中六化學練習卷：化學平衡、酸鹼緩衝、電解與電池、反應速率與工業流程

中六　中六化學　｜　時限：60 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 24 題

第一部分：化學平衡（20 分）

本部分共四題，須列出計算步驟，答案須附單位及適當有效數字。

1. 在 298 K，把 0.200 mol 四氧化二氮 N2O4 放入 1.0 dm3 的密閉容器；達至平衡時 N2O4 的濃度為 0.140 mol dm-3。反應 N2O4 生成 2NO2 為可逆反應。求平衡時 NO2 的濃度，並計算 Kc。

答案：消耗的 N2O4 = 0.200 - 0.140 = 0.060 mol dm-3；NO2 = 2 × 0.060 = 0.120 mol dm-3；Kc = (0.120)² ÷ 0.140 = 0.103 mol dm-3（3 位有效數字）。

2. 計算在該溫度下 N2O4 的解離度，並以百分比表示。

答案：解離度 = 0.060 ÷ 0.200 = 0.30，即 30.0%。

3. 已知 Kp = Kc(RT) 的 Δn 次方，其中 Δn 為氣體摩爾數的變化量，R = 0.0821 dm3 atm K-1 mol-1。求 298 K 時的 Kp。

答案：Δn = 2 - 1 = 1；RT = 0.0821 × 298 = 24.5；Kp = 0.103 × 24.5 = 2.52 atm（氣體以分壓表示）。

4. 若在定溫下把容器體積壓縮至原來的一半，平衡位置會怎樣移動？另解釋溫度升高對 Kc 的影響（已知正反應為放熱反應）。

答案：壓縮體積令所有氣體濃度同時增大，反應向氣體摩爾數較少的一方移動，即向 N2O4 移動，NO2 的摩爾分數下降。正反應放熱，升溫令平衡向逆反應方向移動，Kc 數值減小。

第二部分：酸鹼、pH 與緩衝溶液（18 分）

本部分共四題，須寫出所用的近似及計算步驟。

5. 25 °C 時，0.100 mol dm-3 乙酸溶液的 Ka = 1.8 × 10 的 -5 次方。計算此溶液的 pH，並假設平衡時酸的濃度變化可忽略。

答案：Ka = x² ÷ 0.100，故 x = √(1.8e-5 × 0.100) = 1.34e-03 mol dm-3；pH = -log(1.34e-03) = 2.87。

6. 把 0.100 mol 乙酸與 0.100 mol 乙酸鈉溶於水並稀釋至 1.0 dm3。求此緩衝溶液的 pH；再加入 0.010 mol 氫氯酸（體積變化可忽略），求新的 pH。

答案：pKa = -log(1.8e-5) = 4.74，酸與鹽摩爾數相同，故初時 pH = pKa = 4.74。加入強酸後乙酸變為 0.110 mol、乙酸鈉變為 0.090 mol，pH = 4.74 + log(0.090 ÷ 0.110) = 4.66。

7. 用 0.100 mol dm-3 氫氧化鈉滴定 25.0 cm3 上述乙酸溶液。求達至等當點所需的鹼體積；並解釋等當點 pH 高於 7 的原因，再計算該 pH（Kb = Kw ÷ Ka，Kw = 1.0 × 10 的 -14 次方）。

答案：酸與鹼摩爾比 1:1，故所需 NaOH 體積 = 25.0 cm3。等當點溶液中只有乙酸鈉，濃度 = 0.100 × 25.0 ÷ 50.0 = 0.0500 mol dm-3；Kb = 1.0e-14 ÷ 1.8e-5 = 5.56e-10；[OH-] = √(Kb × 濃度) = 5.27e-06 mol dm-3；pOH = 5.28，pH = 8.72。乙酸根水解生成 OH-，故溶液呈鹼性。

8. 說明為何此滴定宜用酚酞而不用甲基橙作為指示劑。

答案：等當點 pH 約 8.7；酚酞變色範圍約 8.2 至 10.0，涵蓋此值，故終點與等當點接近。甲基橙變色範圍約 3.1 至 4.4，遠低於等當點 pH，會在加入鹼量不足時已變色，令測得的終點體積偏小。

第三部分：電解與電化學電池（18 分）

本部分共四題，計算須寫出半反應式及代入的數值。

9. 以 2.00 A 的電流電解硫酸銅(II) 溶液 30.0 分鐘，兩極均為鉑（惰性）。已知 1 法拉第 = 96500 C mol-1，銅的相對原子質量 = 63.5。求陰極析出銅的質量。

答案：電量 = 2.00 × 1800 = 3600 C；電子摩爾數 = 3600 ÷ 96500 = 0.0373 mol；陰極反應 Cu2+ + 2e- 生成 Cu，故銅 = 0.0187 mol；質量 = 0.0187 × 63.5 = 1.18 g。

10. 在同一電解中，求陽極放出氧氣的體積（室溫，摩爾氣體體積 = 24.0 dm3 mol-1）。

答案：陽極反應 2H2O 生成 O2 + 4H+ + 4e-；氧氣摩爾數 = 0.0373 ÷ 4 = 9.33e-03 mol；體積 = 9.33e-03 × 24.0 = 0.224 dm3，即約 224 cm3。

11. 以銅電極（Cu2+/Cu，標準電極電勢 = +0.34 V）與鋅電極（Zn2+/Zn，標準電極電勢 = -0.76 V）組成丹尼爾電池。求電池的標準電動勢，並指出電子在外電路中的流向。

答案：標準電動勢 = 0.34 - (-0.76) = 1.10 V。鋅的還原電勢較低，作陽極進行氧化（Zn 生成 Zn2+ + 2e-），電子由鋅極經外電路流向銅極（陰極）。

12. 解釋電池中多孔隔膜（或鹽橋）的作用，並說明移除它會有甚麼後果。

答案：隔膜容許離子通過，以維持兩個半電池的電中性，並阻止銅(II) 離子與鋅金屬直接接觸。移除後兩溶液混合，鋅會直接把電子轉移給銅(II) 離子，氧化與還原在同一位置發生，外電路再無穩定電子流，電池電壓迅速下降至零。

第四部分：反應速率與催化（14 分）

本部分共四題，數據取自同一溫度的初始速率實驗，須說明級數的判斷方法。

13. 某溫度下 A 與 B 反應的初始速率數據如下：實驗 1，[A] = 0.10、[B] = 0.10 mol dm-3，速率 = 2.0 × 10 的 -4 次方 mol dm-3 s-1；實驗 2，[A] = 0.20、[B] = 0.10，速率 = 8.0 × 10 的 -4 次方；實驗 3，[A] = 0.10、[B] = 0.20，速率 = 4.0 × 10 的 -4 次方。求反應對 A 及對 B 的級數，並寫出速率方程。

答案：比較實驗 1 與 2：[A] 加倍而 [B] 不變，速率由 2.0e-4 增至 8.0e-4，即 4 倍，故對 A 為二級。比較實驗 1 與 3：[B] 加倍而 [A] 不變，速率增至 2 倍，故對 B 為一級。速率方程為 速率 = k[A]²[B]，總級數為 3。

14. 由上述數據計算速率常數 k，並寫出它的單位。

答案：k = 2.0e-4 ÷ (0.10² × 0.10) = 0.20；單位為 dm6 mol-2 s-1（由每次濃度的冪次相加而得）。

15. 另一反應為一級反應，速率常數 k = 0.0231 s-1。求其半衰期。

答案：一級反應半衰期 = ln2 ÷ k = 0.693 ÷ 0.0231 = 30.0 s，與初始濃度無關。

16. 某催化劑使反應的活化能降低 20.0 kJ mol-1。在 298 K 時，反應速率約增大多少倍？（R = 8.314 J K-1 mol-1）

答案：由阿倫尼烏斯方程，速率比 = e 的 (Ea ÷ RT) 次方 = e 的 (20000 ÷ (8.314 × 298)) 次方 = e 的 8.07 次方 ≈ 3205，即約 3.2 × 10 的 3 次方 倍；故催化劑大幅提高反應速率。

第五部分：工業流程與綠色化學（18 分）

本部分共四題，以哈伯法合成氨為背景，摩爾質量用 N = 14.0、H = 1.0。

17. 哈伯法以氮氣與氫氣（摩爾比 1:3）在 450 °C、200 atm 及鐵催化劑下合成氨：N2 + 3H2 生成 2NH3，為可逆的放熱反應。若每次通過催化床的轉化率為 15%，以 100 mol N2 及 300 mol H2 為進料，求出口氣體中各組分的摩爾數。

答案：反應的 N2 = 15 mol，反應的 H2 = 3 × 15 = 45 mol，生成 NH3 = 2 × 15 = 30 mol。出口：N2 = 85 mol、H2 = 255 mol、NH3 = 30 mol，合共 370 mol。

18. 承上題，求出口氣體中氨的摩爾分數，以及生成氨的質量。

答案：摩爾分數 = 30 ÷ 370 = 0.0811，即 8.1%。氨的摩爾質量 = 14.0 + 3 × 1.0 = 17.0 g mol-1，質量 = 30 × 17.0 = 510 g。

19. 計算此反應的原子經濟性（生成氨的質量相對反應物總質量），並說明工業上為何仍要把未反應的氣體循環再用。

答案：反應物質量 = 15 × 28.0 + 45 × 2.0 = 510 g，與生成物 510 g 相同，故原子經濟性 = 100%，反應中所有原子都進入目標產物。但單次轉化率只有 15%，循環再用可提高整體原料利用率、減少氣體排放及原料成本。

20. 解釋工業上為何選用 450 °C 而非更低溫度，並說明採用高壓的兩項好處。

答案：正反應放熱且氣體摩爾數由 4 減至 2，故低溫高壓在熱力學上有利。然而溫度太低反應速率過慢，鐵催化劑亦要有足夠溫度才有活性，450 °C 是產率與速率的折衷。高壓一方面提高平衡產率，另一方面提高氣體濃度而加快反應速率。

第六部分：綜合計算（12 分）

本部分共四題，須列出完整計算步驟，答案須附單位及正確有效數字。

21. 把 2.50 g 碳酸鈣（CaCO3，摩爾質量 = 100.1 g mol-1）加入過量的 1.00 mol dm-3 氫氯酸中並完全反應。求生成二氧化碳在室溫下的體積（摩爾氣體體積 = 24.0 dm3 mol-1）。

答案：CaCO3 摩爾數 = 2.50 ÷ 100.1 = 2.50e-02 mol；由 CaCO3 + 2HCl 生成 CaCl2 + CO2 + H2O，CO2 摩爾數相同，故體積 = 2.50e-02 × 24.0 = 0.599 dm3，即約 599 cm3（3 位有效數字）。

22. 承上題，求最少需要 1.00 mol dm-3 氫氯酸的體積。

答案：由化學計量，HCl 摩爾數 = 2 × 2.50e-02 = 5.00e-02 mol；體積 = 5.00e-02 ÷ 1.00 = 0.0500 dm3，即約 50 cm3。

23. 25.0 cm3 的 0.100 mol dm-3 氫氧化鈉溶液恰好中和 20.0 cm3 的硫酸溶液。求該硫酸的濃度。

答案：NaOH 摩爾數 = 0.0250 × 0.100 = 2.50e-03 mol；H2SO4 為二元酸，中和時摩爾數為其一半，即 1.25e-03 mol；濃度 = 1.25e-03 ÷ 0.0200 = 0.0625 mol dm-3。

24. 第一題的答案應保留幾位有效數字？並指出計算過程中必須寫出的單位。

答案：2.50 g 與 100.1 g mol-1 均為 3 位有效數字，故答案取 3 位，即 0.599 dm3。計算中必須寫出摩爾數的單位 mol 及體積的單位 dm3（或 cm3），否則扣分。

TutorZone 中六中六化學練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。