

CONCOURS CANADIEN DE CHIMIE 2022
Pour les étudiants du secondaire et du CÉGEP
(Remplace l'examen national de chimie des écoles secondaires)

PARTIE C: L'OLYMPIADE CANADIENNE DE CHIMIE
Examen final de sélection 2022
Questions à développement (120 minutes)

Cette section comprend cinq (5) questions. Les étudiants doivent tenter de répondre à **toutes** les questions en 2 heures. Toutefois, il est admis que les connaissances théoriques diffèrent d'un étudiant à l'autre et donc **les étudiants qui manqueront certaines questions ne seront pas nécessairement éliminés des compétitions ultérieures.**

Vous devez répondre aux questions dans l'espace donné sur ce formulaire. Toutes les pages de l'examen, y compris cette page de couverture, ainsi qu'une photocopie de la Partie A de l'examen, doivent être téléversées **immédiatement** sur le site de l'olympiade et du CCC, 'Testinvite'.

<p>— LISEZ ATTENTIVEMENT —</p> <ol style="list-style-type: none">1. ASSUREZ-VOUS D'AVOIR COMPLÉTÉ TOUTES LES INFORMATIONS REQUISES AU BAS DE CETTE PAGE AVANT DE COMMENCER LA PARTIE C DE L'EXAMEN.2. LES ÉTUDIANTS DOIVENT TENTER DE RÉPONDRE À TOUTES LES QUESTIONS DE LA PARTIE A ET DE LA PARTIE C. DES RÉPONSES DE HAUTES QUALITÉS SUR UN NOMBRE LIMITÉ DE QUESTIONS PEUVENT ÊTRE SUFFISANTES POUR OBTENIR UNE INVITATION AU NIVEAU SUPÉRIEUR DU PROCESSUS DE SÉLECTION.3. POUR LES QUESTIONS NÉCESSITANT DES CALCULS NUMÉRIQUES, ASSUREZ-VOUS DE MONTRER CLAIREMENT LA DEMARCHE DE VOS CALCULS.4. SEULES LES CALCULATRICES NON PROGRAMMABLES SONT AUTORISÉES LORS DE CET EXAMEN.5. LA FICHE DE LA PARTIE A EST LA SEULE FICHE DE DONNEES PERMISE DURANT CET EXAMEN.	<p>PARTIE A () Bonnes réponses</p> <p>25 x 1.6 =/040</p> <p>PARTIE C</p> <p>1./012</p> <p>2./012</p> <p>3./012</p> <p>4./012</p> <p>5./012</p> <p>TOTAL/100</p>
--	---

Nom _____ École _____
(NOM, Prénom; écrivez lisiblement)

Ville, Province _____ Téléphone ()- _____

Date de naissance _____ Courriel _____

Nombre d'années dans une école secondaire canadienne _____

Nombre de cours de chimie dans un CÉGEP du Québec _____

Homme Citoyen canadien Immigrant reçu Étudiant avec visa

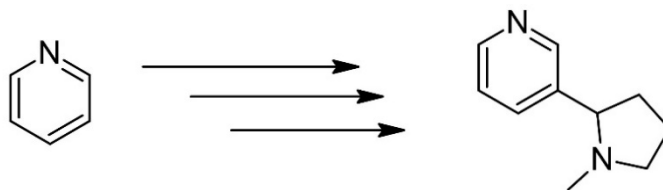
Femme Passeport valide en février 2023 Nationalité du passeport _____

Enseignant _____ Courriel de l'enseignant _____

1. CHIMIE ORGANIQUE

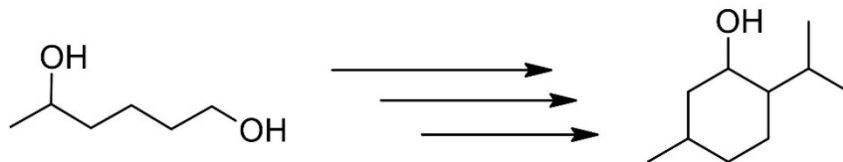
- a) Élaborez une Synthèse de la nicotine en partant de la pyridine et de molécules organiques non-cycliques avec 6 atomes de carbone ou moins. Dessinez clairement le schéma complet contenant tous les réactants intermédiaires. Ignorez la stéréochimie.

6 points

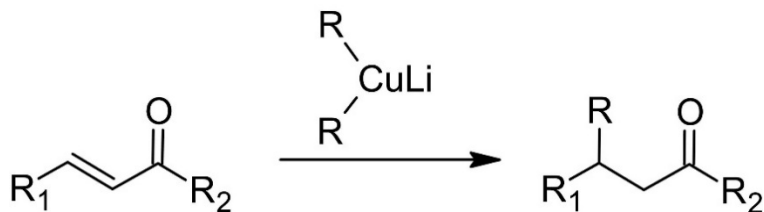


b) Élaborez une Synthèse du menthol en partant du 1,5-hexanediol et de molécules organiques de votre choix. Dessinez clairement le schéma complet contenant tous les réactants intermédiaires. Ignorez la stéréochimie.

4 points

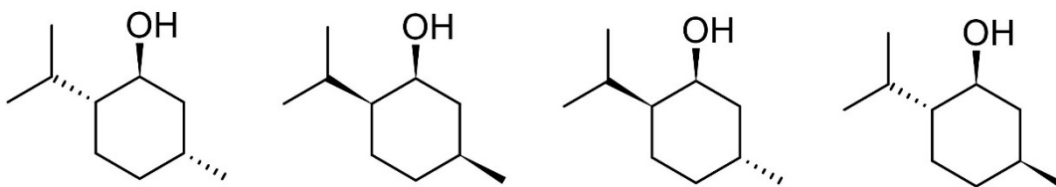


Indice: voici une réaction qui peut être utile; un réactif de **Gilman** est un organocuprate lithiés qui est utile pour performer une addition nucléophile conjuguée:



Où R, R_1 et R_2 sont des groupes alkyles différents.

- c) Les structures suivantes sont toutes des stéréoisomères du menthol. Encerclez le stéréoisomère le plus stable, en assumant que toutes les molécules présentées sont dans leur conformation la plus stable. **2 points**



2. Chimie Analytique

Un cristal incolore **A** subit une réaction de décomposition thermique qui produit deux gaz **B** et **C**. Quand le gaz **B** est chauffé à haute température et ensuite refroidi à sa température originale, le volume augmente de 50%. **A** est souvent utilisé en agriculture comme engrais, il est aussi un agent d'oxydation. **A** se dissout facilement dans l'eau et conduit à un refroidissement notable de la solution. La solution devient aussi légèrement acide (pH entre 4.5 et 5.0). Chauffer le gaz **A** en présence d'un nombre égale de moles de NaOH (solide) produit un gaz **D** avec une odeur désagréable et un solide blanc **E**. Quand le gaz **D** réagit avec une solution aqueuse de AgNO_3 , un solide brun foncé **F** est produit. Cependant, quand le gaz **D** réagit en excès, une solution incolore est de nouveau obtenue. Chauffer le solide **E** produit un gaz incolore **G** qui est indispensable pour les réactions de combustion et un solide blanc **H**. Quand **H** est traité avec une solution concentrée d'acide nitrique, un gaz de couleur brune se dégage.

- a) En vous appuyant sur l'information donnée ci-dessus identifiez les composés **A, B, C, D, E, F, G** et **H**.
4 points

A:

B:

C:

D:

E:

F:

G:

H:

b) Écrivez les équations chimiques des réactions suivantes:
4 points

Réaction qui produit **B & C**

Réaction où **B** est chauffé pour augmenter le volume des gaz de 50%

Réaction qui produit **D & E**

Réaction qui produit **F**

Réaction de **F** qui produit une solution incolore

Réaction de **E** qui produit **G** et **H**

Réaction de **H** qui produit un gaz de couleur brune

La leucine $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ est un acide aminé indispensable pour le corps humain. La leucine contient les groupes fonctionnel carboxyle et amine primaire. Le pK_a de la leucine est 2.36 et le pK_b est 4.40. La leucine est souvent utilisée comme additif alimentaire due à son rôle pour reconstituer la masse musculaire.

- c) Calculez le pH d'une solution aqueuse de leucine a 0.100M. Utilisez votre connaissance des lois de la conservation de la charge électrique et de la conservation de la masse. Détaillez toutes vos étapes de calcul.

2.5 points

Dans un laboratoire se trouve deux solutions; 0.100M NaOH et 0,120M HCl, quatre composés standard; acide oxalique ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 126.07g/mol), phtalate acide de potassium ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$, 204.22 g/mol), tris(hydroxyméthyl)aminométhane (**Tris**, $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$, $k_b = 1.15 \times 10^{-6}$, 121.14g/mol) et carbonate de sodium (Na_2CO_3 , 155.99g/mol), trois indicateurs de pH, phénolphtaléine ($\text{pK}_a = 9.4$), méthyl orange ($\text{pK}_a = 3.4$) et rouge de méthyle ($\text{pK}_a = 4.95$).

- d) La pureté d'un échantillon de leucine, utilisée comme additive alimentaire est déterminée par un titrage. Une solution aqueuse est préparée en solubilisant 2.000g de leucine dans un flacon volumétrique de 250 mL. Quels composés chimiques mentionnés ci-dessus utiliserez-vous comme titrant? Quel indicateur de pH utiliserez-vous?

0.5 point

- e) Quel composé utiliserez-vous pour l'étalonnage de votre titrant?

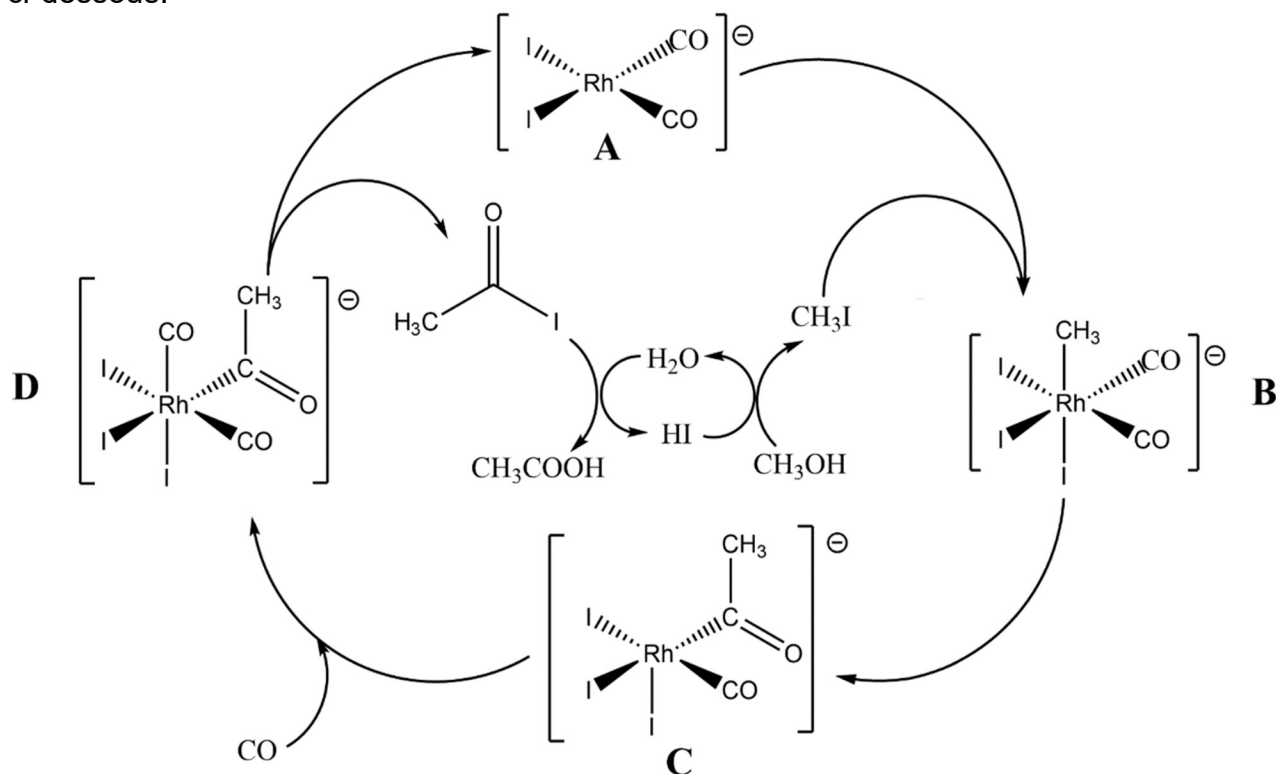
0.5 point

- f) Si 14.94mL de titrant est requis pour atteindre le point d'équivalence pour un aliquote de 25.00 mL, quelle est la pureté de l'échantillon de leucine?

0.5 point

3. CHIMIE INORGANIQUE

Le procédé Monsanto est un procédé chimique industriel reconnu. Le procédé est présenté ci-dessous:



Veillez répondre aux questions suivantes, concernant le procédé Monsanto:

- Écrivez l'équation chimique balancée pour la réaction de synthèse du procédé Monsanto.
1 point
- Pour le complexe inorganique **A**, identifiez le ligand faible et le ligand fort. Indiquez aussi si le complexe est sous forme cis ou trans.
1 point
- Pour le complexe **B**, dessinez un diagramme de séparation énergétique des orbitales. Prenez soin d'y ajouter tous les électrons et d'identifier toutes les orbitales d.
Indice: le complexe B est diamagnétique.
2 points

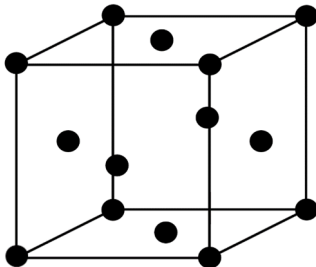
d) Indiquez la géométrie moléculaire et le nombre de coordination du complexe C.

1 point

e) Indiquez l'état d'oxydation et le nombre d'électrons d du complexe D.

1 point

Rhodium, le métal utilisé dans le procédé Monsanto, adopte une structure cristalline cubique à faces centrées montrée ci-dessous:



Le paramètre de maille du cristal est 0.380 nm. (La longueur de l'arête)

f) Indiquez le nombre d'atomes présent dans la maille conventionnelle?

0.5 point

g) Indiquez l'indice de coordination du rhodium dans le cristal.

0.5 point

h) Calculez la densité du rhodium en g cm^{-3} .

2 points

i) Calculez le volume 'vide' dans la maille d'un cristal de rhodium en nm^3 .

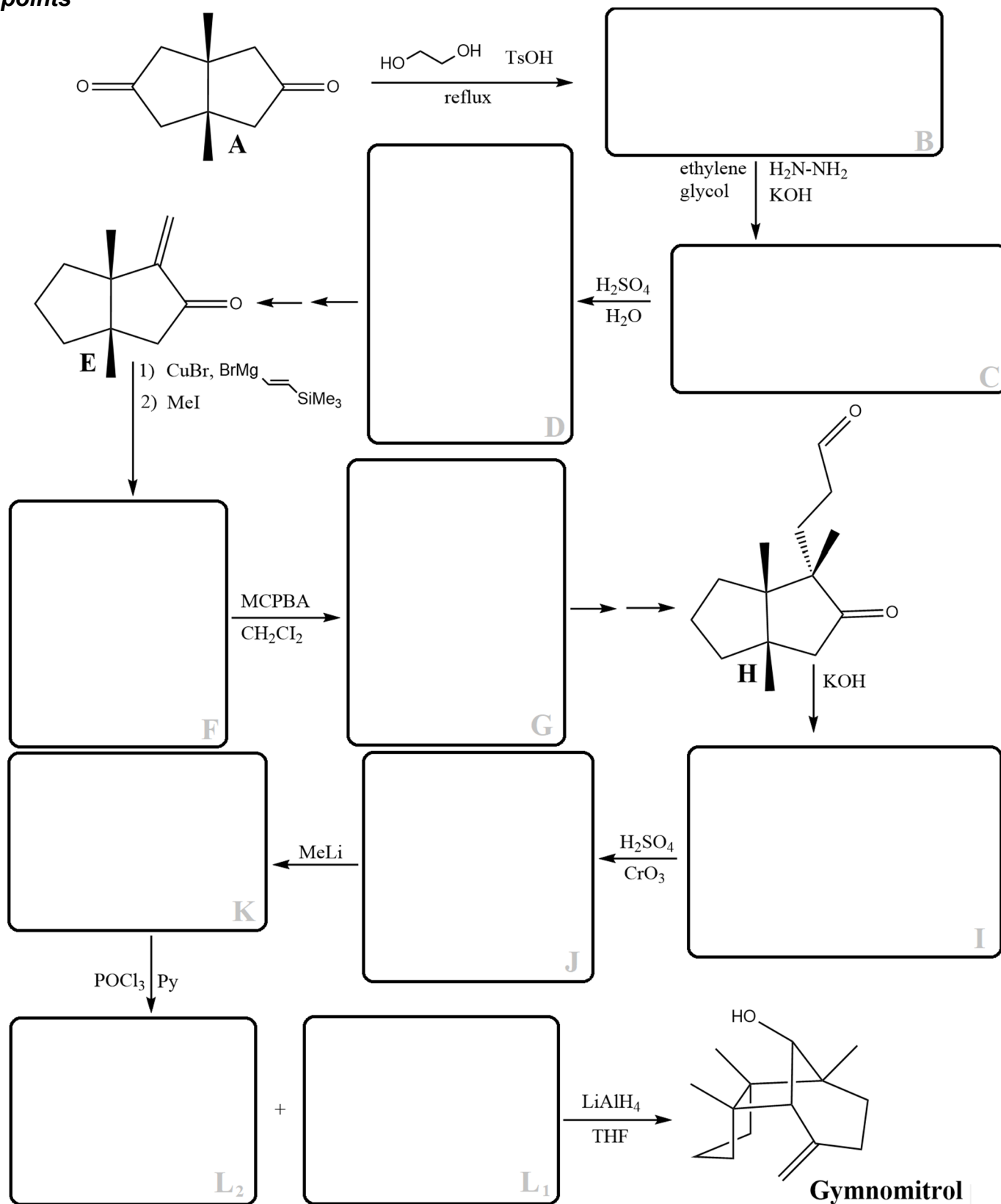
Indice: le volume d'une sphère de rayon r est: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

3 points

4. CHIMIE ORGANIQUE et spectroscopie RMN

a) La synthèse totale du **Gymnomitrol** comporte un large éventail de techniques synthétiques. A la première étape, seulement un seul côté de la molécule réagit. Un peu plus loin dans la séquence, une addition de Michael et l'attaque d'un énolate sont performés consécutivement. Encore plus loin dans la séquence l'addition d'un aldol est utilisée pour une cyclisation supplémentaire de la molécule. Étant donné le composé **A** et la séquence de réaction suivante, identifiez les composé **B, C, D, F, G, I, J** and **K**. **Dessinez** la structure deux composé **L₁** et **L₂**, produits de la réaction de **K**. Indiquez lequel des deux composé est le réactant qui produit le Gymnomitrol.

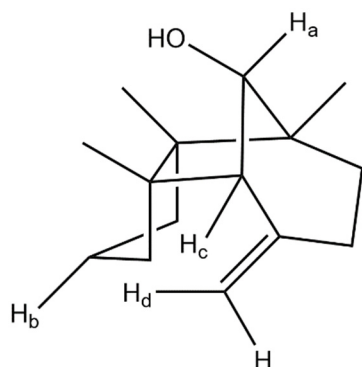
9 points



b) L'étape 2 dans la synthèse du **Gymnomitrol** est connue sous le nom de réduction de Wolff-Kishner. Dessinez le mécanisme complet de la réaction.

1 point

c) Les atomes d'hydrogène sélectionnés sont tous apparent dans le spectre de RMN (^1H) du gymnomitrol. **Remplissez le tableau** suivant avec le déplacement chimique correspondant aux atomes d'hydrogène a, b, c et d. **2 points**



Gymnomitrol

Options de déplacement chimique:
5.00, 3.72, 1.65 et 2.53 ppm

Atome d'hydrogène	Déplacement chimique (ppm)
a.	
b.	
c.	
d.	

5. CHIMIE PHYSIQUE

La réaction de second ordre suivante: $A(g) \rightarrow 2B(g)$ a été étudiée à $T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans un contenant rigide de volume constant. Le réactant A est seul présent initialement avec une pression de 1 atmosphère. Après 100 minutes de réaction, la pression totale atteint 1.5 atm. Assumez que A(g) et B(g) sont des gaz idéaux.

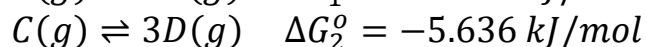
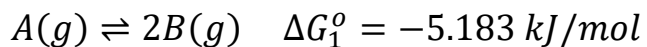
- a) Déterminez le temps de demi réaction $t_{1/2}$ et la constante de vitesse k de cette réaction à $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Utilisez les unités d'atmosphère (atm) et de minutes (min).

3 points

- b) Calculez la constante de vitesse k en utilisant les unités de moles, litres et secondes.

1 point

Considérez un contenant rigide a volume constant en contact avec l'environnement et maintenu à une température de 298 K. A l'intérieur du contenant une barrière amovible sépare deux compartiment nommés 1 et 2, la barrière se déplace sans friction. Les volume initiaux sont $V_1 = 5L$ et $V_2 = 1L$. A l'intérieur du compartiment 1, se trouve un mélange de deux gaz composés de molécules A and B avec une pression totale de 1 atm. A l'intérieur du compartiment 2 se trouve seulement un gaz C à une pression de 1 atm. Ensuite, un catalyseur métallique de volume négligeable est introduit dans le compartiment 2, ce qui cause la décomposition du gaz C en produit D dans une réaction réversible. Cette réaction déplace la barrière, augmentant le volume V_2 et diminuant V_1 et déplace l'équilibre $A \rightleftharpoons B$ en accord avec le principe de Le Chatelier. La barrière se déplace jusqu'à ce que les deux compartiments atteignent un nouvel équilibre. L'énergie libre de Gibbs standard est donnée pour les deux réactions ci-dessous:



Assumez que tous les gaz sont idéaux.

- c) Calculez le nombre de moles initiales du gaz C.
1 point

- d) Calculez les constantes d'équilibre pour les réactions 1 et 2.
1 point

- e) Calculez le nombre initial de moles des gaz A et B.
2 points

Maintenant nous savons que V_2 augmente et que V_1 diminue. Pour se donner une meilleure idée de l'évolution du système on peut définir V_{max} , le volume maximal que le compartiment 2 peut atteindre et V_{min} le volume minimal que le compartiment 1 peut atteindre. Pour répondre correctement aux questions f) et g) assumez que les deux compartiments sont indépendants l'un de l'autre et que la somme de leur volume n'a aucune restriction.

- f) Calculez V_{max} , le volume maximal du compartiment 2 sous une pression de 1 atm.
1 point

g) Calculez V_{min} , le volume minimal du compartiment 1 sous une pression de 1 atm.

1 point

h) Lorsqu'un nouvel état d'équilibre est atteint la pression du système a changé et le volume du compartiment 1 est de 4 L. Quelle sera la pression totale à ce nouvel équilibre?

2 points

-FIN DE LA PARTIE C-