

江苏教育版课程标准实验教科书

青岛市教育科学“十一五”规划重点课题

大学案

高中化学物质结构与性质

顾问 孙常坤
主编 郭爱青

青 岛 出 版 社
QINGDAO PUBLISHING HOUSE

《大学案·高中化学》丛书

编 委 会

顾 问 孙常坤

主 编 郭爱青

编 委 (按姓氏笔画为序)

王利恒 王京环 王晓艳 王 新

石华军 孙兆翠 孙常坤 刘法香

刘淑花 张兴利 周 南 郭爱青

徐颖绚 董 妮



青岛第十五中学校长 孙常坤

备课、授课、批改作业,日复一日,年复一年。这就是教师平凡的工作。在这平凡中能够甘于寂寞且结出硕果,却是不平凡的。教师的这种不平凡,是一种品格,是一种追求,更是一种精神。

山东省青岛第十五中学化学组在特级教师郭爱青的带领下,默默耕耘,刻苦钻研,取得了可喜的教学成绩。《大学案》化学书系正是化学组全体教师心血和汗水的结晶。它的出版给了我们一些重要的启示,那就是:成绩的取得源于长期扎实的实践、顽强自觉的学习、联系实际的思考、富有个性的创新、同心协力的合作。

行远者假于车,济沧海者因于舟。《大学案》的出版对十五中乃至更大范围的高中化学教学工作无异于锦上添花,大有益处。“天高任鸟飞,海阔凭鱼跃。”愿《大学案》的出版能进一步开创十五中各科教学的新思路、新方法,使十五中的教研活动百花齐放,使十五中的教学成绩再上一个新台阶。

目前,我国所进行的新一轮课程改革,是立足于学生适应现代生活和未来发展的需要,着眼于提高21世纪公民的科学素养,构建“知识与技能”、“过程与方法”、“情感态度与价值观”相融合的一种教育理念。青岛第十五中学在新课程改革实践中加大了教育教学改革的力度,特别注重了对学生能力的培养。青岛十五中化学教研组全体教师以此为契机,一直积极致力于这方面的研究工作,不断探索新的教学模式,加快科研改革的步伐,经过多年的探索和研究,确立了“‘学案导学教学法’理论与实践的研究”这一科研课题,此课题于2006年11月被确定为“青岛市教育科学‘十一五’规划特级教师重点课题”。

学案导学,是以学案为载体、以导学为方法、训能达标的教学活动,其优点是发挥学生主体作用,培养学生综合能力,提高课堂教学效率,突出学生自学能力,注重课堂学法指导的教学策略体系,把学生由观众席彻底推向表演舞台;其操作要领主要表现为先学后教、问题教学、导学导练、当堂达标;其目的是在课堂教学中使学生的“学”和教师的“导”有机地统一起来,最大限度地调动学生的主动性、积极性和创造性,更好地培养学生的学习能力,高质量地实施教学。青岛十五中实行了多年“学案导学教学法”,取得了良好的效果。学案的使用,打破了传统教学模式,营造了富有生机和活力的课堂教学氛围;学案的使用,使学生的主体地位真正得到了体现;学案的使用,不仅培养了学生的自学能力,同时让学生体会到探究知识过程的乐趣,从而提高并长期保持着学生的学习兴趣,提高了课堂学习效率。

为能让更多的学生从“学案导学教学法”中受益,青岛十五中的全体化学教师将这几年的实践经验成果总结成《大学案·高中化学》丛书。《大学案·高中化学》丛书亦是“‘学案导学教学法’理论与实践的研究”这一科研课题的阶段性成果。根据《高中化学课程标准》的精神,《大学案·高中化学》丛书的编写力争具备以下几个特点:

1. 指导性强。《大学案·高中化学》丛书每课时设置了[预习导学]栏目,通过设置问题组或填空,让学生先对本课时涉及的所学知识进行简单回顾,为本课时要学的新知识做好铺垫,使学生带着问题自然进入情境,因此具有很强的针对性和指导性。

2. 创新性强。《大学案·高中化学》丛书力争体现新课改的理念、体现现





行高考模式和研究性学习的新思路,紧扣教材,从反映规律出发,逐一探究,步步深入,迁移延伸,将探究性学习贯穿始终,让学生通过《大学案·高中化学》丛书中大量富有启发性、挑战性的问题设置认识探究、理解探究,进而参与探究、学会探究。在指导学生学习的同时,注重培养学生的自主探究、创新思维和可持续发展的能力。

3. 实用性强。《大学案·高中化学》内容与青岛市目前使用的苏教版的高中化学教材配套,是教师们通过教学实践,经过筛选、精编而成的。每一专题、每一单元都依据大纲要求和教材内容逐课编写,以保持与教学进度同步,具有很强的实用性。注重知识与解决问题的结合,实现由知识向能力的突破。

《大学案·高中化学》丛书包括《必修1》、《必修2》、《化学反应原理》、《物质结构与性质》、《高考化学专题复习》5册。

本册是高中化学新课改实施后的《物质结构与性质》学案集,共4个专题,具体栏目及功能如下:

- [预习导学]** 通过问题设计,将学过的知识与本专题各节之间的新知识有机地联系起来,起到承上启下的作用,以便让学生重视新、旧知识的联系。
- [新知导学]** 通过问题组设计,引导学生探究新知识,其中设置了[问题探究]、[交流与讨论]、[实验与探究]、[资料卡]、[小结]、[练习与巩固]等栏目,以充分体现学案导学的作用,使学生能够在教师的点拨下,通过学案中设计的内容自主探究获取新知识,顺利深刻地理解所学知识,并实现由知识到能力的过渡。
- [反馈练习]** 围绕重点精选典型练习题,由易到难、由浅到深,让学生通过练习检测对本节知识掌握情况,从而达到举一反三、触类旁通的解题高度。

“丹青难写是精神,语不惊人死不休。”《大学案·高中化学》丛书的编写者本着“一切为了学生,为了一切学生,为了学生一切”的精神,在编写过程中倾注了大量的心血和汗水。《大学案·高中化学》丛书是编写者教学经验和智慧的结晶,是莘莘学子的良师益友。

多年来,青岛十五中化学教育科研工作、教育教学工作得到了市教育局领导、市教科所、市教研室领导以及赵玉玲同志和本市广大同行的大力支持、帮助,在此一并表示真诚的感谢。

《大学案·高中化学》丛书编委会



专题1 揭示物质结构的奥秘	(1)
第一单元达标练习	(4)
专题2 原子结构与元素的性质	(6)
第一单元 原子核外电子的运动	(6)
第一课时 原子核外电子的运动特征(一)	(6)
第二课时 原子核外电子的运动特征(二)	(11)
第一单元达标练习	(13)
第二单元 元素性质的递变规律	(15)
第一课时 原子核外电子排布的周期性	(15)
第二课时 元素第一电离能的周期性变化	(19)
第三课时 元素电负性的周期性变化	(22)
第二单元达标练习	(26)
专题3 微粒间作用力与物质性质	(28)
第一单元 金属键 金属晶体	(28)
第一课时 金属键与金属特性	(28)
第二课时 金属晶体	(31)
第一单元达标练习	(33)
第二单元 离子键 离子晶体	(35)
第一课时 离子键	(35)
第二课时 离子晶体	(39)
第二单元达标练习	(41)
第三单元 共价键 原子晶体	(43)
第一课时 离子键(一)	(43)
第二课时 共价键(二)	(45)
第三课时 共价键(三)	(48)
第四课时 原子晶体	(50)
第三单元达标练习	(52)
第四单元 分子间作用力 分子晶体	(55)
第一课时 分子间作用力	(55)





第二课时 氢键	(57)
第三课时 分子晶体	(60)
第四单元达标练习	(63)
 专题4 分子的空间结构与物质的性质	 (67)
第一单元 分子构型与物质的性质	(67)
第一课时 分子的空间构型	(67)
第二课时 确定分子空间构型的方法和等电子体	(71)
第三课时 分子的极性和手性分子	(73)
第一单元达标练习	(76)
第二单元 配合物是如何形成的	(77)
第一课时 配合物的基本概念	(77)
第二课时 配合物的结构与性质	(80)
第二单元达标练习	(83)



专题1 揭示物质结构的奥秘

课标要求

1. 了解物质结构探索发展的历史与人类文明进步的密切联系。
2. 认识物质结构探索与研究对人类文明发展与进步的重要意义。
3. 了解人类对物质结构认识的脉络。
4. 初步掌握研究物质结构的一般方法。



预习导学

1. 物质是由什么构成的？
2. 如何才能获得具有优异性能的新物质？



新知导学

一、人类探索物质结构的历史

【交流与讨论】阅读教材第2~3页【人类探索物质结构的历史】、第8~9页【人类对原子结构的认识】。

1. 谁最早提出了科学的原子概念？他是在一个怎样的背景下提出的？人们通常所称的“原子之父”又是谁？

2. 原子学说的基本要点是什么？原子学说能否解释“1 体积的氯气和 1 体积的氢气生成 2 体积的氯化氢”？试分析原子学说的缺陷。

3. 是谁最早提出了分子的概念？是什么原因促使他提出分子学说的？分子学说的基本要点是什么？

4. 俄国化学家_____总结出了元素周期律：元素的性质随着_____的变化而呈现周期性的变化。他排出的第 1 张元素周期表包含_____种元素。元素周期律从理论



札 记

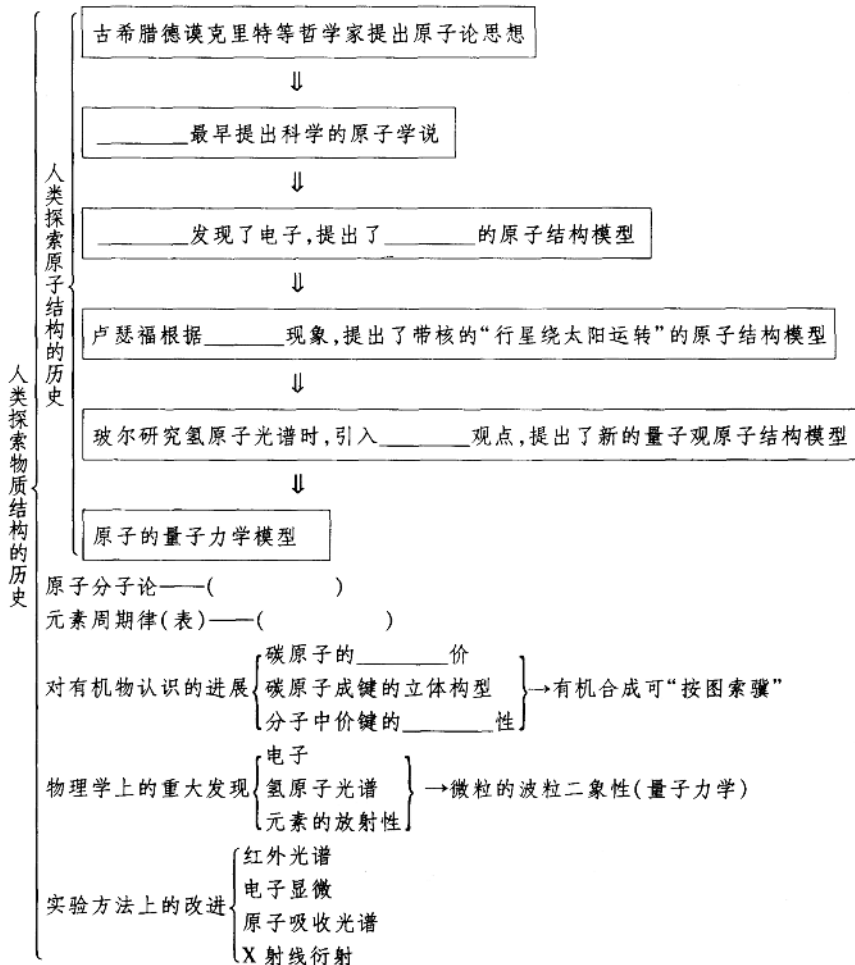
上指导了化学元素的发现和应用。

5. 在道尔顿提出原子论近百年之后,汤姆生对原子论提出了怀疑,他是根据哪些实验事实提出怀疑的?

6. 科学发展到现代,研究物质结构的手段和方法有了哪些进展?

7. 人类对原子结构的认识,每前进一步都是建立在_____的基础上的。最有影响的两位物理学家是_____和_____。前者通过_____实验提出原子结构的有核模型;后者研究了_____后,大胆地引入量子论观点,提出了新的原子结构模型。

小 结



二、研究物质结构的意义

【交流与讨论】阅读教材第4~6页。



札 记

1. 碳元素有哪些单质？它们各有哪些重要性质和特点？它们在现代科技和生产生活中各有哪些应用？

2. 在《必修1》中学过原子结构的初步知识,你能否较为具体地说一说原子的组成及各部分的特征、原子中存在哪些等量关系?

小结

1. 重要关系式

(1) 核电荷数 = = =

(2) 质量数(A) = _____

(3) 离子电荷数 = _____

(4) ${}^A_ZX^{m+}$ 电子数(Z) = _____

(5) ${}^A_Z\text{X}^{m-}$ 电子数(Z) = _____

2. 重要概念

(1) 核素: _____, 即 _____, 其种类由 _____ 和 _____ 决定。

绝大多数元素都存在不同种核素,少数元素只有一种核素。

(2) 同位素: _____

(3) 元素: _____

反饋錄刊

1. 在物质结构研究的历史上,首先提出原子是一个实心球体的是()。

- [illegible]

2. ^{13}C -NMR、 ^{15}N -NMR 可用于测定蛋白质、核酸等生物大分子的空间结构,库尔特·维特里等人因此获得 2002 年诺贝尔化学奖。下面有关 ^{13}C 、 ^{15}N 叙述正确的是()。

- A. ^{13}C 与 ^{15}N 有相同的中子数
B. ^{13}C 与 C_{60} 互为同素异形体
C. ^{15}N 与 ^{14}N 互为同位素
D. ^{15}N 的核外电子数与中子数相同

3. 俄罗斯杜布纳核研究所和美国劳伦斯利弗莫尔实验室的科学家在 2004 年 2 月的美国《物理评论 C》杂志上发表文章宣布:他们新合成了元素周期表上的第 115 号和第 113 号元素。科学家在利用回旋加速器进行的实验中,用含 20 个质子的钙元素的同位素反复轰击含 95 个质子的镅元素,结果 4 次成功制成 4 个第 115 号元素的原子。这 4 个原子在生成数微秒后衰变成第 113 号元素。前者的一种核素为 $^{289}_{115}\text{X}$ 。下列有关叙述正确的是 ()。

- A. 115 号元素衰变成 113 号元素是化学变化
B. 核素中中子数与质子数之差为 174
C. 113 号元素最高正价应为 +3
D. 115 号与 113 号元素的原子质量比为 115:113

4. 已知氧元素有 3 种稳定同位素 $^{16}_8\text{O}$ 、 $^{17}_8\text{O}$ 、 $^{18}_8\text{O}$, 则氧气中存在几种氧分子? 它们的相对分子质量有几种?





5. 有① $^{16}_8\text{O}$ 、 $^{17}_8\text{O}$ 、 $^{18}_8\text{O}$ 、② H_2 、 D_2 、 T_2 、③石墨、金刚石、④ H 、 ^2H 、 ^3H 4组微粒或物质。

(1) 以上各组中,互为同位素的是_____ (填序号);

(2) 互为同素异形体的_____ (填序号);

(3) 由①和④组中的微粒可组成_____种相对分子质量不同的3原子化合物。

第一单元达标练习

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 O—16 Na—23 Mg—24 S—32
Cl—35.5

一、选择题

1. 20世纪90年代初,国际上提出了“预防污染”这一概念,绿色化学是预防污染的重要手段之一。下列各项属于绿色化学的是()。

A. 治理污染 B. 杜绝污染源 C. 减少有毒物 D. 处理废弃物

2. 通过化学反应不能实现的是()。

A. 生成一种新离子 B. 生成一种新分子
C. 生成一种新核素 D. 生成一种新单质

3. 核磁共振(NMR)技术已广泛应用于复杂分子结构的测定和医学诊断等高科技领域。已知只有质子数或中子数为奇数的原子核有NMR现象。下列()组中的原子均可产生NMR现象。

A. ^{18}O 、 ^{31}P 、 ^{119}Sn
B. ^{27}Al 、 ^{19}F 、 ^{12}C
C. 元素周期表中V A族所有元素的原子
D. 元素周期表中第1周期所有元素的原子

4. 下列电子式错误的是()。

A. Na^+ B. $[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^-$ C. $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{N}:\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ D. $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

5. 已知最外层电子数相等的元素原子具有相似的化学性质。氧元素原子的核外电子分层排布示意图如左图,则下列原子中与氧元素原子的化学性质相似的是()。



A. 碳



B. 氮



C. 镁



D. 硫

6. C_{60} 与足球有很相似的结构,它与石墨互为()。

A. 同位素 B. 同素异形体 C. 同分异构体 D. 同系物

7. 下列离子中,所带电荷数与该元素原子的核外电子层数相等的是()。

A. Na^+ B. Mg^{2+} C. Li^+ D. Al^{3+}

8. 有A、B两种原子,A原子的第3电子层比B原子的第3电子层少3个电子,B原子的第2层电子数为A原子第2层电子数的2倍。A和B分别是()。

A. Si和Na B. B和He C. Cl和O D. C和Al

9. 意大利科学家使用普通氧分子和带正电荷的氧离子制造出了由4个氧原子构成的氧分子,并用质谱仪探测到了它存在的证据。若该氧分子具有空间对称结构,则下列关于该氧分子的说法中正确的是()。



札 记

- A. 是一种新的氧化物
B. 不可能含有极性键
C. 是氧元素的一种同位素
D. 是臭氧的同分异构体

10. 有人认为在元素周期表中,位于ⅠA族的氢元素也可以放在ⅦA族。下列物质能支持这种观点的是()。

- A. HF B. H_3O^+ C. NaH D. H_2O_2

11. 下列各微粒中,核外电子总数相等的是()。

- A. CO_2 和 NO_2 B. N_2 和 CO C. NH_4^+ 和 Cl^- D. H_2S 和 H_2O

12. 目前普遍认为,质子和中子都是由被称为 u 夸克和 d 夸克的两类夸克组成的。u 夸克带电量为 $\frac{2}{3}e$, d 夸克带电量为 $-\frac{1}{3}e$, e 为基元电荷。下列论断可能正确的是()。

- A. 质子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成, 中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
B. 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成, 中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
C. 质子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成, 中子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成
D. 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成, 中子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成

二、填空题

13. 依据元素周期表的知识完成以下各题。

2	He
	氦
4	

10

- (1) 上表中的实线是元素周期表部分边界,请在表中用实线补全元素周期表边界。
- (2) 元素甲是第3周期ⅥA族元素,请在右边方框中按氮元素的式样写出元素甲的原子序数、元素符号、元素名称、相对原子质量。
- (3) 元素乙第3层中的电子数比K层多1个,则乙原子半径与甲原子半径比较:
 > (用元素符号表示)。

甲、乙的最高价氧化物水化物的酸性强弱为： $\text{H}_2\text{SiO}_3 > \text{H}_2\text{SiO}_4$ (用化学式表示)。

(4) 元素周期表体现了元素周期律。元素周期律的本质是原子核外电子排布的
_____, 请写出元素在元素周期表中的位置与元素原子结构的关系:

三、计算题

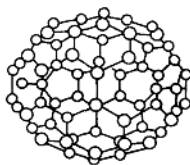
14. C_{70} 分子是形如椭球状的多面体, 该结构的建立基于以下考虑:

- ① C_{70} 分子中每个碳原子只跟相邻的3个碳原子形成化学键;
- ② C_{70} 分子中只含有五边形和六边形;
- ③ 多面体的顶点数、面数和棱边数的关系遵循欧拉定理:

$$\text{顶点数} + \text{面数} - \text{棱边数} = 2$$

根据以上所述确定:

- (1) C_{70} 分子中所含的化学键数;
(2) C_{70} 分子中的五边形和六边形各有多少个。



C₇₀ 分子结构模型





专题 2 原子结构与元素的性质

第一单元 原子核外电子的运动

课 标 要 求

1. 了解原子核外电子的运动状态。
2. 了解原子结构的构造原理,知道原子核外电子的能级分布。
3. 能用电子排布式表示 1~36 号元素原子的核外电子排布。
4. 知道原子核外电子在一定条件下会发生跃迁,了解其简单应用。

第一课时 原子核外电子的运动特征(一)



预习导学

1. 核外电子质量小,带负电荷,运动范围小,速度快,是否遵循宏观物体的运动规律? 电子在核外运动时是否有一定的规律?
2. 科学家是采取什么方法来研究电子在核外运动的?
3. 关于电子在核外运动的规律,你已经知道哪些?



新知导学

一、核外电子的运动特点

1. 核外电子以极 _____ 的速度、在极 _____ 的空间做永不停止的运动。 _____ 宏观物体的运动规律,即不能测出在某一时刻的位置、速度,不能描画出它的运动轨迹。
2. 可用 _____ 的方法研究电子在核外出现的几率。电子云——电子在核外空间一定范围内出现,好像带负电荷的云雾笼罩在原子核周围,人们形象地称为电子云。电子云

图中小黑点的疏密_____,成_____关系。

3. (1) 核外电子是_____排布的。

(2) 不同电子层上的电子能量不同,离核越近,能量越_____。

(3) 电子优先排在能量最_____的电子层里。

(4) 每个电子层所能容纳的电子数最多为_____(n 为电子层数)。

(5) 最外层电子数不超过_____个(K 为最外层时不超过两个),次外层不超过_____个,倒数第3层不超过_____个。

【问题与探究】我们已经知道电子是分层排布的,那么是什么原因导致电子分层排布——即电子分层排布的依据是什么?

二、原子核外电子的运动特征

(一) 电子层

分层依据:电子的能量有较大差别;电子运动的主要区域或离核远近的不同。

电子层由内到外分为 K 、_____。

【问题与探究】

1. 在多电子原子中,每一层上的电子又是怎样运动的? 能量一样吗? 运动区域的形状一样吗?

2. 为什么每个电子层所能容纳的电子数最多为 $2n^2$ (n 为电子层数)? 为什么最外层电子数不超过 8 个(K 为最外层时不超过两个)?

(二) 原子轨道

【问题与探究】

1. 写出氮原子的电子层结构。

2. 氮原子第 1 电子层的两个电子是怎样运动的? 它们的能量都一样吗? 它们运动的区域一般呈现什么形状?

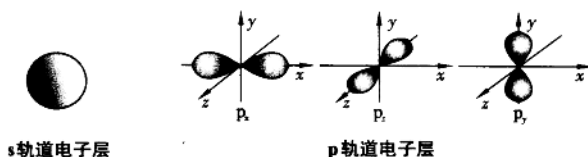
3. 氮原子第 2 电子层的 8 个电子是怎样运动的? 它们的能量都一样吗? 它们运动的区域一般呈现什么形状?

过渡:为了描述电子在某一层中运动区域的形状和伸展方向的不同,科学家引入了原子轨道。





札 记



1. 形状

同一电子层也可以有不同的原子轨道,电子运动区域形状的不同决定轨道的类型。

(1) 第 1 电子层:只有一种形状——球形对称,所以就只有一种类型轨道,用 s 表示,叫 s 轨道,记作 1s。

(2) 第 2 电子层:有两种形状,所以有两种轨道类型,分别是:

- ① 球形对称,记作 2s;
- ② 纺锤形(或哑铃形),用 p 表示,叫 p 轨道,记作 2p。

(3) 第 3 电子层:有_____种形状,决定有_____种轨道类型。

- ① _____, 记作_____;
- ② _____, 记作_____;
- ③ 复杂形状,用 d 表示,叫 d 轨道,记作 3d。

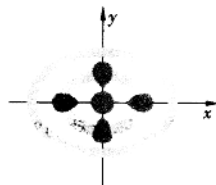
(4) 第 4 电子层:有_____种形状,决定有_____种轨道类型。

- ① _____, 记作_____;
- ② _____, 记作_____;
- ③ 复杂形状,记作_____;
- ④ 复杂形状,用 f 表示,叫 f 轨道,记作 4f。

(5) 第 5 电子层:有_____种形状,决定有_____种轨道类型。

- ① _____, 记作_____;
- ② _____, 记作_____;
- ③ 复杂形状,记作_____;
- ④ 复杂形状,记作_____;
- ⑤ 复杂形状,用 g 表示,叫 g 轨道,记作 5g。

【活动与探究】观察某原子核外电子运动状态图。



(1) 该原子核外有几个电子层?



(2) 各电子层上电子的运动区域的形状是否一样? 分别是什么形状?

(3) 第2电子层上的运动区域有无相同形状? 是否在同一方向上?

(4) 已知该原子是镁, 且每个区域都由两个电子形成。请从立体空间角度设想一下第2电子层上在什么方向上还会有两个电子。

2. 伸展方向

相同形状的原子轨道还可有不同的伸展方向, 伸展方向决定该种类型轨道的个数。

s 轨道是球形对称的, 只有 1 个轨道。

p 轨道在空间有 x 、 y 、 z 3 个伸展方向, 所以 p 轨道含 3 个轨道, 分别记作 p_x 、 p_y 、 p_z 。

d 轨道有 _____ 个(这其中也存在明显的规律, 试着写写) 伸展方向, 即 d 轨道含 _____ 个轨道。

f 轨道有 _____ 个伸展方向, 即 f 轨道含 _____ 个轨道。

【练习与巩固】根据各电子层包含的原子轨道数目填写下表。

电子层	原子轨道类型	原子轨道数目	可容纳电子数
1			2
2			8
3			18
4			32
n			$2n^2$

3. 原子轨道能量高低的规律

(1) 相同电子层上原子轨道能量的高低: ns _____ np _____ nd _____ nf 。

(2) 形状相同的原子轨道能量的高低: $1s$ _____ $2s$ _____ $3s$ _____ $4s$;
 $2p$ _____ $3p$ _____ $4p$ _____ $5p$;

(3) 电子层和形状相同的原子轨道的能量相等, 如 $2p_x = 2p_y = 2p_z$ 。

(4) 原子轨道能量顺序: 阅读教材第 13 页图 2-6。

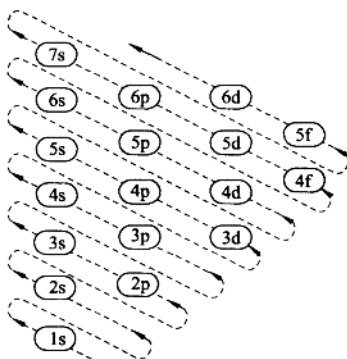
$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < \text{_____} \dots\dots$

介绍一种易画好记的能级图。说明: 自左而右, 自下而上, 轨道能量依次递增。





札 记



基态原子核外电子排布的轨道能量顺序

1s			
2s			2p
3s			3p
4s		3d	4p
5s		4d	5p
6s	4f	5d	6p
7s	5f	6d	7p

(三) 电子自旋

电子不仅在核外空间不停地运动,而且还做自旋运动。电子的自旋有两种状态,通常采用_____来表示电子的不同自旋状态。电子自旋不像地球绕轴自旋,只是代表电子的两种不同状态。

【问题与探究】核外电子运动状态是由哪几个方面决定的?



反馈练习

- 完成教材第12页【问题解决】1、2。
- 完成教材第16页【练习与实践】5。
- s 轨道形状是_____, p 轨道形状是_____。
- 第3电子层有_____种原子轨道,有_____个轨道;第4电子层有_____种原子轨道,有_____个轨道;第n电子层有_____种原子轨道,有_____个轨道。
- 下列多电子原子的原子轨道按轨道能量由高到低的顺序排列为_____。
1s、3d、4s、2p、5f、6d、7s、4p、3s、5s、4d、6p
- 描述原子核外电子的运动状态涉及_____、_____和_____。

