

魔法化学同步学与练·高一 (下)教师用书

厉江海 主编

长征出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

魔法化学同步学与练. 高一/ 厉江海主编. —北京: 长征出版社, 2004
教师用书
ISBN 7-80015-986-8

I . 魔… II . 厉… III . 化学课—高中—教学参考资料 IV . G633.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 032953 号

魔 法 化 学 同 步 学 与 练 高 一 下

主创设计 / 魔法教育发展研究中心
电 话 / 010 - 80602977
网 址 / [http:// www. magic365. com](http://www.magic365.com)

出 版 / 长征出版社
(北京市西城区阜外大街 34 号 邮编: 100832)
行销企划 / 北京九恒世纪文化有限公司
(服务热线: 010 - 80602977)
经 销 / 全国新华书店
印 刷 /
开 本 / 880 × 1230 1/ 16
字 数 / 4032 千字
印 张 / 126 印张
版 次 / 2005 年 1 月第 1 版
印 次 / 2005 年 1 月第 1 次印刷
书 号 / ISBN 7-80015-986-8 G · 298
全套定价 / 158.00 元

版权所有 · 侵权必究

第五章

物质结构 元素周期律

第一节 原子结构

教学建议

1. 建议介绍研究原子结构的必要性,提高学生的学习兴趣。
2. 原子核知识的教学:建议以复习初中知识为线索,引导学生从表 5-1 获得原子结构中的电性关系和质量关系,继而归纳出表示原子结构的符号—— ${}^A_Z\text{X}$ 。
3. 核外电子的运动特征:尽量使用直观教具和形象的比喻,使学生明白:①为什么要用“电子云”模型来描述核外电子的运动,它的科学性何在;②氢原子的电子云示意图中有意义的是小黑点的疏密。
4. 原子核外电子的排布规律:①通过实际数据使学生了解在多电子的原子中,电子的能量是不相同的;②充分利用表 5-2,通过课堂讨论的方式,启发学生自己得出结论。

第一讲

预习导引

- 问题 1:在初中我们学习过“原子是化学变化中的最小微粒”,这是否说明原子不能再分?
- 问题 2:原子是由哪些基本微粒构成的?它们的电性如何?由原子不显电性可以获得什么结论?
- 问题 3:原子的质量数与其相对原子质量是一回事吗?两者数值一定不相等吗?
- 问题 4: ${}^A_Z\text{X}$ 与原子结构示意图都可以用来描述原子结构,它们的侧重点有什么不同?

答案

1.“原子是化学变化中的最小微粒”说明在化学变化中原子是不能再分的,但是在一些物理变化如核裂变中原子是可以再分的,实际上现代原子模型的建立主要依据物理方法的研究成果。

2. 构成原子的基本微粒有质子、中子、电子,1 个质子带 1 个单位正电荷,1 个电子带 1 个单位负电荷,中子不显电性。原子作为一个整体不显电性,证明核电荷数 = 质子数 = 核外电子数。
3. 质量数与其相对原子质量不是一回事,质量数实际上描述的是原子核内中子与质子个数之和,原子的相对原子质量是原子的真实质量与 ${}^{12}\text{C}$ 质量的 $1/12$ 作比得到的精确值。两者数值一般不相等,但 ${}^{12}\text{C}$ 的质量数为 12,相对原子质量也是 12。
4. 符号 ${}^A_Z\text{X}$ 重在描述原子核内的结构,即质子数与中子数;原子结构示意图重在描述原子核外电子的排布。

知能互动

1. 化学变化中的三种基本微粒是____、____、____,构成原子的三种基本微粒是____、____和____。

思考 质量守恒定律成立的微观基础是什么?是否在所有的变化过程中,质量守恒定律都能成立?

答案 “原子是化学变化中的最小微粒”意味着,在化学变化中,原子的种类和个数都不改变,仅是原子结合方式的改变,这是质量守恒定律成立的微观基础。核裂变、核聚变这些变化证明了爱因斯坦质能方程的正确,即某些变化不满足质量守恒,损失的质量转化为能量。

2. 填写下表:

微粒		电性	电量	相对质量的近似值
原子核				质子质量的 $1/1836$
	质子			1
		不带电	0	

思考 (1)原子不显电性的原因是什么?反物质中微粒的运动方式、电性均与正物质相反,则反氢原子整体显什么电性?

(2)为什么原子的质量数仅由质子数和中子数决定,而与电子数无关?

(3)质子数和中子数一定相等吗?所有的原子中都有中子吗?所有的原子中都有电子吗?所有的微粒中都有电子吗?

答案 (1)原子整体不显电性的原因是质子数 = 电子数,且两者带相同数量的相反电荷。由此可知,在反氢原子中,质子、电子所带的电荷均倒反,两者仍保持电性相反电量相等,故反氢原子不显电性。

(2)电子的质量仅为质子质量的 $1/1836$,而中子的质量与质子差不多,故原子的质量数由质子数和中子数决定,不会形成很大的误差。

(3)质子数和中子数不一定相等,两者也没有确定的大小关系。不是所有的原子中都有中子,如 ^1_1H 。所有的原子中都有电子,但有些离子中无电子,如 H^+ 。

3. 用 ^A_ZX 代表一个原子, Z 表示该原子的_____,它决定_____的种类; A 表示该原子的_____,这是因为原子质量主要集中在_____上;若中子数用符号 N 表示,则有公式 $N =$ _____。该原子的核外电子数等于_____个,原子的核外电子数特别是最外层电子数决定元素的_____。

思考 除了在元素符号的左上、左下角的数字有特殊的含义外,结合我们以前的学习,想一下元素符号周围哪些位置还有表示特殊的意义数字,试举例说明。

答案 元素符号正上方的数字,表示该元素的化合价,如 NaOH^{-2} ;元素符号右上角的数字,表示阴阳离子的电荷数,如 Mg^{2+} ;元素符号右下角的数字,表示分子中原子个数,如 O_2 。

答案

1. 原子 分子 离子 质子 中子 电子

2.

微粒		电性	电量	相对质量的近似值
电子		负电	1	
		正电	1	
	中子			1

3. 质子数(核电荷数) 元素 质量数 原子核

$A - Z$ Z 化学性质

疑难解析

1. 质量数(A)与相对原子质量(A_r)

原子的质量主要集中在原子核上。计算出 1 个质子、1 个中子的相对质量各为 1.007、1.008 后,把它们都近似地看成整数 1,则所有质子的相对总质量与所有中子的相对总质量就近似地等于质子与中子的总数目。那么,原子的相对质量也就近似地等于中子数与质子数之和。因此,人们把中子数与质子数之和称为对应原子的质量数,即:质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)。

原子的相对原子质量是以 ^{12}C 质量的 $1/12$ 作标准,原子的真实质量与之相比所得的数值。

两者的来源不同、意义不同。质量数实际上描述的是原子核内中子与质子个数之和,它一定是正整数,而相对原子质量一般不是整数。精度要求不高的计算,在不知相对原子

质量的情况下,可以用质量数来表示原子的相对质量大小,但其准确度要比相对原子质量差。

2. 元素符号周围不同位置的含义和作用(以 $^c_a{}^b\text{X}_e^d$ 为例)

a 位:左下角,表示质子数,它决定元素种类,与元素符号相匹配,若元素确定,此数值可省略。

b 位:左上角,表示质量数,结合原子的质子数,可推知中子数;可以用质量数来代替相对原子质量进行一般计算。

c 位:正上方,表示元素的化合价。

d 位:右上角,表示阴阳离子的电荷数,结合质子数,可推知核外电子总数。

e 位:右下角,表示分子中原子个数。

例如:某粒子用符号 $^A_Z\text{M}^{n+}$ 表示,下列关于该粒子的叙述正确的是 ()

- A 所含质子数为($A - n$)
- B 所含中子数为($A - Z$)
- C 所含电子数为($Z + n$)
- D 中子数 - 电子数 = $A - 2Z + n$

解析 由符号 $^A_Z\text{M}^{n+}$ 可知,质子数为 Z ,中子数为 $A - Z$,电子数为 $Z - n$,中子数 - 电子数 = $(A - Z) - (Z - n) = A - 2Z + n$ 。

答案 BD

探究学习

例 1

美国科学家将两种元素铅和氦的原子核对撞,获得了一种质子数为 118、质量数为 293 的超重元素,该元素原子核内的中子数与核外电子数之差是 ()

- A 57
- B 47
- C 61
- D 293

命题意图:本题考查的是构成原子的基本微粒的质量关系和电性关系以及对符号 ^A_ZX 的认识。

解析 由符号 $^{293}_{118}\text{X}$ 可知,该原子中质子数为 118,中子数 = $293 - 118 = 175$,又根据电性关系可知其电子数为 118,故该原子的中子数和电子数之差是 $175 - 118 = 57$ 。

答案 A

探究: ^A_ZX 中基本微粒关系和互求,属化学的基础知识内容。题目往往以信息题的形式给出,给出的信息大多是化学学科的新发展,起点虽高,但落点却很低。考试中一般作为送分题出现,但从实际来看,出错率不低,表明学生对基础知识的忽视不容乐观,不能一味追求难度大的题目。解决此类问题的关键是抓住原子结构中的质量关系和电性关系。

例 2

与 OH^- 具有相同质子数和电子数的粒子是 ()

A F^-

B Ne

C NH_3

D NH_4^+

命题意图:本题考查微粒(包括单原子微粒、多原子微粒)中质子数和电子数的计算。

解析 OH⁻ 的质子数为 8 + 1 = 9,因其带有一个单位的负电荷,故电子数为 9 + 1 = 10。分析选项可知 F⁻ 中的质子数为 9,电子数为 10,符合题意。Ne、NH₃中质子数为 10,电子数为 10,B、C 均不符合题意。NH₄⁺ 中质子数为 11,电子数为 10,故不合题意。

答案 A

探究:因为粒子所带的电荷是由其内部质子数和电子数决定的,故与 OH⁻ 具有相同质子数和电子数的粒子一定也带一个单位的负电荷,由此可在选项中迅速找出答案。

例 3

1996 年科学家制造出核电荷数为 112 的新元素,其原子的质量数为 277。关于该新原子的下列叙述正确的是

- ()
- A 其原子核内中子数和质子数都是 112
B 其原子核内中子数为 165,核外电子数为 112
C 其原子质量是¹²C 原子质量的 277 倍
D 其原子质量与¹²C 原子质量之比约为 277 : 12

命题意图:本题考查原子中基本微粒的关系和原子的相对原子质量的定义。

解析 该元素原子为²⁷⁷₁₁₂X,则中子数为 277 - 112 = 165,质子数 = 核外电子数 = 112,故 B 正确。它的相对原子质量约等于其质量数,即为 277,而¹²C 的相对原子质量为 12,故两原子的质量之比约为 277 : 12,即 D 也正确。

答案 BD

探究:本题易错选 C,究其原因是对相对原子质量的定义把握不好。实际上该原子的相对原子质量近似为 277,是以¹²C 质量的 1/12 为标准的,故其原子质量与¹²C 原子质量之比约为 277 : 12。

例 4

同温同压下,等容积的两个密闭容器中分别充满¹²C¹⁸O 和¹⁴N₂两种气体。关于这两个容器中气体的说法中,正确的是

- ()
- A 质子数相等,质量不等
B 分子数和质量分别不相等
C 分子数、质量分别相等
D 原子数、分子数和中子数都分别相等

命题意图:本题旨在考查阿伏加德罗定律和分子中基本微粒个数的计算。

解析 同温同压下,体积相同的密闭容器中所含¹²C¹⁸O、¹⁴N₂

的分子数相同,且两分子均为双原子分子,故所含的原子数也相同。一个¹²C¹⁸O 中含中子数为 16,而一个¹⁴N₂ 中含中子数为 14,两者不相等。又因为两分子的摩尔质量分别为 30 g/mol、28 g/mol,故物质的量相等时,其质量不相等。筛选选项,可知 A 正确,B、C、D 均不正确。

答案 A

探究:无论原子以何种方式结合为分子或复杂离子,各原子的质子数和中子数都不变,故分子或复杂离子的质子数(中子数)等于各原子质子数(中子数)之和。

达标训练

基础过关

1 原计划实现全球卫星通讯需发射 77 颗卫星,这与铱(Ir)元素的原子核外电子数恰好相等,因此称为“铱星计划”。已知铱的一种原子是¹⁹¹Ir,则其核内的中子数是

- ()
- A 77 B 114 C 191 D 268

解析 由符号¹⁹¹Ir 可知,该原子的质量数为 191,据电性关系知质子数等于核外电子数,故其核内中子数为 191 - 77 = 114。

答案 B

2 下列关于几种原子的描述中,不正确的是

- ()
- A ¹⁸O 与¹⁹F 具有相同的中子数
B ¹⁶O 与¹⁷O 具有相同的电子数
C ¹²C 与¹³C 具有相同的质量数
D ¹⁵N 与¹⁴N 具有相同的质子数

解析 ¹⁸O 含中子数为 18 - 8 = 10,¹⁹F 含中子数等于 19 - 9 = 10,两者相等,A 正确。¹⁶O 与¹⁷O 中的电子数等于其质子数,都为 8,B 正确。C 中¹²C 与¹³C 的质量数分别为 12、13,两者不相等,C 错误。¹⁵N 与¹⁴N 中的质子数均为 7,D 正确。

答案 C

3 据报道,某些建筑材料会产生放射性的氡²²²₈₆Rn,从而对人体产生伤害,该原子的中子数和电子数之差是

- ()
- A 136 B 50
C 86 D 222

解析 由符号²²²₈₆Rn 可知,该原子中质子数为 86,中子数 = 222 - 86 = 136,又根据电性关系可知其电子数为 86,故该原子的中子数和电子数之差是 136 - 86 = 50。

答案 B

4 化学变化中,可能发生改变的是

- ()
- A 质子数 B 中子数
C 核外电子数 D 原子核

解析 在化学反应中,原子核不发生改变,仅是原子的外层电子特别是最外层电子变化。

答案 C

5 下列说法正确的是

- ()
- A 一切原子都是由质子、中子、电子构成
B 一个质子的质量比一个中子的质量稍大
C 质子数相等的不同微粒,电子数不一定相等

D 原子核内中子数一定小于质子数

解析 不是所有的原子都有中子、电子两种基本微粒,如 ${}^1_1\text{H}$ 中无中子, H^+ 无电子,A不正确。一个质子的质量比一个中子的质量稍小,B不正确。质子数相等的不同微粒,若所带的电荷数不同,则电子数不相等,如 Cl^- 与 Cl ,C正确。原子核内中子数不一定小于质子数,如 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 中,中子数分别等于、大于质子数,D不正确。

答案 C

6 若 ${}_a\text{A}^{n+}$ 和 ${}_b\text{B}^{2-}$ 两种离子的核外电子数相等,则 a 等于 ()

- A $n+b+2$ B $n+b-2$
C $b-n-2$ D $b-n+2$

解析 两种离子的核外电子数相等,据电性关系可得如下等式: $a-n=b+2$,解得 $a=n+b+2$ 。

答案 A

7 下列各对粒子中具有相同电子数目的是 ()

- A ${}_{11}\text{M}$, ${}_{11}\text{M}^+$ B ${}_{20}\text{N}^{2+}$, ${}_{17}\text{X}^-$
C ${}_{11}\text{M}^+$, ${}_{20}\text{N}^{2+}$ D ${}_{10}\text{R}$, ${}_{11}\text{M}^+$

解析 ${}_{11}\text{M}$ 与 ${}_{11}\text{M}^+$ 中电子数目分别为11、10,A不正确。 ${}_{20}\text{N}^{2+}$ 与 ${}_{17}\text{X}^-$ 中电子数目分别为 $20-2=18$ 、 $17+1=18$,两者相等,B正确。 ${}_{11}\text{M}^+$ 与 ${}_{20}\text{N}^{2+}$ 中电子数目分别为10、18,C错误。 ${}_{10}\text{R}$ 、 ${}_{11}\text{M}^+$ 中电子数目分别为10、 $11-1=10$,两者相等,D正确。

答案 BD

8 填空:

(1) ${}^A_Z\text{X}$ 原子中的中子数 $N=$ _____;

(2)阳离子的中子数: ${}^A\text{X}^{n+}$ 共有 x 个电子,则 $N=$ _____;

(3)阴离子的中子数: ${}^A\text{X}^{n-}$ 共有 x 个电子,则 $N=$ _____;

(4)中性分子或原子团的中子数: ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ 分子中, $N=$ _____;

(5) A^{2-} 原子核内有 x 个中子,其质量数为 m ,则 $n\text{ g A}^{2-}$ 离子所含电子的物质的量为_____。

解析 本题考查构成原子的三种基本微粒特别是中子数的求算。(2)、(3)小题中均可通过质子数这个桥梁来求得中子数,其质子数分别为 $x+n$ 、 $x-n$,故中子数分别为 $A-(x+n)$ 、 $A-(x-n)$ 。原子组合成中性分子或原子团,对各原子而言,仅仅是外层电子发生了变化,原子核中的质子数和中子数都保持不变,故(4) ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ 分子中, $N=6+8\times 2=22$ 。 A^{2-} 离子所含电子的个数为 $m-x+2$, A^{2-} 离子的摩尔质量可看做 $m\text{ g/mol}$,故 $n\text{ g A}^{2-}$ 离子所含电子的物质的量为 $\frac{n}{m}(m-x+2)\text{ mol}$ 。

答案 (1) $A-Z$ (2) $A-(x+n)$ (3) $A-(x-n)$ (4)

22 (5) $\frac{n}{m}(m-x+2)\text{ mol}$

知能拓展

9 下列符号所表示的微粒,易与 ${}^{23}_{11}\text{X}$ 形成化合物的是 ()

A ${}^{80}_{35}\text{Y}$ B ${}^{19}_9\text{Z}$ C ${}^{39}_{19}\text{L}$ D ${}^{27}_{13}\text{M}$

解析 由各原子的质子数可知, ${}^{23}_{11}\text{X}$ 为Na原子, ${}^{80}_{35}\text{Y}$ 为Br原子, ${}^{19}_9\text{Z}$ 为F原子, ${}^{39}_{19}\text{L}$ 为K原子, ${}^{27}_{13}\text{M}$ 为Al原子,Br原子、F原子易与Na原子结合形成化合物。

答案 AB

10 1996年2月欧洲一科学小组,将 ${}^{66}_{30}\text{Zn}$ 和 ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ 两原子经核聚合,放出一定数目的中子而制得 ${}^{227}_{112}\text{X}$ 。则两原子在核聚合过程中放出的中子数目是 ()

A 47 B 115 C 142 D 162

解析 在此核聚合过程中,基本微粒的个数是守恒的,故放出中子数目等于 $(66-30)+(208-82)-(227-112)=47$ 。

答案 A

11 由 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^{18}_8\text{O}$ 组成的22 g水中,含有的中子的物质的量为 ()

A 9 mol B 10 mol C 11 mol D 12 mol

解析 22 g ${}^2_1\text{H}_2{}^{18}_8\text{O}$ 的物质的量为 $22\text{ g}/22\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}=1\text{ mol}$, ${}^2_1\text{H}_2{}^{18}_8\text{O}$ 含有12个中子,所以22 g ${}^2_1\text{H}_2{}^{18}_8\text{O}$ 含有的中子的物质的量为12 mol。

答案 D

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。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

解析 本题考查考生是否知道质子和中子的带电量,以及能否应用新知识来解决问题的能力。题干中给出的信息仅有u夸克和d夸克的带电量,这就提示我们要从电荷守恒的角度出发进行判断,即从质子(或中子)的带电量应等于其组成夸克的带电量的总和这一原则来进行判断。质子带的电荷为 e ,而由1个u夸克和1个d夸克组成的粒子的带电量为 $\frac{2}{3}e+(-\frac{1}{3}e)=\frac{1}{3}e$,而不是 e ,故A项是错误选项。同理1个u夸克和2个d夸克组成的粒子的带电量为 $\frac{2}{3}e+2(-\frac{1}{3}e)=0$,而不是 e ,故由1u+2d组成的粒子不可能是质子,故C项也是错误的。由2u+1d组成的粒子的带电量为 $2\times\frac{2}{3}e+(-\frac{1}{3}e)=e$,故由2u+1d组成的粒子可能是质子,故从质子的组成看,B项和D项是可能正确的,再从中子的电量为0来验证,可知D项是错误的。

答案 B

13 若 N_A 为阿伏加德罗常数,已知某元素的阴离子 R^{n-} 的原子核中,中子数为 $A-x+n$,其中 A 为原子的质量数,则

$m\text{ g R}^{n-}$ 中电子总数为 ()

- A $m(A-x)N_A/A$ B $m(A-n)N_A/A$
C $(A-x-n)N_A/(A-m)$ D $m \times N_A/A$

解析 R^{n-} 的质子数为 $A-(A-x+n)=x-n$, R^{n-} 的电子数为 $x-n+n=x$, R^{n-} 的摩尔质量为 $A\text{ g/mol}$, 所以 $m\text{ g R}^{n-}$ 中电子总数为 $m \times N_A/A$ 。

答案 D

14 α 射线是由 α 粒子组成的。 α 粒子是一种没有核外电子的微粒,它带有2个单位的正电荷,它的质量数等于4。由此可推知 α 粒子含有_____个质子,可用符号($\frac{4}{2}\text{X}$)_____来表示 α 粒子。

解析 α 粒子为0电子微粒,且带有2个单位的正电荷,可知 α 粒子含有2个质子,为He原子的离子。

答案 2 $\frac{4}{2}\text{He}^{2+}$

综合创新

15两种微粒的质子数、电子数均相等,它们不可能是 ()

- A 一种阳离子和一种阴离子 B 两种化合物分子
C 一种分子和一种离子 D 一种原子和一种分子

解析 两种微粒的质子数、电子数均相等,它们一定具有相等的电荷数。它们可能是两种化合物分子,如 H_2O 、 HF ;也可能是一种原子和一种分子,如Ne、 CH_4 。

答案 AC

16某金属氧化物的分子式为 M_2O_3 ,电子总数为50,若其中每个氧原子内有8个中子, M_2O_3 相对分子质量为102,则M原子核内的中子数为 ()

- A 14 B 13 C 10 D 21

解析 由 M_2O_3 的电子总数为50,可知M原子核外电子数为 $\frac{50-3\times 8}{2}=13$,又知 M_2O_3 相对分子质量为102,则M的相对原子质量(近似为质量数)为 $\frac{102-3\times 16}{2}=27$,所以M原子核内中子数为 $27-13=14$ 。

答案 A

17同温同压下,分别由 $^1_1\text{H}_2$ 和 $^2_1\text{H}_2$ 组成的两种气体单质,如果质量相同,下列说法错误的是 ()

- A 体积之比为2:1 B 原子个数之比为2:1
C 密度之比为1:2 D 质子数之比为1:1

解析 $^1_1\text{H}_2$ 和 $^2_1\text{H}_2$ 摩尔质量分别为 2 g/mol 、 4 g/mol ,故质量相同时,两者的物质的量之比为2:1。两者都是双原子分子,所以原子个数比也是2:1,B正确;同温同压下,体积之比等于物质的量之比为2:1,A正确;同温同压下密度之比等于摩尔质量之比为1:2,C正确; $^1_1\text{H}_2$ 和 $^2_1\text{H}_2$ 均含有2个质子,故物质的量之比为2:1时,质子数之比为2:1,D错误。

答案 D

18有若干克某金属 ^A_ZX ,含中子总数为 $3.5\times 6.02\times 10^{23}$,同质量的该金属和足量的稀硫酸反应共有 0.2 mol 电子发生转移,生成 6.02×10^{22} 个阳离子 $^A_Z\text{X}^{n+}$,这些阳离子共有 $3.0\times 6.02\times 10^{23}$ 个质子,求Z、n和A值。

解析 反应前后原子个数守恒,故X原子的物质的量即

为 $^A_Z\text{X}^{n+}$ 的物质的量,为 $6.02\times 10^{22}/6.02\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}=0.1\text{ mol}$,又由发生转移的电子为 0.2 mol 可知 $n=2$ 。Z= $3.0\times 6.02\times 10^{23}/(6.02\times 10^{22})=30$,N= $3.5\times 6.02\times 10^{23}/(6.02\times 10^{22})=35$,A=Z+N= $30+35=65$ 。

答案 Z=30 n=2 A=65

第二讲

预习导引

问题1:原子核外电子的运动与太阳系中行星的运动有哪些不同?

问题2:你觉得“电子云”就是客观存在的、笼罩在原子核周围的一团云雾吗?

问题3:从气态 $^{12}_6\text{C}$ 原子中去掉一个电子,成为+1价阳离子时,所消耗的能量记为 I_1 ,再从+1价阳离子中去掉一个电子,成为+2价阳离子时,所消耗的能量记为 I_2 ……列表如下:

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
数值(eV)	11.3	24.4	47.9	64.5	392	489

根据上面的数据,思考一下在多电子的原子中,根据什么划分电子层?

问题4:化学反应的趋势之一是使元素的原子结构变成稳定结构,那么稳定结构是指什么样的结构?

答案

1. 相对于行星而言,原子核外电子的运动有如下特点:

A. 电子的质量很小,运动速度很大,核外电子的运动范围很小,且带一个单位的负电荷;

B. 不能同时准确地测定电子在某一时刻所处的位置和运动速度,也不能描画出它的轨迹,而行星的运动可以通过牛顿运动定律来计算。

2. 不是。核外电子的运动与宏观物体不同,它没有确定的轨道,不能测定或计算出它在某一时刻所处的位置,也不能描绘它的运动轨迹,人们只能用统计的方法指出电子在原子核外空间某处出现机会的多少,并用小黑点的疏密来表示电子运动出现机会的相对多少,人们形象地称它为电子云,这只不过是一个形象的比喻。

3. 从 I_1 到 I_6 数据依次增大,说明去掉电子越来越难,当然是原子核对余下电子的引力愈来愈强所致。而从 I_4 到 I_5 数据突变,说明碳原子的6个电子可分为两组,其中2个电子运动区域离核最近,受核的引力最强,4个电子运动区域离核较远,受核的引力也较小。可见,在多电子的原子中电子是分层排布的,分层的标准是电子所具有的能量,这是由受核的引力决定的。

4. 原子结构中的稳定结构,一般指的是稀有气体元素的原子所具有的结构,即最外层上有8个电子的“8电子稳定结构”和最外层上有2个电子的“2电子稳定结构”。

知能互动

1.宏观物质与核外电子的运动特征的对比

	宏观物质	核外电子
质量		
运动空间		
运动速率		
能否同时准确测定位置、速度		

思考 我们无法测定电子在核外运动的轨迹,是否表明核外电子的运动是没有规律的?

答案 电子在核外运动是有规律的,用统计的研究方法表明电子在原子核外空间某处出现的机会是不均等的,在氢原子中,在离核近的区域电子出现的机会大。

2.核外电子的分层排布

(1)在含有多个电子的原子中,电子是分层排布的,电子层划分的依据是_____。

(2)填写下表:

层序数	1	2	3	4	5	6	7
电子层符号							
离核远近	由_____到_____						
能量高低	由_____到_____						

思考 原子结构示意图给人的感觉是不同的核外电子在不同的电子层上绕圈运动,这种感觉正确吗?

答案 这种感觉不对。电子层是根据能量不同划分的电子运动区域,不是实际存在的壳体结构,电子在各层中的运动没有固定的轨道,不是一圈圈地运动。

3.核外电子分层排布的一般规律

(1)核外电子总是尽先排布在能量最_____的电子层,然后由里向外,依次排布在能量较_____的电子层里,这也称为“能量最低原理”。

(2)原子核外各电子层最多容纳的电子数为_____个。

(3)原子的最外层电子数目不超过_____个(K层为最外层时不能超过_____个)。

(4)次外层电子数目不能超过_____个(K层为次外层时不超过_____个);倒数第三层电子数目不超过_____个。

提示:①上述规律可简记为“一低四不超”。

②以上规律既相互联系又相互牵制,不能孤立片面理解。

答案

1.

	宏观物质	核外电子
质量	大	小
运动空间	大	小
运动速率	低	高
能否同时准确测定位置、速度	能	不能

2. (1)能量高低

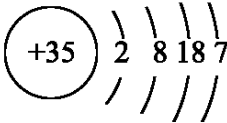
(2)

层序数	1	2	3	4	5	6	7
电子层符号	K	L	M	N	O	P	Q
离核远近	由__ __						
能量高低	由__ __						

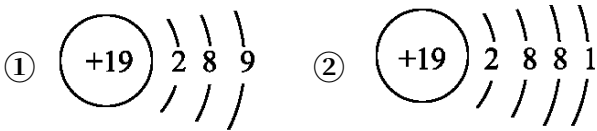
3. (1)低 高 (3) $2n^2$ (3)8 2 (4)18 2 32

例析1 已知溴原子核外有35个电子,则核外电子应如何排布?

答案 按每层子多容纳 $2n^2$ 个电子排布,第一层2个,第二层8个,第三层18个,余下的7个排在第四层,如图示:

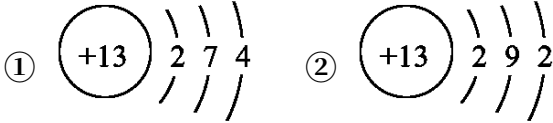


例析2 钾原子核外有19个电子,下面的排布哪种正确?



答案 ①中的第三层也是最外层,按排布规律,最外层不能超过8个电子,显然排9个电子是错误的。②是正确的。

例析3 Al原子核外有13个电子,下面所示的两种排布都是错误的,请指出它们各违反了什么规律?



答案 ①方式违反了能量最低原理,应把第二层排满8个再往后排;②方式违反了各层最多容纳 $2n^2$ 个电子的原理,即第二层不能超过 $2 \times 2^2 = 8$ 个电子。

例析4 稀有气体元素的原子中,各电子层所容纳的电子数均已达最多,因此稀有气体元素原子的核外电子排布对我们有特殊意义。试填写下表,完成后与课本对照。

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数					
			K	L	M	N	O	P
2	氦	He						
10	氖	Ne						

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数					
			K	L	M	N	O	P
18	氩	Ar						
36	氪	Kr						
54	氙	Xe						
86	氡	Rn						

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数					
			K	L	M	N	O	P
2	氦	He	2					
10	氖	Ne	2	8				
18	氩	Ar	2	8	8			
36	氪	Kr	2	8	18	8		
54	氙	Xe	2	8	18	18	8	
86	氡	Rn	2	8	18	32	18	8

疑难解析

1. 核外电子的运动特点(与宏观物质相比)是怎样的
- (1)小:运动的空间范围小(直径约为 10^{-10} m);
- (2)快:运动速度极快,接近光速(3×10^8 m/s);
- (3)轻:质量很轻(质子质量的 $1/1836$,约 9.1095×10^{-31} kg);
- (4)电:带一个单位的负电荷。
2. 为什么要用电子云来描述核外电子的运动,怎样正确理解“电子云”

这是由核外电子的运动特征决定的。我们在物理上学习过直线运动、圆周运动等,作这些运动的宏观物体都服从牛顿运动定律,它们的运动可用一些物理量如位移、速度、时间来描述。但核外电子的运动与宏观物体不同,它没有确定的轨道,不能测定或计算出它在某一时刻所处的位置,也不能描绘它的运动轨迹,科学家就设计了一组专门描述电子运动的物理量,他们的思想观点就是用统计的方法指出电子在原子核外空间某处出现机会的多少:首先,指出电子运动经常出现的大致空间区域,在这一区域内,电子运动出现的机会也不均等,人们就把这一空间区域涂黑,并用小黑点的疏密来表示电子运动出现机会的相对多少,还给了一个形象的名称——电子云。就像蜜蜂采花蜜,无法准确计算它的运动途径(即无轨道),但可以找到它的运动的规律。它在以花为中心的一定空间范围内出现的机会比较多,这就是统计性规律。

- 电子在核外空间一定范围内出现,好像一团“带负电的云雾”笼罩在原子核周围,这种“带负电的云雾”称为电子云。
- 正确理解“电子云”要注意:
- (1)电子云密度大的地方,表明电子在核外空间单位体

积内出现的机会多;电子云密度小的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会少。

(2)氢原子的电子云(呈球形对称)示意图中的小黑点只是表示氢原子核外的一个电子曾经在这里出现过的“痕迹”,绝不是无数个电子在核外运动的状态。小黑点越密的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会越多,电子云密度越大;小黑点越稀的地方,表明电子在核外空间单位体积内出现的机会越少,电子云密度越小。

3. 元素性质与原子核外电子排布的关系
- 结构决定性质,性质反映、体现结构。原子的核外电子排布特别是最外层电子数决定元素的主要化学性质(如化合价、金属性和非金属性等)。

(1)当原子最外层电子数达到 8(K 层为 2)时,该原子处于相对稳定状态(稳定结构),一般不跟其他物质发生化学反应。如氩原子最外层为 2 个电子,其他稀有气体原子最外层电子数均为 8,具有稳定结构,其化学性质较稳定。

(2)当元素的原子最外层小于 8 时(K 层小于 2)是不稳定结构,在化学反应中,不稳定结构总是通过各种方式(如得失电子、共用电子等)趋向达到相对稳定结构。一般最外层电子数小于 4 者(如碱金属元素)易失去电子,表现为金属性。最外层电子数大于 4 者(如卤族元素)易得到电子,表现为非金属性。列表如下:

	最外层电子数	得失电子趋势	元素性质
金属元素	< 4	易失	金属性
非金属元素	> 4	易得	非金属性

(3)原子核外电子层结构相似的元素性质相似;随着元素原子核外电子层结构的递变,其性质也发生递变。

4. 常见等电子体规律
- (1)核外电子总数为 10 的粒子:
- ①分子: Ne、HF、H₂O、NH₃、CH₄
- ②阳离子: Na⁺、Mg²⁺、Al³⁺、NH₄⁺、H₃O⁺
- ③阴离子: F⁻、O²⁻、N³⁻、OH⁻、NH₂⁻
- (2)核外电子总数为 18 的粒子:
- ①分子: Ar、HCl、H₂S、PH₃、SiH₄、F₂、H₂O₂、C₂H₆、N₂H₄、CH₃OH、CH₃F 等(其中前五者可看做做一组,后六者可看做一组,想一想,它们各有什么规律?)
- ②阳离子: K⁺、Ca²⁺
- ③阴离子: Cl⁻、S²⁻、HS⁻、P³⁻

- (3)常见核外电子总数及质子总数均相同的粒子有:
- ①Na⁺、NH₄⁺、H₃O⁺
- ②F⁻、OH⁻、NH₂⁻
- ③Cl⁻、HS⁻
- ④N₂、CO、C₂H₂ 等

5. 核电荷数为 1~18 的元素原子的结构特征
- 核电荷数为 1~18 的元素原子的结构是大纲和高考重点考查的内容,熟练掌握其结构特征,尤其是核外电子排布是快速判断元素的前提和基础。

- (1)原子核内无中子的原子: ${}^1_1\text{H}$
- (2)最外层电子数为 1 的原子: H、Li、Na

- (3)最外层电子数与次外层电子数相等的原子:Be、Ar
(4)最外层电子数是次外层电子数 2 倍的原子:C
(5)最外层电子数是次外层电子数 3 倍的原子:O
(6)最外层电子数是次外层电子数 4 倍的原子:Ne
(7)次外层电子数是最外层电子数 2 倍的原子:Li、Si
(8)电子层数与最外层电子数相等的原子:H、Be、Al
(9)电子层数是最外层电子数 2 倍的原子:Li
(10)最外层电子数是电子层数 2 倍的原子:He、C、S
(11)最外层电子数是电子层数 3 倍的原子:O
(12)内层电子总数是最外层电子数 2 倍的原子:Li、P

探究学习

例 1

- 关于氢原子的电子云示意图的说法,正确的是 ()
A 电子云示意图上每一个小黑点表示一个电子
B 氢原子的电子云呈平面圆形
C 氢原子的电子云是用照相的方法照出来
D 离核越近的地方小黑点越密,表明在该区域单位体积内电子出现的机会多

命题意图:本题考查对原子核外电子运动特征的了解和对氢原子的电子云示意图的认识。

解析 氢原子的电子云示意图中“一个小黑点”是没有意义的,人们是用小黑点的疏密来表示电子在该区域单位体积上出现机会的多少,小黑点越密,表明在该区域单位体积内电子出现的机会多,故 A 错误,D 正确。氢原子的电子云应为球形,所以 B 选项也错误。氢原子的电子云不是用照相的方法照出来,目前还没有能给电子照相的照相机,课本上的描述是为了让我们理解什么是统计的方法而作的一种假设,故 C 选项不正确。

答案 D

探究:课本上给出了氢原子的电子云示意图,对于此图大家要结合核外电子的运动特征来看,要克服以下三种错误认识:(1)每一个小黑点表示一个电子;
(2)氢原子的电子云呈平面圆形;
(3)电子是绕核做圆周运动的。

例 2

某原子的核电荷数为其电子层数的 5 倍,其质子数是其最外层电子数的 3 倍,该原子的核电荷数是 ()
A 11 B 15 C 17 D 18

命题意图:本题考查“最外层电子数目不超过 8 个”的排布规律以及核电荷数为 1~18 的元素的原子结构示意图。

解析 本题可以用不定方程来解决:设核电荷数为 Z ,电子层数为 x ,最外层电子数为 y ,则有: $Z = 5x$, $Z = 3y$,即 $5x = 3y$,则 $x:y = 3:5$ 。因为 x 、 y 都为正整数,且最外层电子数 $y \leq 8$,故仅当 $x = 3$, $y = 5$ 才合理。所以 $Z = 15$ 。

答案 B

探究:用数学工具结合化学知识处理解决化学问题的能力,是思维能力中的较高层次,但解决问题的关键在于化学知识,决不要把此类问题变为单纯的数学计算。因为本题是选择题,也可将各选项代入一一验证。

例 3

核电荷数小于 18 的两种元素 A、B,A 原子最外层电子数为 a 个,次外层电子数为 b 个;B 原子 M 层电子数为 $(a - b)$ 个,L 层为 $(a + b)$ 个。则 A 是_____元素,B 是_____元素。(填元素符号)

命题意图:本题考查原子核外电子排布规律的“能量最低原理”。

解析 根据核外电子排布规律:电子按能量由低至高分层排布,L 层排满才能排 M 层。从 B 原子入手,其 M 层电子数为 $(a - b)$ 个,L 层为 $(a + b)$ 个,可知 $a + b = 8$, $b < 8$,又知 A 原子次外层电子数为 b ,该层应排满电子,必有 $b = 2$,推出 $a = 6$ 。元素 A 的原子最外层电子数为 6 个,次外层电子数为 2 个,为氧元素;元素 B 的原子 M 层电子数为 4 个,L 层为 8 个,为硅元素。

答案 O Si

变式训练:今有 A、B 两种原子,A 原子的 M 层比 B 原子的 M 层少 3 个电子,B 原子的 L 层电子数恰好为 A 原子的 L 层电子数的 2 倍。A 和 B 分别是 ()
A. 硅原子和钠原子 B. 硼原子和氢原子
C. 氯原子和碳原子 D. 碳原子和铝原子

解析 由题意知,B 原子的 M 层至少有 3 个电子,因为电子总是先排满 L 层才能来排 M 层,所以 L 层的电子数一定是 8 个,则 A 原子的 L 层电子数应为 4 个只能为最外层,即 A 原子的 M 层电子数为 0,B 原子的 M 层电子数为 3。由此书写 A、B 的原子结构示意图可知答案。

答案 D

例 4

现有四种元素 A、B、C、D,已知 A^- 离子核外有 18 个电子;B 原子最外层电子数比 D 原子核外电子数多 2 个,B 原子比 D 原子多 2 个电子层; D^+ 离子核外没有电子;C 元素原子核外电子比 B 元素的原子核外电子多 5 个。

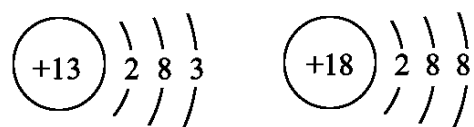
- (1)写出四种元素的名称和符号。
(2)画出 B 和 C 原子及 A^- 离子的结构示意图。

命题意图:本题考查核电荷数为 1~18 的元素原子的核外电子排布。

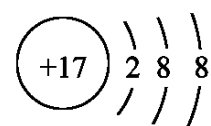
解析 由 A^- 离子核外有 18 个电子,可知 A 原子的质子数为 17,为 Cl。 D^+ 离子核外没有电子,可知 D 为 H,B 原子最外层电子数为 3 且有 3 个电子层,则 B 为 Al。C 元素原子核

外电子数为 18,故 C 为 Ar。

答案 (1) A 为氯(Cl);B 为铝(Al);C 为氩(Ar);D 为氢(H)。(2)B、C 的原子结构示意图:



A⁻ 离子的结构示意图:



探究:由原子或离子的核外电子排布特征来推断元素种类,是元素推断的常见题型,仔细审题,选准突破口,顺藤摸瓜是解决此类问题的常用手段。

达标训练

基础过关

1 以下有关氢原子电子云的描述,正确的是 ()

- A 电子云示意图的小黑点疏密表示电子在核外空间出现机会的多少
B 电子云示意图中的每一个小黑点表示一个电子
C 小黑点表示电子,黑点愈多核附近的电子就愈多
D 小黑点表示电子绕核做圆周运动的轨道

解析 氢原子的电子云示意图中“一个小黑点”是没有意义的,小黑点的疏密表示电子在该区域单位体积上出现机会的多少,故 B 错误,A 正确。黑点愈多表示电子在该区域单位体积上出现的机会愈多,故 C 错误。球形的电子云示意图并不意味着电子绕核做圆周运动,实际上电子的运动是没有确定的轨道的。

答案 A

2 下列各组离子中,电子层结构相同的是 ()

- A S²⁻、Cl⁻、K⁺ B F⁻、Cl⁻、Al³⁺
C O²⁻、S²⁻、Na⁺ D F⁻、Na⁺、Mg²⁺

解析 本题考查常见的离子结构示意图,对选项一一筛选可知:A 中的三种离子都具有与 Ar 原子相同的电子排布,B 中 Cl⁻ 比 Al³⁺ 多 1 个电子层,C 中 S²⁻ 比 Na⁺ 多 1 个电子层,D 中的三种离子都具有与 Ne 原子相同的电子排布。

答案 AD

3 某微粒的核外各层电子数之和为偶数,该微粒可能是下列中的 ()

- A ${}^6_3\text{Li}$ B ${}^{14}_7\text{N}$ C ${}^{17}_8\text{O}$ D ${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$

解析 书写上述原子或离子的结构示意图可知答案,注意书写时不要被各原子的质量数干扰。

答案 CD

4 两种元素能组成 AB₂ 型化合物,它们原子的核电荷数是 ()

- A 3 和 9 B 6 和 8 C 10 和 4 D 11 和 17

解析 解决本题要熟练掌握核电荷数为 1~18 的元素原子的核电荷数。A 中两元素分别为 Li、F,形成的化合物为

LiF,与题意不符,故错误。B 中两元素分别为 C、O,可形成 CO₂,故为正确选项。依次类推,可知 C 中两元素有一种为稀有气体元素 Ne,与 Be 不能形成化合物;选项 D 两元素形成的化合物为 NaCl。

答案 B

5 核电荷数为 16 和 4 的元素的原子相比较,前者的下列数据是后者的 4 倍的是 ()

- A 电子数 B 最外层电子数
C 电子层数 D 次外层电子数

解析 本题考查核电荷数为 1~18 的元素的原子结构示意图。原子的核电荷数 = 核外电子数,故电子数之比为 4:1,A 正确。根据 S 与 Be 的原子结构示意图可知:两者的最外层电子数之比为 3:1,电子层数之比为 3:2,次外层电子数之比为 4:1,B、C 错误,D 正确。

答案 AD

6 两种元素原子的核外电子层数之比与最外层电子数之比相等,则在核电荷数为 1~10 的元素中,满足上述关系的元素共有 ()

- A 1 对 B 2 对 C 3 对 D 4 对

解析 核电荷数为 1~10 的元素,核外电子层数只有 1、2 两种可能,因此核外电子层数之比只能是 1:2。一种为 H,最外层电子数和核外电子层数均为其 2 倍的是 Be;另一对为 He—C。

答案 B

7 (1)原子核外 N 层最多可容纳 _____ 个电子,O 层最多可容纳电子 _____ 个;

(2)若原子共有 4 个电子层,N 层最多可容纳 _____ 个电子;

(3)若原子共有 5 个电子层,则其 N 层最多可容纳 _____ 个电子,O 层最多可容纳 _____ 个电子。

(4)若原子共有 6 个电子层,则其 N 层最多可容纳电子 _____ 个,O 层最多可容纳电子 _____ 个。

解析 (1)根据核外电子的排布规律,原子核外各电子层最多容纳的电子数为 $2n^2$ 个,即 N 层、O 层最多可容纳个电子的个数分别为 2×4^2 个、 2×5^2 个。

(2)若原子共有 4 个电子层,N 层为最外层最多可容纳 8 个电子。

(3)若原子共有 5 个电子层,则其 N 层为次外层最多可容纳电子 18 个,O 层为最外层最多可容纳 8 个电子。

(4)若原子共有 6 个电子层,则 N 层为倒数第三层最多可容纳电子 32 个,O 层为次外层最多可容纳电子 18 个。

答案 (1)32 50 (2)8 (3)18 8 (4)32 18

8 填表:

微粒符号	质子数	中子数	核外电子数	结构示意图
${}^{37}_{18}\text{Ar}$				
	17	17	18	
${}^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$				
		8		

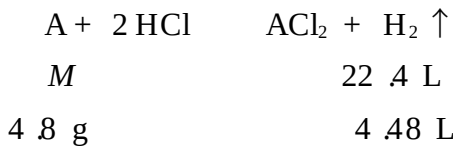
解析 $A = Z + N$, 电荷数 = 质子数 - 核外电子数。

答案

微粒符号	质子数	中子数	核外电子数	结构示意图
	18	19	18	
$^{34}_{17}\text{Cl}^-$				
$^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$	13	14	10	
$^{17}_9\text{F}^-$	9		10	

9 称取某金属单质 4.8 g 与足量盐酸反应,产生标准状况下的 H_2 4.48 L,并生成 ACl_2 (A 是此金属)。已知此金属原子中含有 12 个中子,试通过计算证明此金属的元素名称,画出原子结构示意图。

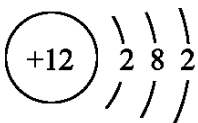
解析 建立如下化学方程式:



解得 $M = 24\text{ g}$

该金属原子中质子数为 $24 - 12 = 12$,该金属为 Mg。

答案 该金属为镁,其原子结构示意图为:



知能拓展

10 核外电子排布的规律之一是“倒数第三层电子数不超过 32”,对此规律以下理解正确的是 ()

- ①K 层为倒数第三层时电子数不超过 2 个
②L 层为倒数第三层时电子数不超过 8 个
③M 层为倒数第三层时电子数不超过 18 个
④O 层为倒数第三层时电子数不超过 32 个

- A 只有④ B ①②
C ①④ D ①②③④

解析 核外电子排布的各条规律既相互联系又相互牵制,不能孤立片面理解。根据“原子核外各电子层最多容纳的电子数为 $2n^2$ 个”的规律,K、L、M、O 层最多容纳的电子数目为 2、8、18、50,与“倒数第三层电子数不超过 32”的规律相结合,可知 K、L、M、O 作为倒数第三层时最多容纳的电子数目为 2、8、18、32,选项 D 为正确答案。

答案 D

11 X 元素的阳离子和 Y 元素的阴离子具有与 Ar 相同的电子层结构,下面叙述正确的是 ()

- A X 的质子数比 Y 的少
B X 原子的最外层电子数比 Y 的多

C X 元素的中子数比 Y 的多

D X 是金属元素,而 Y 是非金属元素

解析 Ar 的电子层排布为 2、8、8,X 元素的阳离子具有与之相同的排布,证明 X 元素的原子的质子数大于 18,同理 Y 元素的原子内的质子数小于 18,因此 A 说法错误。X 原子的最外层电子数是少于 4 个的,是金属元素,因而失去电子成为阳离子,而 Y 的阴离子是最外层电子接受电子形成的,证明 Y 为非金属元素,其最外层电子数是多于 4 个的,所以选项 B 错误,D 正确。两元素原子内的中子数没有确定的大小关系,故 C 错误。

答案 D

12 在核电荷数为 1~18 的元素原子中,最外层电子数等于次外层电子数的有 ()

- A 1 种 B 2 种 C 3 种 D 4 种

解析 在核电荷数为 1~18 的元素原子中,次外层电子数由 2 种可能,由此获得两种核外电子排布:2、2 和 2、8、8,即为 Be、Ar。

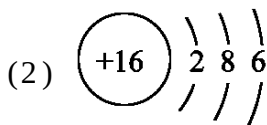
答案 B

13 写出下列几种微粒的符号或结构示意图:

- (1)核外没有电子的微粒是_____;
(2)核外电子总数为 N ,核内质子数的 $1/4$ 等于 N 的原子的结构示意图为_____;
(3)核外有 10 个电子的二价阳离子的符号是_____;
(4)只有 1 个电子层上有电子的 +2 价的阳离子是_____。

解析 (2)因为核内质子数为正整数且等于 N ,只需验证质子数为 4、16 两种情况,结合题意,核内质子数应为 16。

答案 (1) H^+



- (3) Mg^{2+} (4) Be^{2+}

14 有两种气态单质 A_m 和 B_n ,已知 2.4 g A_m 和 2.1 g B_n 所含的原子个数相等,而分子数之比为 2:3。A 和 B 的原子核内质子数都等于中子数,A 原子 L 层电子数是 K 层的 3 倍。

- (1)A、B 的元素符号分别为_____、_____。
(2) A_m 中的 m 值为_____。

解析 分子数之比为 2:3 而原子个数相等,证明分子内原子个数之比为 3:2,考虑到在化学中的情况,得 $m = 3$, $n = 2$ 。又由 A 原子 L 层电子数是 K 层的 3 倍知,A 的核外电子排布为 2、6,即为 O。由 2.4 g A_m 和 2.1 g B_n 所含的原子个数相等,得 $2.4/16 = 2.1/A_r(\text{B})$,解得 $A_r(\text{B}) = 14$,即 B 中质子数为 7。

答案 (1)O N (2)3

综合创新

15核电荷数为 1~18 的元素中,下列叙述正确的是

- ()
A 最外层只有 1 个电子的元素,一定是金属元素

- B 最外层只有 2 个电子的元素,一定是金属元素
C 原子核外各层电子数相等的元素,一定是金属元素
D 核电荷数为 17 的元素的原子容易获得 1 个电子

解析 H 最外层只有 1 个电子,而其为非金属元素,A 错误。He 最外层只有 2 个电子且属于非金属元素,B 错误。原子核外各层电子数相等的元素,其排布为 2、2,为 Be 属于金属元素,C 正确。Cl 原子容易获得 1 个电子而达到 8 电子稳定结构。

答案 CD

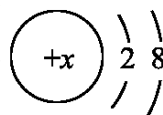
16有 A、B、C 三种元素,A 元素的原子最外层电子数是 2,B 元素的原子得到 2 个电子就达到稳定结构,C 元素的原子最外层电子数是次外层电子数的 3 倍,则这三种元素组成的化合物可能是 ()

- A ABC_3 B ABC_2 C ABC_4 D A_2BC_3

解析 由抽象到具体的思路:不妨认为 A、B 分别为 Mg、S,C 一定是 O。可能形成 $MgSO_4$ 、 $MgSO_3$ 两种物质。

答案 AC

17结构示意图如右图的离子, x 值可能为 ____、____、____、____、____、____,相应的离子符号分别为____、____、____、____、____、____。



解析 本题指定此示意图为离子结构示意图,故排除了 Ne,且该排布可能是失电子形成的,也可能是得到电子形成的。

答案 7 8 9 11 12 13

N^{3-} O^{2-} F^- Na^+ Mg^{2+} Al^{3+}

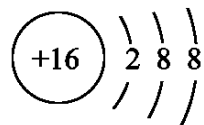
18有 4 种原子 ${}_xA_yB_mC_nD$,已知 $x + y + m + n = 82$, B^{2-} 与 C^+ 离子的核外电子排布都与氩原子相同。又知 $n = y + m$ 。推算 x 、 y 、 m 、 n 的值,并确定 A、B、C、D 四种元素的名称,画出 B 的阴离子结构示意图。

解析 B^{2-} 与 C^+ 离子的核外电子排布都与氩原子相同知,B 为 S,C 为 K。 $n = 16 + 19 = 35$,D 为 Br 元素, $x = 82 - y - m - n = 12$,A 为 Mg 元素。

答案 x 、 y 、 m 、 n 的值分别为 12、16、19、35。

A、B、C、D 四种元素分别为镁、硫、钾、溴。

B^{2-} 的离子结构示意图为:



师生三代共建原子结构模型

19 世纪末 20 世纪初,随着 X 射线、电子、放射性现象的发现,在物理学领域内爆发了一场举世瞩目的大革命。在不太长的时间内,新理论风起云涌,新实验层出不穷,一位位科学巨匠应运而生。在这批科学巨人所创建的科学大厦中,汤姆生、卢瑟福、玻尔师生三代精心雕塑起来的原子结构模型,至今依然光芒闪耀。

1897 年,刚刚 40 岁的汤姆生证明了电子的存在,轰动了科学界,一举成为国际物理学界的佼佼者。然而,他并没有因此而停步不前,仍一如既往,兢兢业业,继续攀登科学的高峰。1904 年,汤姆生提出,原子好像一个带正电的球,这个球承担了原子质量的绝大部分,电子作为点电荷镶嵌在球中间。这种“葡萄干蛋糕”式的无核模型是汤姆生企图解释元素化学性质发生规律性变化而反复思考得出的。

汤姆生既是一位理论物理学家,又是一位出色的教育家。他在担任英国卡文迪什实验物理学教授及实验室主任的 34 年间,培养出了众多优秀人才,在他的弟子中,有 9 位获得过诺贝尔奖,卢瑟福就是其中之一。1906 年,英国人卢瑟福做了一次极为著名的实验,他用 α 粒子(即氦粒子流)作“炮弹”去轰击金属箔片制的靶子,他发现 α 粒子穿过箔片后,大多数没有改变方向,如入无人之境,畅通无阻,这说明原子内部是很“空”的。同时他也发现竟有少数 α 粒子在偏离原方向相当大的角度散射出来,有极少数甚至被反弹回来,这是汤姆生原子模型所无法解释的,由此卢瑟福证明了正电荷不是分散分布在一个较大的球体内,而是集中在一个很小的核心上,这个核心被他称作原子核。原子核的发现使卢感到惊讶,而科学家的敏感和追根问底的性格使他始终抓住这个问题不放,并经过周密的思考后于 1911 年大胆地提出了有核原子模型。他设想原子可以和一个行星系统相比拟,原子模型的中心是一个带正电的核,这个核几乎把整个原子的质量集中于一身,原子核的半径在 $10^{-14} \text{ m} \sim 10^{-15} \text{ m}$ 间,是整个原子半径的万分之一至十万分之一,带负电的电子散布在核的外面,围绕原子核旋转。这种模型被后

人称之为行星式原子结构模型。

卢瑟福的原子模型虽比汤姆生模型前进了一大步,但是仍然没有摆脱宏观物体运动规律的框架,所以在解释原子的稳定性和光谱规律性上同样遇到了难以逾越的困难。而提出解释这一困难办法的是丹麦物理学家玻尔。玻尔曾在曼彻斯特大学的卢瑟福实验室工作过。他非常赞赏他的老师的学问和为人。受卢的影响,玻尔的主要兴趣就集中在原子和原子核问题的研究上,于1913年提出了“电子在原子核外空间的一定轨道上绕核做高速的圆周运动”原子模型学说,使原子结构理论为之一新,在整个物理学界引起了“轰动性效应”。爱因斯坦曾高度赞扬玻尔的原子结构模型是“最伟大的发现之一”。玻尔原子结构模型仍是当今大学、中学物理、化学教科书中必不可少的内容。

值得一提的是,1919年,卢瑟福和他的另一位学生查德威克在原子核里发现了质子,1932年,查德威克又在原子核里发现了中子。至此,“原子不可再分”的形而上学的观念彻底被瓦解。

汤姆生、卢瑟福、玻尔,师生三代创建的原子结构模型虽已被后人“科学演变”,但他们对科学发展的贡献仍“功不可没”,在科学发展的历史上谱写了光辉一页。

第二节 元素周期律

教学建议

1. 建议通过碱金属元素、卤族元素中各元素性质的相似性和递变性,引导学生了解元素之间存在一定的联系,使学生了解学习元素周期律的必要性,提高学习的兴趣。
2. 本节内容用问题探究的教学思路较好,应充分利用1~18号元素的原子结构示意图、原子半径、主要化合价及11~18号元素的金属性和非金属性的探究实验。如建立原子序数概念后让学生阅读表 5-5、图 5-5,可设计如下问题:

随着原子序数递增,原子最外层电子排布(原子半径、元素主要化合价)呈现怎样规律性变化?

3. 使学生深化“结构决定性质”的理念,如:原子的最外层电子数决定元素的最高正价,电子层数和核电荷数等因素决定原子半径,原子半径又是元素金属性、非金属性的决定因素。
4. 注重基础。1~18 号元素与其原子序数的对应及其原子结构示意图的书写,是解决原子半径大小比较和一般元素推断题的基石。

第一讲

预习导引

- 问题 1:在一年的时间里,季节的变化是周期性变化吗?在 5、6 年的时间段上,季节的变化是周期性的吗?我们学习过的正弦函数是一个周期性变化的函数,想一下,什么叫周期性变化?
- 问题 2:从原子结构上看,碱金属元素单质的化学性质存在明显的相似性的原因是什么?它们的化学性质存在一定的差异的结构原因又是什么?
- 问题 3:随着原子序数的递增,碱金属元素、卤族元素的原子半径都呈现出逐渐增大的趋势,联系到它们原子的电子层数的变化,由此可得出什么结论?
- 问题 4:碱金属元素的常见化合价是 + 1 价,而卤族元素的最高正化合价是 + 7 价,联系到它们原子的最外层电子数,由此又可获得什么结论?

答案

1. 在一年的时间里,季节的变化不能称做周期性变化,而在 5、6 年的时间段上,季节的变化是周期性的。每隔一定的数量,又重复出现前面出现过的情况,这种变化称作周期性变化。

2. 从原子结构上看,碱金属元素单质的化学性质存在明显的相似性的原因是其原子的最外层电子数都是 1 个,它们的化学性质存在一定的差异的原因是随着原子序数的递增,电子层数逐渐增多。
3. 元素原子的电子层数越多,其原子半径越大。
4. 原子的最外层电子数 = 元素的最高正价

知能互动

1. 原子序数:按元素_____由小到大的顺序给元素编排的序号。

原子序数 = _____ = _____ = _____。

思考 原子序数就好像在元素的大家庭中每一种元素的排行,有了它,我们可以更方便地指代某一元素。“核电荷数为 10 的元素”这句话,现在可以怎样说呢?体会一下,是不是更方便?
- 答案 说成“第 10 号元素”,是更方便
2. 11~17 号元素的性质变化规律

原子序数	11	12	13	14	15	16	17
元素名称							
元素符号							
最外层电子数							
最高正化合价							
最低负价							
最外层电子数变化趋势	(从左到右)						
最高正化合价变化趋势	(从左到右)						
原子半径变化趋势	(从左到右)						

- 思考 (1)在本节中,元素性质有哪些内涵?
- (2)元素的最高正价与原子的最外层电子数有何联系?从化合价的实质来看,这种联系是必然的吗?元素的最高正价与其最低负价有何关系?由此你对“元素性质的周期性变化是元素原子核外电子排布的周期性变化的必然结果”这句话怎么体会?
- 答案 (1)本节讨论的元素性质包括原子半径、元素的化合价、元素的金属性和非金属性。
- (2)元素的最高正价 = 原子的最外层电子数;
- 对于金属元素而言,失去最外层全部的电子即可显示最高正价,而非金属元素的最高正价等于其原子所能失去或偏移的最外层电子数。

元素的最高正价 + | 最低负价 | = 8

答案							
1. 核电荷数 核电荷数 质子数 核外电子数							
2.							
原子序数	11	12	13	14	15	16	17
元素名称	钠	镁	铝	硅	磷	硫	氯
元素符号	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
最外层电子数	1	2	3	4	5	6	7
最高正化合价	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7
最低负价				- 4	- 3	- 2	- 1
最外层电子数变化趋势	(从左到右)逐渐增多由 1→7						
最高正化合价变化趋势	(从左到右)逐渐升高 + 1→ + 7						
原子半径变化趋势	(从左到右)逐渐减小						

疑难解析

1“ 元素性质随着元素原子序数的递增而呈周期性的变化 ”中的几个用语

(1)元素性质:这里所说的元素性质是指:①原子半径;②元素的主要化合价;③元素的金属性和非金属性。元素性质是由其原子结构决定的,有什么样的原子结构就有什么样的元素的性质。原子半径主要由电子层数、核电荷数等因素决定。元素的金属性和非金属性指的是原子得失电子的能力,它主要由原子半径和最外层电子数来决定,原子半径越小,最外层电子数越多,元素的非金属性越强,反之,金属性越强。元素的主要化合价主要由最外层电子数决定,一般情况下,元素的最高正化合价等于其原子的最外层电子数。

(2)原子序数:按元素核电荷数由小到大的顺序给元素编排的序号。因为最小的核电荷数为 1,此元素也被编为 1 号,依次类推,得如下结论:原子序数 = 核电荷数 = 质子数。原子序数的定义给人们称呼某种元素带来了很大的方便,以后我们一般说“ 多少号元素 ”而不说“ 原子的核电荷数为多少的元素 ”。

(3)周期性变化:每隔一定数量的元素,后面元素的性质又重现前面元素相似性质的变化,称作周期性变化。

2. 元素周期律的内容和实质

(1)原子核外电子排布呈周期性变化

观察 1~18 号元素电子层数和最外层电子数的递变规律如下表。

原子序数	电子层数	最外层电子数	达稳定结构时最外层电子数
------	------	--------	--------------

1~2	1	1→2	2
3~10	2	1→8	8
11~18	3	1→8	8

容易得出结论:随着原子序数的递增,元素原子的最外层电子排布呈现周期性的变化规律,即每隔一定数目的元素,会重复出现“ 最外层电子数从 1 个排到 8 个(K 层除外)而达到稳定结构 ”的变化,也就是从活泼的碱金属元素原子结构过渡到稀有气体元素原子的稳定结构。

(2)原子半径呈周期性变化

观察 3~9 号元素,原子半径 0.152 nm→0.071 nm 由大渐小;11~17 号元素,原子半径 0.186 nm→0.099 nm 由大渐小。即从 3~18 号元素,随着原子序数的递增,元素原子半径由大到小,经过稀有气体元素后,又重复出现原子半径由大渐小的变化规律。

(3)元素主要化合价呈周期性变化

从 3~18 号元素看,元素化合价的最高正价与最外层电子数相同(O、F 不显正化合价),且最高正化合价随着原子序数的递增重复出现 + 1 价递增至 + 7 价的变化规律。从中部的元素开始有负化合价,负价是从 - 4 价递变到 - 1 价。

(4)元素的金属性、非金属性呈周期性变化

随着原子序数的递增,元素重复出现金属性减弱,非金属性增强的变化。(第二讲将重点介绍)

3. 原子及简单离子的半径变化规律

粒子半径主要由电子层数、核电荷数和核外电子数决定。最外层电子数相同时,电子层数越多,半径越大,电子层数越少,半径越小;当电子层数相同时,核电荷数越多,原子半径越小;当电子层数与核电荷数均相等时,核外电子数越多,粒子半径越大。具体解释如下:

(1)电子层数不同,则电子层数多半径大

像卤素、碱金属族元素的原子,自上而下电子层数增多,原子半径逐渐增大。同族元素形成的同价态的简单离子,自上而下也因电子层数渐多,而离子半径增大。如:

$r(\text{F}) < r(\text{Cl}) < r(\text{Br}) < r(\text{I})$

$r(\text{Li}) < r(\text{Na}) < r(\text{K}) < r(\text{Rb}) < r(\text{Cs})$

$r(\text{F}^-) < r(\text{Cl}^-) < r(\text{Br}^-) < r(\text{I}^-)$

$r(\text{Li}^+) < r(\text{Na}^+) < r(\text{K}^+) < r(\text{Rb}^+) < r(\text{Cs}^+)$

$r(\text{Na}^+) < r(\text{Na})$

(2)电子层数相同,则核电荷数大半径小(稀有气体除外)。如:

$r(\text{Na}) > r(\text{Mg}) > r(\text{Al}) > r(\text{S}) > r(\text{Cl})$

(3)电子层结构相同的离子,随着核电荷数的逐渐增加离子半径逐渐减小。如 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 都具有与 Ne 相同的电子层排布,其离子半径顺序为:

$\text{F}^- (0.135 \text{ nm}) > \text{Na}^+ (0.097 \text{ nm}) > \text{Mg}^{2+} (0.065 \text{ nm}) > \text{Al}^{3+} (0.05 \text{ nm})$

又如 S^{2-} 、 Cl^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 都具有与 Ar 相同的电子层排布,其离子半径顺序为:

$r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$

(4)对于同种元素的粒子

①原子半径大于相应的阳离子半径,如 $r(\text{Na}) > r(\text{Na}^+)$,两者只相差 1 个电子,但半径几乎是 2 倍的关系,这主要是由电子层数的不同决定的。

②原子半径小于相应的阴离子半径,如 $r(\text{Cl}) < r(\text{Cl}^-)$ 、 $r(\text{S}) < r(\text{S}^{2-})$ 。

③同种元素不同价态的离子,高价态离子半径小于低价态离子半径,如 $r(\text{Fe}^{3+}) < r(\text{Fe}^{2+})$ 。

②③说明电子层数与核电荷数均相同的粒子,核外电子数越多,半径越大。

说明：

①原子半径主要是由核外电子层数和原子核对核外电子的作用等因素共同决定的。随着核电荷数的增加,核对核外电子的引力增大,其结果倾向于使元素的原子半径减小,但外层电子数的增加,使电子间的相互排斥增强,其结果倾向于使元素的原子半径增大。由于电子层数相同时核电荷数的增加使原子半径减小的作用大于因核外电子数的增加使原子半径增大的影响,所以,随原子序数的递增,电子层数相同的元素的原子半径一般由大逐渐变小。

②测量稀有气体元素原子半径的方法与其他元素不同，所以稀有气体元素的原子半径与其他元素的原子半径没有可比性。

4. 常见元素化合价的一般规律

(1)金属元素无负价,因为金属元素原子最外层电子数目少,易失去电子变为稳定结构,故金属无负价。除零价外,在反应中只显正价的元素一定是金属元素。

(2)最外层电子数大于等于 4 则出现负价,既有正价又有负价的元素一定是非金属元素。

(3) 氟无正价, 氧无最高正价。氟、氧原子得电子能力特别强, 尤其是氟元素, 其原子只能夺取电子来形成稳定结构, 除零价外, 只显负价。在高中阶段, 若题目没有指明, 一般认为氧没有正价(氧只有跟氟结合时, 才显正价, 如在 OF_2 中氧呈 $+2$ 价)。

(4)元素的化合价是由元素的原子结构决定的,特别与元素原子的最外层电子数(有的与次外层或倒数第三层的电子)关系密切。1~20号元素中,除O、F外,元素的最高正价等于最外层电子数;元素的最低负价与最高正价的关系为:最高正价+|最低负价|=8。

(5)除个别元素(如氮元素)外,原子序数为奇数的元素,其化合价也常呈奇数价,原子序数为偶数的元素,其化合价也常呈偶数价,即序奇价奇,序偶价偶。

若原子的最外层电子数为奇数(m),则元素的正常化合价为一系列连续的奇数,从 -1 到 $+m$,若出现偶数则为非正常化合价,其氧化物为不成盐氧化物,例如 NO_2 、 NO ;若原子的最外层电子数为偶数(m),则元素的正常化合价为一系列连续的偶数,从 -2 到 $+m$ 。例如: $\overset{-2}{\text{S}}$ 、 $\overset{+2}{\text{S}}$ 、 $\overset{+6}{\text{S}}$ 。

(6)最高价氧化物及其水化物的化学式、非金属气态氢化物的化学式的通式如下(R 表示元素符号):

最高价氧化物	最高价氧化物的水化物	气态氢化物
R_2O	ROH	
RO	$R(OH)_2$	
R_2O_3	$R(OH)_3$	
RO_2	H_4RO_4	RH_4
R_2O_5	H_3RO_4	RH_3
RO_3	H_2RO_4	H_2R
R_2O_7	HRO_4	HR

探究学习

例 1

下列粒子半径大小的比较中,正确的是 ()

A $\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{O}^{2-}$

$$\text{B} \quad \text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Al}^{3+}$$
$$\text{C} \quad \text{Na} < \text{Mg} < \text{Al} < \text{S}$$
$$D \text{ Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+$$

命题意图: 本题考查由粒子结构来判断微粒半径。

解析 比较微粒半径大小要根据粒子的电子层数、核电荷数、最外层电子数综合考虑。

(1)看电子层数,在电子层数不同时,电子层越多,半径越大;(2)看核电荷数,在电子层数相同时,核电荷数越大,半径越小;(3)看最外层电子数,在电子层数和核电荷数均相同时,电子数越多,半径越大。

A 中 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 O^{2-} 等离子的核外电子排布相同,都是 K 层 2 个电子,L 层 8 个电子,但这些离子中核电荷数依次为 11、12、13、8,核电荷数越大,对外层电子的吸引力越大,微粒的半径就越小,A 中各微粒半径由大到小的顺序应是: $\text{Al}^{3+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{O}^{2-}$,故 A 错误。

B 中 S^{2-} 、 Cl^- 具有相同的电子排布, 但 Cl^- 的核电荷数较大, 所以其半径较小。 Na^+ 、 Al^{3+} 的核外电子排布相同, Na^+ 核电荷数较少, 故其半径较大。而且 S^{2-} 比 Na^+ 多一个电子层, 显然 S^{2-} 的半径大于 Na^+ 。这四种微粒半径的大小顺序应是 $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Al}^{3+}$, 故 B 正确。

C 中 Na、Mg、Al、S 原子的电子层数相同,核电荷数越大者,其半径越小,故其半径大小顺序为 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{S}$, C 不正确。

D 中 Cs^+ 、 Rb^+ 、 K^+ 、 Na^+ 四种微粒, 电子层数依次减少, 故其半径逐渐减小。D 正确

答案 BD

变式训练:下列化合物中阴离子半径和阳离子半径之比最大的是 ()

A. Lił

B. NaBr

C. KCl

D. CsF