

EXAMEN FINAL: CHM1701, CHM1711 A, CHM1711 B

Principes de chimie

Professeur: Alain St-Amant

lundi le 16 décembre 2019, 9h30 – 12h30

INSTRUCTIONS

- vérifiez que vous avez toutes les 17 pages de cet examen
- répondez à toutes les questions
- si vous en avez besoin, vous pouvez travailler sur le verso d'une page
- les formules et le tableau périodique sont fournis à la fin

Il est interdit de se servir de téléphones cellulaires, de dispositifs électroniques non autorisés ou de notes de cours. Les téléphones et les dispositifs doivent être fermés et rangés dans votre sac: vous ne pouvez pas les laisser dans vos poches ou sur vous-mêmes. Sinon, des allégations de fraude scolaire pourraient être déposées, ce qui pourrait engendrer une attribution d'une note de 0 (zéro) pour cet examen.

En apposant votre signature sur cette page d'examen, vous reconnaissez l'importance de respecter l'énoncé ci-dessus.

NOM: _____ #: _____

signature: _____

Partie A (20 points)

Répondez à chacune des 20 questions de cette partie. Chaque question vaut 1 point. Pour chacune des questions, donnez une réponse brève (i.e., soit un ou deux mots, soit un dessin, ou soit quelques chiffres). N'expliquez pas votre raisonnement. Si vous avez besoin d'espace pour travailler afin d'arriver à votre réponse finale, S.V.P. faire ce travail sur les feuilles de formules et donnez seulement la réponse finale dans l'espace prévu à cette fin.

- (1) Donnez une structure de Lewis raisonnable pour le NO_2 , incluant les charges formelles (N.B. le N est l'atome central).
- (2) Donnez une structure de Lewis raisonnable pour le ONC^- , incluant les charges formelles (N.B. le N est l'atome central).
- (3) Donnez une structure de Lewis raisonnable pour le XeOF_3^+ , incluant les charges formelles (N.B. le Xe est l'atome central).
- (4) Dessinez la structure tridimensionnelle de SF_3^- (N.B. le S est l'atome central).
- (5) Dessinez la structure tridimensionnelle de XeF_3^- (N.B. le Xe est l'atome central).
- (6) Dessinez la structure tridimensionnelle de SF_4^{2+} (N.B. le S est l'atome central).

- (7) Qu'appelle-t-on la température et pression où les phases solide, liquide et gaz d'une substance sont en équilibre?
- (8) La constante ébullioscopique de l'eau est $0.52\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Quel est le point d'ébullition d'une solution aqueuse qui est (simultanément) 1.00 m en CaCl_2 et 2.00 m en NaCl (tous les deux sont des électrolytes forts)?
- (9) La constante cryoscopique de l'eau est $1.86\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Quel est le point de congélation d'une solution aqueuse 0.50 m en Na_3PO_4 (un électrolyte fort)?
- (10) Quelle est l'hybridation du Xe central dans le XeO_3 ?
- (11) Quelle est l'hybridation du N central dans le NO_3^- ?
- (12) Quelle est l'hybridation du I central dans le IF_4^+ ?
- (13) Parmi F^- , Ne , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+} , Si^{4-} , P^{3-} , S^{2-} , Cl^- , Ar , et K^+ , lequel a le plus petit rayon?

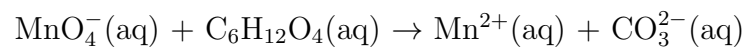
- (14) Parmi F^- , Ne, Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+} , Si^{4-} , P^{3-} , S^{2-} , Cl^- , Ar, et K^+ , lequel a la plus grande énergie d'ionisation?
- (15) Il y a combien de liaisons σ et combien de liaisons π dans le CO_3^{2-} (N.B. le C est l'atome central)? Vous devez donner les deux bonnes valeurs pour recevoir le point.
- (16) Dans l'atome de Kr (dans son niveau fondamental), combien d'électrons ont $l = 1$ et $m = -1$?
- (17) Dans l'atome de As (dans son niveau fondamental), combien d'électrons ont $m = +1$?
- (18) Dans l'ion Zn^{2+} (dans son niveau fondamental), combien d'électrons ont $m = 0$?
- (19) Quelle est la charge effective vue par un électron de valence dans le Ti^{4+} ?
- (20) La pression de vapeur de l'eau au-dessus d'une solution aqueuse est 0.90 atm à $100^\circ C$. Quelle est la fraction molaire de l'eau dans cette solution?

Partie B (80 points)

Répondez à chacune des 10 questions de cette partie. Chaque question vaut 8 points. S.V.P. montrez votre travail. Travaillez sur le verso d'une page, si nécessaire.

Question 1

Équilibrez la réaction suivante, en solution basique,



Question 2

- (a) (5 points) La composition centésimale d'une substance inconnue est 45.27% C, 34.46% O, 11.31% N, et 8.95% H. Quelle est sa formule empirique?
- (b) (3 points) On a 777 mL d'une solution aqueuse de NaOH (NaOH est un électrolyte fort). On ajoute un excès de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ pour produire le précipité $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s})$. On produit 0.33 g de $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s})$. Quel était le pH original de la solution de NaOH? La température est 25.0°C .

Question 3

On fait la combustion du butane, $C_4H_{10}(l)$ (N.B. la combustion est la réaction d'une substance avec le $O_2(g)$ pour produire le $CO_2(g)$ et le $H_2O(l)$). Quelles sont les valeurs de Q , W , ΔU , et ΔH pour la combustion de 1.000 mol de butane sous une pression constante de 1.000 atm et une température de $25.0^\circ C$? Maintenant, si au lieu de le faire à pression constante on le faisait à volume constant, quelles seraient les valeurs de Q et W pour la combustion de 3.333 mol de butane à volume constant et à $25.0^\circ C$?

données

- $\Delta H_f^\circ (C_4H_{10}, l) = -125.6 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ (CO_2, g) = -393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ (H_2O, l) = -285.8 \text{ kJ mol}^{-1}$

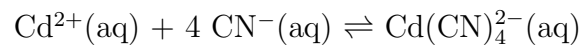
Question 4

À 25.0°C, on place 3.33 g d'un acide, HA, dans assez d'eau pour produire 25.0 mL de solution. On titre cette solution avec une solution 0.444 M en NaOH et on a besoin 18.8 mL pour atteindre le point d'équivalence. La constante d'ionisation de HA, K_a , est 5.5×10^{-6} . La température est 25.0°C.

- (a) (2 points) Quelle est la masse molaire de HA?
- (b) (2 points) Quel était le pH original de la solution de HA(aq)?
- (c) (2 points) Quel est le pH au point d'équivalence?
- (c) (2 points) Quelle était le pH après l'ajout de 9.4 mL des 18.8 mL de la solution 0.444 M en NaOH (soit exactement à mi-chemin dans le titrage et nous avons autant de HA(aq) que $A^-(aq)$)?

Question 5

- (a) (4 points) La constante de formation, K_f , de $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}(\text{aq})$



est 7.7×10^{16} . On dissout 0.0555 mol de $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ dans 1.000 L d'une solution 0.666 M en NaCN. Faites l'approximation que le volume reste fixe à 1.000 L. Quelles sont les concentrations de $\text{Cd}^{2+}(\text{aq})$, $\text{CN}^{-}(\text{aq})$ et $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}(\text{aq})$ à l'équilibre? La température est 25.0°C.

- (b) (4 points) Le produit de solubilité de PbCl_2 est 1.6×10^{-5} . Calculez sa solubilité (en g/L) dans une solution 0.66 M en CaCl_2 . La température est 25.0°C.

Question 6

- (a) (4 points) Pour la réaction $2 \text{A}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{aq}) + 2 \text{C}(\text{aq})$, la valeur de ΔG est -3.33 kJ lorsque les concentrations de $\text{A}(\text{aq})$, $\text{B}(\text{aq})$, et $\text{C}(\text{aq})$ sont 0.333 M , 0.555 M , et 0.666 M . Quelle est la valeur de la constante d'équilibre pour cette réaction? La température est toujours 25.0°C .
- (b) (4 points) Pour la réaction $3 \text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{B}(\text{g}) + 3 \text{C}(\text{g})$, on commence avec seulement le $\text{A}(\text{g})$. À l'équilibre, la pression partielle de $\text{C}(\text{g})$ est 4.20 atm . La constante d'équilibre pour cette réaction est 15.5 . Quelle est la pression de $\text{A}(\text{g})$ à l'équilibre? Quelle était la pression initiale de $\text{A}(\text{g})$? La température est toujours 25.0°C .

Question 7

- (a) (4 points) On place 88.8 g d'un métal à 90.00°C dans 222.2 g d'eau à 20.00°C. L'eau est dans un bécher qui est aussi à 20.00°C. La chaleur spécifique de l'eau est $4.184 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$ et la température finale des deux substances et du bécher est 23.00°C. La capacité calorifique du bécher est 0.777 kJ K^{-1} . Quelle est la chaleur spécifique du métal?
- (b) (4 points) Pour la réaction $A(l) \rightleftharpoons A(g)$, la constante d'équilibre est 0.111 à 25.0°C et 0.333 à 50.0°C. Faisant l'approximation que les variations dans l'enthalpie et dans l'entropie ne varient pas avec la température, à quelle température est-ce que la constante d'équilibre sera égale à 2.00?

Question 8

- (a) (4 points) La réaction $A(\text{aq}) \rightarrow B(\text{aq})$ est une réaction d'ordre un par rapport à $A(\text{aq})$. La concentration de $A(\text{aq})$ après 100.0 s de réaction est 0.477 M. La concentration de $A(\text{aq})$ après un autre 300.0 s (donc 400.0 s au total) est 0.277 M. Quelle était la concentration initiale de $A(\text{aq})$? La température est toujours 25.0°C.
- (b) (4 points) La réaction $2 A(\text{aq}) \rightarrow B(\text{aq}) + C(\text{aq})$ est une réaction d'ordre deux par rapport à $A(\text{aq})$. Lorsque la concentration de $A(\text{aq})$ est 0.300 M et la température est 25.0°C, la vitesse de la réaction est 0.00100 M/s. Lorsqu'on diminue la concentration de $A(\text{aq})$ à 0.100 M et on augmente la température à 75.0°C, la vitesse de la réaction est 0.00500 M/s. Quelle est l'énergie d'activation pour cette réaction?

Question 9

- (a) (4 points) HA est un acide faible. On mélange 2.000 L d'une solution 0.444 M en NaA avec 0.500 L d'une solution 0.222 M en HCl. Le pH de la solution produite (avec un volume de 2.500 L) est 5.55. Quelle est la valeur de la constante de dissociation pour l'acide faible HA? La température est 25.0°C.
- (b) (4 points) Pour la réaction $2 A(aq) \rightleftharpoons B(aq) + C(aq)$, la constante d'équilibre est 4.44 à 25°C. Les concentrations initiales de A(aq), B(aq), et C(aq) sont 0.222 M, 0.444 M, et 0.333 M, respectivement. Quelle sera la concentration de A(aq) lorsqu'on atteindra l'équilibre à 25.0°C?

Question 10

On a une solution aqueuse avec un pourcentage massique de 20.0% pour le $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (le $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ est le seul soluté). La masse volumique de cette solution est 0.945 g/mL. Calculez la molarité, molalité, et la fraction molaire de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dans cette solution aqueuse.

constantes fondamentales:

$$R = 8.3145 \text{ kPa L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.08206 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$N_A = 6.022 \times 10^{23}$$

formules:

masse volumique:

$$\rho = \frac{\text{masse}}{\text{volume}}$$

équation des gaz parfaits:

$$PV = nRT \quad ; \quad \frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

masse molaire d'un gaz:

$$M = \frac{\rho RT}{P}$$

fraction de mole:

$$X_A = \frac{n_A}{n_T}$$

loi des pressions partielles de Dalton:

$$P_A = X_A P_T \quad ; \quad P_A V = n_A R T \quad ; \quad P_T V = n_T R T$$

vitesse quadratique moyenne:

$$v_{quad} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

premier principe de la thermodynamique:

$$\Delta U = Q + W$$

enthalpie:

$$H = E + PV$$

chaleur spécifique et capacité calorifique:

$$Q = C \Delta T = ms \Delta T$$

variation d'enthalpie standard:

$$\Delta H^\circ = \sum_A^{\text{produits}} n_A \Delta H_f^\circ(A) - \sum_B^{\text{réactifs}} n_B \Delta H_f^\circ(B)$$

travail d'expansion d'un gaz (pression externe constante):

$$w = -P_{ex} \Delta V$$

réaction chimique, température constante:

$$\Delta H = \Delta U + RT \Delta n_{gaz}$$

à pression constante:

$$\Delta H = Q$$

à volume constant:

$$\Delta U = Q$$

variation d'entropie, température constante:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

deuxième principe de la thermodynamique:

$$\Delta S_{univers} \geq 0$$

variation d'entropie standard:

$$\Delta S^\circ = \sum_A^{\text{produits}} n_A S^\circ(A) - \sum_B^{\text{réactifs}} n_B S^\circ(B)$$

enthalpie libre:

$$G = H - TS$$

variation d'enthalpie libre, température constante:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

variation d'enthalpie libre standard:

$$\Delta G^\circ = \sum_A^{\text{produits}} n_A \Delta G_f^\circ(A) - \sum_B^{\text{réactifs}} n_B \Delta G_f^\circ(B)$$

variation d'entropie pour une transition de phase (P constante):

$$\Delta S_{transition} = \frac{\Delta H_{transition}}{T_{transition}}$$

variation d'enthalpie libre:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

relation entre la variation d'enthalpie libre standard et la constante d'équilibre:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad \text{ou} \quad K = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}}$$

équation de van't Hoff:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

titrage (point d'équivalence, pour un acide/base avec seulement un proton à donner/accepter):

$$C_A V_A = C_B V_B$$

équation Henderson-Hasselbach:

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

acide-base conjugué:

$$K_a K_b = K_{eau} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (à } 25^\circ\text{C)}$$

réaction d'ordre 1:

$$\ln [A] = \ln [A]_o - kt \quad ; \quad \ln \frac{[A]_o}{[A]} = kt \quad ; \quad [A] = [A]_o e^{-kt} \quad ; \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{k}$$

l'équation d'Arrhenius:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

la charge effective:

$$Z_{eff} = Z - \sigma$$

la loi de Raoult:

$$P_{solvant} = X_{solvant}P_{solvant}^{\circ} \quad ; \quad \Delta P = X_{soluté}P_{solvant}^{\circ}$$

l'élevation du point d'ébullition:

$$\Delta T_{eb} = iK_{eb}m$$

l'abaissement du point de congélation:

$$\Delta T_{cong} = iK_{cong}m$$

l'équation quadratique:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$