

科学图书馆

校园科学实验

兴趣 爱好 启智 动手  
铺垫未来的作为

# 趣味化学

[俄] 米·莫·列维茨基 著 谢云才 主译

王晓丹 赵婷婷 译



上海科学技术文献出版社

科学图书馆

校园科学实验

兴趣 爱好 启智 动手

铺垫未来的作为

# 趣味化学

〔俄〕米·莫·列维茨基 著 谢云才 主译

王晓丹 赵婷婷 译



上海科学技术文献出版社

图书在版编目 ( CIP ) 数据

趣味化学 / ( 俄罗斯 ) 米·莫·列维茨基著; 谢云才主译. —上海:  
上海科学技术文献出版社, 2013.1

ISBN 978-7-5439-5531-8

I . ① 趣… II . ① 米… ② 谢… III . ① 化学—普及读物 IV .  
① O6-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2012 ) 第 208193 号

Занимательная химия

© 2008 Левицкий Михаил Моисеевич

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only)©  
2012 Shanghai Scientific & Technological Literature Publishing House

All Rights Reserved  
版权所有, 翻印必究

图字: 09-2012-489

责任编辑: 杨建生

美术编辑: 徐 利

趣 味 化 学

[俄] 米·莫·列维茨基 著 谢云才 主译

\*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市长乐路 746 号 邮政编码 200040)

全国新华书店经销

昆山市亭林彩印厂印刷

\*

开本 740 × 970 1/16 印张 22.5 字数 378 000

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5439-5531-8

定价: 45.00 元

<http://www.sstlp.com>

## 本书简介

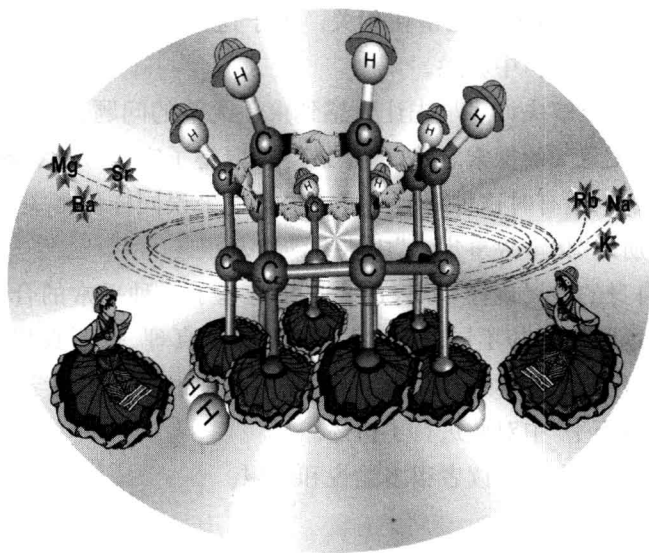
化学——这是研究物质的组成、结构以及变化规律的科学。通过了解化学知识,您可以知道许多日常生活中的奥秘。看似枯燥乏味的化学分子式,其实蕴含着缤纷多彩的大千世界!

本书以通俗易懂的语言和生动形象的实例,向读者娓娓讲述妙趣横生的化学知识,其中既有人类在化学领域思考、探索和发现的艰辛历程,也有日常生活中化学知识的各种实际应用。

作为介绍化学知识的科普读物,本书将知识性与趣味性巧妙融合,通俗的语言加上形象的插图,可以让读者在了解化学知识的同时深深喜欢上这门学科。

本书适用于初、高中学生和大学生,对于大、中学教师也有一定的参考价值,此外,普通读者阅读本书同样会受益匪浅。

# 前言



我本享受着恬静安宁，却被从这环境中驱赶出来，推入奇异的生活狂欢之中。

——保罗·瓦勒里

化学是一门独特的科学，五彩缤纷，五光十色。这里有烟花燃放时绽放的绚丽火焰，还有晶体折射所形成的绚丽色彩变化。一些化学键断裂后又形成新的化学键，就如同万花筒中的奇妙景象。获取化合物就像在玩一场令人着迷的游戏。思考周密的逻辑链条可以让我们洞察过程本身，感觉就像同大自然进行一场特殊的游戏，在这场游戏中研究者提出问题，然后根据所得到的答案再列出下一个问题。但是有一点非常重要，即一定要提出正确的问题。化学家解决各种问题的过程以及取

得的成功,就好像亲历一场盛大的狂欢。

如果能够见证成功那一刻的绚烂华美,那么再繁杂的日常工作也能让人心情舒畅。化学家们其实早就具有各自的审美眼光,只是基于某些原因,鲜有表达而已。关于这一点,在本书上册的“思考、探索、发现”中作了介绍。

什么样的化学元素最重要? 哪些物质最为有用? 如果举行一场特殊的竞赛,答案一目了然。

获取新的物质,探究新物质的属性,这既需要付出艰苦努力,也存在一定的偶然因素,它们与研究者自身的命运密切相关。关于这些内容,读者可以在本书下册的“化学元素和分子的命运”中获悉。

科学的发展可以解决许多早先让人感到束手无策的问题。人们发现,研究者选择了一条似乎毫无意义的探索之路,但是最终却取得了突破性的科研成果。错误与失败固然令人沮丧,但有时这种看似可笑和愚蠢的失误同样值得关注。关于这方面的问题,本书下册的“化学故事集锦”中将会涉及。

科学有其自身的发展规律,尽管这些规律是基于一种平常的合理认知,但是对于某些人来说,这些规律却不同寻常。另外,在追求真理、探明真相的过程中,科学一直在同形形色色的伪科学进行斗争,而斗争的过程也锤炼了科学自身。本书下册的“科学之路崎岖不平”中对此进行了讲述。

本书下册的最后会带给读者很多愉悦和欣慰。

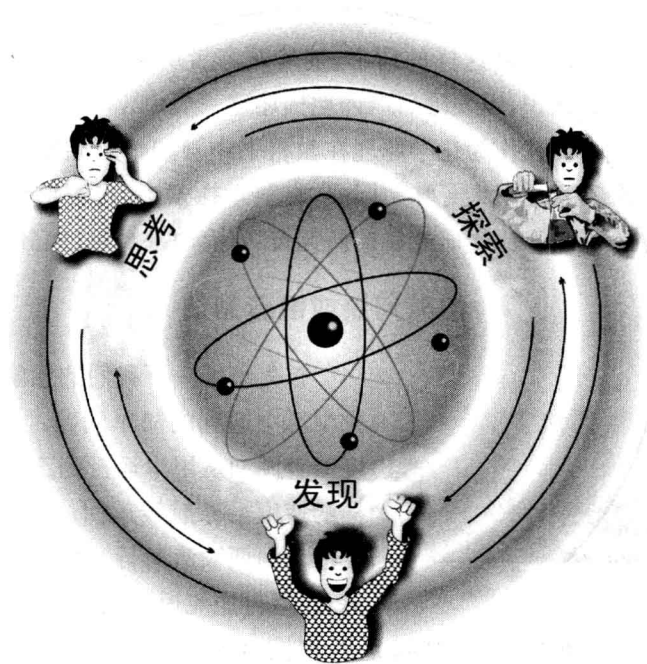
# 目 录

|                  |     |
|------------------|-----|
| 前言 .....         | 1   |
| 思考,探索,发现 .....   | 1   |
| 不要急于做实验 .....    | 2   |
| 化学家的空间想象力 .....  | 17  |
| 化学美学 .....       | 32  |
| 聚合化学的特殊任务 .....  | 43  |
| 元素周期表的新思考 .....  | 51  |
| 大自然更喜欢偶数 .....   | 61  |
| 寻找规律容易吗? .....   | 69  |
| 万能的弱化学键 .....    | 85  |
| 分子树 .....        | 97  |
| 神秘之词——“机制” ..... | 117 |
| 科学写生画 .....      | 134 |
| 化学元素和分子的命运 ..... | 145 |
| 宇宙中的有益“砖石” ..... | 146 |
| 哪种化学元素最重要? ..... | 158 |
| 三个杰出的分子 .....    | 166 |
| 无烟火药 .....       | 189 |

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| 碳的命运 .....            | 198        |
| 对症的药物 .....           | 213        |
| 沉睡一个半世纪的发现 .....      | 221        |
| 欢庆胜利的华尔兹 .....        | 233        |
| 美丽定格于瞬间 .....         | 242        |
| <b>化学故事集锦 .....</b>   | <b>253</b> |
| 玩笑并不妨碍成功 .....        | 254        |
| 学生驳倒老师 .....          | 254        |
| 看似真理,实则谬误 .....       | 256        |
| 粗心出大错 .....           | 257        |
| 发现始于偶然 .....          | 258        |
| 曾获诺贝尔奖的禁用药物 .....     | 258        |
| 为什么许多人不喜欢化学? .....    | 259        |
| 一切皆有可能 .....          | 260        |
| 并非徒劳无益的工作 .....       | 262        |
| 炼金术士梦想成真 .....        | 263        |
| 持续半个世纪的错觉 .....       | 265        |
| 不要随波逐流 .....          | 266        |
| 每个摄影师都知道 .....        | 271        |
| <b>科学之路崎岖不平 .....</b> | <b>273</b> |
| 门捷列夫与招魂术 .....        | 274        |
| 为后人做出表率 .....         | 275        |
| 与信仰作斗争绝非易事 .....      | 277        |
| 古老的迷惑今犹在 .....        | 279        |
| 存在多少场域? .....         | 281        |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| 真正的发现不会被错过 .....     | 283     |
| 奇迹还是骗局? .....        | 286     |
| “奇迹”从来都不缺少 .....     | 289     |
| 应当认真思考 .....         | 290     |
| 幻想与现实 .....          | 292     |
| 自然科学定律 .....         | 294     |
| 不要急于修改定律 .....       | 296     |
| 化学与魔术 .....          | 297     |
| 科学道路上的泥潭与沟壑 .....    | 301     |
| 伪科学无处不在 .....        | 304     |
| 化学领域的伪科学 .....       | 308     |
| 伪科学正在侵蚀大众 .....      | 308     |
| 真正的科学发现是如何产生的? ..... | 311     |
| 科学发展中的人为障碍 .....     | 313     |
| 科学正在走进生活 .....       | 314     |
| 接受同行的质疑容易吗? .....    | 315     |
| <br>让我们轻松一下吧! .....  | <br>320 |
| 人文化学 .....           | 321     |
| 经验之谈 .....           | 328     |
| 我们尚未发现的美丽 .....      | 334     |
| <br>结语 .....         | <br>349 |
| 译者感言 .....           | 350     |

# 思考,探索,发现



图中有三个人物、三个单词和一些箭头,这是科学探索之路的基本形式。这三个单词应该如何排序呢?顺序可以是任意的,但是根据经验,科学研究经常是始于“思考”。有时,顺序也可以反向,但是无论是正向还是反向,都使科学之旅更加引人入胜。而且这三个单词缺一不可。“发现”——这是科学的基本目的,至于另外两个词,可以建议的只有一点——在某些时刻暂时停止实验,再思考一下。在了解了下面所讲述的内容之后,您会对此深信不疑。

## 不要急于做实验

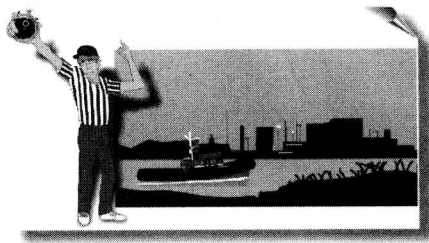
生活如同一所学校，  
不要急于毕业离开。

——埃米尔·米克

某些新定律的发现一般都是基于大量的实验积累。然而，这并非意味着都需要始于实验，有时先思考一下，然后再通过实验来确定自己的推断是否准确，这也是一种行之有效的方法。经常有这样的情形，前辈研究者所掌握的事实已经很多，需要的仅仅是对其规律的认识，以便随后严谨地描述这一规律。

前人的研究成果往往作为化学原理在教科书中被归纳总结出来。但是，成果的研究过程却比成果本身更耐人寻味。因此，在科学探索中，将逻辑与直觉结合起来，这种研究手段毫不逊色于当代研究者的研究技巧（有时甚至超过它们）。

## 沿着河流或沿着湖泊



首先训练一下我们的想象力，解决一个日常生活中遇到的简单问题。一艘船以恒定速度沿着湖面从甲岸运行到乙岸，然后立即以同样的速度沿原航线返回。这艘船以同样的速度沿着河面顺流而行，运行距离与湖面距离相等，然后再逆流返回到原点。船在河面和在湖

面运行的距离相等，但是所用时间是否相同呢？船速、运行距离以及河水的流速——这些都是未知因素。我们只知道，当船在河面运行时，如果顺流，则船速增加，逆流则船速减慢。由于没有具体的数值，回答这个问题只能靠推测。给人的感觉是，在这两种情况下，船运行的时间应该相等。如果给出距离、船速和水流等具体数据，然后进行计算，

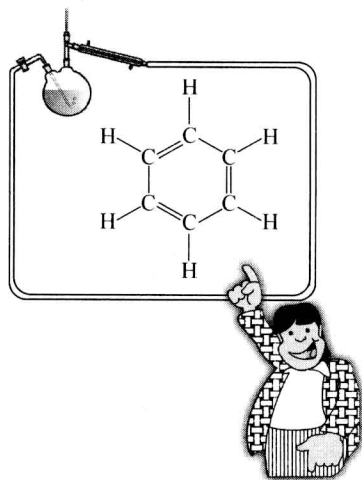


就可以得到准确的答案。其实不用进行任何运算,凭借推测也可以获得准确答案,也可以解决这个问题。假如河水的流速等于船速,在这种情况下,船顺着水流很快就能抵达目的地,但是永远不可能返回,因为逆流运行的时间将会无限延长,而在湖面运行时,船却可以在一定时间内返回。可见,沿河面运行时间永远比沿湖面运行的时间长。您或许觉得这样的答案过于草率,如果河水流动的速度不是很快,答案是否会不一样呢?不妨具体运算一下,结果您会发现,无论水流速度和距离长短怎样变化,答案都是一样。这个问题直接涉及交通工具的运输问题。执行两点间往返飞行的飞机,在无风的天气下比有风时花费的时间要少。这个因素在航空运输时必须考虑到,因为这直接关系到燃油的耗费用。

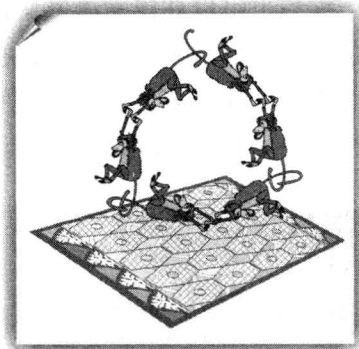


### 凯库勒与苯化学结构

现在每个化学家都熟知苯分子式,然而,化学家们也曾对苯的化学结构一无所知。迈克尔·法拉第于1825年率先从照明用的气体冷凝液中分解出了苯。埃·米希尔里希于1833年在其实验室里进行了苯酸热分解。这两件事情在化学史中只是很普通的事件,但是,苯的化学结构的确定却被认为是化学史上最重要的事件之一,具有里程碑意义。弗里德利希·凯库勒于1865年提出的著名苯分子结构式,在很长一段时间里成为有机化学的标志。1965年国际化学界举行了纪念苯化学结构确定100周年的庆祝活动。



需要指出的是,作家或记者有时为迎合大众口味以求轰动效果,往往曲解科学家们的发明创造,将科学发现添加上某些神秘色彩,比如他们说,牛顿看到了掉在地上的苹果,发现了万有引力。维尔纳在梦中发现了配价化合物的结构理论。门捷列夫创建的化学周期表同样是在睡梦中。苯结构分子式得以确定也被赋予传奇色彩。有这样一个说法,凯库勒看到自己的老师尤斯图斯·冯·李比希手中拿着格



尔里茨伯爵夫人的钻石戒指,这枚戒指是法庭审判的证物,而当时他的老师是法庭证据鉴定专家。这枚戒指由一条黄金铸成的蛇与一条铂金属铸成的蛇相互交错缠绕而成。在壁炉旁打盹的凯库勒梦见了这枚戒指(不知为何,凡是重大发现总发生在梦境之中),随后,苯的环形分子结构式就以尾巴相连的两条蛇的形式呈现于世。还有另外一种说法,据说凯库勒看到六只猴子,它们相互之间尾巴相缠(单价键),彼此脚抓着脚(双价键)围成一个圆。其

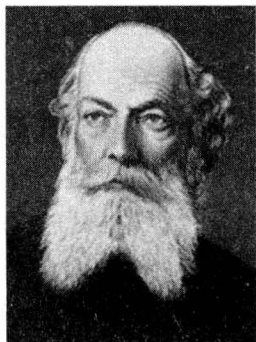
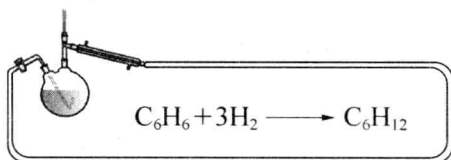
实,有证据表明,是铺在壁炉旁的波斯地毯上的图案使凯库勒联想到了苯的分子结构式。

可以推测,凯库勒不过是巧妙地同记者开了个玩笑而已。过去的科学家(现在的科学家也是如此)并不想对那些缺乏专业知识,又缺乏耐心的记者详细解释某个科学发现的全过程,他们只是宣布一下结果,并不过多披露其中的细节。

至于在梦中可以产生某种灵感,这种说法确实很难反驳,但是所有的人都需要睡觉,为什么只有凯库勒梦到了苯的分子式结构,别人为什么没有梦到呢?发现苯分子式之前化学家是如何进行思考的?真实的情况平淡无奇,但从化学角度来看,却是趣味横生。

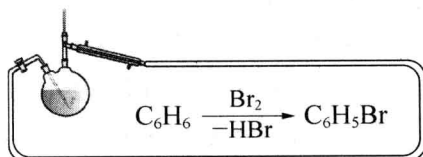
从苯的分子式结构来看,苯的分子是环状的,其中每个原子都是等价的。“等价”这个词可以理解为每一个碳原子都连接着一个氢原子和两个碳原子,并且同其中一个相邻的碳原子是单键连接,而同另一个则是双键连接,换句话说,每一个碳原子的周围环境都完全相同。

为什么凯库勒认为分子是环状的呢?这一点很容易得到证明,原因是对苯进行氢化。见下图:

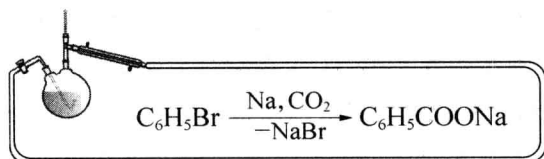


弗里德里希·奥古斯特·凯库勒  
(1829—1896)

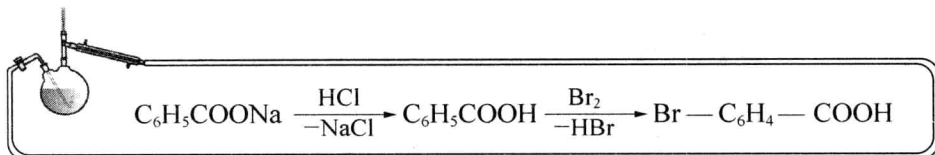
于是,就会形成环己烷,其环状结构先前已被证明。现在,尝试着证明所有的碳原子都是等价的。首先进行溴化处理,就可以得到溴苯  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$ 。见下图:



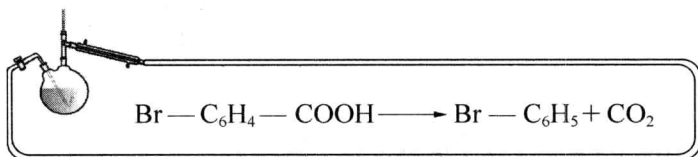
研究表明,只有一个氢原子被溴取代,形成了一个单独的化合物,并且没有同分异构体。请注意,具有相同成分和不同结构的物质称为同分异构体。所以,这是首次指出在这个环中所有六个碳原子都是相同的。可以通过下列方式进行补充证明。首先,可以从溴苯中获取苯酸钠盐。见下图:



接下来,从这个钠盐中提取苯酸,然后进行溴化。见下图:



显而易见,新的溴原子与另一个碳原子发生链接,也就是说,并没有同第一个碳原子链接,因为在第一个溴原子的位置上链接着羧基。碱性条件下加热所得到的溴苯酸分解出二氧化碳,形成溴苯。见下图:



我们已经注意到,重新获得的溴苯中其溴原子并未同原来溴苯中的碳原子链接。然而,这个新获取到的化合物,其属性同最初的化合物并无任何差别,由此可

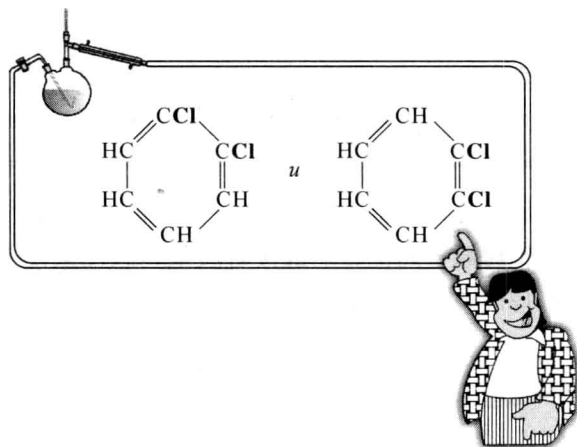
见,苯中的碳原子是等价的。

现在我们暂停实验,检查一下我们的推论是否符合逻辑。严格地说,我们证明的仅仅是在初始和最终化合过程中同溴链接的2个碳原子具有等价性。而余下的4个原子该如何解决呢?这个问题很重要,它的难点在于,无论是引入第一个溴原子还是第二个溴原子,都存在着这样一种可能性,即苯环中的不同碳原子都可能发生作用。假如两个碳原子是等价的,而其余的不同,那么,我们一定能够获取不同溴苯的混合物。

或许,上述关于原子等价性的证明显得有些复杂。事实上,采用现代光谱方法马上就可以解决这个问题。但是,借助推理来进一步做出正确的解释同样也是必要的。

所以,在假设的苯分子结构式中,还要求出具下列参数:环状结构、碳的等价性、碳的四价性(在早先的有机化合物中已被确定)。凯库勒很好地解决了这个问题,并且呈现给我们现在所熟悉的分子式。它完全符合上述要求。

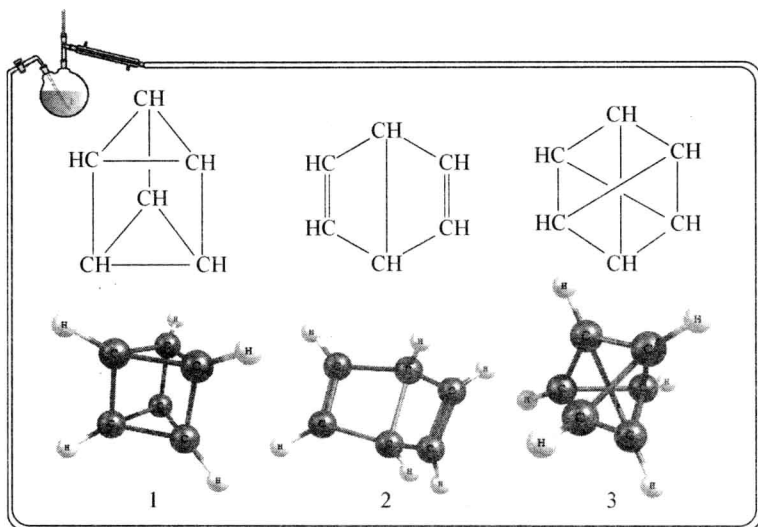
但是,凯库勒的苯分子结构式并未给他带来巨大的荣耀,相反却给他制造了一些麻烦。研究者们马上发现,根据凯库勒所提出的分子式应该存在着两种不同的邻二氯代苯(加上“邻”字意味着氯原子同相邻的碳原子相链接)。见下图:



在第一种情况下,氯原子以单键链接置于碳原子旁边,而在第二种情况下,则是以双键链接置于碳原子旁边。然而,研究表明,并不存在这两种不同的邻二氯代苯,事实上只有一种。出现这戏剧性的一幕,让人们对于凯库勒所提出的分子式产生了严

重质疑。

凯库勒提出这种结构的某些不完善之处,最终导致出现另一些解决方案。见下图:



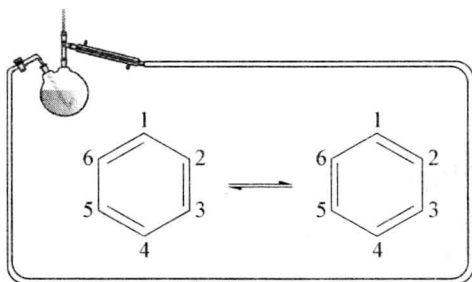
结构 1 由阿尔伯特·拉登堡提出,结构 2 是詹姆斯·杜瓦的设想,结构 3 的创造者是克劳斯。现在,我们仔细研究一下他们提出的这些结构。其中每一个结构都符合苯的总分子式  $C_6H_6$ ,而且四价碳也随处可见。相对凯库勒的分子结构式,这些分子结构都是根据实验数据得出的。结构 1 并非环状,相邻的两个碳原子也并非等价。结构 3 很容易在平面图上描绘出来,但是,当试图将其以空间形式呈现出来时,则出现一定的困难,由此引发某些质疑之声,人们怀疑这种结构是否真正存在。

上面所展示的三种分子结构其结果各不相同,其中的两种(结构 1 和结构 2)直到 20 世纪下半叶才得到证实,分别取名为拉登堡苯和杜瓦苯。而结构 3 将来也难以证实。

在试图完善自己的结构时,凯库勒注意到,苯环双键的化学性能明显区别于其他分子式的双键,例如乙烯分子式。对于苯而言,氢原子的取代反应最为典型,按双键的连接相当困难,而对于乙烷而言,这种链接就很容易。凯库勒由此做出大胆假设:存在双键,但是很特殊,它们的状态并不稳定,处于“振荡”状态,也就是说,一对相连的碳原子不断互相取代,发生振荡(很难相信,这种独特的想法也是凯库勒在梦

中产生)。正是这一点解释了为什么邻二氯代苯没有同分异构体。乍一看来,凯库勒似乎在竭力拯救自己的分子式。但实际上,这是勇敢的一步,这一步使我们向前迈进将近 100 年。

20 世纪 50 年代,美国著名化学家莱纳斯·鲍林在研究化学键的本质时,提出了著名的“共振理论”。其理论基础是,描述某些物质的结构并非只有一种结构式,而是可以通过某种共振结构的组合式来描述。鲍林提出的正是凯库勒当时所假设的分子式(碳原子标上编号,以便清晰地发现双键的位移)。见下图:



现在,共振理论已经过时,按照今天的概念,双键的电子状态不够稳定,它们形成了一个完整的封闭电子环。今天,惯常的表达式是在环状的内部用圆形作为其标志。

令人颇感兴趣的是,今天的研究并没有废除原先的分子式,仅仅对其进行了修正。凯库勒提出的古老分子式直至今天依然被认为是正确的,并且经常出现在各种学术著作中。

### 根据推论确定结构

化学家经常通过大量实验获取某些数据,但有时也会先进行推论,然后做实验,最后再来确定自己的推论是否正确。这里,我们可以列举瑞士化学家阿尔弗雷德·维尔纳,这位配价化学的创始人经常运用逻辑推论进行科学研究。

大家知道,对硝酸银进行敏感的定性反应可以看到水溶液中的氯离子,同时可以瞬间形成无色的氯化银沉淀。根据所形成的氯化银数量可以准确判定水溶液中

