

化学基礎・化学（後期日程）

（注意事項）

1. 試験開始までに表紙の注意事項をよく読んでください。
2. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
3. 試験開始の合図があったら、すぐに用紙の種類と枚数を確かめ、受験番号をすべてに記入してください。
 - 表紙（この用紙） 1枚
 - 化学基礎・化学その1 1枚
 - 化学基礎・化学その2 1枚
 - 化学基礎・化学その3 1枚
4. 配付された用紙の種類や枚数が異なる場合や印刷が不鮮明な場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 答えは、特に指定がなければ、解答欄に記入してください。
6. 試験終了後、すべての用紙を回収します。上から（表紙）、（化学基礎・化学その1）、（化学基礎・化学その2）、（化学基礎・化学その3）の順に、おもて面を上にしてひろげた状態で用紙の上下をそろえて4枚重ねてください。異なる科目の答案用紙が混入しないように注意してください。
7. 問題用紙の余白や裏面を草案に使用しても構いませんが、採点の対象にはなりません。

- 特に断りがなければ、次の数値を使用しなさい。

元素	H	C	N	O	Na	S	Cl	K	Ca	Cu
原子量	1.0	12.0	14.0	16.0	23.0	32.1	35.5	39.1	40.1	63.5

アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

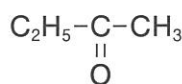
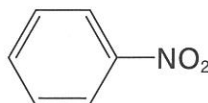
標準状態（ 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）での気体 1 mol の体積 22.4 L

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C} / \text{mol}$

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

- 気体は、特に指定がなければ、理想気体として取り扱いなさい。
- 有機化合物の構造式は、特に指定がなければ、次の例にならって簡略化した構造式で書きなさい。

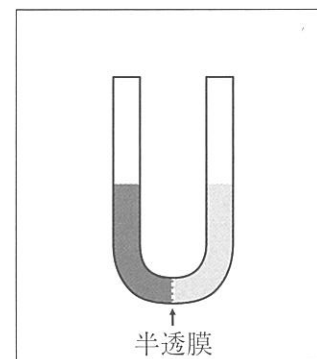
例：



受験番号

--

問題1 右図のような、内径が等しく左右対称形のU字管の中央部に、水分子しか通さない半透膜で仕切った装置を用いると、溶媒の分子量や、電離度を求めることができる。以下の問に答えなさい。



問1 U字管の一方に純水を200 mL入れ、もう一方に下記の3種類 A, B, C の水溶液のうちの一つを、純水同様200 mL入れ、27℃でしばらく放置した。

水溶液 A：グルコース $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

水溶液 B：NaCl $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

水溶液 C：CaCl₂ $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

(1) 左右の液面の高さの差が大きい順に、A, B, C を、例にならって並べなさい。(例：a > b = c)

(2) (1) で答えた理由を述べなさい。

(3) U字管の一方に生理食塩水 (0.15 mol/L NaCl) を200 mL入れ、もう一方に物質 XY₂

(分子量 100) 4.0 g を純水に溶かして200 mLとしたものを入れた。27℃で、両者の液面の高さが同じになるまで放置した。このとき XY₂ の電離度 α を、計算式を示して有効数字二桁で求めなさい。ただし、XY₂ の一部は水溶液中で次のように電離する。



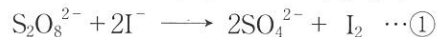
問2 非電解質のタンパク質である血清アルブミン 5.0 g を、純水に溶かして全量を200 mLとしたとき、この溶液の浸透圧は15℃で $9.0 \times 10^2 \text{ Pa}$ であった。血清アルブミンの分子量を、計算式を示して有効数字二桁で求めなさい。

解答欄	問1	(1)	
		(2)	
		(3)	
	問2		

受験番号

小計

問題2 ペルオキシ二硫酸イオン ($S_2O_8^{2-}$) は、①の反応により、ヨウ化物イオンを酸化してヨウ素を生じる。



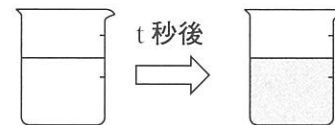
①の反応速度は、ペルオキシ二硫酸イオンとヨウ化物イオンの両方の濃度と関係している。ここで、溶液中にチオ硫酸イオン ($S_2O_3^{2-}$) が存在すると、②の反応により、生じたヨウ素は、再びヨウ化物イオンに戻る。



②の反応は①の反応に比べて非常に速いため、生成したヨウ素は即座に還元されてヨウ化物イオンとなる。よって、チオ硫酸イオンが残存している限り、見かけ上、ヨウ素は生成せず、チオ硫酸イオンが消失した瞬間に、ヨウ素が生成する。

ここで、5.0 mL の 0.02 mol/L ペルオキシ二硫酸カリウム溶液と 1.0 mL の 5% デンプン溶液を反応容器に加え、右表の通りに 0.1 mol/L チオ硫酸ナトリウム水溶液、1.0 mol/L ヨウ化カリウム水溶液、水を加えて全量を 25.0 mL とする。この混合した瞬間から右図のように、色が青紫色に変化するまでの時間を測定したところ、右表のような結果が得られた。以下の問に答えなさい。ただし、温度は 25℃ とする。

Na ₂ S ₂ O ₃ 水溶液の量 (mL)	KI 水溶液の量 (mL)		
	15.0	12.5	10.0
0.0	0.0 秒	0.0 秒	0.0 秒
0.4	13.8 秒	20.3 秒	31.9 秒
0.8	31.8 秒	46.4 秒	73.0 秒
1.2	57.0 秒	83.3 秒	130.9 秒



問1 下線部の反応名を答えなさい。また、その変化が起こるしくみを構造の観点から説明しなさい。

問2 加えたチオ硫酸ナトリウム水溶液の量を x (mL) とした時、色が変化した時のペルオキシ二硫酸イオンの濃度 (mol/L) を、 x を用いて表しなさい。

問3 ヨウ化カリウム水溶液を 15.0 mL 加えた時の①の速度定数を k_{150} としたとき、①の反応速度式は、 $v = k_{150}[S_2O_8^{2-}]$ で表される。この時の実験結果が、この速度式に合致することを説明しなさい。

問4 問3の反応速度式を用いて、ヨウ化カリウム水溶液を 12.5 mL, 10.0 mL 加えた時の速度定数 k_{125} , k_{100} をそれぞれ小数第三位まで求めなさい。

問5 問4の結果から、ヨウ化物イオンの濃度を含めた①の最終的な反応速度式は、速度定数 k を用いて、どのように表すことができるか、理由と共に答えなさい。

解答欄	問1	反応名		しくみの説明		
	問2					
	問3					
	問4	k_{125}			k_{100}	
	問5					

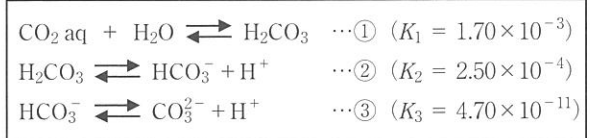
受験番号

小計

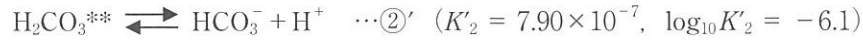
問題3 次の文章を読んで問に答えなさい。ただし、解答は有効数字二桁で求め、 $\log_{10}20 = 1.3$ とする。

問1 血液検査において、空腹時の血漿（けっしょう）中グルコース濃度が140 mg/dL以上の場合、糖尿病の疑いがある。血漿1.0 mLに過剰量のフェーリング液を加えて加熱したとき、赤色沈殿が何g以上生じれば糖尿病の疑いがあるか、答えなさい。

問2 血液のpHは重碳酸イオン HCO_3^- の電離により決定される。血液中に溶解した CO_2 を CO_2aq と表した場合、37℃の血液中では、右のような電離が起こる。（ ）内に平衡定数を示す。実際は、 $[\text{CO}_2\text{aq}]$ と比較して $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ が非常に小さいので見かけ上の $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を $[\text{H}_2\text{CO}_3^{**}]$ とし、これを以下の様に定義する。



$$[\text{H}_2\text{CO}_3^{**}] = [\text{CO}_2\text{aq}] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \approx [\text{CO}_2\text{aq}]$$



血液中の CO_2 分圧を P_{CO_2} (mmHg)とした場合、 P_{CO_2} と $[\text{CO}_2\text{aq}]$ (mmol/L)には、 $[\text{CO}_2\text{aq}] = 0.030 \times P_{\text{CO}_2}$ の関係がある。患者Aさんの血液を検査したところ、血液のpHは7.1、 P_{CO_2} は40 mmHgであった。この血液中の重碳酸イオン濃度を求めなさい。

問3 問2の患者Aさんの血液1.0 LをpH = 7.4に戻すために必要な水酸化ナトリウムの量(mmol)を、計算式を示して求めなさい。

問4 生体内において、1分子のヘモグロビンは4分子の O_2 と結合できるので、平衡定数 K_{d4} は以下の④のようになる。仮にヘモグロビン1分子が、1分子の O_2 としか結合できないとすると、平衡定数 K_{d1} は下の⑤のようになる。

$$K_{d4} = \frac{[\text{Hb}][\text{O}_2]^4}{[\text{Hb} \cdot 4\text{O}_2]} \quad \dots \text{④}$$

$$K_{d1} = \frac{[\text{Hb}][\text{O}_2]}{[\text{Hb} \cdot \text{O}_2]} \quad \dots \text{⑤}$$

$[\text{Hb}]$ ：酸素と結合していないヘモグロビンの濃度 $[\text{Hb} \cdot n\text{O}_2]$ ：n分子の酸素と結合したヘモグロビンの濃度

血液中のヘモグロビンは、肺で O_2 と結合し末梢組織で O_2 を遊離させることで、 O_2 を全身に運ぶ。血液中のヘモグロビンに結合できる O_2 の最大値が一定であるとしたとき、④の方が⑤より多くの O_2 を肺から末梢組織に届けることができる理由を説明しなさい。ただし、肺および末梢組織における $[\text{O}_2]$ をそれぞれ1.2 mmol/L、0.40 mmol/Lと仮定し、 $K_{d1} = 1.0 \text{ mmol/L}$ 、 $K_{d4} = 1.0 (\text{mmol/L})^4$ とする。

解答欄	問1	
	問2	
	問3	
	問4	

受験番号

小計