

前期日程

科目	化学
----	----

医学部・薬学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は、全部で8ページです。解答用紙は6枚、計算用紙は2枚で、問題冊子とは別になっています。試験開始の合図があってから確認してください。
3. 問題冊子あるいは解答用紙に、文字などの印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れなどがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験開始後に、すべての解答用紙（6枚）上部の指定欄に志望学部を記入し、受験番号欄（2カ所）に算用数字で受験番号を記入してください。氏名を書いてはいけません。
5. 解答は、解答用紙の所定欄に記入してください。解答用紙の所定欄以外に記入した解答は、採点の対象としません。
6. すべての解答用紙（6枚）を提出してください。
7. 問題は①～④の4問です。すべての問題を解答してください。
8. 問題冊子、計算用紙は持ち帰ってください。

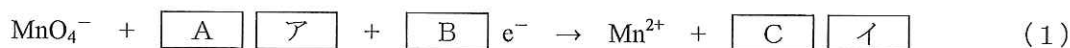


(注意) 必要ならば、次の原子量を用いよ。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0

1 次の文章 (I), (II) を読み、それぞれ以下の問いに答えよ。

(I) 過マンガン酸カリウムは黒紫色の結晶であり、水に容易に溶解し、その 0.1 mol/L 水溶液は赤紫色を呈する。硫酸を加えて酸性にした 0.1 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液に 0.1 mol/L 過酸化水素水溶液を加えていくと、気体が発生するとともに、過マンガン酸カリウム水溶液の色が薄くなり最終的にはほぼ無色となる。水溶液中の過マンガン酸イオンおよび過酸化水素はそれぞれ式 (1) および式 (2) のように反応する。



これらの反応を利用し、水溶液に含まれる過酸化水素の量を決定することができる。まず、過酸化水素を含む水溶液に硫酸を加えて酸性とする。これに、濃度既知の過マンガン酸カリウム水溶液を、ビュレットを用いて滴下する。ふり混ぜながら滴下を続け、過マンガン酸カリウム水溶液の薄い色がついて消えなくなったところで滴下をやめ、滴下した過マンガン酸イオンの量から過酸化水素の量を求める。ここで用いる過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度は、濃度既知のシュウ酸水溶液を用いてあらかじめ決定しておかなければならない。過マンガン酸イオンおよびシュウ酸は式 (1) および式 (3) のように反応する。



問1 式 (1) ~ (3) において、 $\boxed{\text{A}}$ ~ $\boxed{\text{G}}$ に最も適切な数字を、 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{エ}}$ に最も適切なイオンまたは分子の化学式を入れ、電子を含むイオン反応式を完成させよ。なお、同じ数字や化学式を何度使ってもよい。

問2 式 (1) 中の Mn, 式 (2) 中の O について、それぞれ反応前後の酸化数を記せ。

問3 過マンガン酸イオンを含む硫酸酸性の水溶液に過酸化水素水溶液を加えたときに起こる酸化還元反応をイオン反応式で示せ。また、この反応で酸化剤、還元剤としてはたらいっているイオンまたは分子の化学式をそれぞれ記せ。

(次のページへ続く)

問4 過マンガン酸イオンを含む硫酸酸性の水溶液にシュウ酸水溶液を加えたときに起こる酸化還元反応をイオン反応式で示せ。

(II) 過マンガン酸イオンと過酸化水素との反応を利用し、消毒薬として広く用いられているオキシドールに含まれる過酸化水素の量を決定した。

まず、0.0500 mol/L のシュウ酸水溶液 10.0 mL をコニカルビーカーにとり、6.00 mol/L 硫酸 10.0 mL を加え、純水で約 50 mL に希釈し、十分な反応速度を得るため適度に加熱した。これに濃度未知の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、8.00 mL を滴下した時点で過マンガン酸カリウム水溶液の薄い色がついて消えなくなった。この滴下量から、過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を決定した。

つづいて、オキシドール 10.0 mL をメスフラスコにとり、純水で 100 mL に希釈した。この水溶液 10.0 mL をコニカルビーカーにとり、上記同様に硫酸を加え純水で希釈した後、濃度を決定した過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、16.00 mL を滴下した時点で薄い色がついて消えなくなった。

問5 質量パーセント濃度 96.0% の濃硫酸 (密度 1.84 g/cm^3) を純水で希釈して 6.00 mol/L 硫酸 500 mL を調製した。必要な濃硫酸の体積 (mL) を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も示せ。

問6 用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度 (mol/L) を有効数字 3 桁で求めよ。

問7 オキシドールを 100 mL に希釈した後の水溶液 10.0 mL に含まれる過酸化水素の物質質量 (mol) を求めよ。また、希釈前のオキシドール 500 mL に含まれる過酸化水素の質量 (g) を求めよ。いずれも有効数字 3 桁で答えよ。

(以下 余 白)

2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

理想気体とは、分子間に **ア** が働かず、分子自身が **イ** をもたない、と考えた仮想の気体である。理想気体では、低温や高圧の下でも気体の **ウ** 方程式が完全に成り立つので、理想気体 1.00 mol の体積は、標準状態 ($T=273 \text{ K}$, $P=1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) において 22.4 L となる。

気体 A と気体 B は、いずれも二原子からなる単体である。気体 A 3.0 g と気体 B 14 g の混合気体は、標準状態の下で体積が 44.8 L であった。この混合気体中の気体 A の分圧 (P_A) は $7.60 \times 10^4 \text{ Pa}$ であり、気体 B の分圧 (P_B) は $2.53 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。

全ての気体を理想気体と仮定すると、各気体の質量と分圧がわかっているため、気体 A および気体 B の物質量はそれぞれ **エ** mol および **オ** mol であり、分子量は **カ** および **キ** であることがわかる。気体 A と気体 B は、二原子からなる単体なので、各気体を構成している原子の原子量は **ク** と **ケ** である。したがって、気体 A は **コ** 分子、気体 B は **サ** 分子である。

この気体 A と気体 B の混合気体を、密閉容器に入れ高温に保ったところ、4つの原子からなる気体 C が生成した。気体 C 8.5 g を標準状態においたとき、体積が 11.2 L であったことから、気体 C の分子量は **シ** とわかった。これらのことから、気体 C は **ス** 分子であることがわかる。(a) 気体 A、気体 B および気体 C からなる混合気体が、高温下で化学平衡の状態に達した後、(b) その圧力を一定に保ち、さらに温度を上昇させたところ、気体 C の物質量が減少し、気体 A と気体 B の物質量は増加した。

問 1 本文中の **ア** ~ **ス** にあてはまる最も適切な数値または語句を記せ。数値は、有効数字 2 桁で答えよ。

問 2 下線部 (a) を化学反応式で表せ。また、この反応の平衡定数 K をモル濃度を用いて示し、平衡定数の単位記号も記せ。ただし、モル濃度は、[化学式] のように表記せよ。

問 3 下線部 (b) より、気体 A と気体 B から気体 C を生じる反応の性質を判断できる。この反応の性質として適切なものを以下から一つ選び番号で答えよ。また、その根拠となる原理を何というか記せ。

- ① 発熱反応で可逆反応
- ② 吸熱反応で可逆反応
- ③ 発熱反応で不可逆反応
- ④ 吸熱反応で不可逆反応

(次のページへ続く)

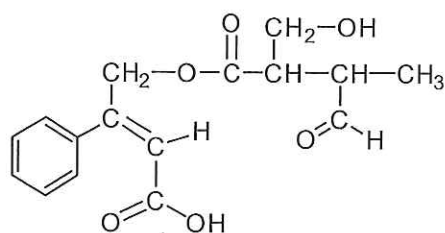
問4 反応物と生成物とのモル濃度を用いて表される平衡定数 K は、濃度平衡定数と呼び、 K_c と表すこともある。一方、気体の平衡反応では、モル濃度に換え、各気体の分圧を用いて平衡定数を表すことがある。これを圧平衡定数と呼び、 K_p と表す。

(1) 下線部 (a) の反応における圧平衡定数 K_p を、各気体の分圧を用いて示し、圧平衡定数の単位記号も記せ。なお、混合気体中の気体 A, B, C の分圧をそれぞれ P_A , P_B , P_C とせよ。

(2) 混合気体中の各気体の分圧は、各気体の濃度比に等しいので、下線部 (a) の化学反応式の圧平衡定数 K_p は、濃度平衡定数 K_c 、温度 T および気体定数 R を用いて表すことができる。 K_p と K_c の関係式を示せ。

(以下余白)

3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。構造式は下の例にならって記せ。



(例)

炭化カルシウム（カーバイド）に水を加えて発生させた無色の気体である化合物 A に鉄触媒を作用させ、高温高压条件で反応させると 3 分子の A が重合した化合物 B が生成した。さらに、B とプロピレン（プロペン）とを触媒を用いて反応させたところ化合物 C が得られた。C を酸素による酸化後、硫酸で分解することで化合物 D と化合物 E が生成した。(a) E は酢酸カルシウムの熱分解によっても合成できる。また、化合物 F を二クロム酸カリウムの硫酸溶液で酸化することでも E を合成できる。

(b) A に硫酸水銀(II) を触媒として水を付加させると、化合物 G が生じた。 G を酸化すると化合物 H が得られた。また、H と F との混合物に濃硫酸を少量加えて加熱することで化合物 I が生成した。

問 1 化合物 A～I の構造式を記せ。

問 2 化合物 A, B, E, G および H の化合物名を記せ。

問 3 化合物 D の性質について、以下の記述のうち誤っているものを一つ選び番号で答えよ。

- ① 臭素水と反応し、白色沈殿を生成する。
- ② フェーリング液と反応し、赤色沈殿を生成する。
- ③ 金属ナトリウムと反応し、水素を発生する。
- ④ 塩化鉄(III) 水溶液と反応し、紫色に呈色する。

問 4 化合物 E にヨウ素を含む水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色沈殿が生じた。この沈殿は何か、化学式を示せ。また、この反応の名称を答えよ。

問 5 下線部 (a) の反応について化学反応式を示せ。

(次のページへ続く)

問6 以下の化学反応式と文章は、下線部 (b) の反応に関するものである。反応式中の化合物 J の構造式を示せ。また、文章中の ア ~ エ に当てはまる最も適切な語句を、下の ① ~ ⑨ から選び、それぞれ番号で答えよ。



硫酸水銀(II) を触媒として用いれば、A に水が付加して ア (化合物 J の名称) を生成する。この ア は イ であり、すぐに異性体である G となる。工業的には、G は ウ (無色の気体) を酸化して製造されている。G はアンモニア性硝酸銀溶液と加熱すると銀が析出することから エ をもつことがわかる。

- | | | | |
|---------|------------|--------|------------|
| ① 酢酸ビニル | ② ジエチルエーテル | ③ エチレン | ④ ビニルアルコール |
| ⑤ 安定 | ⑥ 不安定 | ⑦ 還元性 | ⑧ 酸化性 |
| ⑨ 昇華性 | | | |

問7 化合物 I の構造異性体で、不斉炭素原子をもつカルボン酸の構造式を示せ。ただし、不斉炭素原子には*を付けること。

(以下余白)

4 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

リンは動植物に必須の元素である。動物はリンを食物から摂取することができるが、植物は主に土壌から栄養分を摂取する必要がある。しかし、土壌中のリンの含有量は必ずしも多くないので、^(a)植物に対してはリンを肥料として与えなければならないこともある。

リンを含む生体物質として、^(b)リン脂質や核酸がある。リン脂質は [ア] に 2 分子の [イ] と 1 分子のリン酸の化合物が [ウ] 結合したもので、細胞膜の主要構成成分である。一方、核酸にはデオキシリボ核酸 (DNA) とリボ核酸 (RNA) の二種類がある。両者とも、[エ]、糖およびリン酸からなる [オ] を基本構造単位とし、糖とリン酸とが [ウ] 結合を繰り返すことによって鎖状構造を形成している。また、DNA は二重らせん (二本鎖) を形成するが、この構造においては一方の分子鎖の [エ] が、他方の分子鎖の [エ] と [カ] 結合を形成している。

リンは、細胞内のエネルギー産生にも必要である。生物は呼吸によって有機化合物を分解して必要なエネルギーを得る。呼吸には、酸素を利用する好気呼吸と、利用しない嫌気呼吸とがある。^(c)細胞内の酸化反応によって生じたエネルギーの一部は、分子内に高エネルギーリン酸結合を持つアデノシン三リン酸 (ATP) として保存される。呼吸にグルコースが用いられた場合、最終的に好気呼吸では [キ] と [ク] とが産生され、嫌気呼吸の場合は乳酸やアルコールなどへと変換される。1 分子のグルコースが好気呼吸と嫌気呼吸によって代謝された場合、それぞれ 38 分子と 2 分子の ATP が産生される。

問 1 文章中の [ア] ~ [ク] に当てはまる最も適切な語句を、次の①~⑯から選びそれぞれ番号で記せ。

- | | | | |
|--------|---------|----------|----------|
| ① エステル | ② 水素 | ③ ジスルフィド | ④ タンパク質 |
| ⑤ ペプチド | ⑥ 脂肪酸 | ⑦ アミド | ⑧ 酸素 |
| ⑨ 水 | ⑩ グリセリン | ⑪ 炭化水素 | ⑫ ヌクレオチド |
| ⑬ イオン | ⑭ アミノ酸 | ⑮ 二酸化炭素 | ⑯ 塩基 |

問 2 下線部 (a) ではリン肥料に関して述べられている。土壌中のリンの不足を補うためのリン肥料として使われている過リン酸石灰は、リン鉱石中に含まれるリン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ と硫酸 H_2SO_4 とを反応させることにより製造されている。その化学反応式を記せ。

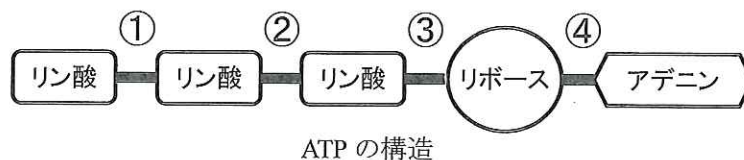
(次のページへ続く)

問3 下線部 (b) のリン脂質が、構造的に似ている油脂と比べ細胞膜の主成分として適している理由について最も適切なものを下から一つ選び番号で答えよ。

- ① 分子内に、疎水性部分と親水性部分を併せ持つ。
- ② 分子内に、酸化されやすい部分と還元されやすい部分を併せ持つ。
- ③ 分子内に、熱に対して安定な部分と不安定な部分を併せ持つ。
- ④ 分子内に、酸に対して安定な部分と塩基に対して安定な部分を併せ持つ。
- ⑤ 分子内に、不飽和結合を多く含む部分とそうでない部分を併せ持つ。

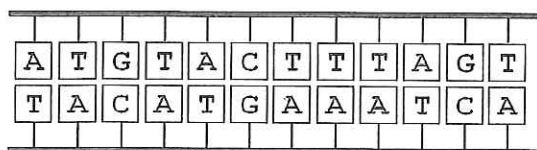
問4 下線部 (c) に関して、蓄えられた ATP はエネルギーが必要となったときに使われる。下図に示した ATP の構造において、以下に該当する結合の番号 (① ~ ④) を答えよ。

- (1) 分子内の高エネルギーリン酸結合を二カ所示せ。
- (2) 細胞内でエネルギー産生に使われる場合に、主に切断される結合を一カ所示せ。

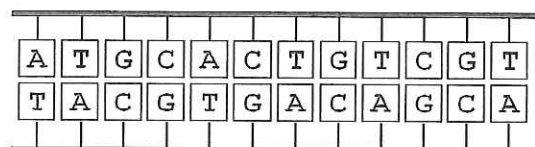


問5 室温下、DNA は水溶液中で二本鎖を形成しているが、温度を徐々に上げていくと鎖間の結合が解離し一本鎖となる。次に示す二つの短い DNA を比べた場合、どちらの配列の方がより低温で一本鎖となるかを選び、その根拠を 60 字以内で説明せよ。

配列 1



配列 2



問6 がん細胞では酸素が十分供給されている状態でも優先的に嫌気呼吸が行われ、乳酸 ($C_3H_6O_3$) が産生されることが知られており、これをワールブルグ効果と呼ぶ。あるがん細胞では、グルコースが嫌気呼吸に 80%、好気呼吸に 20% 消費され、その結果 ATP が 4.6×10^{-4} mol 産生した。この時、がん細胞は何 mol のグルコースを代謝したか。また、乳酸は何 mol 生成したか。それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。