

第 11 章 关于考试

♠ 本章主要是涉及到题目的一些分类汇总，希望大家能在练习中提升自己，查漏补缺。但在开始练习之前，请务必确保自己已经完成了所有知识的理解和复习，不然一味的练习将毫无意义。

内容提要

☐ 题型说明

☐ 原子理论习题

☐ 分子理论习题

☐ 晶体理论习题

☐ 配合物理论习题

☐ 元素化学杂题

11.1 题型说明

笔者于 2023-2024 学年在吴宥仲老师的教学班修这门课，故此处沿用记忆中吴老师对于本门课考试的讲解和评价。如有错误，可暂且忽略，并根据老师们在期末之前的课程讲解进行复习。

本门课的考试主要包含四种题型：判断题，选择题，填空题及解答题。其中选择题为单项选择题。前三道大题每小题均 2 分，解答题分数不定。其中老师为了防止同学们挂科，绝大部分题目都是简单题，极少量题目具有一定区分度。这些具有区分度的题目根据现有知识也可以做出来，但是由于长时间少练习，考试时很少有同学能答对所有题目拿满分，同学们也不必为了几道题而自责。

♣ 下面给出一些练习，按照知识分类。较为简单的题目只给出答案，稍有难度的题目给出解析。

11.2 原子理论部分题目

11.2.1 是非判断题

- (1) 现有的各种元素，除了 H 和 He，大多源自恒星的演化；
- (2) 电子具有波粒二象性，原子不具有波粒二象性；
- (3) 波函数 Ψ 是概率波， $|\Psi|^2$ 代表粒子出现的概率密度；
- (4) s 轨道，p 轨道，d 轨道和 f 轨道的角量子数分别为 1, 2, 3, 4；
- (5) 原子轨道是 Schrödinger 方程的合理解；
- (6) 同名轨道的能量随着原子序数的增加而下降；
- (7) 主量子数为 n 的电子层内允许排布的电子数最多为 n^2 。

解答 (1) 正确 (2) 错误 (3) 正确 (4) 错误 (5) 正确 (6) 正确 (7) 错误

(1)(3)(4)(5) 均为概念, 如有疑问请加强复习. (2) 参考 **de Broglie/matter wave** 的相关理论. (6) 参考 **Cotton** 能级图. 且由于静电力随距离增大而迅速衰减, 能量也随之降低. (7) 该电子层允许排布 $2n^2$ 个电子.

11.2.2 选择题

♣ 若为解数值题目等不需要选项的题目, 此处一概略去选项.

(1) 23 号元素 V 的电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$, 则 24 号元素 Cr 的电子排布为 $([Ar]3d^5 4s^1)$.

(2) 下列原子轨道的径向分布曲线中节点数最多的是 (A)

A. 3s B. 2s C. 3p D. 4d

解答本题出现在笔者的期中考试, 只有寥寥几人答对, 原因是该类知识属于小点, 大部分同学复习时没有注意到. 径向能量分布曲线的节点在下图容易看出规律.

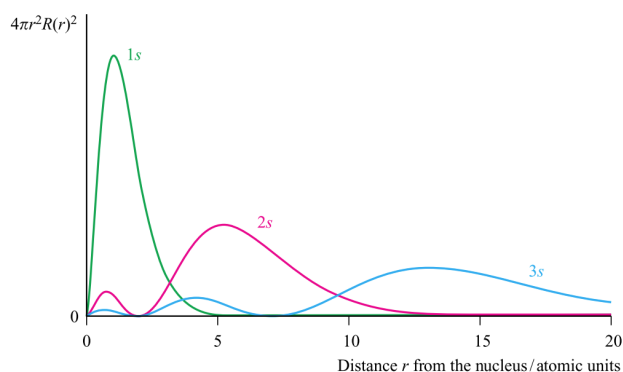


图 11.1: l 相同, n 不同情形

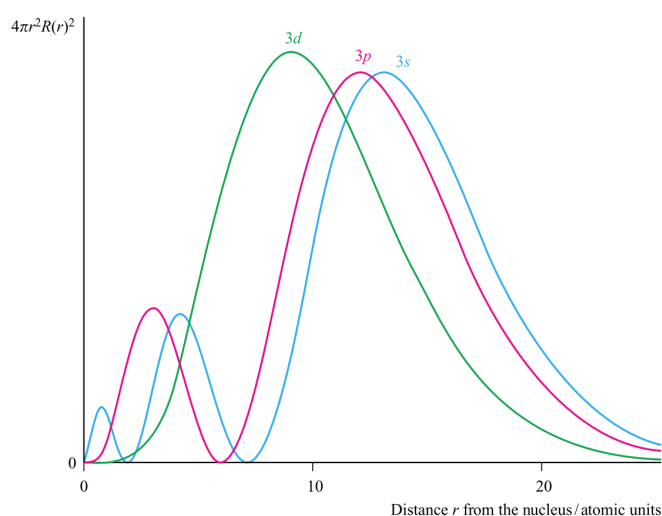


图 11.2: n 相同, l 不同情形

(3) 多电子原子中具有如下量子数组合的电子中, 能量最高的是 (D)

A. $(2, 1, 1, -\frac{1}{2})$ B. $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$ C. $(3, 1, 1, -\frac{1}{2})$ D. $(3, 2, -2, -\frac{1}{2})$

解答 $D > C > B = A$.

(4) 下列哪一种元素的原子性质的周期变化规律最不明显 (A)

A. 电子亲和能 B. 电负性 C. 原子半径 D. 电离能

(5) 某元素的价电子构型为 $4f^7 5d^1 6s^2$, 则该元素属于 (镧系元素).

(6) 某元素的基态原子的 5s 轨道有 2 个电子, 4d 轨道和 5p 轨道能量全满, 这一元素的英文名称为 (Xenon).

(7) 下列哪个元素为非金属元素 (D)

A. Potassium B. Sodium C. Lithium D. Sulfur

(8) 原子序数为 26, 27, 28, 79 的元素英文名称为 (Iron, Cobalt, Nickel, Gold).

(9) 下列哪种元素不位于金属与非金属元素的分割线 (D)

A. 5 号元素 B. Silicon C. 砷 D. Ga

(10) 下列量子数组合 (n, l, m, m_s) 中, 哪一组是合理的 (A)

A. $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$ B. $(3, 1, 2, +\frac{1}{2})$ C. $(1, 2, 0, +\frac{1}{2})$ D. $(2, 1, 1, 0)$

11.2.3 填空题

(1) He^+ 的 3s 轨道的能量 $\equiv (>, < \text{ or } =)$ 3p 轨道的能量;

(2) 某元素的电子构型为 $[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^{10}$, 该元素的原子序数为 80, 属于第 VIII 族.

11.2.4 解答题

(1) A 与 B 两种元素仅相差一个原子序数, 但 A 元素的单质是原子序数最小的活泼金属, 而 B 元素的单质是极不活泼的气体. 试说明: A, B 两种元素的符号和名称; A 元素的电子构型, 最外层电子数, 最外层电子的四个量子数 (n, l, m, m_s) 和最外层电子所处原子轨道的形状; A, B 两种元素化学性质差异巨大的原因.

解答 A: Li, 锂. B: He, 氦. A 电子构型: $1s^2 2s^1$, 最外层电子数为 1, 四个量子数为 $(2, 0, 0, +\frac{1}{2} \text{ or } -\frac{1}{2})$, 最外层轨道形状为球形. Li 为碱金属, 容易失去电子所以性质活泼; He 为满电子稳定结构, 化学性质稳定.

(2) 某元素原子序数为 33, 此元素电子总数为多少? 具有怎样的电子构型? 该原子有多少未成对电子? 价电子为多少? 是金属还是非金属元素?

解答 33 号元素为 As. 电子总数为 33, 电子构型 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$, 该原子有 3 个未成对电子, 价电子数为 5, 是非金属元素.

11.3 分子理论习题

11.3.1 是非判断题

- (1) 共价键均是由两个原子通过共享一对电子而形成的;
- (2) 中心原子采用 sp^3 杂化成键, 则键角为 109.5° ;
- (3) 双键和三键的键长通常比单键更短;
- (4) 由相同的种类和数量的原子可以组成不同的分子;
- (5) 元素周期表的“族”是排列成单个纵列的一组元素;
- (6) 角量子数 l 决定原子轨道的形状, 磁量子数 m 决定轨道的方向;
- (7) 分子轨道理论认为分子中的电子属于整个分子, 可以用波函数表示分子轨道;
- (8) 共价键的本质是原子轨道重叠, 轨道重叠程度越大, 共价键越强;
- (9) 范德华力不具有方向性和饱和性, 而氢键具有方向性和饱和性;
- (10) 硼是缺电子原子, 在乙硼烷中硼与氢形成 $3c-2e$ 键.

解答 (1) 错误 (2) 错误 (3) 正确 (4) 正确 (5) 错误 第 VIII 族为三列元素的合并 (6) 正确 (7) 正确 (8) 正确 (9) 正确 (10) 正确

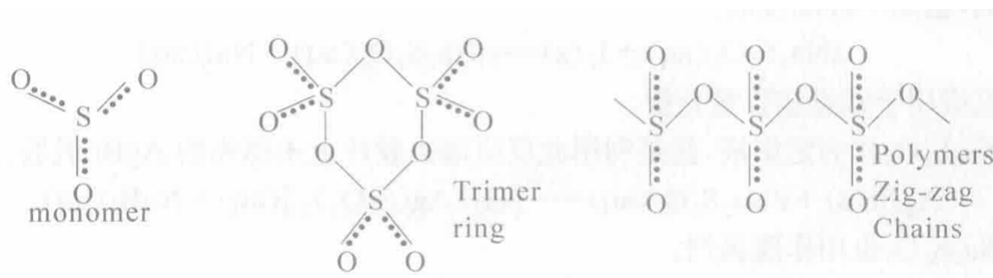
11.3.2 选择题

- (1) 下列分子中键角最大的是 (C)
A. CH_4 B. BF_3 C. ICl_2 D. PCl_5
- (2) 下列分子和离子中可能具有顺磁性的是 (C)
A. NO^+ B. O^{2-} C. O^- D. N_2

解答顺磁性的核心是单电子. 容易发现, O^- 的 $2p$ 轨道上有一个单电子, 故其有顺磁性. 其余三个选项利用 MO 分析即可.

- (3) 根据分子轨道理论, O_2^- 的键级是 (1.5)
- (4) 下列分子中, 中心原子轨道采用等性杂化的是 (B)
A. NH_3 B. SiF_4 C. H_2O D. NO_2
- (5)[本题目为单选题] 下列含硫物质中, 硫原子以 sp^2 杂化方式成键的是 (A)
A. SO_2 B. SO_3 C. SCl_4 D. SF_6

解答本题目是 21 级少年班考试中, 由和玲老师命制的题目. 本题不易做错, 但要理解为什么 B 项不正确, 需要知道 SO_3 分子聚合的现象, 由此判断 SO_3 可能为 sp^3 杂化, 从而排除 B 项. SO_3 分子聚合在多种无机化学课本中提及, 在这里给出 SO_3 分子不同成键情况的结构.(图片源于张祖德《无机化学(第二版)》)

图 11.3: SO_3 分子不同成键情况的结构

11.3.3 填空题

- (1) BCl_3 分子中离域 π 键的类型为 Π_4^6 .
- (2) 基于 VSEPR, BrF_5 的价层电子对数为 6, 孤对电子数为 1, 中心原子采取的杂化方式为 sp^3d^2 .
- (3) 乙硼烷的分子式为 B_2H_6 , 分子中共有 12 个价电子.
- (4) 在 CO_2 分子中, 存在 2 个 σ 键和 1 个 Π_3^4 离域 π 键.

11.3.4 解答题

根据分子轨道理论, 写出 NO^+ , NO , NO^- 的电子排布式, 并比较其键级和磁性强弱顺序.

解答 NO^+ : $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{2py})^2(\pi_{2pz})^2(\sigma_{2px})^2$

NO : $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{2py})^2(\pi_{2pz})^2(\sigma_{2px})^2(\pi_{2py}^*)^1$

NO^- : $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{2py})^2(\pi_{2pz})^2(\sigma_{2px})^2(\pi_{2py}^*)^1(\pi_{2pz}^*)^1$

键级分别为 3, 2.5, 2. NO^+ 不具有磁性, NO 磁性弱于 NO^- .

提示电子排布式和键级见 MO 理论, 分子磁性中孤电子越多磁性越强 ($\mu = \sqrt{n(n+2)}$).

11.4 晶体理论习题

11.4.1 是非判断题

- (1) 离子晶体和金属晶体的导电能力均随着温度升高而增加;
- (2) 绝缘材料的能隙很大, 电子难以跃迁至导带, 所以无法导电;
- (3) AgF 为离子键而 AgI 为共价键的原因是离子极化;
- (4) 碱金属和碱土金属的固体卤化物均为离子晶体;
- (5) 价电子较多的金属往往金属性较弱, 熔沸点比较低;
- (6) 锗单质, 氮化硼和碳化硅均为原子晶体;
- (7) CsCl 晶体的晶胞中含有 1 个正离子和 1 个负离子, 配位数为 8.

解答 (1) 错误 (2) 正确 (3) 正确 (4) 错误 (5) 错误 (6) 正确 (7) 正确

11.4.2 选择题

(1) 已知钾单质为体心立方晶体, 则单个晶胞含有的钾原子数量为 (2)

(2) KCl, NaCl, CaO, BaO 均为离子晶体, 其熔点高低顺序为 ($CaO > BaO > NaCl > KCl$)

解答考虑晶格能: 在 **Born-Lander equation** 中, 我们可以看到 $U \propto \frac{Z_+Z_-}{r_0}$, 由电荷和离子半径, 可以轻松估计出本题结果.

(3) 下列物质中熔点最高的可能是 (B)

A. NaCl B. MgO C. CaCl₂ D. KF

(4) 判断 KCl 的晶体结构与学过的哪种结构相似 (NaCl)

(5) Cu 单质的结构属于 (面心立方密堆积)

(6) NaF, MgO 和 CaO 的晶格能高低顺序为 ($MgO > CaO > NaF$)

11.4.3 填空题

(1) 六方密堆积和面心立方密堆积的空间利用率为 74.05%.

(2) CsCl 晶体中离子的配位数之比为 8:8.

(3) 当能带处于半满状态, 能带中的电子 能(能/不能) 自由运动, 这种材料具有 导电(导电/绝缘) 性质.

11.5 配合物理论习题

11.5.1 是非判断题

(1) 配位化合物均为有色物质;

(2) $\Delta_o > P$ 则形成低自旋配合物, $\Delta_o < P$ 则形成高自旋配合物;

(3) 非金属元素的离子也可作为配合物的中心离子;

(4) 18 电子构型的离子既具有较强的极化力, 也具有较大的变形性;

(5) 晶体场稳定化能的绝对值越大, 则配合物越稳定;

(6) 配体和中心离子间形成的 π 键会使 Δ_o 增大;

(7) 按照晶体场理论, $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ 与 $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ 具有相同的颜色.

解答 (1) 错误 (2) 正确 (3) 正确 (4) 正确 (5) 正确 (6) 错误 参考反馈 π 键 (7) 错误

11.5.2 选择题

(1) 配位化合物 $K_3[Co(NO_2)_6]$ 的正确命名为 (B)

A. 六硝基合钴酸钾

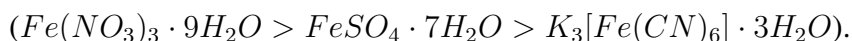
B. 六硝基合钴 (III) 酸钾

C. 六硝基合钴 (II) 酸钾

D. 六硝基合钴化钾

解答硝基的氧化态一般认为是 -1, 亚硝基的氧化态一般认为是 +1, 即 NO^+ .

(2) 从大到小, 下列化合物的磁性排序是:



解答同 6.3 解答题中提示: 孤电子越多磁性越强.

(3) 配合物二水合二草酸根合铜(II)酸钾的化学式为 $(K_2[Cu(C_2O_4)_2] \cdot 2H_2O)$.

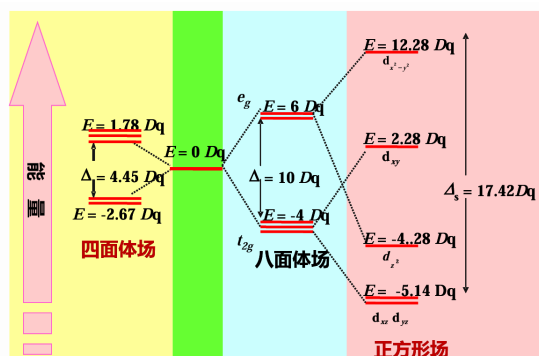
11.5.3 填空题

(1) 普鲁士蓝的酸根离子是 $[Fe(CN)_6]^{3-}$, 其中心离子为 Fe^{3+} , 配体离子为 CN^- , 配体中的 C 原子与中心离子通过配位键结合.

解答依照 **SHAB 理论**, Fe^{3+} 较软, 和 C 结合较好.

(2) 根据晶体场理论, 分裂能受到配合物几何构型的影响, 对于八面体场, 四面体场及四面体场, 其晶体场分裂能大小次序为 $\Delta_p > \Delta_o > \Delta_t$.

解答参考 PPT 与无机化学书, 该题目答案显然.



(3) 化合物 $[Fe(CN)_6]^{3-}$, 已知 $\Delta_o = 33000 \text{ cm}^{-1}$, $P = 17600 \text{ cm}^{-1}$, 属于 强(强/弱) 场, 其 $CFSE = 30800 \text{ cm}^{-1}$.

(4)(本题为补充题目) 络离子 FeF_6^{3-} 中, 其八面体场为 弱场(强场/弱场), 其电子构型为 $t_{2g}^3 e_g^1$, $CFSE = -0.6\Delta_o$.

11.6 元素化学杂题

◇ 笔者修本门课程时, 元素化学只进行了三周左右的课程, 而其内容非常简单, 考到的题目在高中难度以下, 故本章节不需要过多投入精力.

11.6.1 是非判断题

(1) 硫在含氧酸中的氧化数可以是 +2, +3, +4, +5 or +6;

(2) 卤素和氧族元素均属于非金属元素.

解答 (1) 正确 (2) 错误 考虑氧族的 Po.

11.6.2 填空题

(1) 超氧化钾的化学式是 KO_2 ，有(有/无) 顺磁性，为橙黄色，可与二氧化碳反应，其方程式为 $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$ 。