

# 利用基于交互技术的学习活动突破共价键教学难点

黄萍 冉鸣\*

(四川师范大学 化学与材料科学学院 四川成都 610068)

**摘要** 探讨了当前共价键教学存在的问题,提出利用交互课件实施课堂教学活动的流程和步骤;通过活动的实施,让学生自己建构共价键知识,建立空间思维能力,并对常见的共价键分子( $H_2$ 、 $HCl$ 、 $Cl_2$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ )形成化学键的课堂活动过程进行了介绍,强调教师在整个活动中的主要职责是引导学生正确实施活动中的各环节、提示其观察实验现象、帮助其总结和归纳共价键成键特征和规律。

**关键词** 学生活动 原子的电子排布 共价键成键 信息化教学 交互课件

**DOI:** 10.13884/j.1003-3807hxjy.2014010134

高中化学人教版选修3中的共价键理论是一个教学重难点,近几年已有许多卓有成效的研究展示了在该领域不同的教学理念与方法,归纳起来主要有2类:模型教具和多媒体展示法创设情景进行教学<sup>[1-3]</sup>以及教学设计与化学观念相结合的比较新颖的教学方法<sup>[4-5]</sup>。这些研究成果虽在理念上达到一定高度,但在实际教学中受教学手段和课时的限制难以推进。2011年以来,通过对西南偏远地区300余名国培学员(化学教师)访谈发现,大家认为共价键相关内容极其抽象,缺乏有效的教学工具,所以教师非常难以讲解,普通认知水平的学生理解起来较难,学员们总结出以下3个主要方面:

(1) 由于分子成键理论内容丰富及抽象,不仅涉及原子的电子排布,也涉及价电子排布、还涉及不同轨道间的成键类型以及各种杂化轨道的成键知识,教师在教学中主要通过语言描述、教具和课件展示、黑板绘图等手段进行,由于教学内容繁杂,很难构建完整的共价键成键过程和对空间构象的描述,使学生难以快速获得空间想象能力;

(2) 学生在高中阶段需记忆内容较多,其思维能力正是从形象思维到抽象思维的过渡时期,形象思维多于抽象思维,对抽象概念的学习需要有针对性的教学手段和工具;

(3) 学生应用共价键知识解决问题时,一般只能记忆一般规则,但不能灵活利用规则解决复杂的分子结构与构形问题,因而感到手足无措,学习效果差。

学员们指出,上述3点最关键的问题是如何帮助学生建构基于空间视角的共价键成键图像,提出

能否通过学生的课堂活动高效快速获得相关知识,而不是单纯通过教师的讲解和大量的练习来获得。

基于以上观点,研究一种能在规定课时的基础上,既能高效完成共价键相关教学内容,又能帮助学生理解其成键过程和空间构形变化,从而建立空间想象能力和抽象思维能力的课堂教学活动与信息化化学教学工具将是非常必要的。

## 1 基于学习活动原理的共价键教学设计

基于信息化教学的学习活动<sup>[6]</sup>,一般是指学习者以及与之相关的学习群体(包括学习伙伴和教师等)为了完成特定的学习目标而进行的操作。在学习活动中,教学不再是单纯的认知过程,而是师生在教与学的过程共同构建意义的活动。让学生自己动手实践,在实践中体验过程、学会观察、自主学习,并归纳总结出规律,是学习活动最根本的特点<sup>[2]</sup>。学习活动的教学设计主要包括4个方面:(1)活动任务和主题的设计;(2)活动基本流程和步骤的设计;(3)活动监管规则的设计;(4)活动评价规则的设计。

根据上述学习活动基本原理,按照现行一课45 min的课时要求,设计了共价键教学活动课的流程框架(如表1)。通过此课,学生在教师引导下,在信息技术辅助下,应对常见分子( $H_2$ 、 $HCl$ 、 $Cl_2$ 、 $O_2$ )的共价键成键过程和空间属性有个清晰的认识,并对 $N_2$ 分子的成键过程有所了解。

为了实现上述教学设计,笔者开发了基于交互技术的共价键教学课堂活动的课件,下面将课堂教学运行过程作一简单介绍。

\* 通信联系人, E-mail: ranming2004@126.com

表 1 共价键教学活动流程步骤

| 活动任务和主题  | 活动流程和步骤   | 活动监管规则   | 活动评价规则  |
|--|---|--|---|
| 1. 从空间构形的角度了解 s 轨道、p 轨道以及电子在轨道中的占位以及不饱和价电子轨道<br>2. 掌握 H <sub>2</sub> , HCl, Cl <sub>2</sub> 形成化学键的性质<br>3. 理解 s-s σ 键、p-p σ 键、s-p σ 键的空间成键过程、形状和方向位置间的关系<br>4. 探究 O <sub>2</sub> 分子的成键过程, 拓展共价键成键知识, 建立 p-p π 键的空间成键过程、形状和方向位置间的关系 | 1. 复习并填充 H、Cl、O 原子的核外电子排布<br>2. 猜想或假设 H <sub>2</sub> 、HCl、Cl <sub>2</sub> 、O <sub>2</sub> 形成化学键的类型<br>3. 进行实验研究, 得出结论并与自己的假设进行比较<br>4. 讨论、并归纳出共价键成键规律 | 原则: 在教师引导下进行, 控制活动的节奏和时间, 使每一具体流程不超过 2 min。教师要做到:<br>1. 纠正学生错误的电子排布方式和轨道重叠方向<br>2. 帮助学生归纳共价键形成的特征和规律 | 1. 课堂练习, 评价学生掌握知识的水平<br>2. 探究 N <sub>2</sub> 分子的成键, 拓展共价键成键知识 |

## 2 常见分子的共价键成键课堂活动

探究共价键的形成活动分为 2 个步骤: (1) 填写实验报告, 需要学生正确掌握原子的核外电子排布和价电子概念, 清楚只有价电子才可以形成共价键。该环节教师应该引导学生正确无误地填写价电子层结构。此外学生可以提出共价键成键的假设, 在“成键类型”一栏中填写自己的猜想 (如 s-s σ 键、s-p σ 键和 p-p σ 键等), 以便通过实验验证自

| 探究共价键的形成: 实验报告 |                |                                     |                |                                     | 返回      |
|----------------|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------|---------|
|                | H 原子           |                                     | H 原子           |                                     | 重新设置    |
| 电子排布           | 3s             | <input type="checkbox"/>            | 3p             | <input type="checkbox"/>            | 成键类型    |
|                | 2s             | <input type="checkbox"/>            | 2p             | <input type="checkbox"/>            |         |
|                | 1s             | <input checked="" type="checkbox"/> | 1s             | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 价电子排布          | s              | 1                                   | s              | 1                                   | s-p σ 键 |
|                | p <sub>y</sub> |                                     | p <sub>y</sub> |                                     |         |
|                | p <sub>x</sub> |                                     | p <sub>x</sub> |                                     |         |
|                | p <sub>z</sub> |                                     | p <sub>z</sub> |                                     |         |

己的假设。在软件设计中, 采用按钮点击式填写方式, 无需键盘输入, 节约了时间, 提高了效率, 让课堂活动不至于冗长。

### 2.1 H<sub>2</sub> 分子形成的学生活动

如图 1, 学生按照“实验报告”的要求填写 H 原子的电子和价电子排布, 并假设 H<sub>2</sub> 的成键类型。这里的“实验报告”只是一备忘录, 帮助学生记录实验数据和假设, 以便教师点评。

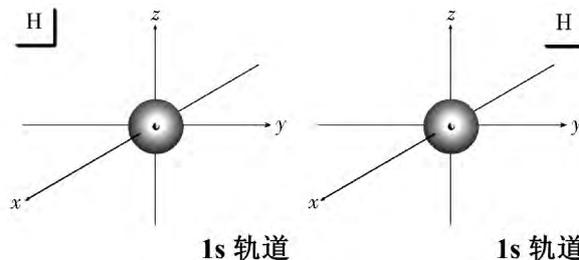


图 1 H<sub>2</sub> 分子的形成“实验报告”与 1s 轨道电子

实验报告的填写, 是要学生清楚共价键的成键是不饱和价电子轨道重叠而得, 形成氢分子的 H 原子只有 1s 轨道有 1 个电子, 为不饱和价电子轨道, 可以形成共价键。当学生认识这点后方可开始后续实验, 观察 H 原子形成共价键的过程, 并了解形成什么样的共价键、其构形如何? 其空间位置怎样?

点击“返回”, 出现如图 2 的画面, 这是 2 个可以拖拽的“卡片”, 学生按照实验报告的价电子排布方式, 分别向卡片代表的 H 原子的 1s 轨道做点击操作, 填充相应的电子数。移动任一卡片, 让其轨道重叠, 观察变化 (见图 2)。学生还可拖拽形成的共价键, 观察其所在的空间位置 (如图 2 右), 思考实验结果与自己的假设是否一致, 找出错误的原因。

### 2.2 HCl 分子形成的学生活动

如图 3, 按照“实验报告”的要求分别填写 H 原子和 Cl 原子的电子和价电子排布, 并假设 HCl 的成键类型。在教师指导下, 讨论是哪几个价电子成键, 可能形成什么类型的共价键。在此基础上, 按照实验报告的价电子排布方式, 分别向卡片代表的 H 原子的 1s 轨道和 Cl 原子的 3p 轨道填充相应的电子数。移动其中任一卡片, 让其轨道重叠, 观察变化 (见图 3)。思考形成的共价键的类型、空间形状、所处位置以及哪些轨道没有发生变化 (如图 3 右下)。

### 2.3 Cl<sub>2</sub> 分子形成的学生活动

如图 4, 按照“实验报告”的要求分别填写 Cl 原子的电子和价电子排布, 并假设 Cl<sub>2</sub> 的成键类型。在教师指导下, 讨论是什么价电子成键, 可能形成什么类型的共价键。在此基础上, 按照实验报告的价电子排布方式, 分别向卡片代表的 Cl 原子

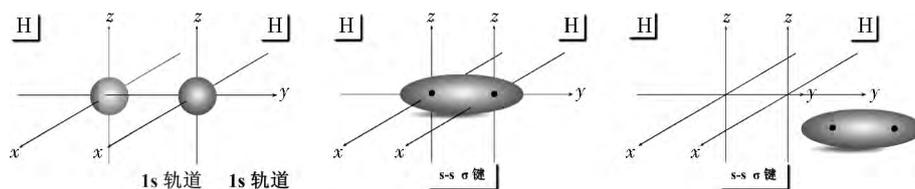


图2 轨道重叠形成 s-s  $\sigma$  键的过程及其电子云空间构象

| 探究共价键的形成：实验报告 |                |    |                 | 返回             |
|---------------|----------------|----|-----------------|----------------|
|               | H 原子           |    | Cl 原子           |                |
| 电子排布          | 3s             | 3p | 3s              | 3p             |
|               | 2s             | 2p | 2s              | 2p             |
|               | 1s             | 1s | 1s              | 1s             |
| 价电子排布         | s              | 1  | 3p <sub>y</sub> | 1              |
|               | p <sub>y</sub> |    | p <sub>y</sub>  | 1              |
|               | p <sub>x</sub> |    | p <sub>x</sub>  | 2              |
|               | p <sub>z</sub> |    | p <sub>z</sub>  | 2              |
|               |                |    |                 | 成键类型           |
|               |                |    |                 | s-p $\sigma$ 键 |

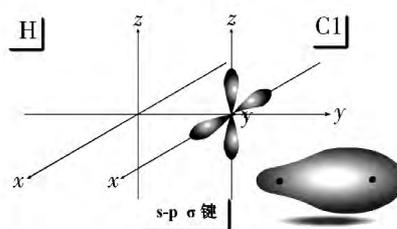
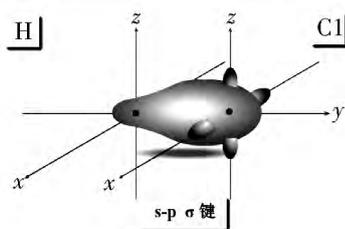
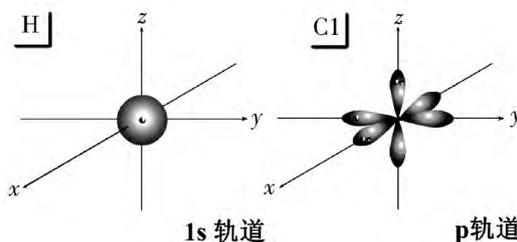


图3 HCl 分子形成 s-p  $\sigma$  键的过程及其电子云空间构象

的 3p 轨道填充相应的电子数。移动其中任一卡片，让其轨道重叠，观察变化（见图 4 左下），并思考

为什么只形成了一个 p-p  $\sigma$  键？为什么其他方向不能成键（如图 4 右下）？

| 探究共价键的形成：实验报告 |                |    |                | 返回             |
|---------------|----------------|----|----------------|----------------|
|               | Cl 原子          |    | Cl 原子          |                |
| 电子排布          | 3s             | 3p | 3s             | 3p             |
|               | 2s             | 2p | 2s             | 2p             |
|               | 1s             | 1s | 1s             | 1s             |
| 价电子排布         | 3s             | 2  | 3s             | 2              |
|               | p <sub>y</sub> | 1  | p <sub>y</sub> | 1              |
|               | p <sub>x</sub> | 2  | p <sub>x</sub> | 2              |
|               | p <sub>z</sub> | 2  | p <sub>z</sub> | 2              |
|               |                |    |                | 成键类型           |
|               |                |    |                | p-p $\sigma$ 键 |

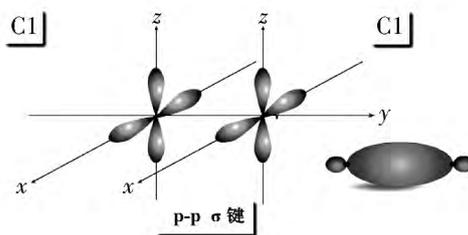
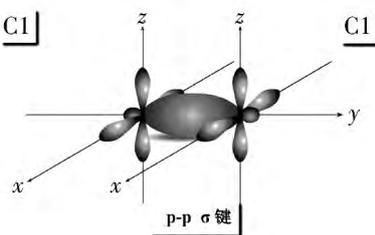
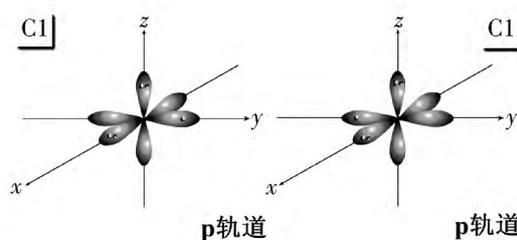


图4 Cl<sub>2</sub> 分子形成 p-p  $\sigma$  键的过程及其电子云空间构象

通过对 H<sub>2</sub>、HCl、Cl<sub>2</sub> 分子共价键形成过程的虚拟实验，学生应该清楚了解共价键形成的 2 个关键要素：其一，原子的最外层的不饱和价电子轨道，依照 2 个原子各自提供 1 个自旋方向相反的电子彼此配对，按轴的方向进行轨道重叠，形成某种构形的共价化学键（s-s  $\sigma$  键、s-p  $\sigma$  键和 p-p  $\sigma$  键）；其二，2 个原子轨道重叠部分越大，2 核间电子的概率密度越大，形成的共价键越牢固，分子越稳定。

教师应及时帮助学生总结归纳，让学生建立  $\sigma$  键的特征：即轨道按轴向重叠，电子云为轴对称；形成化学键的 2 个原子核的连线为轴作旋转操作， $\sigma$  键电子云的图形不变；此外， $\sigma$  键强度大，不易断裂。在此基础上可以拓展共价键知识，探究 O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> 分子的成键过程，建立 p-p  $\pi$  键的概念。

### 3 探究 O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> 分子的共价键成键的活动

探究方法如上述一样，先在实验报告中填充原子的电子排布和价电子排布，然后重叠不饱和价电

子轨道, 观察成键过程和形成的化学键空间构象如图5、6。课件在设计中是按照顺序分步展示 $\sigma$ 键、 $z$ 方向 $\pi$ 键或 $x$ 方向 $\pi$ 键的形成过程, 这虽与实际成键过程不符, 但从教学角度来说可以让学生理解在共价键形成过程中, 必须首先形成一个 $\sigma$ 键, 方

可形成其他方向的 $\pi$ 键。此外学生可以通过拖拽, 将各种类型的共价键拆散, 见图5、6的右图。通过这一操作, 学生能清楚认识各键的现状、空间位置, 从而深刻理解并建立 $p-p \pi$ 键的概念。

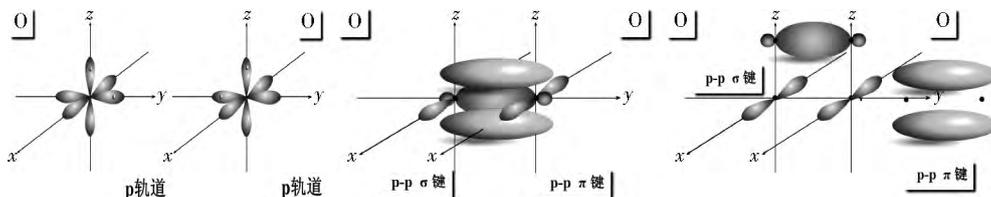


图5 O<sub>2</sub>分子形成p-p  $\sigma$ 键和p-p  $\pi$ 键的成键过程及其电子云空间构象

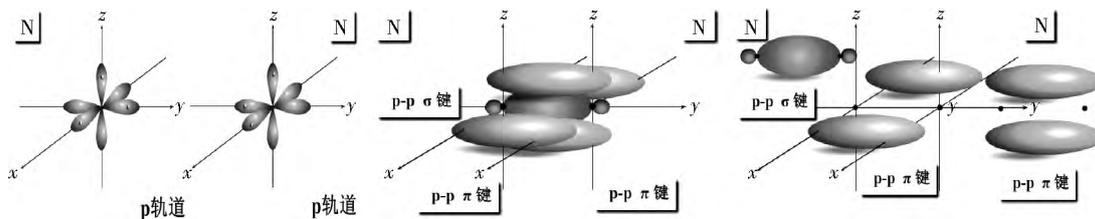


图6 N<sub>2</sub>分子形成p-p  $\sigma$ 键和2个p-p  $\pi$ 键的过程及其电子云空间构象

通过对O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>分子成键过程的虚拟实验探究, 学生在较短时间内可以建立如下基本概念: (1) 在共价键形成过程中, 必须率先形成一种 $\sigma$ 键, 然后才能形成 $\pi$ 键; (2) 所谓头碰头 $\sigma$ 键和肩

并肩的 $p-p \pi$ 键在空间的坐标位置和形状, 以及在成键过程的具体变化形式; (3) 理解为什么O<sub>2</sub>分子是双键、N<sub>2</sub>分子是三键。教师还可帮助学生总结共价键成键特征如表2。

表2 共价键成键特征

|         | $\sigma$ 键   | $\pi$ 键        |
|---------|--|----------------|
| 成键方向    | 沿轴方向“头碰头”  | 平行方向“肩并肩”      |
| 电子云形状   | 轴对称  | 镜像对称           |
| 键的牢固程度* | 一般情况下强度大, 不易断裂   | 一般情况下强度较小, 易断裂 |
| 成键判断规律  | 共价单键是 $\sigma$ 键, 共价双键中一个是 $\sigma$ 键, 另一个是 $\pi$ 键, 共价三键中一个是 $\sigma$ 键, 另2个为 $\pi$ 键 |                |

\*对N<sub>2</sub>分子来说, 由于其特殊的结构, 它的 $\sigma$ 键的键能比 $\pi$ 键要小, 是上述规律的一个例外。

#### 4 结束语

通过基于信息技术的共价键教学的活动, 可以在较短的时间内对H<sub>2</sub>、HCl、Cl<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>共价键成键过程实施有效教学。此课件在四川省和重庆市部分地区多所中学试用反馈表明, 对比过往的教学方法, 该软件操作简便, 课堂活动目标明确, 容量较大, 可节省课时, 比应用实物模型教学更能展示成键的动态变化过程。但同时, 该活动对教师提出较高要求, 要求教师在活动中必须重点把握引导学生正确进行电子排布, 指出饱和与不饱和价电子轨道的成键类型, 指导学生及时记录观察到的现象, 引导学生描述形成共价键的空间构象, 以及归纳总结各种共价键的特征和成键规律。对学生来说, 在活动中其学习兴趣较浓, 思维活跃, 能对原子的电子排布、各种轨道的空间重叠方向以及 $\sigma$ 键和 $\pi$ 键的形成过程建立比较清晰的认识, 其空间想

象能力和抽象思维能力得到一定提高。将过去单纯的文字符号记忆, 转变为在理解基础上的形象记忆, 更能转化为有效记忆。采用该软件进行活动教学, 基本能解决本文开头所涉及的国培学员提出的诸多教学难点。

应该强调的是, 该软件只对成键过程进行展示, 不能提供轨道重叠面积、键长和键能大小的定量关系, 所以, 软件仍然是一种定性的展示性教学软件, 只能帮助学生理解常见的简单分子的共价键知识。

#### 参考文献

[1] 何刚, 邓善银. 化学教学, 2011 (8): 23-25  
 [2] 相佃国. 化学教育, 2012, 33 (7): 13-16  
 [3] 张俊松, 陆真, 刘嘉华, 等. 化学教学, 2002 (4): 36-40  
 [4] 杨艳红. 化学教育, 2010, 31 (8): 32-34  
 [5] 姚淑霞. 化学教学, 2009 (7): 51-54  
 [6] 葛文双, 傅钢善. 电化教育研究, 2008 (3): 50-62