

平成 20 年 度 (前期)

## 第 2 次 学 力 試 験 問 題

# 化 学 I ・ II (90 分)

看護栄養学部栄養健康学科

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の最終ページは、8 ページです。  
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 解答用紙は、4 枚あります。  
解答用紙には受験番号の記入欄があるので、監督者の指示に従って、解答用紙すべてに受験番号(数字)を正しく記入してください。
4. 解答は、問題ごとに、解答用紙の所定の欄に記入してください。
5. 問題冊子には、白紙が入っていますので、適宜下書き等に利用してください。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

[注意] 計算に必要な場合は次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, He = 4.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, K = 39.1, Cu = 63.5

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ , 絶対零度： $0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$

標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  (1 atm)) における気体 1 mol の体積： $22.4 \text{ l}$

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ , ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

**第 1 問** [1] ~ [7] はアボガドロ定数に関連する文章である。問い(問 1 ~ 問 9) に答えなさい。

[1] 地球上には  $1.39 \times 10^{18} \text{ l}$  の海水があると見積もられている。海水を純粋な透明の水と同じとみなし、蒸発や凝固、化学反応などの変化がまったく起こらず、一定の容積を保っているとす

**問 1** 水  $100 \text{ ml}$  ( $100 \text{ cm}^3$ ) を海水に放出し、地球上の海水と均一に混合したと仮定して、海水  $100 \text{ ml}$  を容器で採取すると、容器の中に含まれる放出した水分子の数はいくらになるか求めなさい。答えは四捨五入して有効数字 3 桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。なお、海水に放出した水の容積は無視してよい。

[2] 炭素電極を使って塩化銅(II)水溶液を  $3.57 \text{ A}$  (アンペア) の電流で電気分解すると、陰極に  $1.91 \text{ g}$  の銅が析出した。

**問 2** 陰極に析出した銅原子の数はいくらになるか求めなさい。答えは四捨五入して有効数字 3 桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。

**問 3** 電流を何分間流したことになるか求めなさい。答えは四捨五入して整数で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。

[3] ヘリウムの気体  $6.69 \text{ g}$  に、 $1.00 \times 10^{24}$  個のヘリウム原子が含まれていたとする。

**問 4** アボガドロ定数はいくらになるか求めなさい。答えは四捨五入して有効数字 3 桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。この問いでは、アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$  とは限らない。

[4] 金属の結晶では、原子は規則正しく配列している。

**問 5** 1 種類の元素からなるある金属結晶の単位格子は、一辺の長さが  $2.87 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 、密度が  $7.86 \text{ g/cm}^3$  である。この金属が周期表の第 4 周期の元素であるとする、この金属の結晶構造は面心立方格子と体心立方格子のどちらであるか記しなさい。また、その理由を記しなさい。周期表第 4 周期の 1 族の元素はカリウムである。

[5] 標準状態における体積比が9 : 1の酸素と二酸化炭素が均一に混合している。

問 6 この混合気体 22.4 l (標準状態)中に存在する酸素原子の総数はいくらになるか求めなさい。

答えは四捨五入して有効数字3桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。

[6] ナトリウムに十分量の水を加え、発生した水素の体積を測定すると、25°C、 $1.00 \times 10^5$  Pa で  $3.50 \times 10^{-2}$  lであった。

問 7 このとき、発生した水素分子の数はいくらになるか求めなさい。答えは四捨五入して有効数字3桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。

問 8 水を加える前にナトリウムは何 mg あったことになるか求めなさい。答えは四捨五入して有効数字3桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。

[7] 19世紀にある科学者は原子量の基準として $^{16}\text{O}$ の相対質量を100とすることを提唱した。

問 9 この基準を用いると、 $^{16}\text{O}$ の相対質量を16とした場合と比べて(ア)~(ウ)の数値は大きくなる、小さくなる、変わらないのうちどれか記しなさい。また、その理由を簡単に記しなさい。

(ア) アボガドロ定数

(イ) 酸素 100 g と十分量の水素から生成する水の物質質量

(ウ) 水分子を構成する酸素原子の水分子に対する質量の比率

**第2問** 次の文章を読み、問い(問1～問10)に答えなさい。

ある一定容積の容器に、水素(気体)とヨウ素(気体)を入れ、ある一定の高温で保つと、ヨウ化水素を生成する。図1および図2はそれぞれヨウ化水素生成反応に伴うエネルギーの変化および物質量的変化を表したものである。また、この反応は可逆反応であり、反応開始後ある程度時間が経過すると、化学反応式(A)のように平衡状態に達する。

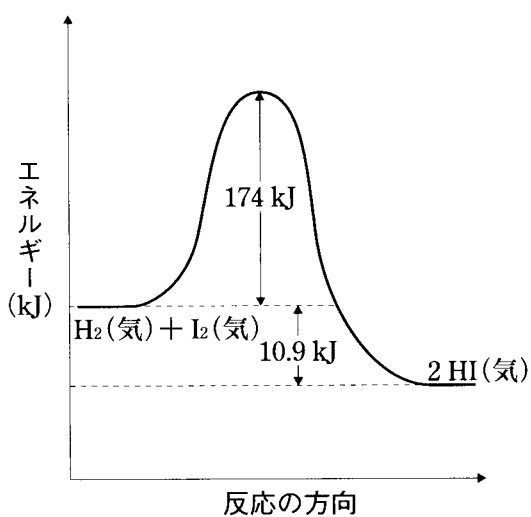


図1

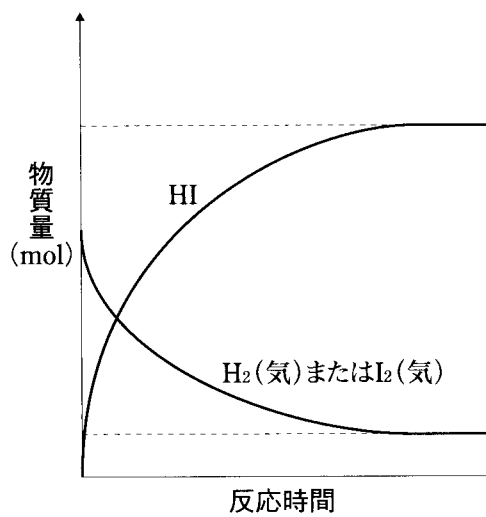


図2



- 問1 化学反応式(A)において、発熱反応はどちら向きの反応か記しなさい。
- 問2 ヨウ化水素が生成または分解する反応の活性化エネルギーはそれぞれいくらになるか求めなさい。
- 問3 H—H, I—I, H—Iの結合エネルギーをそれぞれ a(kJ), b(kJ), c(kJ) とすると、ヨウ化水素生成時の反応熱 Q(kJ) はどのように表すことができるか。a, b, c を用いて記しなさい。
- 問4 ヨウ化水素の生成反応に白金などの触媒を加えた時、エネルギーの変化(図1)および物質量的変化(図2)はそれぞれどのようなようになるか。解答欄の図中に実線で書き込みなさい。なお、解答欄の図中には触媒がないときの各変化を点線で示している。

問 5 化学反応式(A)の反応が平衡状態にあるとき、次の(1)~(3)の【条件変化】を与えると化学平衡および平衡定数はそれぞれどのようなになるか。下の【結果】(ア), (イ)の( )内から適当な記述を選び、番号を記しなさい。

【条件変化】

- (1) 容積が変化する容器内で、一定温度下において圧力を加える。
- (2) 容積が変化する容器内で、一定圧力下において温度を上げる。
- (3) 一定容積の容器内で、一定温度下においてアルゴンガスを加える。

【結果】

- (ア) 化学平衡：(① 正反応(ヨウ化水素生成反応)が進み、新しい平衡状態になる  
② 逆反応(ヨウ化水素分解反応)が進み、新しい平衡状態になる  
③ 平衡の移動は起こらず、新しい平衡状態は生じない)
- (イ) 平衡定数：(① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変化しない)

問 6 真空にした 10 l の容器に水素およびヨウ素をそれぞれ 2.0 mol ずつ入れ、温度を 527°C に保った。反応が平衡状態に達したとき、ヨウ化水素が 3.0 mol 生成していた。平衡状態にある水素とヨウ素の物質量はそれぞれ何 mol になるか求めなさい。解答欄には数値のみを記しなさい。

問 7 問 6 の平衡状態時における平衡定数はいくらになるか求めなさい。解答欄には数値のみを記しなさい。

問 8 問 6 の平衡状態時における水素、ヨウ素およびヨウ化水素の分圧はそれぞれ何 Pa になるか、答えは四捨五入して有効数字 3 桁で求めなさい。また、このときの圧平衡定数はいくらになるか、答えは小数点以下第 1 位を四捨五入して整数で求めなさい。どちらの答えも、解答欄には数値のみを記しなさい。

問 9 真空にした一定容積の容器に、ヨウ化水素のみを 1.0 mol 入れ、温度を 527°C に保つと、平衡状態における水素とヨウ素の物質量はそれぞれ何 mol になるか求めなさい。解答欄には数値のみを記しなさい。

問 10 真空にした一定容積の容器に、水素 0.10 mol、ヨウ素 0.10 mol およびヨウ化水素 0.50 mol を入れ、温度を 527°C に保つと、化学反応式(A)の反応はどちら向きに移動するか。また、平衡状態に達したときの容器内に存在するヨウ化水素の物質量は何 mol になるか求めなさい。答えは有効数字 3 桁で求め、解答欄には数値のみを記しなさい。

**第3問** 次の文章を読み、問い(問1～問8)に答えなさい。

芳香族化合物A, B, C, D, Eの炭素数はそれぞれ6または7である。A, B, C, D, Eのうち、最も分子量の大きな化合物は炭素, 水素, 酸素のみで構成されている。また, これらのうち、最も分子量の小さな化合物は炭素, 水素のみで構成されており, その沸点は水の沸点よりも高い。

A, B, C, D, Eのすべてを含む混合物のジエチルエーテル溶液を水酸化ナトリウム水溶液に加え, よく混合し静置したところ, ジエチルエーテル層と水層に分かれた。ジエチルエーテル層にはD, Eが存在し, 水層にはA, B, Cが存在した。

Dを過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液で酸化して得られた化合物に塩酸を加えると, Bが得られた。

Eと水酸化ナトリウム水溶液を高温高圧下で反応させるとナトリウムフェノキシドが得られ,  
<sup>(a)</sup>この水溶液に塩酸を加えるとAが得られた。また, ナトリウムフェノキシドに高温高圧の二酸化炭素を反応させて得られた化合物に希硫酸を加えると, Cが得られた。Eに含まれる元素は, 単体で強い酸化力を有し, 水酸化カルシウムに吸収させると消毒や漂白に用いられるさらし粉の成分となる。  
<sup>(b)</sup>

A, Cに塩化鉄(III)水溶液を加えると青紫色を呈した。また, A, Cは無水酢酸と反応し,  
<sup>(c)</sup>それぞれ化合物F, Gとなった。<sup>(d)</sup>B, Cは硫酸を触媒としてメタノールと反応し, それぞれ化合物H,  
<sup>(e)</sup>Iとなった。

**問1** A, B, C, D, Eのうち最も分子量の大きな化合物の元素分析を行ったところ, 成分元素の質量百分率は, 炭素60.9%, 水素4.4%であった。また, 最も分子量の小さな化合物については, 水素8.7%であった。それぞれの化合物の分子量を求めなさい。

**問2** 下線部(a)について, 化合物Aの合成方法として, 他にも図に示す3通りの方法(経路I, II, III)がある。図中の矢印は反応が進むことを表し, 矢印の上には作用させる試薬を, 矢印の下には反応名を記している。①, ②, ③に当てはまる化合物名, ④, ⑤, ⑥に当てはまる反応名および⑦, ⑧, ⑨, ⑩に当てはまる構造式をそれぞれ記しなさい。

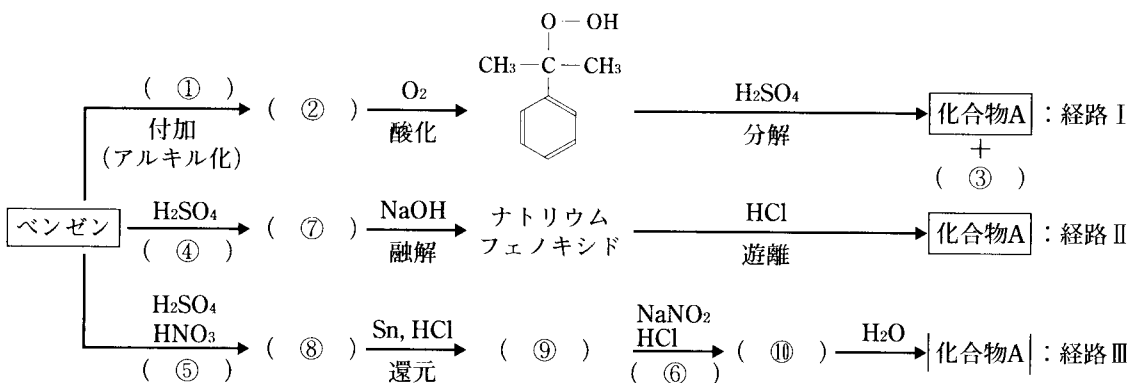


図 化合物Aの合成方法

問 3 問 2 の化合物①, ②, ③, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩のうち, 下線部(b)の水溶液により赤紫色を呈するものはどれか。番号を記しなさい。

問 4 問 2 の化合物⑩の水溶液にナトリウムフェノキシド水溶液を加えると, アゾ化合物が生成する。このような反応を何というか記しなさい。また, アゾ化合物の例を 1 つ挙げ, 化合物名を記しなさい。

問 5 下線部(c)から推定される A, C の化合物に共通に含まれる官能基の名称を記しなさい。

問 6 下線部(d)および(e)の反応について, 次の(ア)~(カ)のうち最も適切なものを 1 つ選び記号で記しなさい。

(ア) いずれの反応もアセチル化であり, 下線部(d)の反応は特にエステル化である。

(イ) いずれの反応もエステル化であり, 下線部(d)の反応は特にアセチル化である。

(ウ) いずれの反応もアセチル化であり, 下線部(e)の反応は特にエステル化である。

(エ) いずれの反応もエステル化であり, 下線部(e)の反応は特にアセチル化である。

(オ) 下線部(d)の反応はアセチル化であり, 下線部(e)の反応はエステル化である。

(カ) 下線部(d)の反応はエステル化であり, 下線部(e)の反応はアセチル化である。

問 7 F, G, H, I のうち, 異性体の関係にある 2 つの化合物を記号で記しなさい。また, それぞれの化合物名を記しなさい。

問 8 A, B, C, D, E の構造式を記しなさい。

**第4問** [1]～[3]は糖類またはアミノ酸に関する文章である。問い(問1～問7)に答えなさい。

[1] 多糖類は、重合度を  $n$  とすると一般式(ア)で表され、デンプン、セルロース、グリコーゲンなどがある。このなかでセルロースは、ヒトが消化酵素を持たないためエネルギー源として利用できないが、生体内では食物繊維としてはたらき、我々の日常生活においても繊維や紙の原料として利用<sup>(a)</sup>されている。セルロースは天然繊維である(イ)や(ウ)の主成分であり、また再生繊維の原料でもある。再生繊維のうちセルロースをシュバイツァー試薬に溶かしたのち、希硫酸中に押し出し繊維にしたものを(エ)またはキュプラといい、セルロースを水酸化ナトリウム等のアルカリで処理したのち二硫化炭素と反応させ(オ)とよばれる粘性の高いコロイド溶液を作り、これを希硫酸中に押し出したものを(カ)という。(オ)から膜状にセルロースを再生させたものが(キ)である。

問1 文中の(ア)～(キ)に当てはまる適切な語句または化学式を記しなさい。

問2 下線部(a)について、食物繊維としての具体的なはたらきを1つ記しなさい。

[2] 炭素原子6個から構成される単糖またはその単糖からなる二糖である天然化合物Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳについて、次のような実験結果が得られた。

- ① Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの水溶液を試験管に取り、アンモニア性硝酸銀水溶液を加え温浴中で温めると、Ⅰ、Ⅲ、Ⅳの入った試験管の内壁に銀が析出したが、Ⅱの入った試験管には銀が析出しなかった。
- ② Ⅱに希硫酸を加え加水分解すると、ⅠとⅢが生じた。Ⅳも同様に加水分解するとⅠのみが生じた。
- ③ Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳのうち最も甘味が強かったのはⅢであった。

問3 ①～③の実験結果を参考にして天然化合物Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの名称を記しなさい。



[3] 天然のタンパク質は自然界に存在する約 20 種類の  $\alpha$ -アミノ酸から構成され、 $\alpha$ -アミノ酸の性質は、置換基 R の構造によって区別される。例えば、グルタミン酸の水溶液は酸性を示すが、リシンの水溶液は塩基性を示す。また、 $\alpha$ -アミノ酸はグリシンを除いて、すべて(ア)を持つため一对の光学異性体が存在する。よって理論的にはグリシンのみから構成されるジペプチドは(イ)種類存在し、アラニンとグリシンから構成されるジペプチドは(ウ)種類存在する。

問 4 下線部(a)の  $\alpha$ -アミノ酸の  $\alpha$  の意味を記しなさい。

問 5 下線部(b)で水溶液が酸性を示す理由を記しなさい。

問 6 文中の(ア)～(ウ)に当てはまる適切な語句または数字を記しなさい。

問 7 タンパク質を構成するアミノ酸の組成を決定するために、タンパク質をアミノ酸に加水分解したのち、陽イオン交換樹脂を用いて、それぞれのアミノ酸と陽イオン交換樹脂との吸着力の強弱でアミノ酸を分離する方法がある。陽イオン交換樹脂としてスルホ基( $-\text{SO}_3\text{H}$ )を持つポリスチレンスルホン酸を用い、アミノ基およびカルボキシル基との静電的引力または反発力で吸着力の強弱が決まると考えたとき、グリシン、リシン、グルタミン酸を溶解させた pH = 3 の混合溶液中に陽イオン交換樹脂を入れると最も強く吸着されるアミノ酸を記しなさい。また、その理由を記しなさい。