

5 3 5 4 5 5 【医 学 科】

理 科 問 題

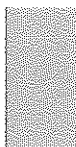
(平成 30 年度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の5.に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は1ページから17ページまでであり、解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1 ページから 6 ページ	3 枚 (53-1, 53-2, 53-3)
化 学	7 ページから 11 ページ	3 枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生 物	12 ページから 17 ページ	3 枚 (55-1, 55-2, 55-3)

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。



54 化学

7 ページから 11 ページ

〔 I 〕 次の2つの化学反応の実験に関する文章を読み、下記の問いに答えよ。

【実験A】 化学反応の速度と反応物や生成物の濃度の関係を示す式を反応速度式(速度式)といい、比例係数を反応速度定数(速度定数)という。(A)速度式は実験により決められるもので、反応式から単純には導くことはできない。速度式を決めるための方法の一つに、反応物の初濃度を変化させ初期速度を測定する方法がある。例えば、反応式 $2\text{NO}_2(\text{気}) + \text{F}_2(\text{気}) \rightarrow 2\text{NO}_2\text{F}(\text{気})$ で示される反応の速度式を求めるために、反応物の初濃度を変化させて実験を行ったところ、表1のような結果が得られた。ここで $[\text{NO}_2]_0$ と $[\text{F}_2]_0$ はそれぞれ NO_2 と F_2 の初濃度、 v_0 は得られた初期速度である。

表1

実験	$[\text{NO}_2]_0$ [mol/L]	$[\text{F}_2]_0$ [mol/L]	v_0 [mol/(L·s)]
1	1.15	1.15	6.12×10^{-4}
2	1.72	1.15	9.24×10^{-4}
3	1.15	2.30	1.22×10^{-3}

- (1) この反応の初期速度 v_0 は、反応物の初濃度 $[\text{NO}_2]_0$ と $[\text{F}_2]_0$ とどのような関係にあるか説明せよ。ただし実験データには誤差が含まれている。
- (2) 速度定数を k 、反応物の濃度を $[\text{NO}_2]$ と $[\text{F}_2]$ として、実験から推定される速度式を示せ。
- (3) 実験1の場合について速度定数 k を有効数字3桁で求めよ。
- (4) 下線部(A)に関して、速度式を単純に反応式から導いた場合と比較し、実験的に求める必要がある理由を簡潔に説明せよ。

【実験B】 水素 H_2 とヨウ素 I_2 の混合気体を加熱するとヨウ化水素 HI が生成する。この反応は可逆反応であり $\text{H}_2(\text{気}) + \text{I}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{気})$ と表すことができる。 H_2 と I_2 を体積一定の容器に入れ加熱すると、(B)ヨウ化水素の生成速度 v_a は時間の経過とともに減少し、分解速度 v_b は増加する。そしてある時刻 t_e になると2つの反応速度は等しくなり平衡状態となる。そのときの H_2 、 I_2 、 HI の濃度をそれぞれ $[\text{H}_2]_e$ 、 $[\text{I}_2]_e$ 、 $[\text{HI}]_e$ とすると、これらの(C)濃度間の関係は平衡定数 K を用いて表すことができる。平衡定数は、温度が一定ならば濃度が異なっても一定である。そこで表2のような初濃度 $[\text{H}_2]_0$ 、 $[\text{I}_2]_0$ 、 $[\text{HI}]_0$ の条件で反応させて平衡状態とし、濃度 $[\text{H}_2]_e$ 、 $[\text{I}_2]_e$ 、 $[\text{HI}]_e$ を測定したところ、平衡定数はいずれも 49 となった。

表 2

実験	$[\text{H}_2]_0$ [mol/L]	$[\text{I}_2]_0$ [mol/L]	$[\text{HI}]_0$ [mol/L]
1	0.50	0.50	0
2	0.50	0.50	0.50

- (5) 下線部(B)に関して、正反応と逆反応の速度式を示せ。それぞれの速度定数を k_a 、 k_b 、また H_2 、 I_2 、 HI の濃度をそれぞれ $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ とする。
- (6) 下線部(C)に関して、平衡定数 K を $[\text{H}_2]_e$ 、 $[\text{I}_2]_e$ 、 $[\text{HI}]_e$ を用いて示せ。
- (7) 実験1の場合、各物質の濃度 $[\text{H}_2]_e$ 、 $[\text{I}_2]_e$ 、 $[\text{HI}]_e$ を有効数字2桁で求めよ。計算過程も示せ。
- (8) 実験2において、平衡状態に達する時刻 t_e までに各物質の濃度がどのように時間変化するか図に示せ。
- (9) 実験1において平衡状態に達した後、更に H_2 を加え新たな平衡状態にした場合、各物質の濃度は加えた直後に比べてどのように変化するか説明せよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。ただし、原子量は、 $H = 1.0$ 、 $C = 12.0$ 、 $N = 14.0$ 、 $O = 16.0$ とする。

化合物 A および化合物 B は、ともに分子量 327 でそれぞれ不斉炭素原子と窒素原子を 1 つずつもつ。化合物 A および化合物 B を完全に加水分解すると、ともに化合物 C、D、E が得られる。ここで得られる化合物 C、D、E の物質量はすべて等しい。(A)化合物 A は塩化鉄(Ⅲ)水溶液に加えると呈色反応を示すが、化合物 B は塩化鉄(Ⅲ)水溶液に加えても呈色反応を示さない。

化合物 C はパラ二置換ベンゼンである。

化合物 D は分子量 108 のオルト二置換ベンゼンである。

(B)化合物 E に、ニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると紫色に呈色する。また、(C)化合物 E を無水酢酸と反応させると、不斉炭素をもたない分子量 131 の化合物 F が得られる。化合物 F に、ニンヒドリン水溶液を加えて加熱しても呈色反応を示さない。

- (1) 不斉炭素原子とはどういうものか、簡単に説明せよ。
- (2) 化合物 A～F の構造式を書け。不斉炭素原子をもつ化合物については、その不斉炭素原子を *印で示せ。
- (3) 下線部(A)において、塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応して呈色反応を示す物質は、どのような官能基をもつか答えよ。
- (4) 下線部(B)において、ニンヒドリン水溶液と反応して呈色反応を示す物質は、どのような官能基をもつか答えよ。
- (5) 下線部(C)に示した反応において、化合物 E を 10 g 用いた場合、化合物 F は何 g 生成するか答えよ。計算過程も示せ。ただし反応は 90% 進行したものとする。
- (6) 化合物 A または化合物 B を、水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解して得られる反応液から、分液ろうとを用いて化合物 C と化合物 D をそれぞれ別個にジエチルエーテル溶液として分離するためには、どのような実験操作が必要か、その実験手順を簡単に示せ。その際には以下に示す薬品から適切なものを用いること。必要なら何度用いてもよい。また、この操作で化合物 C と化合物 D がなぜ分離できるのか、簡単に説明せよ。

ジエチルエーテル、塩酸(1 mol/L)、水酸化ナトリウム水溶液(1 mol/L)、
飽和炭酸水素ナトリウム水溶液

(7) (6)の実験操作において、用いる薬品によっては、その取り扱いについて注意が必要なものがある。ジエチルエーテルと水酸化ナトリウム水溶液について、それぞれ安全上で注意すべきことを簡単に説明せよ。

(8) 化合物 **D** は分子量 92 の一置換ベンゼンを原料として、いくつかの反応を経て合成できる。どのような反応で合成できるか、用いる薬品とともにその反応経路を1つ答えよ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。ただし、原子量は、Ca = 40.0, Cl = 35.5, C = 12.0, O = 16.0, H = 1.0 とする。

周期表 2 族元素の原子であるカルシウムは水素、酸素、炭素、塩素との化合物を生じる。水素化カルシウムは(A)イオン結晶であり、カルシウムイオンと(B)水素化物イオンからなる。(C)酸化カルシウムは水と反応し発熱する。酸化カルシウムとコークスを混ぜ、強熱して得られる炭化カルシウム(カーバイド)は、実験室で(D)アセチレンを作るために使用される。(E)塩化カルシウムは、アンモニアソーダ法の生成物として得られ、吸湿性が極めて高いため(F)乾燥剤として利用される。

(1) 下線部(A)に関して、一般的なイオン結晶について、以下の語句をすべて用いて 100 字程度で説明せよ。

単位格子、組成式、静電気力、イオン結合

(2) 下線部(B)に関して、水素化カルシウム中で、水素は水素化物イオンとして存在する理由を 50 字程度で説明せよ。

(3) 下線部(C)に関して、酸化カルシウム 28.0 g を十分な量の水と反応させたときに生じた熱によって、水 1000 g の温度が 20.0℃ から 27.6℃ まで上昇した。酸化カルシウムと水との反応を熱化学方程式で表せ。反応熱の算出根拠を示すこと。有効数字 2 桁とする。ただし、水の比熱を 4.18 J/(g·K) とする。

(4) 下線部(D)に関して、純度 80% の炭化カルシウム(カーバイド) 1.0 g に十分な量の水を作用させ生じたアセチレンを、酸素 0.10 mol とともに 3.0 L の密閉容器に入れて完全燃焼させた。燃焼後、この容器の温度が 100℃ になるまで加熱したとき、容器内の圧力は何 Pa となるか有効数字 2 桁で答えよ。ただし、内部の物質はすべて気化しているものとし計算せよ。算出根拠を示すこと。気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし、気体はすべて理想気体とみなせるものとする。なお、不純物は反応には関与しないものとする。

(5) 下線部(E)の理由を説明せよ。

(6) 下線部(F)に関して、乾燥剤として使用した後の塩化カルシウム $x \text{ g}$ を水に溶かして 1 L の水溶液を作成した。この水溶液中のカルシウムイオン濃度 $y \text{ mol/L}$ を測定して、塩化カルシウムに含まれていた水分量 $z \%$ を決定したい。そのための方法を説明せよ。