

理 科 (100分)

I 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 この問題冊子は60ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
 物理 4～23ページ
 化学 24～39ページ
 生物 40～60ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
 受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - ② 氏名欄
 氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
 解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号			

化 学

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を用いなさい。

原子量 H : 1.0, C : 12, O : 16

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

1 次の(1)~(10)に答えなさい。答えは、それぞれの①~⑤のうちから一つずつ選びなさい。〔解答番号 ~ 〕

(1) 第一イオン化エネルギーが最も小さい元素。

- ① リチウム ② カリウム ③ 炭素 ④ フッ素 ⑤ ヨウ素

(2) イオンからなる物質であるもの。

- ① 水素化ナトリウム ② 塩化水素 ③ 二酸化炭素
④ 炭化ケイ素 ⑤ アンモニア

(3) その構造が正四面体形であるもの。

- ① 水 ② アンモニア ③ 二酸化炭素
④ テトラアンミン亜鉛(II)イオン ⑤ テトラアンミン銅(II)イオン

(4) 分子間に水素結合を生ずるもの。

- ① アセトン ② ジクロロメタン ③ トルエン
④ 二酸化硫黄 ⑤ アンモニア

(5) 酸化還元反応であるもの。 5

- ① 沸騰水に、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたときの反応
- ② 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えたときの反応
- ③ ヨウ化カリウムの水溶液に、臭素水を加えたときの反応
- ④ 炭酸カルシウムに、塩酸を加えたときの反応
- ⑤ 塩化ナトリウムに、濃硫酸を加えて加熱したときの反応

(6) 陽極からも、陰極からも気体が発生する電気分解。 6

- ① 硝酸銀水溶液を、炭素電極で電気分解する。
- ② 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、白金電極で電気分解する。
- ③ 希硫酸を、銅電極で電気分解する。
- ④ 塩化ナトリウム水溶液を、炭素電極で電気分解する。
- ⑤ 塩化銅(Ⅱ)水溶液を、炭素電極で電気分解する。

(7) 脂肪族化合物の反応に関する次の記述のうち、誤りを含むもの。 7

- ① アセチレンに、硫酸水銀(Ⅱ)存在下で水を反応させて生成する物質は、エチレンに、塩化パラジウム(Ⅱ)および塩化銅(Ⅱ)存在下で酸素を作用させても生成する。
- ② エタノールに濃硫酸を加えて 130℃ に加熱すると、主にエチレンが生成し、同じく 160℃ に加熱すると、主にジエチルエーテルが生成する。
- ③ エチレンは、工業的には、石油の精製によって得られるナフサを熱分解することによって得られる。
- ④ メタンは、実験室では、酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合物を加熱することによって得られる。
- ⑤ エチレンに塩素が付加すると、1, 2-ジクロロエタンになる。

(8) 油脂に関する次の記述のうち、正しいもの。 8

- ① 同程度の分子量の油脂であれば、炭素-炭素間不飽和結合が多い油脂ほど融点が低くなる。
- ② 室温で液体の油脂には、空気中で酸素と反応して固体に変わるものがある。この反応を油脂の硬化といい、得られた固体の油脂を硬化油という。
- ③ 分子量が大きい油脂ほど、その1gをケン化するのに必要な水酸化ナトリウムの質量が大きい。
- ④ セッケンは、油滴を水に分散させることにより油污れを取り除く。このとき生じた液体は懸濁液と呼ばれ、この作用を、セッケンの懸濁作用という。
- ⑤ セッケン水の中で、セッケン分子は、疎水基を外側、親水基を内側に向けて多数集合し、ミセルと呼ばれるコロイド粒子を形成している。

(9) 糖類に関する次の記述のうち、誤りを含むもの。 9

- ① α -グルコースを水100gに溶かして得られた溶液と、同量の β -グルコースを水100gに溶かして得られた溶液の組成は、同じになる。
- ② β -グルコースを、塩化水素存在下メタノールと反応させて生成する物質は、フェーリング液を還元しない。
- ③ アミロースは、 α -グルコースが直鎖状に縮合重合した高分子化合物で、温水中に溶けない。
- ④ セルロースは、 β -グルコースが直鎖状に縮合重合してできる高分子化合物で、ヨウ素溶液を加えても呈色しない。
- ⑤ スクロースが銀鏡反応を示さないのは、 α -グルコースとフルクトースが、還元性を示す部分どうしで縮合しており、鎖状構造をとれないからである。

(10) 核酸や、医薬品、肥料に関する次の記述のうち、誤りを含むもの。

10

- ① 核酸を構成する元素はC, H, O, Nのみである。
- ② 光合成の反応過程の一つとして合成されるアデノシン三リン酸は、高エネルギーをもつリン酸どうしの結合を2つ含んでいる。
- ③ 血液中の糖の濃度を調節するインスリンは、遺伝子操作を施した大腸菌から生産され、医薬品として用いられている。
- ④ 多くの生物のどのDNAでも、アデニンとチミン、グアニンとシトシンの物質量がほぼ同一である。
- ⑤ 植物に必要な元素のうち、土壤中で特に不足しやすい窒素、リン、カリウムを肥料の三要素という。

2 次の文章を読み、下の問1～6に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

二酸化炭素の水に対する溶解度を求めるため、図1のような装置を組んだ。温度は7℃で一定である。容器Aには二酸化炭素が封入されており、容器Bは300 mLの水によって満たされている。容器Aのピストンに、常に 2.0×10^5 Paの圧力がかかるようにしてコック1を開けて放置すると、容器A中の気体の体積が0.36 Lだけ減少したところで、ピストンの降下は停止した。ただし、気体の溶解についてはヘンリーの法則が成立し、酸素の水への溶解や水の蒸発、また、容器と容器をつなぐ管の内容積は無視できるものとする。

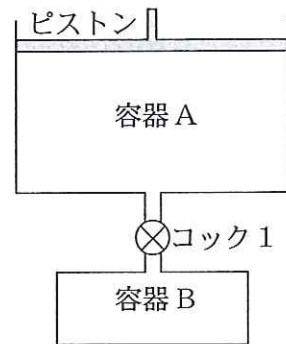


図 1

問1 この実験より、二酸化炭素は、7℃、 1.0×10^5 Paで水1.0 Lに何L溶けることがわかるか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 L

- ① 0.18 ② 0.36 ③ 0.54 ④ 0.60 ⑤ 0.82 ⑥ 1.2

次に、図2のような装置を組み、二酸化炭素の発生と溶解に関する実験を行った。温度7℃で、コック2、3は閉まっており、容器Cには 1.0×10^5 Paで1.0 Lのメタンが、10.0 Lの容器Dには 1.0×10^5 Paの酸素が、13.0 Lの容器Eには10.0 Lの水と、 1.0×10^5 Paの酸素とが入っている。まずコック2を開け、容器C中のメタンをすべて容器Dに注入した。その後コック2を閉じ、容器D中でメタンを完全に燃焼させた。燃焼終了後、温度を再び7℃に戻した。これを状態1とする。なお、このとき生じる水は、容器E中の水の量に対して無視できる。

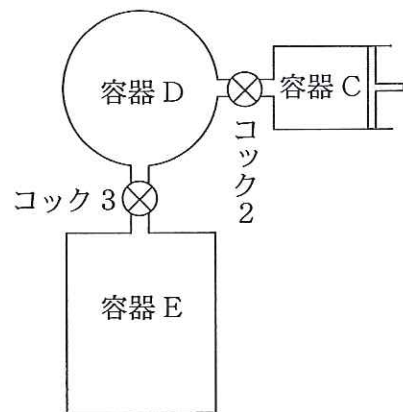


図 2

問2 状態1において、容器D中の二酸化炭素の分圧は何Paになっているか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 Pa

- ① 1.0×10^4 ② 1.5×10^4 ③ 2.0×10^4
④ 3.0×10^4 ⑤ 5.0×10^4 ⑥ 8.0×10^4

状態1に続き、コック3を開いて7℃で十分に放置した。これを状態2とする。

問3 状態2において、容器中の二酸化炭素の全物質質量に対する、気体状態の二酸化炭素の物質質量の割合は何%か。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 %

- ① 25 ② 33 ③ 40 ④ 46 ⑤ 52 ⑥ 67

問4 状態2において、気体状態の二酸化炭素の分圧は何Paになっているか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 Pa

- ① 4.0×10^3 ② 4.7×10^3 ③ 5.1×10^3
④ 5.6×10^3 ⑤ 6.1×10^3 ⑥ 6.8×10^3

問5 状態2において、容器中の水1.0Lあたりに溶解している二酸化炭素の体積を、標準状態に換算すると何mLになるか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、標準状態における気体1molの体積を22.4Lとする。
 mL

- ① 42 ② 46 ③ 52 ④ 58 ⑤ 66 ⑥ 74

問6 状態2における容器Dの圧力は何Paになっているか。最も近い数値を、次の

①～⑥のうちから一つ選びなさい。 Pa

① 1.2×10^4

② 2.2×10^4

③ 3.8×10^4

④ 5.7×10^4

⑤ 8.9×10^4

⑥ 9.1×10^4

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

3 ヨウ素の溶解平衡に関する以下の文章を読み、問1～3に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

ヨウ素は無極性分子であり、水に溶けにくい。互いに混じり合わない水と四塩化炭素の混合溶媒にヨウ素を入れると、次の溶解平衡に達する。



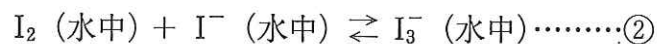
このときの平衡定数は、次式で定義される。

$$K_1 = \frac{[\text{I}_2]_{\text{CCl}_4}}{[\text{I}_2]_{\text{H}_2\text{O}}}$$

($[\text{I}_2]_{\text{CCl}_4}$: 四塩化炭素中の I_2 の濃度 [mol/L],

$[\text{I}_2]_{\text{H}_2\text{O}}$: 水中の I_2 の濃度 [mol/L])

次に、水中にヨウ化カリウム水溶液を加えると、水中で次の平衡が成り立つ。

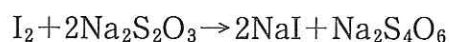


この反応の平衡定数は、次式で定義される。

$$K_2 = \frac{[\text{I}_3^-]_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{I}_2]_{\text{H}_2\text{O}} [\text{I}^-]_{\text{H}_2\text{O}}} (\text{L/mol})$$

このとき、 $\textcircled{1}$ と $\textcircled{2}$ の平衡は同時に成り立っており、 K_1 と K_2 の中の $[\text{I}_2]_{\text{H}_2\text{O}}$ の値は同じである。

問1 分液漏斗に、1.0 mol/L の濃度でヨウ素を含む四塩化炭素溶液（以降 A 液と呼ぶことにする）を 10.0 mL と、純水 250 mL とを入れてよく振り混ぜたのち放置して、溶解平衡の状態とした。その後、水層を全部取り出し、水層中のヨウ素をデンプン水溶液を指示薬として、0.20 mol/L チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定すると、20.0 mL を消費した。ヨウ素の溶解平衡に関する平衡定数 K_1 はいくらになるか。最も近い数値を、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムとの反応は、次式で与えられる。 1



- ① 4.0 ② 10 ③ 20 ④ 40
 ⑤ 1.0×10^2 ⑥ 2.5×10^2

問2 問1で求めた数値を使って計算すると、A 液 10 mL から、95.0% のヨウ素を水層に移すためには、純水何 L とともに振り混ぜる必要があるか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2 L

- ① 5.2 ② 7.6 ③ 13 ④ 19 ⑤ 26 ⑥ 52

問3 A 液 10 mL に、0.20 mol/L のヨウ化カリウムを含む水溶液 200 mL を加えて溶解平衡の状態にさせると、95.0% のヨウ素を水層に移すことができた。この結果より、このときの水中での反応の平衡定数 K_2 は何 L/mol になるか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3 L/mol

- ① 3.1 ② 9.6 ③ 36 ④ 4.8×10^2
 ⑤ 6.1×10^2 ⑥ 9.6×10^2

4 次の問1～5の文中の **ア** ～ **ウ** にあてはまる語句の組み合わせとして正しいものはどれか。それぞれの①～⑥のうちから一つ選びなさい。〔解答番号 **1** ～ **5** 〕

問1 炭酸ナトリウムの工業的製法では、飽和食塩水に **ア** を吹き込んだ後、**イ** を吹き込む。このとき、溶液から炭酸水素ナトリウムが析出するので、これをろ過により取り出す。取り出した炭酸水素ナトリウムを加熱すると、炭酸ナトリウムが生成する。一方、ろ液には **ウ** が残るので、この物質から原料の気体を回収する。 **1**

	ア	イ	ウ
①	塩化水素	二酸化炭素	炭酸水素アンモニウム
②	塩化水素	二酸化窒素	塩化ナトリウム
③	塩化水素	二酸化窒素	塩化アンモニウム
④	アンモニア	二酸化窒素	炭酸水素アンモニウム
⑤	アンモニア	二酸化炭素	塩化ナトリウム
⑥	アンモニア	二酸化炭素	塩化アンモニウム

問2 炭酸ナトリウムの十水和物は、空气中で結晶水を失う性質をもつ。この現象を **ア** という。これは、炭酸ナトリウム十水和物の **イ** が、空气中の水蒸気分圧よりも **ウ** ことに起因する。 **2**

	ア	イ	ウ
①	風解	飽和蒸気圧	大きい
②	風解	飽和蒸気圧	小さい
③	風解	溶解度	大きい
④	潮解	溶解度	小さい
⑤	潮解	溶解度	大きい
⑥	潮解	飽和蒸気圧	小さい

問3 硫酸の工業的製法では、硫黄を燃焼させて得られる二酸化硫黄を、ア で乾燥してから接触室に導き、触媒のイ を用いてウ と反応させる。生成した三酸化硫黄を、いったん濃硫酸に吸収させ、後に希釈することにより濃硫酸を得る。3

	ア	イ	ウ
①	濃硫酸	酸化鉄(Ⅲ)	過酸化水素
②	濃硫酸	酸化バナジウム(V)	過酸化水素
③	濃硫酸	酸化バナジウム(V)	酸素
④	ソーダ石灰	酸化バナジウム(V)	酸素
⑤	ソーダ石灰	酸化鉄(Ⅲ)	酸素
⑥	ソーダ石灰	酸化鉄(Ⅲ)	過酸化水素

問4 濃硫酸は、種々の特徴的な性質をもつ。ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると一酸化炭素が発生するのは、ア 作用を利用した反応である。また、硝酸カリウムに濃硫酸を加えて加熱すると硝酸が発生するのは、イ を利用した反応である。また、溶解熱が大きいいため、濃硫酸を希釈する際は、ウ。4

	ア	イ	ウ
①	脱水	不揮発性	水に濃硫酸を加える
②	脱水	吸湿性	水に濃硫酸を加える
③	脱水	吸湿性	濃硫酸に水を加える
④	酸化	吸湿性	濃硫酸に水を加える
⑤	酸化	不揮発性	濃硫酸に水を加える
⑥	酸化	不揮発性	水に濃硫酸を加える

問5 電解質 **ア** を含む水溶液に、電解質 **イ** を含む水溶液を加えたところ、白色沈殿が生じ、この沈殿はアンモニア水に溶けた。電解質 **イ** を含む水溶液に、電解質 **ウ** を含む水溶液を加えたところ、白色沈殿が生じ、この沈殿は塩酸に溶けなかった。電解質 **イ** を含む水溶液は無色であり、これに炭酸アンモニウム水溶液を加えたところ、白色沈殿が生じ、この沈殿は塩酸に溶けた。

5

	ア	イ	ウ
①	KNO_3	AlCl_3	Na_2CO_3
②	KNO_3	BaCl_2	CuSO_4
③	KNO_3	NaCl	KNO_3
④	AgNO_3	CaCl_2	Na_2CO_3
⑤	AgNO_3	BaCl_2	CuSO_4
⑥	AgNO_3	NaCl	KNO_3

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

5 分子式 $C_{11}H_{14}O_4$ の化合物 A について以下の実験(1)~(4)を行った。これらの文章を読み、以下の問 1 ~ 3 に答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

実験(1) A 4.20 g をジエチルエーテルに溶かし、十分な量の金属ナトリウムと反応させると、標準状態で 448 mL の気体が発生した。また、A を加水分解したところ、化合物 B と、分子式 $C_7H_8O_2$ の化合物 C が得られた。

実験(2) A、B および C に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、C だけが呈色した。

実験(3) B は光学異性体をもつ。B を硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液と反応させたところ、還元性を示す化合物を経て、化合物 D が生成した。D は光学異性体をもたなかった。

実験(4) C に濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると、1 分子中に窒素原子を 1 個もつ化合物が 2 種類だけ生じた。

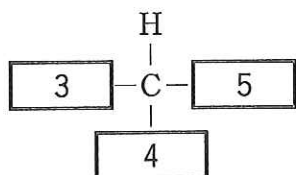
問 1 実験(1)、(2)までの記述で、化合物 B、C として考えられる構造異性体はそれぞれ何種類考えられるか。その数を次の①~⑧から一つずつ選びなさい。

B: , C:

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

問2 実験(3)までの記述で、Bの構造異性体を1種類に絞り込むことができる。Bの構造式を下図のようにおいたとき、、、にあてはまる構造を、それぞれ下の①～⑨から一つずつ選びなさい。ただし、各原子の原子量または原子団の式量の大きさが < < となるように答えること。

化合物Bの構造式：



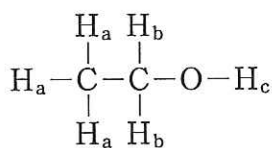
- | | | |
|----------------------------------|------------------------|---|
| ① H— | ② CH ₃ — | ③ CH ₃ —CH ₂ — |
| ④ HO— | ⑤ HO—CH ₂ — | ⑥ HO—CH ₂ —CH ₂ — |
| ⑦ HO—CH—

CH ₃ | ⑧ HO—C—

O | ⑨ HO—C—CH ₂ —

O |

問3 下図に示すように、エタノール分子には、環境の違いによって区別できる水素原子がH_a、H_b、H_cの3種類ある。



この考え方に従うと、化合物Aには、環境の違いによって区別できる水素原子が何種類あるか。その数を次の①～⑥から一つ選びなさい。なお、Aは光学異性体の一方の構造であり、他方の光学異性体の水素原子までは考慮する必要はない。種類

- ① 6 ② 7 ③ 8 ④ 9 ⑤ 10 ⑥ 11