

CONCOURS CANADIEN DE CHIMIE 2010
pour les étudiant(e)s du secondaire et étudiant(e)s du CÉGEP
(remplace l'examen national de chimie des écoles secondaires)

PARTIE C : L'OLYMPIADE CANADIENNE DE CHIMIE
Examen final de sélection 2010

Problèmes à développement à réponses libres (90 minutes)

Cette section comprend cinq (5) questions. Les étudiant(e)s doivent tenter de répondre à **toutes** les questions en 1,5 heure. Toutefois, il est admis que les connaissances théoriques peuvent varier et les étudiant(e)s qui auront manqué certaines parties de cet examen ne seront pas automatiquement éliminé(e)s des compétitions ultérieures.

Vous devez répondre dans les espaces qui suivent chaque question. Toutes les pages de l'examen, y compris la présente page de couverture, ainsi qu'une photocopie de la Partie A de l'examen, doivent être **immédiatement** remis à votre coordonnateur de l'Olympiade Canadienne de Chimie.

— LISEZ ATTENTIVEMENT —

1. ASSUREZ-VOUS D'AVOIR COMPLÉTÉ TOUTES LES INFORMATIONS DEMANDÉES AU BAS DE CETTE PAGE AVANT DE COMMENCER LA PARTIE C DE L'EXAMEN.
2. LES ÉTUDIANT(E)S DOIVENT RÉPONDRE À TOUTES LES QUESTIONS DE LA **PARTIE A** ET DE LA **PARTIE C**. LA QUALITÉ DU TRAVAIL EFFECTUÉ SUR UN NOMBRE LIMITÉ DE QUESTIONS PEUT ÊTRE SUFFISANTE POUR QUE L'ÉTUDIANT(E) SOIT INVITÉ(E) À PARTICIPER AU NIVEAU SUIVANT DU PROCESSUS DE SÉLECTION.
3. DANS LES QUESTIONS NÉCESSITANT DES CALCULS NUMÉRIQUES, ASSUREZ-VOUS DE BIEN MONTRER VOTRE RAISONNEMENT ET VOS CALCULS.
4. SEULES LES CALCULATRICES NON PROGRAMMABLES SONT AUTORISÉES PENDANT CET EXAMEN.
5. VEUILLEZ NOTER QU'UN TABLEAU PÉRIODIQUE ET UNE LISTE DE CONSTANTES DE PHYSIQUES POUVANT ÊTRE UTILES SONT FOURNIS SUR LES FEUILLES DE DONNÉES QUI ACCOMPAGNENT CET EXAMEN.

PARTIE A ()
Bonnes réponses

25 x 1,6 =/040

PARTIE C

1./012

2./012

3./012

4./012

5./012

TOTAL/100

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

Ville _____ Province _____

Date de naissance _____ Courriel _____

Numéro de téléphone domicile () - _____

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 jusqu'en novembre 2010

Nationalité du passeport _____

CHIMIE INORGANIQUE

1. En 1899, Ludwig Mond a caractérisé le complexe $\text{Ni}(\text{CO})_4$ qu'il a obtenu en faisant passer un flux de monoxyde de carbone au-dessus d'un échantillon de nickel impure. Remarquablement, ce composé a un point d'ébullition de 43°C , soit l'un des composés métalliques les plus volatiles. Lord Kelvin (reconnu pour son unité de température) a dit à propos de Mond qu'il avait « donné des ailes aux métaux lourds ». Cette propriété unique permet d'isoler le nickel pure par distillation du complexe $\text{Ni}(\text{CO})_4$ suivi par un chauffage à plus de 180°C pour enlever le monoxyde de carbone. Cependant, ce complexe de nickel est extrêmement toxique et des précautions doivent être prises pour le manipuler.

(a). Quel est le degré d'oxydation du nickel dans le complexe $\text{Ni}(\text{CO})_4$?

1 point

(b). Dessinez la structure du monoxyde de carbone qui décrit le mieux la règle de l'octet autour des atomes de C et d'O. Indiquez clairement les doublets d'électrons non-liants et les charges formelles s'il y a lieu.

4 points

(c). Quelle est la géométrie de coordination de l'atome Ni dans le complexe $\text{Ni}(\text{CO})_4$?

1 point

(d). À 200°C , l'oxyde de nickel(II) réagit avec de l'hydrogène moléculaire pour former du nickel métallique. Écrivez une équation balancée pour cette réaction en incluant les états de la matière des réactifs et des produits.

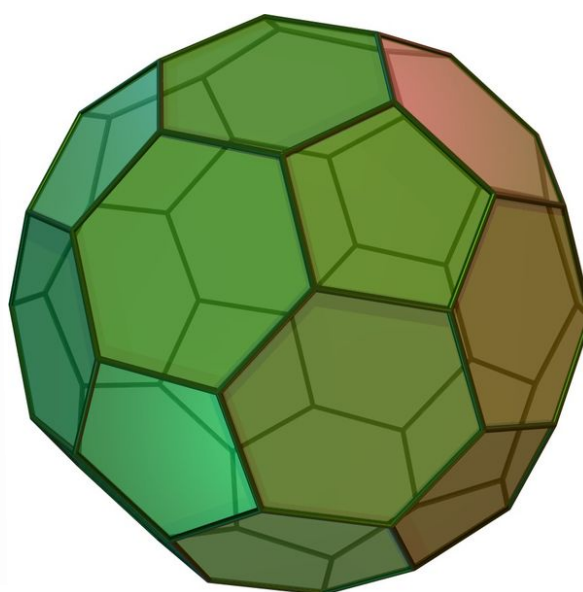
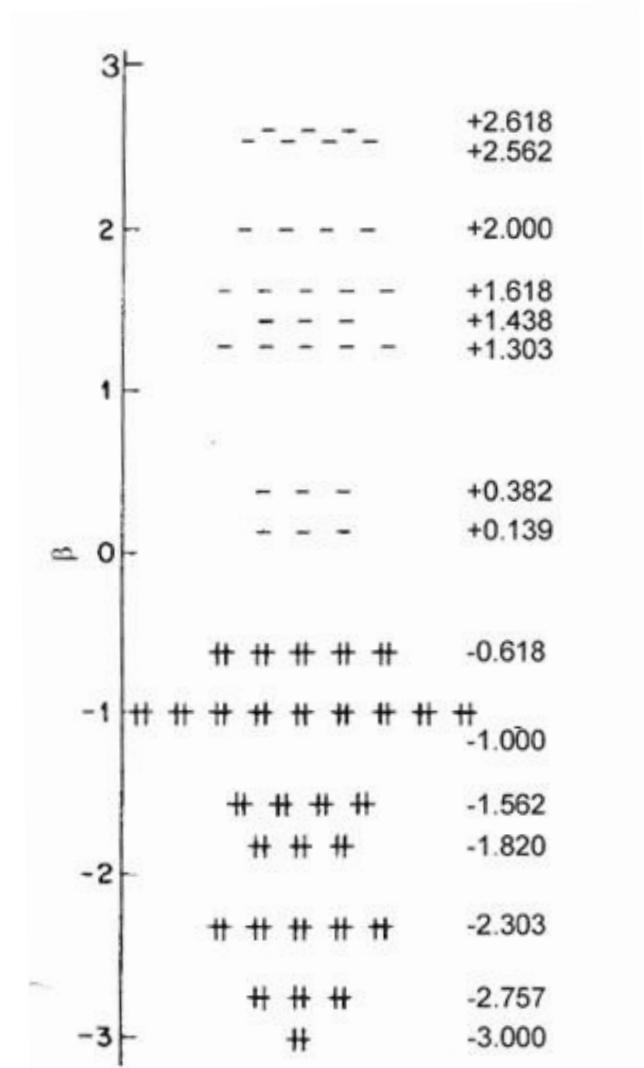
4 points

(e). La stabilité du complexe $\text{Ni}(\text{CO})_4$ peut en partie s'expliquer par le fait que sa couche de valence soit saturée. En sachant ceci, prédisez la formule moléculaire du composé analogue de carbonyle de fer. Expliquez brièvement votre réponse.

2 points

2. Les fullerènes font parties d'une famille de mégamolécules composée de carbone pouvant prendre une forme rappelant celle d'une sphère, d'un ellipsoïde, d'un tube (appelé nanotube) ou d'un anneau. La recherche actuelle s'attarde à développer leurs applications potentielles en nanotechnologie; par exemples, des nanotubes de carbone pourraient agir comme des capteurs biomédicales et électroniques.

Découvert par Sir Harold Kroto et ses collaborateurs en 1985, le C_{60} (aussi appelé buckminsterfullerène) a été le premier fullerène à être isolé. La structure du C_{60} est un icosaèdre tronqué et ressemble à un ballon de soccer fait de 20 hexagones et de 12 pentagones. On y retrouve un atome de carbone aux sommets et un lien aux arêtes du polygone. Le buckminsterfullerène contient un réseau d'électrons π qui tente de se délocaliser à la surface du ballon. Contrairement au benzène, le buckminsterfullerène n'est *pas* aromatique même s'il peut montrer diverses propriétés aromatiques. Un diagramme d'orbitales moléculaires du buckminsterfullerène est montré ci-dessous; les énergies sont en unités β .



(a). Est-ce que l'état fondamental du buckminsterfullerène est diamagnétique? (Encerclez la bonne réponse.)

Oui

Non

0.5 points

(b). Selon votre réponse à la question précédente, est-ce que le buckminsterfullerène serait attiré ou répulsé par un champ magnétique externe?

Attiré

Répulsé

0.5 points

(c). Combien d'orbitales liantes et anti-liantes sont présentes à l'état fondamental du buckminsterfullerène? Combien de ces orbitales sont occupées?

	Nombre total d'orbitales	Nombre d'orbitales occupées
Orbitales liantes		
Orbitales anti-liantes		

2 points

(d). Combien de signaux sont observés en RMN ^{13}C pour le buckminsterfullerène? En d'autres mots, les 60 atomes de carbone possède combien d'environnements chimiquement différents?

1 point

(e). Nommez les deux formes les plus communes du carbone élémentaire (allotropes) puis inscrivez l'hybridation des atomes de carbone dans chaque forme.

Forme de carbone élémentaire	Hybridation

2 points

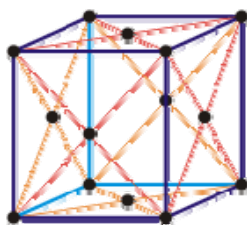
(f). Une analyse par spectrométrie de masse du buckminsterfullerène mesure le ratio de la masse versus la charge, soit le m/z de l'ion moléculaire C_{60}^+ . Les trois pics principaux observés sont à $m/z = 720, 721, 722$. Déterminez le ratio théorique des trois pics m/z mentionnés ci-haut. La proportion du pic $m/z = 720$ a été pré-normalisé à 100.

Isotope	Abondance naturelle
^{12}C	98.89 %
^{13}C	1.11 %
^{14}C	négligeable

ratio m/z	Proportion relative
720	100
721	
722	

2 points

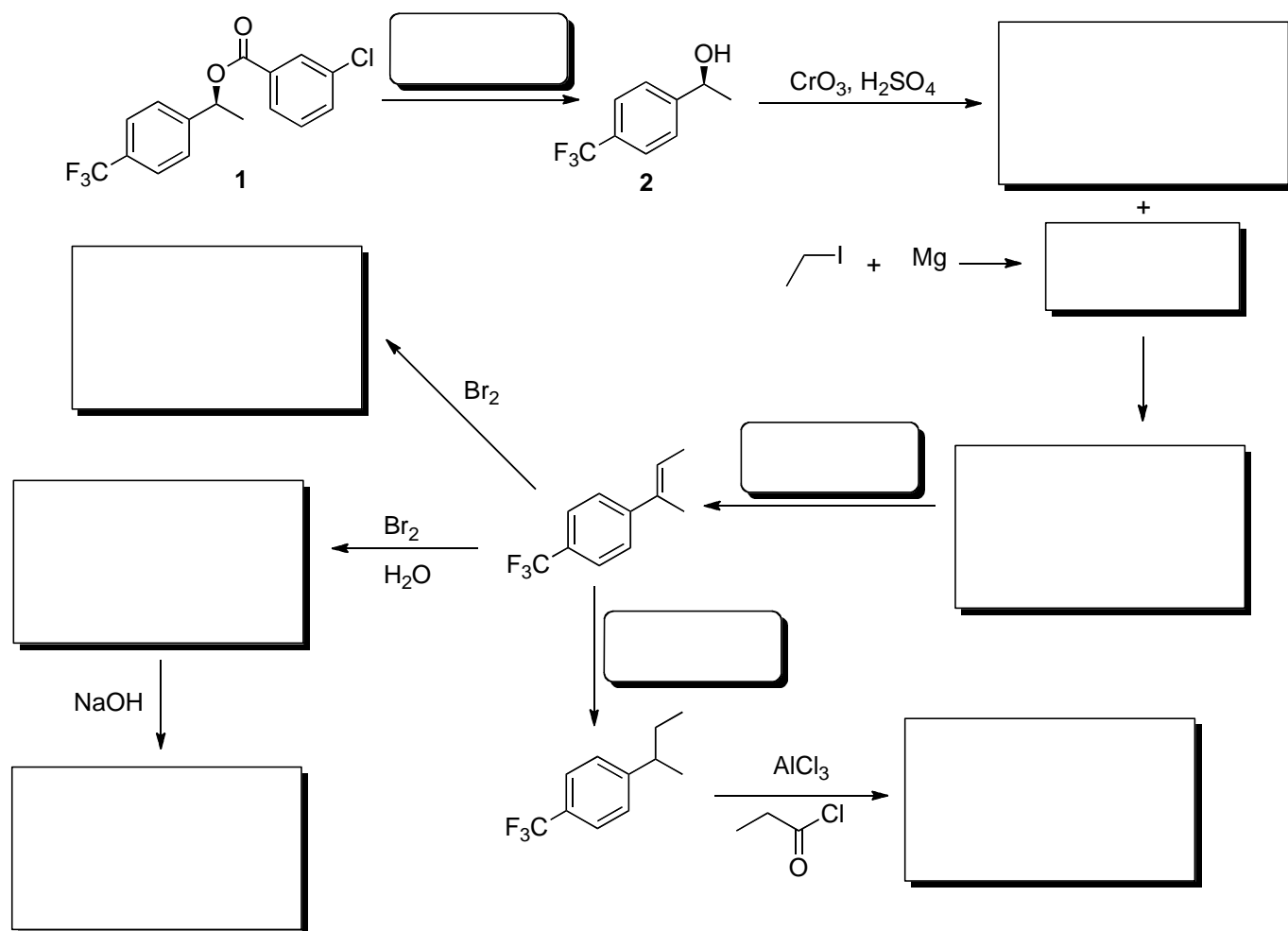
(g). Les fullerènes peuvent être dopés de métaux alcalins pour former des supraconducteurs. Les fullerènes forment une structure cubique à faces centrées – c'est-à-dire que les anions C_{60}^{x-} se retrouvent aux sommets du cube ainsi qu'au milieu des faces du cube (montré ci-dessous). Le petit ion de métal alcalin se situe dans les trous tétraédriques et octaédriques. Le rayon de l'anion de fullerène est de 4.98 \AA . La densité du premier supraconducteur préparé avec du potassium est de 1.987 g/cm^3 . Déterminez la formule du K_xC_{60} et prenez soin de montrer tous vos calculs.



4 points

CHIMIE ORGANIQUE

3. Considérez le schéma réactionnel suivant:



(a). Dans le schéma réactionnel, le composé **1** est converti en composé **2** sous des conditions de réactions particulières. Redessinez le composé **1** ci-bas et encerclez puis nommez le groupement fonctionnel qui réagit lors de la transformation de **1** à **2**.

1 point

(b). Quelle est la formule moléculaire du composé **1**?

1 point

(c). Dans le schéma réactionnel, complétez toutes les boîtes en indiquant soit le produit majoritaire de la réaction ou les conditions réactionnels pour effectuer les transformations illustrées. Montrez la stéréochimie relative s'il y a lieu.

10 points

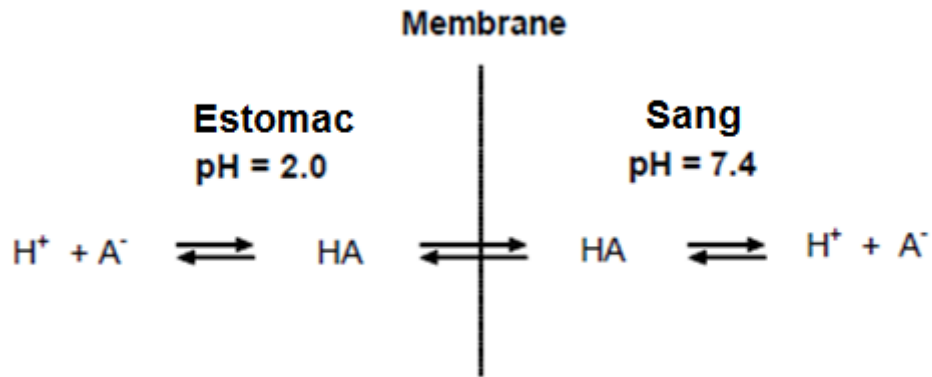
CHIMIE ANALYTIQUE

4. Cette question implique des calculs de concentrations d'acides et de bases sous différentes conditions.

(a). Calculez le volume d'une solution de 0.80 M de NaOH qui doit être ajouté à 250 cm³ d'une solution aqueuse contenant 3.48 cm³ d'acide phosphorique concentré pour préparer une solution tampon de pH 7.4. Donnez la réponse avec trois chiffres significatifs. Pour H₃PO₄ aqueux : pureté = 85% masse/masse, densité = 1.69 g/cm³, pK₁ = 2.15, pK₂ = 7.20, pK₃ = 12.44.

6 points

(b). L'efficacité d'un médicament dépend majoritairement sur son habilité d'être absorbé dans les vaisseaux sanguins. La chimie des acides-bases joue un rôle important dans l'absorption d'un médicament.

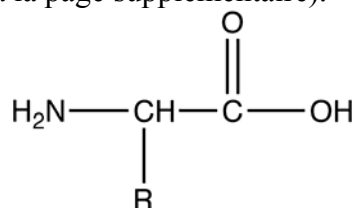


Calculez le ratio des concentrations totales de l'aspirine (l'acide acétylsalicylique, $pK_a = 3.52$) dans le sang versus dans l'estomac. Notez que les concentrations totales inclues $[HA] + [A^-]$. Prenez pour acquis que la forme ionique de l'acide faible (A^-) ne pénètre pas la membrane alors que sa forme neutre (HA) traverse la membrane librement. Présomez aussi qu'un équilibre est établie et que les concentrations de HA sont égales de chaque côté de la membrane.

6 points

BIOCHIMIE

5. L'acide aminé est l'une des molécules fondamentales qu'on retrouve dans les organismes vivants. La structure générale d'un acide aminé est illustrée ci-dessous. R représente une chaîne latérale non-définie (référez vous à la page supplémentaire).



(a). Pour un acide aminé, le pK_a de l'amine est d'environ 10 alors que le pK_a de l'acide carboxylique est d'environ 3. En présumant qu'il n'y a aucune charge sur la chaîne latérale (R), indiquez la charge totale (ou charge nette) de la molécule sous les conditions suivantes :

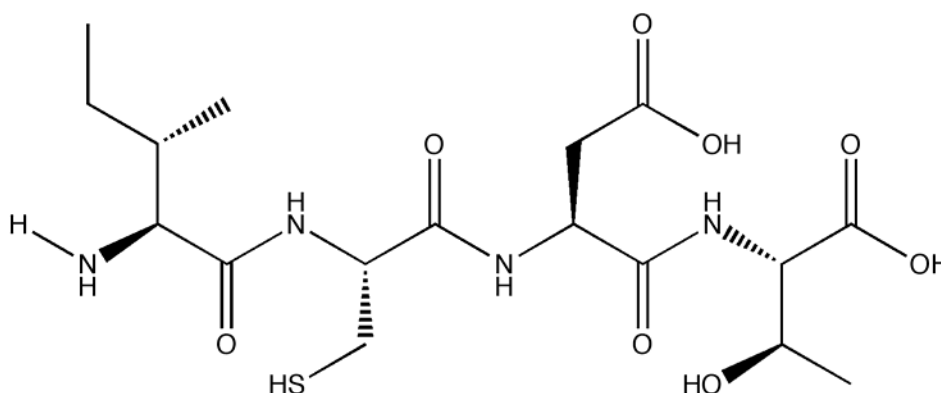
(i). $\text{pH} = 7.0$

(ii). $\text{pH} = 2.0$

(iii). $\text{pH} = 11.0$

1.5 points

(b). Un acide aminé peut se combiner à un autre acide aminé via un lien peptidique. Une chaîne d'acides aminés combinés est appelé un peptide. Un exemple d'un peptide est illustré ci-dessous.



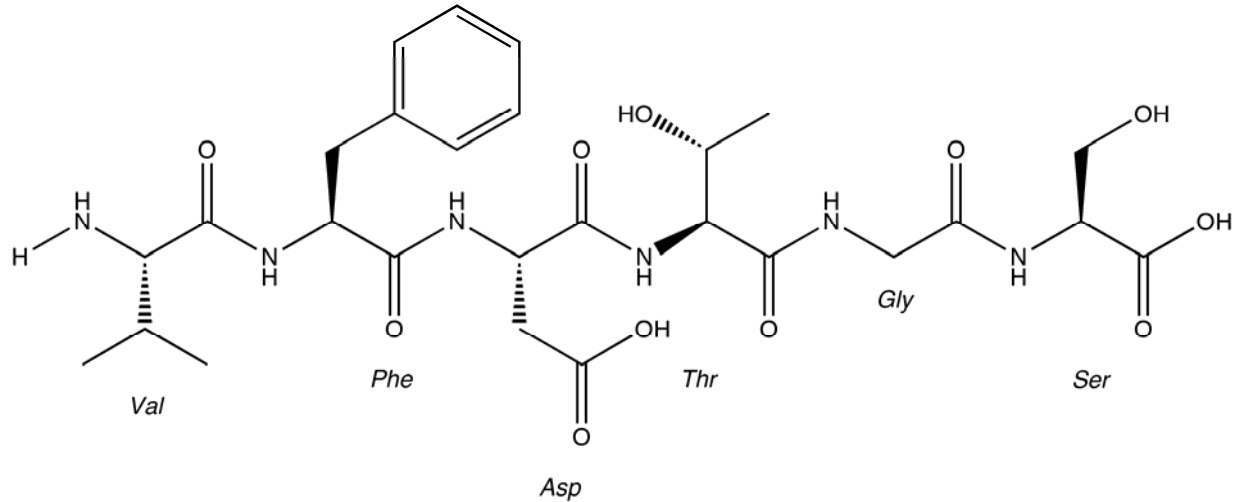
(c). Écrivez une équation chimique générale pour montrer la formation d'un lien peptidique entre deux acides aminés. Utilisez la forme simplifiée de l'acide aminé; $\text{H}_2\text{NCHRCOOH}$.

3 points

(d). Écrivez la séquence d'acides aminés dans le peptide montré ci-dessus. (Indice : identifiez les chaînes latérales et retrouvez leur nom – code à trois lettres – à la page supplémentaire.)

2 points

(e). Dans l'estomac, il y a deux types de cellule qui coopèrent pour effectuer la digestion de protéines alimentaires. Premièrement, des proenzymes sécrètent la pepsinogène. Celle-ci est activée dans un environnement acide puis devient l'enzyme pepsine qui digère les protéines alimentaires. Deuxièmement, les cellules pariétales sécrètent des protons via l'ATPase (transporteur de potassium) pour régulariser le pH de l'estomac. La molécule suivante est une séquence partielle du site actif de la pepsine (se référer à la page supplémentaire pour les codes à trois lettres des acides aminés ainsi que le pK_a des chaînes latérales de chaque acides aminés).



(i). Quelle est la charge totale de ce tronçon de peptide à $pH = 1.5$?

1 point

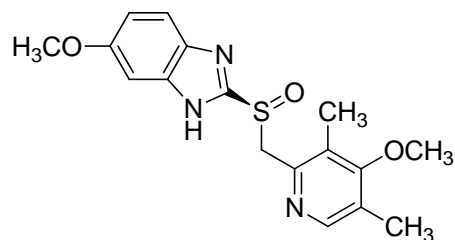
(ii). Quelle est la charge totale de ce tronçon de peptide à $pH = 5.0$?

1 point

(iii). Expliquez brièvement pourquoi la pepsine devient inactive à $pH = 5.0$.

1.5 points

(f). La production d'excès d'acide dans l'estomac irrite la paroi de l'estomac et peut engendrer plusieurs problèmes incluant des ulcères. Une façon de traiter cette condition est de bloquer l'action de l'ATPase. La molécule ci-dessous est un médicament (omeprazole) qui inhibe l'action de l'ATPase.



Ce médicament (sous la forme illustrée) devient actif seulement après avoir été activé par l'acide de l'estomac. Sur la structure ci-dessus, encerclez tous les atomes qui pourraient agir en tant qu'accepteur de proton durant l'activation de la molécule.

2 points

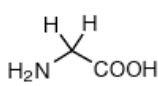
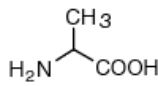
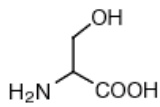
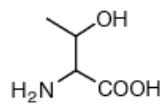
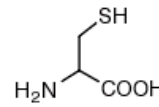
--FIN DE LA PARTIE C--

Constantes physiques

Nom	Symbole	Valeur
Constante d'Avogadro	N_A	$6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constant de Boltzmann	k_B	$1.3807 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Constant des gaz	R	$8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Constant de Faraday	F	96485 C mol^{-1}
Vitesse de la lumière	c	$2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Constant de Planck	h	$6.6261 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Pression standard	p°	10^5 Pa
Pression atmosphérique	p_{atm}	$1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
Zéro de l'échelle Celsius		273.15 K

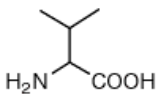
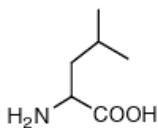
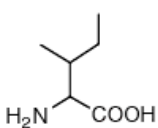
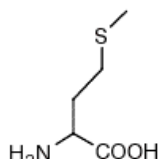
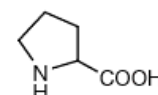
Acides aminés

Petit

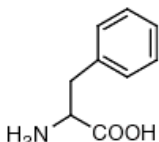
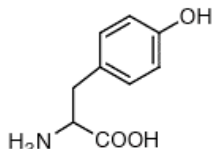
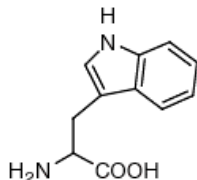
Glycine (Gly, G)
MW: 57.05Alanine (Ala, A)
MW: 71.09Serine (Ser, S)
MW: 87.08, pK_a ~ 16Threonine (Thr, T)
MW: 101.11, pK_a ~ 16Cysteine (Cys, C)
MW: 103.15, pK_a = 8.35

Nucléophile

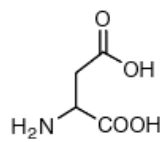
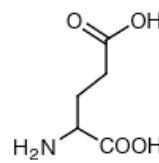
Hydrophobique

Valine (Val, V)
MW: 99.14Leucine (Leu, L)
MW: 113.16Isoleucine (Ile, I)
MW: 113.16Methionine (Met, M)
MW: 131.19Proline (Pro, P)
MW: 97.12

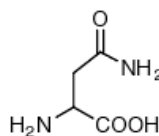
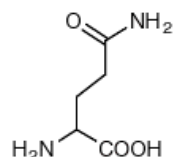
Aromatique

Phenylalanine (Phe, F)
MW: 147.18Tyrosine (Tyr, Y)
MW: 163.18Tryptophan (Trp, W)
MW: 186.21

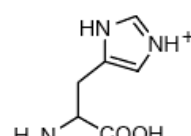
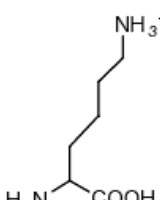
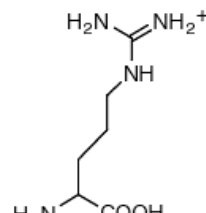
Acide

Aspartic Acid (Asp, D)
MW: 115.09, pK_a = 3.9Glutamic Acid (Glu, E)
MW: 129.12, pK_a = 4.07

Amide

Asparagine (Asn, N)
MW: 114.11Glutamine (Gln, Q)
MW: 128.14

Basique

Histidine (His, H)
MW: 137.14, pK_a = 6.04Lysine (Lys, K)
MW: 128.17, pK_a = 10.79Arginine (Arg, R)
MW: 156.19, pK_a = 12.48

1											2											13											14											15											16											17											18										
1 H 1.008												2 He 4.003												3 Li 6.941	4 Be 9.012												5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180												11 Na 22.990	12 Mg 24.305												13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.07	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948															
Relative Atomic Masses (1985 IUPAC)											Masses Atomiques Relatives (UICPA,1985)																																																																												
*For the radioactive elements the atomic mass of an important isotope is given											*Dans le cas des éléments radioactifs, la masse atomique fournie est celle d'un isotope important																																																																												
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.906	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29	55 Cs 132.905	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.08	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)																																		
87 Fr (223)	88 Ra 226.03	89 Ac 227.03	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs	109 Mt	110 Ds												58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.97	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97	90 Th 232.038	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)																																							

Data Sheet

Fiche de données

	Symbol Symbole	Value Quantité numérique	
Atomic mass unit	amu	1.66054 x 10 ⁻²⁷ kg	Unité de masse atomique
Avogadro's number	<i>N</i>	6.02214 x 10 ²³ mol ⁻¹	Nombre d'Avogadro
Bohr radius	<i>a</i> ₀	5.292 x 10 ⁻¹¹ m	Rayon de Bohr
Boltzmann constant	<i>k</i>	1.38066 x 10 ⁻²³ J K ⁻¹	Constante de Boltzmann
Charge of an electron	<i>e</i>	1.60218 x 10 ⁻¹⁹ C	Charge d'un électron
Dissociation constant (H ₂ O)	<i>K</i> _w	10 ⁻¹⁴ (25 °C)	Constante de dissociation de l'eau (H ₂ O)
Faraday's constant	<i>F</i>	96 485 C mol ⁻¹	Constante de Faraday
Gas constant	<i>R</i>	8.31451 J K ⁻¹ mol ⁻¹ 0.08206 L atm K ⁻¹ mol ⁻¹	Constante des gaz
Mass of an electron	<i>m</i> _e	9.10939 x 10 ⁻³¹ kg 5.48580 x 10 ⁻⁴ amu	Masse d'un électron
Mass of a neutron	<i>m</i> _n	1.67493 x 10 ⁻²⁷ kg 1.00866 amu	Masse d'un neutron
Mass of a proton	<i>m</i> _p	1.67262 x 10 ⁻²⁷ kg 1.00728 amu	Masse d'un proton
Planck's constant	<i>h</i>	6.62608 x 10 ⁻³⁴ J s	Constante de Planck
Speed of light	<i>c</i>	2.997925 x 10 ⁸ m s ⁻¹	Vitesse de la lumière

1 Å	=	1 x 10 ⁻⁸ cm
1 eV	=	1.60219 x 10 ⁻¹⁹ J
1 cal	=	4.184 J
1 atm	=	101.325 kPa
1 bar	=	1 x 10 ⁵ Pa

