

滋賀医科大学
平成31年度

医学科一般入試(前期日程)

問題冊子

理 科

物 理	1 ページ～6 ページ
化 学	7 ページ～12 ページ
生 物	13 ページ～21 ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 21 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち2科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

化 学 (3 問題)

I 次の文章を読み、問1～7に答えよ。ただし、ことわらない限り気体は理想気体としてふるまい、触媒の体積は無視できるものとする。また、気体定数 R を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。(配点 33)

窒素と水素からアンモニアを合成する反応(式1)は、窒素が化学的に安定なので、進行させるのは容易ではない。しかし、窒素の化学結合の解離を促す触媒の開発に成功し、適した反応条件を見出したことによって、この触媒反応は工業的に用いられるようになった。この反応は、空気の主成分である窒素から窒素肥料等の原料となるアンモニアを合成できるので、現在の人類社会を支える重要な化学反応である。



問1 式1の反応について、(1)～(3)に答えよ。必要ならば表1を用いよ。

- (1) 窒素 1 mol を反応させるときの熱化学方程式を記せ。
- (2) 生成熱の定義を説明せよ。
- (3) アンモニアの生成熱を有効数字 2 桁で求めよ。

問2 体積可変な容器を用いて実験を行った。ある温度で、体積を 10.0 L に固定し、式1の反応に有効な触媒、窒素 5.5 mol、水素 7.5 mol を導入したら式1の反応が進行し始めた。この反応開始時のアンモニアの生成速度を測定したところ、 $v_0 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ であった。下記の(1)～(3)のように条件を変えて同様の実験を行うと、反応開始時のアンモニアの生成速度は $v_0 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ に比べてどうなると予想されるか。それぞれの場合について、表2の語群1から選び答えよ。また、その主な理由を表2の語群2の用語を使って説明せよ。ただし、語群の語句は(1)～(3)にわたり複数回使用してもよい。

- (1) 温度を上げる
- (2) 窒素を 5.5 mol 加える
- (3) アルゴンを 5.5 mol 加える

問3 問2の下線部(ア)と同じ反応条件でアンモニアの濃度を一定時間ごとに測定しながら、化学反応を進行させた。1時間経過すると、容器の中は化学平衡に達し、アンモニア濃度は $0.30 \text{ mol}/\text{L}$ になった。次の(1)、(2)に答えよ。ただし、有効数字を 2 桁とする。

- (1) 濃度平衡定数 K_c を求めよ。
- (2) 時間に対する水素およびアンモニアの濃度 $[\text{mol}/\text{L}]$ の変化をグラフで表せ。

問 4 問 3 の実験のあとに、下記の(1)~(3)のように条件を変えて実験を行うと、平衡時のアンモニアの物質量は問 3 の平衡時に比べてどうなると予想されるか。それぞれの場合について、表 2 の語群 3 から選んで答えよ。また、その主な理由を表 2 の語群 4 の用語を使って説明せよ。ただし、(1)~(3)にわたり語群の語句は複数回使用してもよい。

- (1) 全圧を一定に保ち、温度を上げる
- (2) 体積と温度を一定に保ち、窒素を 5.5 mol 加える
- (3) 体積と温度を一定に保ち、アルゴンを 5.5 mol 加える

問 5 問 3 の実験条件に比べて触媒量を増やしたところ、時間に対するアンモニアの濃度変化は異なった。問 3 の実験条件を(a)とし、触媒量を増やした実験条件を(b)とすると、それぞれのアンモニア濃度 [mol/L] の時間変化を、その違いが分かるようにグラフを示して説明せよ。ただし、実験条件(a)の場合を実線(——)で、実験条件(b)の場合を破線(- - - -)で、それぞれ示すこと。

問 6 問 3 の実験を終えたあとに触媒を取り除いて反応を停止させた。そして、得られた混合気体を体積 10.0 L のまま 250 K に冷やした。このとき液化したアンモニアの物質量を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、圧力が 1.01×10^5 Pa のときのアンモニアの沸点は 240 K とし、250 K のアンモニアの飽和蒸気圧を 1.60×10^5 Pa とする。また、液化しない場合には 0 mol と答えよ。

問 7 実在する気体は、必ずしも理想気体のようにふるまうわけではない。標準状態において、同じ体積の窒素と水素とアンモニアを比べた場合に、最も分子数の多いのはどれか。その主な理由を表 2 の語群 5 の用語を 2 つ使って説明せよ。

表 1 結合エネルギー (1.01×10^5 Pa, 298 K)

結 合	結合エネルギー [kJ/mol]
N≡N	946
H—H	436
N—H	391*

*NH₃ 分子内の 1 つの結合についての数値

表 2 語群

語群 1	速くなる, 変わらない, 遅くなる
語群 2	理想気体, 活性化エネルギー, 律速段階, 発熱反応, 吸熱反応, 衝突頻度*
語群 3	増加する, 変わらない, 減少する
語群 4	ヘンリーの法則, ラウールの法則, 発熱反応, 吸熱反応, 律速段階, 濃度
語群 5	共有結合, 三重結合, 極性, 分子間力, 拡散, ルシャトリエの原理

*単位時間当たりの衝突回数

II 次の文章(i)と(ii)を読み、問1～9に答えよ。なお、原子量としてナトリウム23.0、塩素35.5を用いよ。塩化銀とクロム酸銀の溶解度積は、それぞれ $[Ag^+][Cl^-] = 1.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、 $[Ag^+]^2[CrO_4^{2-}] = 4.0 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$ とする。また、固体を溶解させたときの溶液の体積変化は無視することとする。(配点33)

(i) 塩化銀はクロム酸銀よりも水に溶けにくい。この性質は塩化物イオンの定量に利用できる。塩化物イオンを含む試料溶液に硝酸銀水溶液を加えると、塩化物イオンは銀イオンと反応して塩化銀の 沈殿を生じて濁る。そのため、沈殿生成の終点を正確に見極めるのは困難である。このとき、試料溶液にあらかじめクロム酸カリウムを添加しておく、終点付近において のクロム酸銀が沈殿し始めるので終点を判定しやすくなる。

塩化ナトリウムと硫酸ナトリウムからなる混合比未知の試料Aがある。この試料中の塩化ナトリウムの含有量を決定するために実験1を行った。なお、ここでは硫酸銀は水に完全に溶解するものとする。

【実験1】 ビーカーで4.00 gの試料Aを純水に完全に溶解させ、250 mLメスフラスコに移して標線まで純水を加えた。この試料溶液のうち25.00 mLをコニカルビーカーにとり、 a [g]のクロム酸カリウムを加え、完全に溶解させた。0.20 mol/Lの硝酸銀水溶液で滴定したところ、20.00 mL加えるとクロム酸銀の沈殿が確認できたのでこれを終点とした。

問1 および に当てはまる色を答えよ。

問2 硝酸銀は銀を濃硝酸と反応させることにより得られる。この反応の化学反応式を記せ。

問3 実験1において、(1) pHが6.5より小さいとき、もしくは(2) pHが10より大きいとき、正しい値を得ることができない。その理由を、それぞれ簡潔に述べよ。

実際には、実験1において、目視で確認できる程度のクロム酸銀の沈殿が生成するためには、塩化銀の沈殿生成の終点から、さらにやや過剰の硝酸銀水溶液の滴下が必要である。そこで、参照実験として実験2を行い、滴定値を補正した。なお、ここでは炭酸カルシウムは水に全く溶解しないものとして考えてよい。

【実験2】 43.00 mLの純水をコニカルビーカーにとり、 a [g]のクロム酸カリウムを加え、完全に溶解させてから炭酸カルシウム1.00 gを加え、0.20 mol/Lの硝酸銀水溶液で滴定したところ、2.00 mL加えたところで終点となった。

(7)

問 4 実験 2 において、炭酸カルシウムを加えた理由を述べよ。

問 5 下線部(ア)において、クロム酸イオンの濃度 $[\text{CrO}_4^{2-}]$ は $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ であった。

- (1) 終点における銀イオン濃度を有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) このとき、クロム酸銀の沈殿が生成することを溶解度積を使って説明せよ。

問 6 4.00 g の試料 A における塩化ナトリウムの質量を求めたい。

- (1) 実験 1 の結果のみから有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) 実験 2 の結果を考慮して有効数字 2 桁で求めよ。

(ii) レントゲン撮影において、写真フィルムに X 線が当たると、写真フィルム上の臭化銀は X 線 ^(イ) によって分解し、銀が生成する。生成した銀の集合体はこの段階では小さすぎて目に見えないが、フィルムを現像液に浸すと、銀の集合体のまわりにある未反応の銀イオンが還元されて大きな銀の集合体となり、黒い像として見えるようになる。次にチオ硫酸ナトリウム水溶液に浸し、^(ウ) X 線が当たらなかった部分の未反応の臭化銀を溶解除去して ^(エ) から水洗すると、X 線の当たった部分は黒く、当たらなかった部分は透明になったフィルムが得られる。

問 7 下線部(イ)でおこる反応は光(可視光線)が当たったときと同じである。この反応の化学反応式を記せ。

問 8 下線部(ウ)の銀の性質を利用することで、グルコースとスクロースを区別したい。どうすればよいか、(1) 実験手順と(2) 判定基準を簡単に説明せよ。

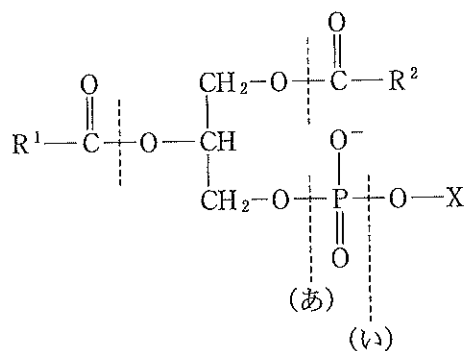
問 9 下線部(エ)でおこる反応の化学反応式を記せ。

Ⅲ 次の文章(i)と(ii)を読み、問1～8に答えよ。なお、原子量として、水素1.0、炭素12、窒素14、酸素16、硫黄32、カリウム39、ヨウ素127を用いよ。(配点34)

(i) グリセロリン脂質は、生体膜を構成するリン脂質の一つである。このリン脂質は、ホスホリパーゼとよばれる一群の酵素によって加水分解されて、脂肪酸や細胞内シグナル伝達分子などの生体に必要な分子に変換される。

あるグリセロリン脂質Iがある(図1)。IをホスホリパーゼCによって破線(あ)で加水分解したところ、炭化水素基 R^1 と R^2 を含む脂肪酸エステルIIが生成した。また、IをホスホリパーゼDによって破線(い)で加水分解すると、アルコールaが生成した。その構造を分析したところ、aはC—C結合を2個含み、炭素原子3個からなる α -アミノ酸であった。

α -アミノ酸bとcは、aと同数の炭素原子をもっており、タンパク質から得られる約20種類の α -アミノ酸の中に含まれる。 α -アミノ酸a、b、cの分子量を測定したところ、それぞれ105、121、89であった。bの水溶液を塩基性にして加熱したあと、酢酸で中和を行い、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生じた。また、8分子のaの脱水縮合により、アミド結合を7個含む鎖状構造をもつ化合物dが得られた。ある呈色反応を行うと、dの水溶液は赤紫色になったが、a、b、cの水溶液は変色しなかった。



----- ホスホリパーゼによって加水分解を受ける箇所

図1 グリセロリン脂質

問1 脂肪酸エステルII 6.22 g をけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量は1.12 g であった。また、同量の脂肪酸エステルII にはヨウ素 2.54 g が付加した。

- (1) 1分子の脂肪酸エステルII に含まれる C=C 結合の数を求めよ。
- (2) 炭化水素基 R^1 と R^2 に含まれる炭素原子の総数を求めよ。

問2 下線部(ア)に関して、生じた黒色沈殿の化学式を書け。

問3 化合物 a、b、c、d に関して(1)～(3)に答えよ。

- (1) a、b、c の構造式をそれぞれ書け。ただし、鏡像異性体は考慮しなくてよい。
- (2) 下線部(イ)の呈色反応の名称を書け。
- (3) 下線部(イ)の実験操作の手順を書け。

(ii) 生体は必要に応じて、アミノ酸を化合物 A に変換する。また、A を還元すると化合物 B になる。B は炭素原子 3 個からなる化合物であり、その構成元素の質量比は、炭素 40.0 %、水素 6.7 %、酸素 53.3 % である。A や B を炭酸水素ナトリウムと反応させると、水溶性の塩を生じるとともに、ある気体^(ウ)が発生する。さらに、A や B を塩基性条件下でヨウ素と反応させると黄色の結晶が生じる。

ある条件下で B を脱水縮合させると、化合物 C が得られた。8.0 g の化合物 C を 200 mL のメタノールに溶解させた溶液の沸点を測定すると、純粋なメタノールに比べて 0.27 K 高かった。化合物 C は触媒の存在下で重合し、高分子化合物 D となった。

問 4 化合物 B の分子式を書け。

問 5 下線部(ウ)の気体から炭酸水素ナトリウムを工業的に製造する方法がある。その化学反応式を記せ。

問 6 化合物 A と化合物 B の構造式を書け。ただし、鏡像異性体があれば、違いがわかるように 2 つとも書け。

問 7 化合物 C に関して(1)、(2)に答えよ。ただし、メタノールの密度は 0.80 g/mL とし、モル沸点上昇を $0.78 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

(1) 化合物 C の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

(2) 化合物 C の構造式を書け。ただし、立体異性体は考慮しなくてよい。

問 8 高分子化合物 D は外科手術用の縫合糸としても用いられている。

(1) 高分子化合物 D の化合物名を答えよ。

(2) 高分子化合物 D のどのような性質を利用しようとしたものか答えよ。