上的‘差异’,则可用所取原料之不纯来解释。如果用纯品,则他们将表现有严格的一致性。”

由于肖莱马的这项研究成果的发表,就从根本上推翻了在他之前关于  $C_nH_{2n+2}$  系列烃异构现象的全部假说,那些碳原子化合价互异的理论也就随之

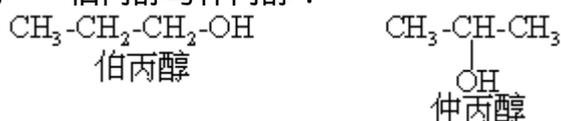
破产了。所以肖莱马的研究成果的重要意义就在于：他第一个从实验中证实了碳的四个化合价的同一性；排除了以前假想的若干系列异构烷烃的存在，使异构系列得以简化。

在肖莱马看来， $C_nH_{2n+2}$  通式所反映的烃只有一个系列，那么在这个系列各成员间的异构现象，就只能从碳的四个价等同原理出发，从碳、氢原子的不同排列方式中去寻求答案了。通过这一思路，经研究后肖莱马认为乙烷（ $C_2H_6$ ）、丙烷（ $C_3H_8$ ）没有异构现象，只是从丁烷（ $C_4H_{10}$ ）开始才产生了异构物：



而戊烷（ $C_5H_{12}$ ）则有三种异构物。随着碳原子数的递增，异构物数目递增，这可以从理论上计算出来。比如  $C_{10}H_{22}$  有 75 种异构物，而  $C_{13}H_{28}$  则有 802 种。就这样，肖莱马对烷烃的异构现象做出了合理的理论解释。

在此以后，肖莱马还研究了脂肪醇系列的异构现象。他指出，醇系列中异构的伯醇、仲醇和叔醇，可以通过氧化法从其氧化产物中来鉴定。伯醇氧化的最初产物是醛，进一步氧化就得到了酸。仲醇氧化得到酮，叔醇氧化和酮酸进一步氧化一样。依靠这个原理，就得以确定一些未知醇的化学结构。肖莱马第一个从杂醇油中分离出伯丙醇，这在前面已经说到了。这项工作不仅仅是一项重要的发现，同时也具有相当大的理论意义。他在这方面的工作表明，一元醇系列的异构现象不仅仅取决于醇基本身的异构，还取决于羟基（OH）在醇基上的不同位置。例如，肖莱马认为丙醇（ $C_3H_7OH$ ）应有两种异构物——伯丙醇与仲丙醇：



但在肖莱马以前，化学界只发现了仲丙醇，伯丙醇是否存在曾受到了怀疑。肖莱马成功地得到了伯丙醇，这就通过实验证实了自己理论观点的正确性。

恩格斯在 1868 年 5 月 10 日致马克思的信中，提到了肖莱马的这项发现：“……此外，他又有一项卓越的发现……伯丙醇与仲丙醇是两种同分异构化合物。在很长的一段时间里，还没有分离出伯丙醇；因此有的化学家甚至断言，伯丙醇是根本不存在的，存在的只是仲丙醇。肖莱马在去年秋季举行的自然科学家会议上回答他们说，在不久的将来他就能够把伯丙醇分离出来，现在他确实做到了这一点。”

另外，肖莱马通过自己坚持不懈的研究，还确定了烷、醇类化合物其它一些异构物的结构。例如，他确定了正辛醇是： $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ ；仲辛醇是： $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ ；正己烷是： $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ；“二异丙基”是： $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$

等等。

由于肖莱马的这些工作，在相当程度上引起了化学观念上的革命性变革。从化学史的角度来分析，它至少引出了下列三点直接后果：（1）对有机物的异构现象作出了合理的解释，使此前虚构的复杂异构系列得以简化，进一步充实了凯库勒-库帕的假说，并使之得到有效的应用；（2）通过实验方法，证实了碳原子四个化合价的同一性，给了类型论以致命一击，为原子结合理论扫清了前进道路上的重要障碍；（3）为建立正确的化学结构式与命名法提供了有力的科学基础，并通过合成途径制得理论上预见的未知物而表明原子结合理论的正确有效性，促进了该理论的定型化。

正如生物进化论是生物学基本理论的基础一样，有机物分子中原子结合理论正是有机化学的基本理论基础。原子结合理论在 19 世纪 60 年代初期有了雏型，是诸多科学家共同努力的结果，也是历史发展的必然趋势。没有这一理论，便不可能建立起有机化学的科学体系，而这一理论又为后来的有机合成的成功实践所证实，并有力地指导了有机合成实践。而肖莱马的有机化学理论，正是原子结合理论形成中的重要一环。肖莱马在参与奠定这一理论后，还在他所著的《有机化学教程》一书中，以此理论为基础，打破了以往传统体系，从而开创了新的有机化学科学体系与有机化学教程的新体制。因此，我们可以认为，肖莱马是近代有机化学的奠基人之一。

恩格斯在悼文中概括肖莱马对有机化学的贡献时写道：“在 60 年代，他完成了在化学领域内的一些划时代的发现。有机化学大大发展，终于以一堆零星、或多或少不完备的关于有机物成分的资料变成一门真正的科学。……我们现在关于脂肪烃所知道的一切，主要应归功于肖莱马。他研究了已知的属于脂肪烃类的物质，将它们一一加以分离，其中的许多种是由他第一次提纯的；另一些从理论上说，应当存在但一直还没有为人所知的脂肪烃，也是由他发现并制得的。这样一来，他就成为现代的科学有机化学的奠基人之一。”

肖莱马对有机化学发展的这一功绩，也很快被与他同时代的其他化学家所认同。1873 年俄国化学家布特列洛夫在肖莱马所著的《有机化学教程》一书的俄译本序言中写道：“至于说到理论观点，则化学结构原理现今已满足了一切需要，这个原理为大多数化学家们所接受与贯彻……肖莱马的简明教程奠定了化学结构原理的基础，而且在我看来，它还有恰当地选择实际资料的特点。”英国化学家罗斯科在谈到肖莱马的化学工作时也指出：“这项工作得出的结果，全然改变了当时存在的关于脂肪烃结构的不完全观点，并奠定了有机化学的现代科学基础。”德国化学家罗塔·迈尔在其著作中说道：“自从肖莱马证实了至今所承认的在氯化乙基和甲基（或二甲基）之间不存在区别以来，氯化甲基同简单的氯化沼气的同一性也就不再有什么怀疑了。于是在以前所有的考察也都被认为是错误的了。而关于碳原子化合价相异的想法，也就是多余的了。”

另一位德国化学家拉登堡在其《化学发展史讲义》中，当论述有机物化学结构理论的先驱工作时写道：“所有这些考察中，具有决定性意义的是通过肖莱马确定的甲基与氢化乙基的同一性，只有在这个事实得到解决以后，碳的四个化合价的同一性才能被确认，至今常用的结构式才能信以为真。”

尽管肖莱马对有机化学的发展作出这么大的贡献，但在自己所著的《有机化学的产生和发展》中，却只是极为谦逊地说：“我对烃的异构物做了一点初步的研究。”肖莱马对于名利看得很淡，他进行科学研究的目的是：在他所开辟的领域内把基础打好，把存在的问题弄清楚，使自己所衷爱的化学得到不断的发展。

#### 四、科学著作 留名青史

19世纪60年代，肖莱马主要致力于以脂肪烃系列为对象的基本理论研究，从而完成了一些具有重大意义的发现这些成果均发表在多篇具有创造性的科学论文中。从70年代起，他又把研究对象扩充到烃的含氧衍生物，如醇、醛、酮、酸以及脂环烃与芳香族染料方面，同时对脂肪烃作了总结性研究，也对次氯酸、硫酸与亚硫酸等无机物作了深入的研究。关于以上一系列的研究，肖莱马总共发表的论文有60多篇。这60多篇科学论文中研究的对象可分为以下几类：（1）脂肪烃及其脂肪族其它衍生物；（2）无机物；（3）芳香族染料；（4）脂环烃衍生物；（5）生物碱；（6）化学史。

除发表了数量如此之多的科学论文外，自从肖莱马当选为皇家学会会员与欧文斯学院有机化学教授以后，在科研与教学的同时，他还从事着科学著述工作，以系统总结其多年的实验与理论研究的心得。肖莱马生前总共发表了四部专著，此外还留下了大量未正式出版的讲义与手稿。这些专著，如同他的科学论文一样，都是用德文与英文同时发表的。

在1867年，针对德国的化学教育现状，为了给祖国的青年学生提供更加科学的化学教材，肖莱马用德文将罗斯科的《基本化学教程》予以改写。此书原来主要是无机化学方面的内容，在改写过程中肖莱马重新加写了有机化学部分，由于他的这一改写与补写，使此书的内容更为全面与充实。

这本书的全名为：《简明化学教程·按最新观点编写。德文版由肖莱马同作者（罗斯科）共同整理》。此时的肖莱马，通过自己的专题研究，早已掌握了丰富的无机化学知识，因此他在改写罗斯科的著作时，删除了一些陈旧的内容，并“按最新观点编写”。这部书所探讨的对象已经涉及到了整个化学领域，可以说是肖莱马日后的巨著——《化学教程大全》的最初雏型。

《简明化学教程》问世后，马上受到了德国、俄国等国家读者的欢迎。第二年（1868）此书就被译成了俄文在圣彼得堡出版；俄文本的序言是由俄国著名的化学家、元素周期律的发现者门捷列夫所作；不久，此书就成为俄国、保加利亚等国的大学化学教科书。

随着对于有机化学研究的不断深入，肖莱马决定将他在《简明化学教程》中单独所作的有机化学部分扩写成一部专著。从肖莱马的助手施皮格勒的回忆中得知：这一时期肖莱马在授课之余，每天都从下午四点起一直连续工作到深夜，收集整理了大量资料，结合自己的研究经验，进行书稿的写作。经过近两年的不懈努力，1872年一部名为《碳化合物教程或有机化学教程》的独特教科书，在德国的不伦瑞克出版。此书是世界上最早按化学结构理论编写的有机化学教本。这部被施皮格勒称为是化学界“人手一册”的教科书，培养了几代有机化学家。这部优秀作品的出版，马上使在此之前通行的其它有机化学教本都相形见绌，很快就在欧洲化学界传播起来。

《有机化学教程》德文版面世后，1885年发行第二版，到1897年发行了第三版。1873年，也就是在德文版发行后的第二年，此书被译成了俄文，由俄国著名有机化学家布特列洛夫作序。1874年，此书的英文版在伦敦发行。80年代，该书又被译成意大利文在米兰出版。当此书的英文版刊行后，一家著名的英国药物学杂志评论说：“这是一部真正的好书……总之，它比迄今用任何一种语言所写的有机化学教科书都要好。”这部书好就好在它的创新性。在此以前的有机化学教科书，可以说是体制混乱，五花八门，各章之间缺乏内在联系，而且也没有正确的理论将各种观点统一为一个整体。

肖莱马的《有机化学教程》，开创了有机化学著作编写的新体系。他在这部教科书的叙述程序上作了这样的安排：（1）全书的开始是总论，介绍有机化学的定义、发生发展的历史、有机分析及有机物的一般研究方法；（2）接下来的各章先是叙述了烃（脂肪烃及不饱和烃）、卤化物、醇、醛、酮、酸等脂肪族化合物；（3）然后是芳香烃及其衍生物；（4）最后是脂环烃、杂环化合物、生物碱、蛋白质等内容。肖莱马所开创的这种教程的编写法影响巨大，此后的几十年内，有机化学教程体制基本上都是这样安排的。

限于篇幅，我们无法详细介绍这部书，只能指出它的几个突出特点。

首先，肖莱马对有机化学这门科学给了一个较为合理的定义。此前，李比希曾把有机化学定义为“复杂基的化学”，可是化学界不久就发现在无机物中也存在着复杂基，因此李比希的定义也就被放弃了。1848年，葛梅林又将有机化学定义为“含碳化合物的化学”，后又修改为“含一个以上碳原子化合物的化学。”这一定义后来逐渐被许多人所采纳，如凯库勒、艾伦迈以及布特列洛夫等人都把有机化学定义为碳化合物化学。然而，这个定义始终无法摆脱这样一种困境：除非将一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、二硫化碳（CS<sub>2</sub>）等矿物来源的物质列入有机物中，否则是无法自圆其说的；但这样做，就将违背无机化学与有机化学的最根本差别：无机化学主要是研究矿物来源的物质，而有机化学则主要是研究生物来源的物质。

对于许多有机化学家来说，给自己所研究的这门科学下个明确的定义是如此之难，以致在教科书中常常干脆回避这个问题。而肖莱马根据自己多年的实验研究与理论探索，第一个把有机化学定义为“碳氢化合物（烃）及其

衍生物的化学”。他在论证这一定义时指出，只要搞清楚一种有机含碳化合物的结构，就能最终将它变成相应的烃，或反过来从烃中取得它。肖莱马对有机化学的这个定义是按原子结合理论的原理拟定的，所以比以前的定义均有大的进步。

其次，肖莱马在其教程中，概括了他对有机物中的异构现象、同系现象以及有机物性质与结构的研究，提出了对众多的有机物的科学分类。在此以前，类型论把有机物简单地归纳为氢、水、盐酸、氨和沼气四大类型，以为有机物就是从上述四种类型化合物中以有机基团取代其中的一个或几个氢原子而衍生的。由于这种分类法没能考虑到有机物分子的化学结构，因此是不科学的。按照这种分类法，有时同一种物质竟同时归入几种类型之中，这就使此种分类法实际上失去了意义。

与此相反，肖莱马在《有机化学教程》中，第一个全面系统地对已知有机物进行了科学的分类。他首先将有机物分为脂肪族与芳香族两大类。在脂肪族中，他又细分为烃、卤烃、醇、醚、醛、酮、酸、酯等物质；在芳香族中，又细分为单环的苯、双环的萘、三环的蒽等以及它们的衍生物。此外，还有脂环烃、杂环化合物等小类。肖莱马按这种分类法建立有机化学科学体系，是一个独到而且巨大的贡献。他的分类法符合化学结构原理，正确地反映出了有机物结构间的相互关系及其在起源上由简到繁、从低级到高级的过渡。这种分类法的出现，结束了以前关于有机物杂乱无章的排列，把大量有机物纳入科学体系之中。

这部书的另一特点是始终贯穿着历史发展的观点。全书有总的历史导言，以后的各章节各条目下对研究对象的叙述中，都不只谈及它的现状，还回叙它的过去并展望它的未来。书中含有丰富的化学史料，从而反映出作者渊博的学识。与此同时，此书并不以单纯的科学叙述与理论探讨为满足，还尽量指出各种有机物在工业生产，如石油工业、染料工业、药物制造业等部门中的应用并介绍生产现状。书中图文并茂，画出了各种实验用仪器设备，并讲明操作方法及注意事项，使读者能够比较容易地理解要领。

由于此书具有如此突出的特点，所以，先后以德文、俄文、英文及意大利文出版，在欧洲化学界中产生了深远而广泛的影响。

《有机化学教程》出版后，肖莱马又酝酿将他与罗斯科合写的那部《简明化学教程》扩写成一部大型著作。所以从 1877 年起，在肖莱马的不懈努力下，一部名为《化学教程大全》的巨著陆续出版，到 1892 年他逝世前，这部巨著已经出了四大卷。这部书包括普通无机化学与有机化学，内容包括了当时化学的一切领域。前三卷是无机化学和有机化学中的脂肪族与芳香族，第四卷是多环物及含氮环物。此后，他又继续进行第五卷以下的内容，肖莱马本想以生理化学与理论化学来结束此巨著，而且手稿也大部分完成，但由于他的不幸逝世而未能于其生前出版。德文版从第 5 卷起，由青年化学家布吕耳按肖莱马的德文遗稿继续修订，直到 1901 年全书才出齐，共九大卷。

《化学教程大全》德文版第一卷刚一问世，肖莱马就立即忙于准备该书的英文版。这两种文字的版本几乎是齐头并进，他先写出德文稿，再于付印时将它译成英文出版。1877 - 1892 年间，英文版共出了三卷九册。第一卷一册，是有机化学史导言及非金属元素；第二卷二册，内容为金属元素；第三卷六册，内容均为有机化学，副题是《烃及其衍生物的化学或有机化学》。这三卷英文版都多次再版，大受读者的欢迎，至 20 世纪 20 年代，先后发行五版。

《化学教程大全》是一部浩瀚的百科全书式的化学巨著，它的出版是作者多年辛勤探求的结果。这部书刚一出版，就流行于欧美各国，成为一部世界化学的经典名著，直到今天仍具有相当高的学术价值。除去完整体系的化学知识外，在此书中学者们第一次看到了一部如此清晰而完整的化学发展史。

19 世纪 70 年代末期，肖莱马在致力于《化学教程大全》一书的同时，又开始着手写化学史的专著。他根据《有机化学教程》中的历史导言及有关的资料，撰写成一部有机化学史的著作。1879 年，这本名为《有机化学的产生与发展》的作品用英文出版了。这是一部纲要性的作品，篇幅也不太长，总共是一百余页，但书出版后很快就博得了读者的赞赏。1885 年，此书的法文版在巴黎发行。1889 年，经肖莱马本人修改后的此书德文版，在不伦瑞克出版。

在此基础上，不知疲倦的肖莱马又开始准备对《有机化学的产生与发展》一书的英文版进行再版修订。他早就预见到修订的必要，因为第一版过于简略，而且没有写到当代。这个修订版比德文版又增加了一些章节；经过一年多的忙碌，此书已准备出版。还是由于肖莱马的逝世，而又未能见到该书的出版。但他在生前已安排由他的学生与友人阿瑟·史密瑟斯校订，故此书在 1894 年最终得以问世。

这是个最完善的版本。全书共分十二章，从古代一直叙述到成书时为止，书中所引用的最新资料是 1892 年刚刚发表过的。这就充分体现了肖莱马治学态度的严谨。在生前肖莱马还曾计划出版增订的德文第二版，但因疾病缠身，最终未能如愿。到了 20 世纪的 1937 年，《有机化学的产生与发展》一书的俄文版又在莫斯科问世了。

肖莱马生前的最后一部作品是《化学通史》，他原计划用德文、英文两种文字出版。我们可以将此书看作是《化学教程大全》中历史导言那一章的继续引申。在他生前已完成了近千页的德文手稿，内容已经从古代写到了 17 世纪末期，很快就将全部完成。但令人遗憾的是，肖莱马受疾病的折磨没能坚持完成这一新的巨著。但我们想一想，一位失去听力、疾病缠身的科学工作者，能够在如此条件下坚持完成工作量这么大的一项活动，就不由得从内心产生一种敬佩的心情了。

肖莱马逝世后，恩格斯看到了这些手稿并进行了阅读。1892 年 7 月他在

给友人的一封信中说：“肖莱马的遗稿中最有意思的就是关于7世纪以前的化学史手稿，我读后认为它们可以分为三部分：（1）古代的化学；（2）化学的各派分支；（3）化学的发展。第三部分没有最终完成。但仅对化学略知皮毛的我也认为这批手稿中有许多的新发现、新观点。”施皮格尔在悼文中也提到了这些化学史遗稿，他写道：“这部分作品包括许多新东西，并应由他的朋友兼遗嘱执行人济博尔德博士以两种语言出版。”肖莱马的这些珍贵的化学通史手稿，按遗愿最后由英国化学家济博尔德整理，并将德文译成为英文。

在所有的工作准备就绪，肖莱马的遗著《化学通史》即将出版时，又遇到了不可逆转的困难，济博尔德、恩格斯、施皮格尔等人相继因病去世。肖莱马的遗著出版也就耽搁下来。所有的手稿都保存在曼彻斯特大学的资料室中。直至1956年才得以重新发表，这时肖莱马已去世60多年了。

在肖莱马所喜欢的化学史研究方面，除了以上谈到的著作外，还有一些单独的科学论文。例如在1882年，他发表了一篇题为《论“化学”一词的起源》的论文。在这篇论文中，他考察了古希腊、埃及以及阿拉伯作品中有关化学的文献，最后得出“化学”一词是由金银制造的相关词汇转化后形成的这一结论。此结论得到许多化学家与语言学家的认同。此外，他还写有关于咖啡、茶等作物的历史考证性文章。所有这些都反映了肖莱马渊博的学识与广泛的兴趣。

总之，肖莱马的诸多科学论著中，既包含高深的化学理论，又有易懂的实验操作，还有丰富多彩的普及性论文。他的著作，内容详实、材料确凿、论证有力、系统性很强，成为留给化学界、留给整个人类的一笔丰厚财富。

#### 附一：肖莱马科学专著目录

1. 《简明化学教程·按最新科学观点编写·德文版由肖莱马同作者（罗斯科）共同整理》1867年不伦瑞克德文版。
2. 《碳化合物教程或有机化学教程》1872年伦敦英文版。
3. 《碳化合物化学教程或有机化学教程》1874年伦敦英文版。
4. 《化学教程大全》卷1-4，1877-1889年不伦瑞克德文版。该书卷5-9在肖莱马逝世后，由布吕耳修订，至1901年出齐。
5. 《化学教程大全》卷1-3，1877-1892年伦敦英文版。
6. 《有机化学的产生与发展》1879年伦敦-曼彻斯特英文版。
7. 《有机化学的产生与发展》1889年不伦瑞克德文版。
8. 《有机化学的产生与发展》1894年伦敦-纽约英文版修订版。

#### 肖莱马专著的外文译本

1. 《无机化学及有机化学教程》古斯塔夫卡普斯金译。1868年圣彼得堡俄文本。译自本书德文版。
2. 《碳化合物化学简明教程》米哈伊尔·里沃夫译注。1873年圣彼得堡俄文本。译自本书德文版。

3. 《有机化学的产生与发展》亚历山大·柯拉伯雷译。1885年巴黎法文本。译自本书英文第一版。

4. 《碳化合物教程或有机化学教程》路易·加伯译。1886年米兰意大利文本。译自本书英文第一版。

5. 《有机化学的产生与发展》巴因斯基译注。1937年莫斯科俄文本。译自本书英文第二版。

#### 附二：肖莱马生平事迹年表

1834 9月30日诞生在德国西南部的达姆斯塔德城。

1846 - 1850 入本城四年制实科中学。

1850 - 1853 入本城高级职业学校学习三年。

1853 - 1856 去乌姆施塔德城的林登堡药房当学徒工。

1856 - 1859 在海德堡市施万药房当配药助手，业余时间旁听海德堡大学化学系教授本生的讲座。

1859 5月考入基森大学化学系，在威尔教授的指导下学分析化学，但只学习了一个学期。

8月来到英国曼彻斯特，任欧文斯学院化学教授罗斯科的私人助手，从此定居英国。

1861 任欧文斯学院化学实验室正式助手，辅导学生实验，开始独立的科学研究工作。

1862 首次发表科学论文，题目是《论烛煤干馏产物中所含的醇基氢化物》。

1863 在曼彻斯特与恩格斯相识，又通过恩格斯与在伦敦的马克思相识，并很快成为亲密的朋友。在这前后，加入德国民主社会党。

1864 发表《论二甲基及氢化乙基的同一性》这一重要论文。

1867 用德文改写罗斯科的化学教程，增写有机化学部分，取名《简明化学教程》。

1868 5月，向英国皇家学会作关于脂肪烃沸点研究的报告。

1869 4月，发表论丙烷衍生物的论文，第一个合成制得正丙醇。

1870 12月当选为德国化学学会会员。

年底恩格斯迁居伦敦。从此与马克思、恩格斯频繁通信。

1871 当选为英国皇家学会会员。

1872 用德文发表《有机化学教程》，此后连续发行三版，有外文译文。

1874 任欧文斯学院有机化学教授，讲授有机化学、化学史。

1877 开始发表巨著《化学教程大全》。

1878 当选为美国科学学会会员。

1882 发表论“化学”一词起源的论文。

1888 8 - 9月与恩格斯等动身去美国与加拿大旅行。

1891 3 - 4月，因感冒而患耳聋，去恩格斯家休假。

1892 5月，病情恶化，卧床不起。恩格斯多次探望。

6月27日，因肺癌医治无效，逝世于曼彻斯特寓所，享年58岁。

1894 “肖莱马化学实验室”在欧文斯学院正式落成。

