

535455 【医学科】

理科問題

2024(令和6)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10ページ	3枚(54-1, 54-2, 54-3)
生物	11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 10 ページ

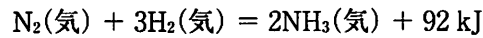


〔 I 〕 ハーバー・ボッシュ法によって、窒素 N_2 と水素 H_2 からアンモニア NH_3 を大量合成することが可能となった。 NH_3 から硝酸 HNO_3 が合成され、化学肥料の大量生産によって農作物の収穫量は飛躍的に増加した。また、大量の火薬・爆薬が二度の世界大戦の戦場に供給され、戦争規模が大幅に拡大した。この NH_3 合成反応について以下の問いに答えなさい。

(1) H_2 の電子式を以下に示す。この例に倣って N_2 , NH_3 , 硝酸イオン NO_3^- の電子式をそれぞれ示しなさい。

(例) $H:H$

NH_3 合成反応の熱化学方程式を以下に示す。



(2) この反応の濃度平衡定数 K_c を表す式を示しなさい。

(3) N_2 9.0 mol, H_2 22.0 mol, NH_3 2.0 mol を 100 L の容器に入れ、ある一定の温度 T_1 に保った。平衡状態に到達したときに容器内の NH_3 の物質量は 10.0 mol となった。

(ア) 表 1 は反応前、平衡状態に到達後での 3 つの気体の物質量を示している。表 1 の 2 つの空欄に入る適当な数値を、解答欄の表にすべて記入しなさい。

表 1 各状態での N_2 , H_2 , NH_3 の物質量

	N_2	H_2	NH_3
反応前の物質量 (mol)	9.0	22.0	2.0
平衡状態での物質量 (mol)			10.0

(イ) 温度 T_1 における濃度平衡定数 K_c を求めなさい。

N_2 14.0 mol, H_2 22.0 mol を 100 L の容器に入れ、ある一定の温度 T_2 に保った。平衡状態に到達したときに容器内の NH_3 の物質量は 8.0 mol となった。

(ウ) 温度 T_2 における濃度平衡定数 K_c を求め、 T_1 と T_2 のいずれが高温か答えなさい。その理由について説明しなさい。

- (4) 図1は 1.0×10^6 Pa, 1.0×10^7 Pa, 1.0×10^8 Pa の一定圧力で温度を変化させた場合の、平衡状態での NH_3 の割合を示したものである。A, B, C の3つの曲線は、それぞれどの圧力に相当するか答えなさい。また、そのように選んだ理由について説明しなさい。さらに、これらの曲線がなぜこのような温度変化になるのかについて説明しなさい。以上について200字程度で記述しなさい。

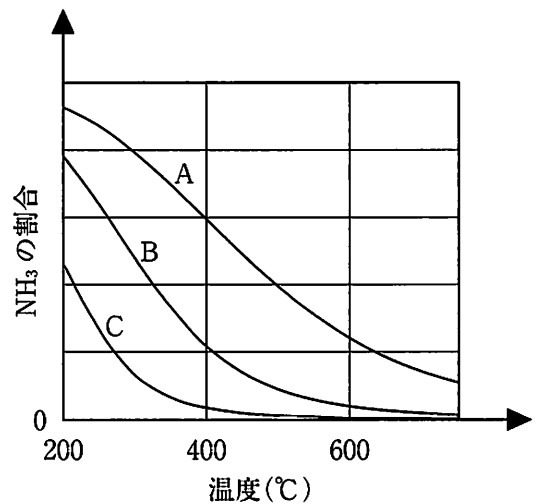


図1 一定の圧力で温度を変化させた場合の、平衡状態での NH_3 の割合

- (5) 図2は 300°C , 500°C , 700°C のいずれかの一定温度に保たれた反応容器に N_2 と H_2 を入れ、生成した NH_3 の割合と時間との関係を示したものである。曲線E, Gは 500°C における場合である。曲線D, E, Fは触媒を用いなかった場合である。曲線Gのみが固体触媒を用いた場合である。

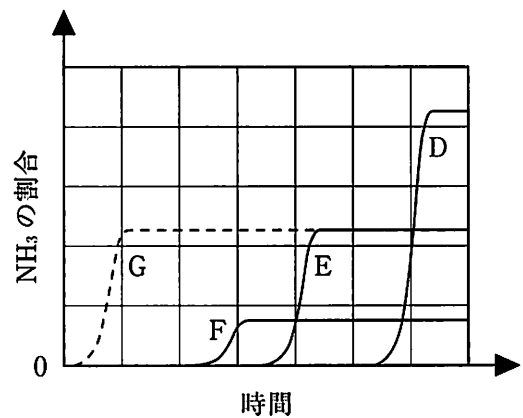


図2 一定の温度での NH_3 の割合と時間との関係(ただし、横軸の時間は対数表示である。)

- (ア) 曲線D, Fはそれぞれ 300°C , 700°C のどの温度に相当するか答えなさい。また、その理由をD, Fの2つの曲線を比較して、反応速度および化学平衡の観点から150字程度で説明しなさい。
- (イ) 曲線E, Gがなぜこのような時間変化になるのか。E, Gの2つの曲線を比較して、反応速度および化学平衡の観点から200字程度で説明しなさい。
- (ウ) 一般的な触媒反応において、固体触媒表面の働き方について100字程度で説明しなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。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 は、分子量 405 で不斉炭素原子を 1 つ有する。化合物 A を、水酸化ナトリウム水溶液に加えて加水分解すると、炭素、水素、酸素のみからなる分子量 166 の化合物 B とパラ二置換ベンゼンである化合物 C、さらに不斉炭素原子を 1 つ有する化合物 D が得られた。化合物 B 8.3 mg を元素分析装置で完全燃焼させると、二酸化炭素 17.4 mg と水 2.7 mg を生じた。化合物 B を加熱したところ、分子量が 18 減少した化合物 E が得られた。化合物 C を無水酢酸と反応させると、分子量 181 の化合物 F が得られた。また、化合物 C に臭素を作用させると、四置換ベンゼンである化合物 G が得られた。化合物 D の水酸化ナトリウム水溶液中にヨウ素を加えると、黄色沈殿が生じるとともに、化合物 H が得られた。化合物 H を過マンガン酸カリウムで酸化したところ、化合物 B が得られた。

- (1) 化合物 B の分子式を求めなさい。計算の過程も示すこと。
- (2) 化合物 A～H の構造式を書きなさい。不斉炭素原子を有する化合物については、その不斉炭素原子を * 印で示すこと。
- (3) 化合物 B の構造を導き出した過程について、できるだけ詳しく文章で説明しなさい。必要に応じて計算式や図を用いてよい。
- (4) 化合物 C の構造を導き出した過程について、できるだけ詳しく文章で説明しなさい。必要に応じて計算式や図を用いてよい。
- (5) 化合物 D の構造を導き出した過程について、できるだけ詳しく文章で説明しなさい。必要に応じて計算式や図を用いてよい。
- (6) 化合物 C をベンゼンから合成する方法について、具体的な試薬とともに反応式で示しなさい。

化学の試験問題〔Ⅲ〕は次に続く。



〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。原子量は $O = 16.0$ とする。

は銀白色の金属で、酸に溶けて淡赤色のイオンを生じる。水に難溶である の酸化物は 極活物質として乾電池に使われるほか、過酸化水素 H_2O_2 から酸素 O_2 を発生させる として働く。一方、銀白色の硬い金属である は、空気中では となり酸化被膜をつくるため酸化されにくい。これらの金属に(A)酸素原子が4つ配位してできた陰イオンは、いずれもメタン CH_4 と同じ 形の構造である。これらの陰イオン中の および は、いずれも と同じ電子配置であり、それぞれの は周期表中の族番号に等しい。これらの陰イオンを(B)硫酸酸性水溶液に加えると強い酸化作用を示すため、河川の汚れを示す指標である化学的酸素要求量 COD を測定するために用いられる。

今回、 を含む下線部(A)の陰イオンを用いて、以下の手順で河川から採取した試料の COD を測定した。

- ① $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の陰イオン水溶液 10.00 mL に 6 mol/L 硫酸 10 mL を加えた後、試料 100.00 mL を加え 30 分加熱した。
- ② ① に過剰量の $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ シュウ酸ナトリウム $Na_2C_2O_4$ 水溶液 25.00 mL を加えると溶液が無色になった。
- ③ この溶液を 80°C に加熱しながら、① で使用した陰イオンを含む水溶液により滴定したところ、4.00 mL 加えたとき終点に達した。
- ④ 試料の代わりに蒸留水を用いて①から③の操作を行ったところ、滴定には 0.05 mL 要した。

- (1) 文章中の空欄 ~ に当てはまる適当な語句を入れなさい。ただし、 , , は元素名で答えなさい。
- (2) 下線部(B)について、それぞれのイオンの反応をイオン反応式で示しなさい。
- (3) 下線部(B)について、COD を測定するために硫酸酸性水溶液の代わりに塩酸酸性水溶液は用いられない。その理由を 75 字以内で説明しなさい。
- (4) ① から④の操作によって得られる COD を求めなさい。小数点以下 1 桁まで記しなさい。途中の計算式を示すこと。
- (5) COD を測定するために操作④を行う理由を 75 字以内で説明しなさい。
- (6) を含む陰イオンの代わりに、 $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の からなる陰イオン水溶液 10.00 mL を使用して、①と②の操作を行った。続けて、この水溶液を用いて③と④を実施したところ、④で使用した水溶液量は極少量で無視できるものだった。③に必要な滴下量 mL を求めなさい。解答には小数点以下 1 桁まで記し、途中の計算式を示すこと。