



化学

重视原型实验 提升实验探究解题能力

北京市第一七一中学 黄素兰

化学是一门以实验为基础的学科,而实验是研究和认识化学物质及化学反应的基本方法,也是高考重点考查的内容。总结近年的北京等级考考题可知,化学实验的考查主要聚焦于为获得物质而进行的制备类实验,以及为发现物质性质、物质结构或反应规律的探究类实验。在实验探究的考查中,试题常常融入无机物及其性质和化学反应原理知识,考查考生完成实验试剂选择、实验装置选取、实验方案设计、实验方案评价、实验操作步骤、实验现象描述、证据推理、原因解释、得出结论等能力。因此,在备考过程中,考生要注重对原型实验的深度思考以及培养信息的分析与整合能力。

一、物质的制备、检验与分离提纯

对于核心物质的制备、性质、检测及常用的分离提纯方法,考生要了解完整的实验过程,完整叙述对应的实验方案,明确用到的方法以及所涉及的步骤,且清楚各种实验装置或试剂选取的原则。

【例1】(2025年北京等级考第7题) 下列实验的相应操作中,不正确的是

制备并检验 SO ₂	实验室制取 O ₂	分液	蒸馏
A. 为防止有害气体逸出,先放置浸 NaOH 溶液的棉团,再加热	B. 实验结束时,先把导管移出水面,再熄灭酒精灯	C. 先打开分液漏斗上方的玻璃塞,再打开下方的活塞	D. 冷却水从冷凝管①口通入,②口流出

【分析】 本题考查了核心物质的制备及检验、实验室制取、分液和蒸馏等实验的操作,这些内容均为中学阶段新课学习的核心内容,考生在复习时要回顾操作步骤,想清楚如此操作的原因。比如上述例题的分液操作中,为了使分液漏斗中的液体顺利流出,考生需要先打开分液漏斗上方的玻璃塞,再打开下方的活塞;在蒸馏操作中为了使冷凝水与被冷凝物充分接触,要使冷凝水从下管口即图中②口通入,①口流出。在复习过程中,考生进行实验操作要做到知其然还能知其所以然,理解式学习才是克服遗忘的法宝。

核心基础实验(一)

项目	原型实验或实验对象	考查物质性质及其变化	考查实验装置	考查实验操作
制备实验	H ₂ 、O ₂ 、CO ₂ 、Fe(OH) ₂ 、Cl ₂ 、SO ₂ 、H ₂ S、NH ₃ 、NO、NO ₂ 、简单配合物、乙酸乙酯、C ₂ H ₂ 、C ₂ H ₄	反应方程式书写、试剂的选择与目的分析、实验现象的预测与分析、实验原理解释、物质的检验与分离提纯、产率或纯度计算等	仪器的识记与选择、仪器的作用分析、仪器的连接顺序等	操作的选择与描述、操作的目的分析、操作的先后顺序等
物质检测	O ₂ 、CO ₂ 、Cl ₂ 、I ₂ 、SO ₂ 、NH ₄ ⁺ 、NO、Fe ³⁺ 、Fe ²⁺ 、Ag ⁺ 、>C=C<、-CHO、C-X(卤素)、酚类、酸碱中和滴定			
分离提纯及方法	用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子、蒸馏、蒸发结晶、降温结晶、萃取与分液、过滤、洗气			

在实验复习中除了关注操作,考生也要全方位把握上表所列核心物质的制备原理及依据反应物物理性质和反应条件选取的反应装置、依据物质或微粒的特征反应确定的检验方法、除杂方法以及试剂选取、依据物质的性质选择的有害气体处理方法等。考生只有掌握原型实验的核心操作步骤并明确该操作背后的深层逻辑,才能在陌生情境中依据问题要求选择正确的实验操作。复习时,考生要对各个原型实验进行对比分析、抽丝剥茧地总结出共性、系统的问题,建构并完善逻辑思维、系统思维和模型认知,从而实现在新情境下能有效调用知识或思维模型解决问题。

二、物质性质或反应规律及原理的探究

探究类实验以探究物质的性质或反应规律及原理为载体,考查考生在实验环节中试剂选取、合理操作、进行假设、实验或方案设计及评价、变量控制、获取证据并结合证据进行分析推理、现象描述及分析解释、得出结论及对结论进行解释论证等能力的掌握。这类题目常出现在选择最后一题或整卷最后一题。

【例2】(2025年北京高考第19题节选) 化学反应平衡常数对认识化学反应的方向和限度具有指导意义。实验小组研究测定“MnO₂+2Br⁻+4H⁺⇌Mn²⁺+Br₂+2H₂O”平衡常数的方法,对照理论数据判断方法的可行性。

1. 理论分析

① Br₂ 易挥发,需控制生成 c(Br₂) 较小。

② 根据 25℃ 时 $K=6.3\times 10^4$ 分析,控制合适 pH,可使生成 c(Br₂) 较小;用浓度较大的 KBr 溶液与过量 MnO₂ 反应,反应前后 c(Br⁻) 几乎不变; c(Mn²⁺)=c(Br₂),仅需测定平衡时溶液 pH 和 c(Br₂)。

③ Br₂ 与水反应的程度很小,可忽略对测定干扰;低浓度 HBr 挥发性很小,可忽略。

2. 实验探究

序号	实验内容及现象
I	25℃,将 0.200 mol·L ⁻¹ KBr 溶液 (pH≈1) 与过量 MnO ₂ 混合,密闭并搅拌,充分反应后,溶液变为黄色,容器液面上方有淡黄色气体。
II	25℃,将 0.200 mol·L ⁻¹ KBr 溶液 (pH≈2) 与过量 MnO ₂ 混合,密闭并搅拌,反应时间与 I 相同,溶液变为淡黄色,容器液面上方未观察到黄色气体。
III	测定 I、II 反应后溶液的 pH;取一定量反应后溶液,加入过量 KI 固体,用 Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液滴定,测定 c(Br ₂)。

已知: I₂+2Na₂S₂O₃=2NaI+Na₂S₄O₆;Na₂S₂O₃ 和 Na₂S₄O₆ 溶液颜色均为无色。

② I 中,平衡后,按 $\frac{c(\text{Mn}^{2+})\cdot c(\text{Br}_2)}{c^2(\text{Br}^-)\cdot c^4(\text{H}^+)}$ 计算所得值小于 25℃ 的 K 值,是因为 Br₂ 挥发导致计算时所用_____的浓度小于其在溶液中实际浓度。

③ II 中,按 $\frac{c(\text{Mn}^{2+})\cdot c(\text{Br}_2)}{c^2(\text{Br}^-)\cdot c^4(\text{H}^+)}$ 计算所得值也小于 25℃ 的 K 值,可能原因是_____。

3. 实验改进

分析实验 I、II 中测定结果均偏小的原因,改变实验条件,再次实验。

控制反应温度为 40℃,其他条件与 II 相同,经实验准确测得该条件下的平衡常数。

① 判断该实验测得的平衡常数是否准确,应与_____值比较。

② 综合调控 pH 和温度的目的是_____。

【分析】 本实验通过测定 c(Br₂),结合反应“MnO₂+2Br⁻+4H⁺⇌Mn²⁺+Br₂+2H₂O”中各物质之间的量关系,代入平衡常数表达式,将算得数据与平衡常数的理论数据比较,通过调控条件最终找到合适的测该反应平衡常数的实验条件。在实验 I 中,考生通过实验现象可知 Br₂ 有挥发,则实验中测得的 c(Br₂) 比体系中的 c(Mn²⁺) 偏小,但依据理论分析,若计算时还用 c(Mn²⁺)=c(Br₂) 的关系,则计算所得数值必然出现显著误差,即计算所得的 K 偏小。实验 II 所取反应条件显然是在规避实验 I 条件下造成的 Br₂ 挥发的问题,反应物中 c(H⁺) 比实验 I 减小的情况下,与实验 I 保持了相同的反应时间,反应物浓度减小导致反应速率变小,因此反应未达平衡就测 c(Br₂),从而使计算所得 K 比理论值偏小。因此,考生要继续寻找合适的反应条件,并最终通过控制反应体系 pH≈2 和温度为 40℃ 的条件准确测得反应的平衡常数,由于平衡常数只和温度有关系,因此 40℃ 时测得的数据要和该温度下的理论数据比较,分析实验 I、II 测定结果偏小的原因分别为 I 中 Br₂ 有挥发和 II 中反应速率较慢,从而可得出最后一问的答案。

试题考查了考生信息处理、结合证据进行分析推理、对结论的分析解释、实验方案评价等能力。在复习备考过程中,无论是进行实验还是完成实验类试题,考生都要注意培养这些方面能力。考生对原型实验的深度思考与学习过程,对于以上能力的培养大有裨益。考生可以对照下表所示的原型实验,从实验原理、方案、操作、证据获取、得出结论等方面进行复习,找出自己的不足之处并进行补足。

核心基础实验(二)

实验类型	原型实验或实验对象
物质性质	铁及其化合物的性质,硫及其化合物的相互转化,同周期、同主族元素性质的递变,乙醇、乙酸的主要性质,乙酸乙酯的性质,糖类的性质
反应规律及原理	化学反应速率的影响因素,影响化学平衡移动的因素,化学能转化为电能,简单的电镀实验,制作氢氧燃料电池,盐类水解的应用