中五化学练习卷（第三份）：反应速率与碰撞理论、化学平衡与平衡常数、弱酸 pH 与滴定曲线、电解与法拉第定律、焓变与赫斯定律、氧化还原滴定（100 分）

中五化学 | 100 分 | 75 分鐘

第一题：反应速率与碰撞理论

把过量的大理石碎（碳酸钙）加入 50.0 cm³ 的 1.0 M 盐酸，在 25 °C 下量度放出二氧化碳的体积，结果如下：0 秒 0 cm³、20 秒 48 cm³、40 秒 72 cm³、60 秒 86 cm³、80 秒 94 cm³、100 秒 98 cm³、120 秒 98 cm³。

计算首 40 秒的平均反应速率（以 cm³ s⁻¹ 表示）。*(5 分)*

答案：平均速率 = (72 − 0) ÷ 40 = 1.8 cm³ s⁻¹。

比较首 20 秒与第 20 至 40 秒的平均速率，并解释差异。*(4 分)*

答案：首 20 秒 = 48 ÷ 20 = 2.4 cm³ s⁻¹；第 20 至 40 秒 = (72 − 48) ÷ 20 = 1.2 cm³ s⁻¹。后段较慢，因盐酸浓度随反应消耗而下降，撞击频率减少。

若把相同质量的大理石改为粉末，曲线有何改变？最终气体体积是否改变？*(4 分)*

答案：粉末表面积较大，撞击频率增加，反应较快，曲线较陡且较早到达平台；但碳酸钙摩尔数相同，最终体积仍是 98 cm³，不变。

提出两项可加快此反应而又不改变最终气体体积的方法，并说明原因。*(3 分)*

答案：① 提高温度：粒子平均动能增加，超过活化能的碰撞增多。② 加入催化剂：提供较低活化能的另一反应途径。两者都不改变反应物的摩尔数。

第二题：化学平衡与平衡常数

在 500 °C 下，把氮气与氢气放入密闭容器，反应 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$，$\Delta H = -92\ kJ\ mol^{-1}$。达平衡时各物质浓度为 $[N_2] = 0.50\ M$、$[H_2] = 0.30\ M$、$[NH_3] = 0.40\ M$。

写出平衡常数 Kc 的表达式，并计算其值及单位。*(5 分)*

答案：$K_c = [NH_3]^2 \div ([N_2][H_2]^3) = 0.40^2 \div (0.50 \times 0.30^3) = 11.9$，单位为 $mol^{-2}\ dm^6$（即 $(mol\ dm^{-3})^{-2}$）。

在同温下把容器体积减半，平衡位置及 Kc 如何变化？*(4 分)*

答案：体积减半即所有浓度加倍，反应向气体摩尔数较少的一方（右边，Δn = −2）移动，氨的产量增加；Kc 只随温度改变，同温下不变。

把温度升至 600 °C，Kc 及氨的平衡产量有何变化？解释。*(4 分)*

答案：正反应放热（ΔH = −92 kJ mol⁻¹），升温使平衡向左（吸热方向）移动，氨的产量下降，Kc 亦减少。

加入铁催化剂对 Kc 及平衡位置有何影响？*(4 分)*

答案：催化剂同时加快正、逆反应，缩短达平衡的时间，但不会改变 Kc，也不会改变平衡位置。

第三题：弱酸 pH 与滴定曲线

在 25 °C 下，用 0.100 M 氢氧化钠溶液滴定 25.0 cm³ 的 0.100 M 乙酸（CH_3COOH），乙酸的 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$。

计算滴定前溶液的 pH。*(4 分)*

答案：$[H^+] = \sqrt{(K_a \times c)} = \sqrt{(1.8\times10^{-5} \times 0.100)} = 1.34e\text{-}03$ M，pH = 2.87。

计算达当量点时所加入氢氧化钠的体积。*(3 分)*

答案：摩尔比 1:1，$V = (0.100 \times 25.0) \div 0.100 = 25.0$ cm³。

计算当量点时溶液的 pH（盐浓度 0.050 M）。*(5 分)*

答案：乙酸根水解：$K_b = K_w \div K_a = 5.56\times10^{-10}$，$[OH^-] = \sqrt{(K_b \times 0.050)} = 5.27e\text{-}06$ M，pOH = 5.28，pH = 8.72。

应选用哪种指示剂？说明理由。*(5 分)*

答案：用酚酞（变色范围 pH 8.3 – 10.0），因当量点 pH 约 8.72，呈弱碱性，落在酚酞变色范围内；甲基橙（pH 3.1 – 4.4）会过早变色。

第四题：电解与法拉第定律

以 2.0 A 的稳定电流电解硫酸铜(II)溶液 30 分钟（1 F = 96500 C mol⁻¹，Cu = 63.5，摩尔体积在室温为 24.0 dm³ mol⁻¹）。

计算通过的电量及电子摩尔数。*(5 分)*

答案：$Q = It = 2.0 \times 1800 = 3600$ C；电子摩尔数 $= 3600 \div 96500 = 0.0373$ mol。

以铜为阴极，计算阴极增加的质量。*(5 分)*

答案：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$，铜摩尔数 $= 0.0373 \div 2 = 0.0187$ mol，质量 $= 0.0187 \times 63.5 = 1.18$ g。

若改用惰性电极电解稀硫酸，计算阳极放出氧气的体积（cm³）。*(4 分)*

答案：阳极：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$，氧摩尔数 $= 0.0373 \div 4 = 0.0093$ mol，体积 $= 0.0093 \times 24000 = 224$ cm³（阴极氢气则为 448 cm³）。

若要电镀 0.200 mol 银，以 5.0 A 进行需时多少秒？*(3 分)*

答案：$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$，需 0.200 mol 电子，电量 $= 0.200 \times 96500 = 19300$ C，$t = 19300 \div 5.0 = 3860$ 秒。

第五题：焓变与赫斯定律

已知标准生成焓：CO_2 (g) −394 kJ mol⁻¹、H_2O(l) −286 kJ mol⁻¹、C_2H_5OH(l) −277 kJ mol⁻¹、CO(g) −111 kJ mol⁻¹；水的比热容量 4.2 J g⁻¹ K⁻¹，乙醇摩尔质量 46.0 g mol⁻¹。

计算乙醇的标准燃烧焓。*(5 分)*

答案：$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$，$\Delta H_c = 2(-394) + 3(-286) - (-277) = -1369$ kJ mol⁻¹。

燃烧 4.6 g 乙醇可放出多少能量？*(5 分)*

答案：摩尔数 $= 4.6 \div 46.0 = 0.100$ mol，能量 $= 0.100 \times 1369 = 136.9$ kJ。

若上述能量全部用来加热 25 °C 的水至 65 °C，可加热水的质量是多少？*(4 分)*

答案：$\Delta T = 40$ K，$m = 136900 \div (4.2 \times 40) = 815$ g。

用赫斯定律求 $CO(g) + H_2O(l) \rightarrow CO_2(g) + H_2(g)$ 的 ΔH，并指出实验值常较理论值放热少的原因。*(3 分)*

答案：$\Delta H = (-394 + 0) - (-111 - 286) = +3$ kJ mol⁻¹（吸热）。实验值偏小因热量散失、燃烧不完全及水 / 乙醇蒸发吸热。

第六题：氧化还原滴定

用 0.0200 M 酸化高锰酸钾溶液滴定 25.0 cm³ 的硫酸铁(II)溶液，三次滴定平均用量 24.0 cm³；另用该铁(II)溶液滴定 25.0 cm³ 的 0.0167 M 重铬酸钾溶液。

写出配平离子方程式，并求铁(II)溶液的浓度。 *(5 分)*

答案：$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$；$MnO_4^- = 0.0200 \times 0.0240 = 0.0005$ mol，$Fe^{2+} = 5 \times 0.0005 = 0.0024$ mol，$c = 0.0024 \div 0.0250 = 0.0960$ M。

指出锰及铁在反应中的氧化数变化。 *(3 分)*

答案：锰由 +7 降至 +2（还原，得 5 个电子）；铁由 +2 升至 +3（氧化，每个失 1 个电子）。

为何高锰酸钾滴定不需要另加指示剂？ *(4 分)*

答案：高锰酸钾本身呈深紫色，滴定时被还原成近乎无色的 Mn^{2+}；到达终点时一滴过量的 MnO_4^- 使溶液呈持续浅粉红色，故可自指示。

计算滴定 25.0 cm³ 重铬酸钾溶液所需铁(II)溶液的体积。 *(4 分)*

答案：$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6Fe^{2+} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 6Fe^{3+}$；$Cr_2O_7^{2-} = 0.0004$ mol，$Fe^{2+} = 6 \times 0.0004 = 0.0025$ mol，$V = 0.0025 \div 0.0960 \times 1000 = 26.1$ cm³。