
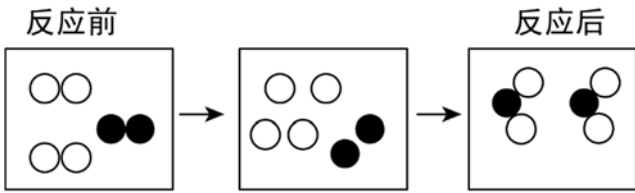


辽宁工程技术大学基础教学部教学设计

授课时间	周次	5	课次	2	星期	二	日期	2022.9.23	
授课方式	理论课 <input checked="" type="checkbox"/> 讨论课 <input type="checkbox"/> 习题课 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>							学时	2
知识单元	物质结构基础								
知识点	1. 原子结构的近代概念 2. 多电子原子的电子分布方式和周期系								
教学目标	<p>【知识目标】</p> 1. 能说出几种主要原子结构模型的特点及不足。 2. 掌握四个量子数的定义和取值要求，能正确写出任何一个指定电子的四个量子数，能够阐述电子层、能级、原子轨道和运动状态的定义以及它们与四个量子数的关系。 3. 能够描述原子核外电子运动的基本特征及 s、p、d 轨道波函数空间分布情况。 4. 能够解释原子核外电子分布的一般规律及其与元素周期表的关系；联系原子外层电子构型，推断元素的分区和某些性质递变的情况。 <p>【能力目标】</p> 1. 批判性思维能力 在线上自学和讨论活动中，能够围绕几种重要的原子结构模型提出质疑，发表自己的观点。 2. 自主学习能力 能将原子核外电子分布的周期性应用于元素性质的周期性变化的学习。 <p>【情感目标】</p> 1. 领悟科学家在原子结构研究中的认识论和方法论等科学思想，并逐步付诸实践。 2. 有意识的提高学习参与度，尝试用有效的方式与同伴沟通。 3. 表现出实事求是和探索精神，并逐渐融入到自身的行为准则之中。								
学情分析	<p>【知识基础】</p> 通过高中阶段的学习，学生已经了解原子结构的基本特点和核外电子排布的基本规律，熟悉元素周期表。 <p>【认知能力】</p> 学生具备一定的形象思维能力，可以很好帮助学生理解抽象概念、理论，推测实验本质。								

	<p>【学习特点】</p> <p>偏好视频资源、小组讨论、信息搜集等多种形式的教学方式，能够借助资源平台完成课前学习任务，乐于开展小组互助式的学习方式，但缺乏对零散内容进行归纳、总结、记忆等方面的能力。</p>
重点	四个量子数、核外电子排布
难点	波函数、原子轨道与核外电子运动状态的量子数、核外电子排布式
教学内容	<p>1. 原子结构的近代概念</p> <p>1.1 原子结构模型</p> <p>1.2 微观粒子运动特征</p> <p>1.3 量子数</p> <p>2. 多电子原子的电子分布方式和周期系</p> <p>2.1 核外电子排布的原则</p>
教学方法手段	<p>【教学方法】</p> <p>任务驱动教学法、讲授教学法、合作学习教学法、案例教学法</p> <p>【教学手段】</p> <p>课堂环境：智慧多媒体教室</p> <p>教学平台：学习通平台</p> <p>信息化手段：课程思政微课、弹幕、投屏等</p>

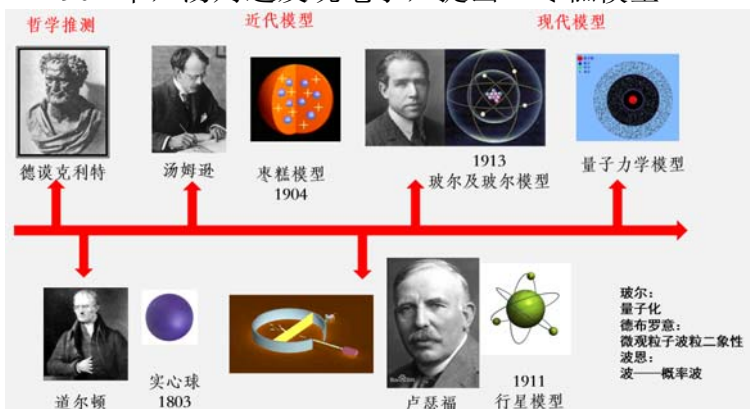
辽宁工程技术大学基础教学部教学设计

步骤	教学过程	思政元素	设计意图
课前	<p>在学习通布置任务点，学生自学徐光宪事迹，了解 $n+0.71$ 规则。（课程思政微课：稀土之父——徐光宪）</p> 	爱国 敬业	采用任务驱动法培养学生自主学习习惯；了解我国化学家徐光宪的卓越贡献。
课中	<p>【知识点回顾】</p> <p>物质的结构决定物质的性质，我们知道化学反应中最小的微粒就是原子。你知道原子的结构特征吗？回顾高中知识。</p> <p>【新课导入——提出问题】</p> <p>物质世界变化万千，要深入了解物质性质及其变化规律，就要进入微观世界，了解组成物质性质的基本微粒——原子的性质。通常化学反应不涉及原子核内的变化（见下图），只是原子核外电子的运动状态发生改变，大家思考一下化学反应的本质是什么？</p> <div style="text-align: center;">  <p>（○表示一种原子，●表示另一种原子）</p> </div> <p>【分析和解决问题】</p> <p>化学反应的本质是由于参与反应的原子核外电子改变运动状态，通过旧键断裂，新键形成的过程完成化学反应。因此，有必要深入了解原子内部结构及核外电子运动状态。</p> <p>【讲授新课】</p> <p>1. 原子结构的近代概念</p> <p>1.1 原子结构模型</p>		本章为普通化学第一章内容，与高中知识衔接紧密，可以起到很好的“承上启下”的作用。

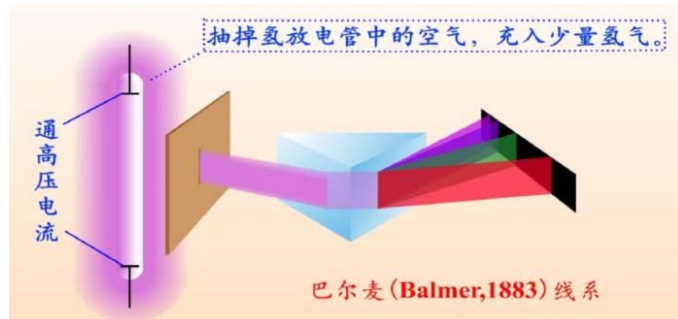
【思政案例】人类对原子结构的认知过程

体验“发现问题→实验验证→建立模型→解释模型”的科学探索过程，初步应用由现象到本质、宏观与微观相结合的思维方法。

- ☞ 1808年，道尔顿提出原子具有不可分割性，原子是组成物质的最小微粒，提出“实心球模型”。
- ☞ 1904年，汤姆逊发现电子，提出“枣糕模型”。



- ☞ 1911年，卢瑟福利用经典的 α 粒子散射实验明确了在原子内部有原子核，以观测到的实验数据为基础提出了“行星模型”。
- ☞ 为了解释氢原子光谱，玻尔将量子化的概念引入原子结构，提出“电子分层排布模型”。



氢原子光谱

【思政案例】第五届索尔维会议上爱因斯坦和玻尔爆发了历史上著名的大辩论



实事求是
探索精神

设计原子结构模型发展史的时间轴，带领学生亲身经历原子结构发现历程，培养学生用辩证唯物主义的世界观分析和认识问题，养成用前瞻性的视角去审视化学的历史、现在和未来，还能学习科学家们在追求真理的道路上不畏艰难、一往无前的探索精神。

科学素养

结合 1927 年第五届索尔维会议（20 世纪大辩论），介绍化学家们研究过程中为真理争辩的精彩过程和求实精神。

【思政案例】

大国重器：世界第一量子通信卫星“墨子”号。



【提出问题】

玻尔理论的局限性是什么？核外电子运动的特征是什么？

【分析问题】

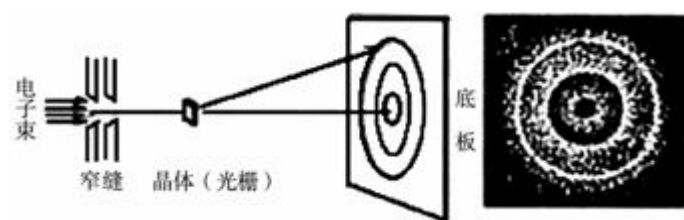
玻尔假说只是在经典力学的基础上引入了一些人为的量子化条件，它仍然是应用牛顿力学解决问题，没有摆脱经典力学的束缚，故玻尔理论仍不能正确反映微观粒子的运动规律，它必然被新的原子结构理论所代替。

1.2 微观粒子运动特征

- ☞ 德布罗意大胆提出微观粒子的波粒二象性，并被电子衍射实验所验证。
- ☞ 波恩将电子波解释为概率波（电子出现的概率密度）。



微观粒子既有粒子性，又有波动性



电子衍射实验

民族自信
国家安全

介绍我国自主研发的世界第一量子通信卫星“墨子”号在酒泉卫星发射中心成功发射，这标志着我国在量子通信领域的崛起，展现了大国实力担当。

引导学生得出结论：
描述宏观物体运动规律和运动状态的经典物理学方法对微观粒子已不适用。

【解决问题】

总结核外电子运动的三大特征：量子化、波粒二象性、统计性。

【提出问题】

了解了核外电子运动特征不同于宏观物体，那如何描述核外电子的运动状态呢？

【解决问题】

描述原子核外电子运动的薛定谔方程被提出，现代原子量子力学模型得以建立。



$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V)\psi = 0$$

要了解核外电子的运动状态，我们可以用波函数来描述它。了解了每个量子数的含义后，建立图形和三个量子数(n, l, m)对应关系。这样就一个复杂的波函数的解（也就是薛定谔方程的合理解），用三个量子数的一个合理的组合，也就是原子轨道的符号来描述核外电子的运动状态。

1.3 量子数

薛定谔方程 \Rightarrow 波函数 \Rightarrow 量子数

◇ 主量子数 n —— 电子层数

意义：① 决定电子离核的远近

② 决定电子能级的高低

※ n 值越大，电子离核越远，能级越高

取值 n = 1, 2, 3, 4, ... (从 1 开始的正整数)

主量子数 n	1	2	3	4
电子层符号	K	L	M	N

◇ 角量子数 l —— 电子亚层

意义：① 决定波函数（原子轨道）的形状

② 在多电子原子中，与 n 一起决定轨道的能量

取值：0、1、2、3 n-1 (共可取 n 个值)

角量子数 l	0	1	2
能级符号/亚层	s	p	d
轨道形状	球形	哑铃形	花瓣形



化繁为简
抓主要矛盾

波函数的合理解可以描述核外电子的这种运动状态，但是波函数的解是一个比较复杂的数学表达式。在结构化学中略去复杂的求解过程推导，只是简单的应用求解所得的主要结果——量子数。这样做的目的是为了进一步化繁为简。

结合高中知识进一步理解能层概念

轨道名称：在电子亚层前面加上主量子数来表示特定电子层的某个亚层，如 1s, 2s, 2p。

【练习】

原子中的能级由哪些量子数确定 () **答案：C**

A. n B. l C. n、l D. n、l、m

分析：与能量相关的量子数为主量子数和角量子数。

拓展：

n 相同, l 越大, 原子轨道能量越高, $E_{3d} > E_{3p} > E_{3s}$;


l 相同, n 越大, 原子轨道能量越高, $E_{1s} < E_{2s} < E_{3s}$ 。

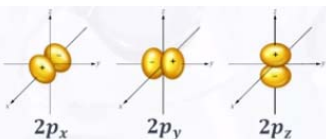
◇ **磁量子数 m**

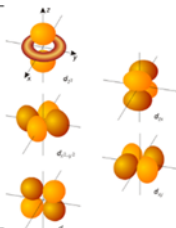
意义：确定原子轨道的空间取向。

取值： $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots \pm l$ 共 $(2l+1)$ 个值

※磁量子数取值的总数等于原子轨道的空间取向数

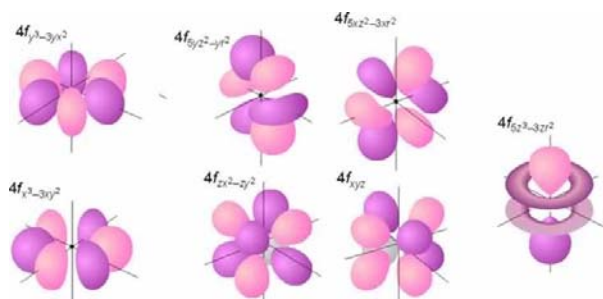
角量子数	磁量子数	
$l = 0$	$m = 0$	
2s		

角量子数	磁量子数	
$l = 1$	$m = 1$	
	$m = 0$	
	$m = -1$	
2p_x 2p_y 2p_z		

角量子数	磁量子数	
$l = 2$	$m = 2$	
	$m = 1$	
	$m = 0$	
	$m = -1$	
	$m = -2$	

【知识拓展】

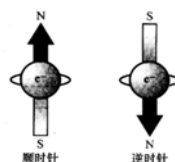
f 轨道形状及空间伸展方向



◇ **自旋量子数 ms**

自旋量子数 ms 的取值只有两个, $+1/2$ 和 $-1/2$, 它是不依赖于 n, l, m 三个量子数的独立量。

可用向上或向下的箭头 “ $\uparrow \downarrow$ ”



引导学生思考, 将知识融会贯通

化学之美

通过原子轨道空间分布图发现化学之美。

提出拓展思考问题：
根据磁量子数取值规律, 能否推算出 f 轨道有几种空间伸展方向?

来表示这两个不同方向的电子自旋运动状态。

【总结】



【提出问题】

在已经发现的 118 种元素中，除氢以外的原子，都属于多电子原子。在多电子原子中，电子不仅受原子核的吸引，而且还存在电子之间的相互作用，作用于电子上的核电荷数及原子轨道的能级也远比氢原子中的要复杂。那么多电子原子核外的电子如何排布的呢？

2. 多电子原子的电子分布方式和周期系

2.1 核外电子排布的原则

◇ 能量最低原理

鲍林提出：核外电子在各轨道上的分布应使原子处于能量最低的状态。在稳定的基态，原子中电子总是尽先占据能级最低的轨道。

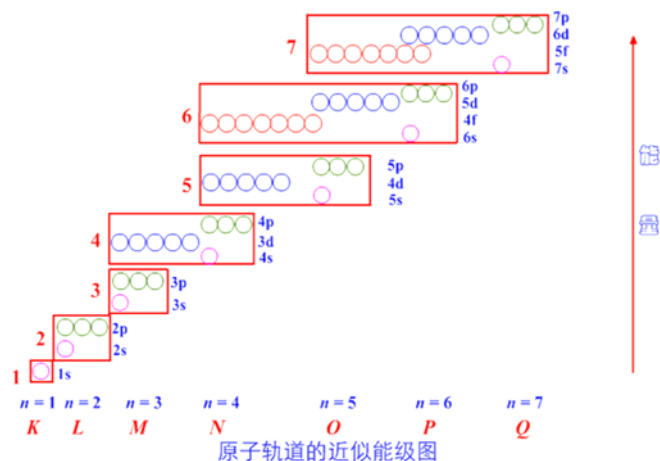


科学精神

由简入繁，通过氢原子轨道能量特点延伸到多电子原子轨道能量规律；通过光谱实验数据总结核外电子分布三个基本原理。

在同一能级组当中，各原子轨道能量由低到高依次为：

$$E_{ns} < E_{(n-2)f} < E_{(n-1)d} < E_{np}$$



【思政案例】我国化学家徐光宪的 $n + 0.7l$ 规则

结合课前学习通布置学习内容，讲述我国化学家徐光宪在稀土及物质结构领域的卓越贡献。

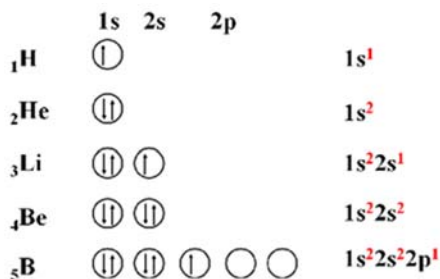


原子轨道	1s	2s 2p	3s 3p	4s 3d 4p	5s 4d 5p	6s 4f 5d 6p	7s 6d 7p
$n + 0.7l$	1.0	2.0 2.7	3.0 3.7	4.0 4.4 4.7	5.0 5.4 5.7	6.0 6.1 6.4 6.7	7.0 7.1 7.4 7.7

- ☞ 利用 $n+0.7l$ 值的大小来计算各原子轨道的相对次序；
- ☞ $n+0.7l$ 数值越大，能量越高；
- ☞ $n+0.7l$ 数值的整数部分，就是该能级所在的能级组的组序数。

◇ **泡利不相容原理**

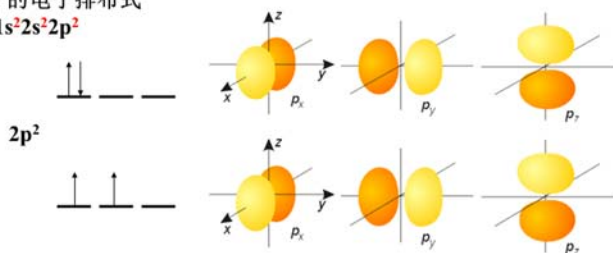
每个轨道上最多只能容纳两个自旋反向电子。
同一原子中，不存在运动状态完全相同的电子。
同一原子中，不存在四个量子数完全相同的电子。



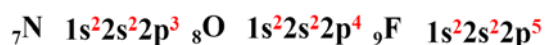
◇ **洪特规则**

电子在 n 和 l 都相同的简并轨道上分布时，电子尽可能先占据磁量子数 m 不同的原子轨道，而且自旋平行，即磁量子数相同，此时体系的能量保持最低。

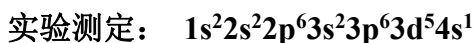
${}_6\text{C}$ 原子的电子排布式为： $1s^2 2s^2 2p^2$



【基础练习】 写出 ${}_7\text{N}$ 、 ${}_8\text{O}$ 、 ${}_9\text{F}$ 核外电子排布式



【高阶练习】 写出 ${}_{24}\text{Cr}$ 核外电子排布式



志存高远

爱国敬业

特殊性与普遍性

思政融合：
介绍中国“稀土之父”徐光宪缔造“中国稀土传奇”和提出“核外电子排布近似规律”的事迹。徐光宪在美国获得博士学位后，毅然放弃在美任教的机会，投身祖国的建设大业中，为祖国的稀土事业做出了巨大贡献。通过进一步引用徐院士的名言“我们做科研的有一个信念，就是立足于基础研究，着眼于国家目标，不跟外国人跑，走自己的创新之路”，激发学生热爱科学、热爱祖国的热情。

利用知识点分析解决问题，以分组讨论方式进行，教师讲解结合知识点深度拓展。
讨论： Cr 原子核外电子排布？（特殊性与普遍性的关系）

	<p>通过高阶练习引出洪特规则特例： 简并轨道全充满、半充满、或全空的状态都是能量较低的稳定状态。</p>		
<p>课后</p>	<p>【作业】 完成学习通布置的课后作业，完成小测试。</p> <p>【预习】 预习元素周期律，完成学习通中门捷列夫视频任务点。</p> <p>【复习】 量子数及核外电子排布原理</p> <p>【延伸拓展】 组织线上讨论：结合元素周期表深入了解稀土元素，你知道我国是如何突破技术壁垒，实现从中国“稀土”至“中国”稀土的吗？</p>	<p>科技强国</p>	<p><u>产出导向</u> 初级产出：线上预习、回答问题、参与讨论等方式获得课堂积分； 中阶产出：通过作业、测试检测学生的知识能否系统化； 高阶产出：通过线上讨论，考查学生是否具备解决实际问题的能力；考核情感目标是否达成。</p>
<p>教学反思</p>	<p>普通化学课程面向安全工程专业大一新生开课，课程涉及面广、开设时间较早，对学生世界观、人生观、价值观影响较大，在思想政治教育和专业教学中处于非常重要的地位。本节内容为课程的第一章第一节，抓住教学中的机会开展思政教育，从部分学生的反馈看思政教学取得了较好的效果，例如：张同学说“这门课程不只是化学的一个分支课程，于我而言，更是让我了解到何为化学，感受化学精妙之处在于何处的启蒙，启发我深入挖掘更多化学于生活中的应用”。杨同学说“课程学习过程中领略了化学工作者们的伟大，他们从无数次的实验中提炼出那样直接简洁的公式定理，令人敬佩”。李同学说“对于我而言，化学是一种洗礼，之前的我粗心、浮躁，化学学习使我不再惧于细微细节，反而可以去接受、去欣赏这种细致的美以及这种严谨，改变了我的态度和个性”。</p> <p>同时思政教学过程中也存在一定的困难，例如“细无声”的思政教学如何有效影响一些粗线条性格的同学；如何更好的量化评价本节内容课程思政的融入对学生的产出成效等。</p>		