

令和5年度個別学力試験問題

化 学

(理 工 学 部)

解答時間 90分

配 点 200点

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. 受験番号を解答用紙の所定の欄に記入してください。
3. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
4. 試験時間中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 試験終了後、問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

【問題の訂正】

図の訂正

7 ページ 3 問 6 の図 3 - 1 . . . 丸囲み部分の文字の訂正

【誤】

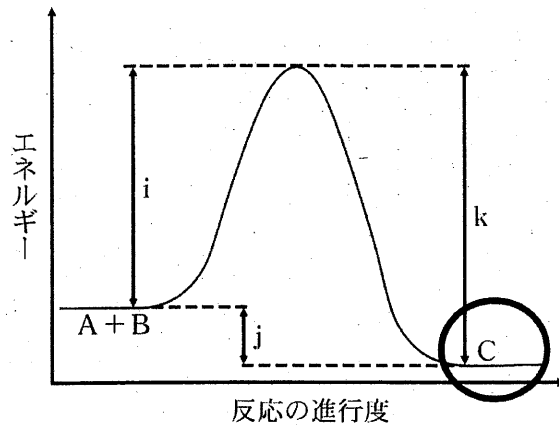


図 3 - 1

【正】

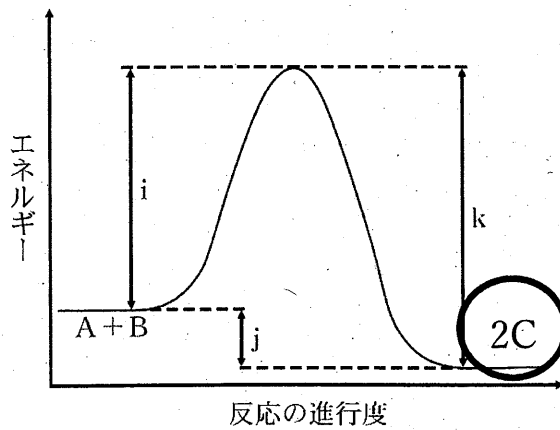


図 3 - 1

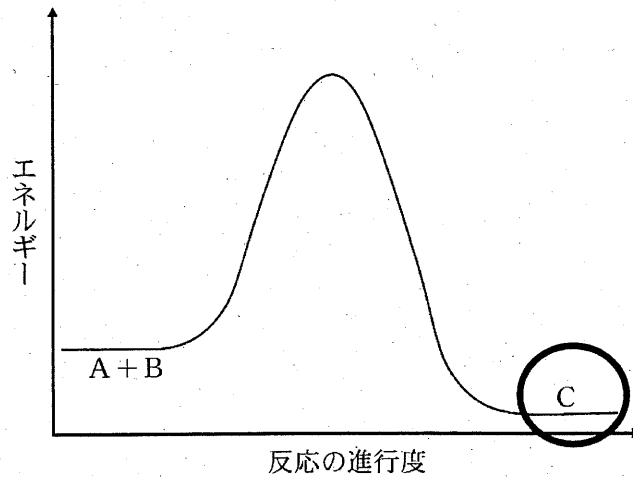
【解答用紙の訂正】

図の訂正

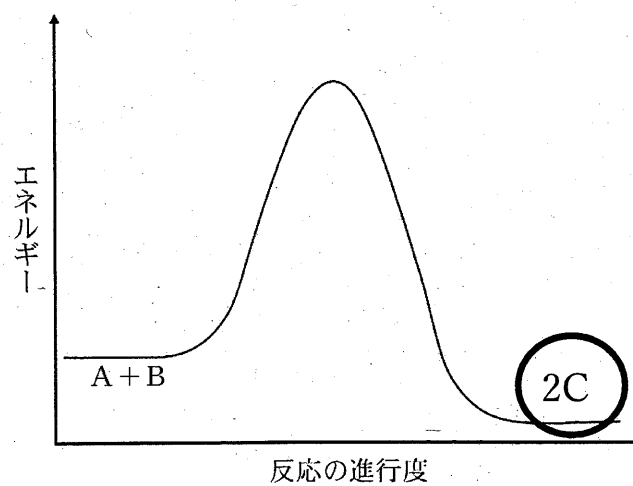
解答用紙その3 3問6(2)の図・・・丸囲み部分の文字の

訂正

【誤】

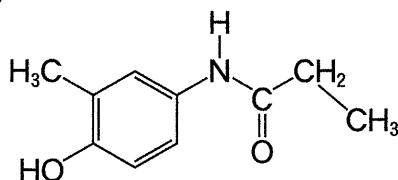


【正】



- 1 酸素を含む有機化合物に関する以下の問いに答えなさい。なお、構造式は記入例にならって記しなさい。

(記入例)



問 1 カルボン酸に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

分子中にカルボキシ基をもつ化合物を総称して、カルボン酸という。カルボン酸は、カルボキシ基の数に応じて、1価カルボン酸、2価カルボン酸などに分類される。カルボン酸は酸の性質を示す有機化合物であり、硫酸よりも弱い酸であるが、(ア)よりも強い。1価の鎖式カルボン酸は脂肪酸とよばれ、(イ)脂肪酸であるステアリン酸や(ウ)脂肪酸であるオレイン酸などがある。1価のカルボン酸であるギ酸は刺激臭のある無色の液体で硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色を(エ)に変化させる。これはギ酸が(オ)をもつためである。2価カルボン酸には分子内の脱水反応によって(カ)になるものがある。また、乳酸のようにヒドロキシ基をもつカルボン酸もある。乳酸分子には不斉炭素原子が存在し、^(I)原子または原子団の配置が立体的に異なる2つの異性体が存在する。この異性体のことを(キ)という。^(II)ベンゼン環の水素原子をカルボキシ基で置換した化合物は(ク)カルボン酸と総称される。ベンゼン環の2つの水素原子がカルボキシ基で置換された2価カルボン酸のうち、2つのカルボキシ基が*o*-位に結合したものを(ケ)、*p*-位に結合したものを(コ)という。サリチル酸は乳酸と同様にヒドロキシ基をもつ(ク)カルボン酸である。サリチル酸に無水酢酸を反応させると解熱鎮痛剤として用いられるアセチルサリチル酸が得られる。^(III)また、サリチル酸とメタノールに触媒を加えて加熱すると消炎鎮痛剤として用いられるサリチル酸メチルが得られる。^(IV)

(1) (ア)～(コ)に当てはまる語句を下記から選び記号で答えなさい。

- | | | | |
|----------------------|----------|---------|----------|
| ① カルボキシ基 | ② 酸 | ③ 不飽和 | ④ 濃く |
| ⑤ 芳香族 | ⑥ 黒色 | ⑦ 飽和 | ⑧ 酸無水物 |
| ⑨ アルデヒド基 (ホルミル基) | ⑩ 酸化剤 | ⑪ 淡桃色 | |
| ⑫ 塩酸 | ⑬ テレフタル酸 | ⑭ 炭酸 | ⑮ ヒドロキシ基 |
| ⑯ 幾何異性体 (シス-トランス異性体) | ⑰ フタル酸 | ⑱ 鏡像異性体 | |
| ⑲ フマル酸 | | | |

- (2) ステアリン酸とオレイン酸は同じ炭素数をもつ脂肪酸である。このうち、融点が高い方を丸で囲みなさい。
- (3) 下線(I)の化合物の総称を何とよぶか、その名称を答えなさい。
- (4) 下線(II)の2つの異性体の等量混合物を何とよぶか、その名称を答えなさい。
- (5) (ケ)と(コ)のうち、加熱により分子内の脱水反応が起こる方を丸で囲み、脱水反応により生じる有機化合物の構造式を答えなさい。
- (6) 下線(III)の反応の化学反応式を答えなさい。
- (7) 下線(IV)の反応の化学反応式を答えなさい。
- (8) 下線(IV)の反応の反応液に未反応のサリチル酸が残っている場合、サリチル酸をどのようにして取り除くことができるか、答えなさい。

問 2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

分子式が $C_4H_8O_2$ のエステル A を水酸化ナトリウム水溶液によって加水分解し、2種類の化合物 B と化合物 C を得た。化合物 B と化合物 C はいずれも水に溶解した。化合物 B の水溶液は塩基性であった。化合物 C はヨードホルム反応を示した。化合物 C を酸化すると酢酸が得られた。化合物 C にナトリウムを加えたところ、気体の発生が観察された。

- (1) 化合物 A の名称を答えなさい。
- (2) 化合物 B と化合物 C の名称を答え、そのように考えた理由もそれぞれ説明しなさい。
- (3) 下線(V)の反応のように、塩基を用いたエステルの加水分解を特に何というか答えなさい。
- (4) 下線(VI)の操作で観察された気体の名称を答えなさい。

- 2 以下の問いに答えなさい。必要ならば原子量 $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $S = 32.0$, $Cl = 35.5$ を用いなさい。

問 1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

原子は、中心にある原子核と、原子核を取りまわっていくつかの電子からできている。原子核の周りの電子はいくつかの(ア)に分かれて存在している。(ア)は原子核に近い方から K 殻, L 殻, M 殻, N 殻…とよばれる。原子核の周りの電子は原子核に近いほど原子核に強く引きつけられ、安定な状態になる。このため、K 殻から順に電子が入っていく。原子の最も外側の(ア)を最外殻という。最外殻が(イ)になっている原子のヘリウム、ネオン、および最外殻電子の数が 8 個のアルゴンは、その電子配置が安定していて、イオンになったり、他の原子と結合したりすることはほとんどない。

- (1) (ア)および(イ)に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) K 殻, L 殻, M 殻, N 殻にそれぞれ入ることができる最大の電子の個数を答えなさい。
- (3) 原子がイオンになったり、他の原子と結合を形成したりするのに重要な役割を果たす最外殻の電子を何とよぶか、答えなさい。
- (4) 下記の①~⑤の中から、ネオン、アルゴンと同じ電子配置のイオンの組み合わせをそれぞれ選び、記号で答えなさい。
① Mg^{2+} , S^{2-} ② Al^{3+} , Cl^{-} ③ Mg^{2+} , F^{-} ④ Ca^{2+} , Cl^{-}
⑤ Na^{+} , Cl^{-}

問 2 次の表 2—1 に示す(a)~(d)の化合物の組み合わせで起こる反応の化学反応式をそれぞれ答えなさい。

表 2—1

	化合物の組み合わせ	
(a)	CaO	HCl
(b)	H ₂ S	NaOH
(c)	Ca(OH) ₂	H ₃ PO ₄
(d)	NH ₃	H ₂ SO ₄

問 3 質量パーセント濃度 98 % の硫酸 100 g を中和するのに質量パーセント濃度 40 % の水酸化ナトリウム水溶液は何 g 必要か、計算式とともに答えなさい。数値は、単位とともに有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 pH = 3 になるように塩酸と酢酸水溶液をそれぞれ 100 mL 調製した。(1)~(3)の説明で正しいものには○を、正しくないものには×を記入し、正しくない場合は、その理由も答えなさい。

- (1) それぞれの溶液中の塩化水素と酢酸のモル濃度は等しい。
- (2) それぞれの溶液中の陰イオンの物質量は等しい。
- (3) それぞれの溶液を中和するのに必要な NaOH の質量は等しい。

問 5 次の中和滴定に関する実験操作を読んで、あとの問いに答えなさい。数値は、単位とともに有効数字 3 桁で答えなさい。

実験操作

(操作 1) シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶 1.89 g を溶解させた水溶液 250 mL をつくり、標準溶液とした。

(操作 2) このシュウ酸水溶液から 25.0 mL をはかり取り、それを濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。16.7 mL の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところで中和点に達した。

(操作 3) この水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL は、濃度未知の塩酸 12.0 mL で中和された。

(1) (操作 1) の標準溶液は、シュウ酸二水和物ではなく、塩酸を用いてつくることができない。その理由を答えなさい。

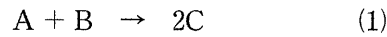
(2) シュウ酸水溶液のモル濃度 [mol/L] を計算式とともに答えなさい。

(3) (操作 2) の中和反応の化学反応式を答えなさい。また、水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] を計算式とともに答えなさい。

(4) (操作 2) の水酸化ナトリウム水溶液 200 mL と (操作 3) の塩酸 300 mL との混合溶液の水素イオン濃度 [mol/L] と pH を計算式とともに答えなさい。必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.3$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いなさい。

3 反応速度に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

密閉容器に気体の化合物 A と化合物 B を入れ一定温度に保ったところ、化合物 A と化合物 B は反応し、下記の化学反応式(1)のように化合物 C を生じた。



化学反応式(1)の反応が進むと、化合物 A と化合物 B の濃度は減少し、化合物 C の濃度は増加した。化学反応の速さは、単位時間に減少する反応物や、増加する生成物の量によって知ることができる。ここで、単位時間あたりの化合物 A の変化量から求められる平均の反応速度 v_1 は、時刻 t_1 と t_2 ($t_1 < t_2$) における濃度をそれぞれ $[A]_1$ および $[A]_2$ ($[A]_1 > [A]_2$) とすると、次式で表すことができる。

$$v_1 = -\frac{(\text{ア})}{t_2 - t_1}$$

一方、単位時間あたりの化合物 C の変化量から求められる平均の反応速度 v_2 は、時刻 t_1 および t_2 ($t_1 < t_2$) における濃度をそれぞれ $[C]_1$ と $[C]_2$ ($[C]_1 < [C]_2$) とすると、次式で表すことができる。

$$v_2 = \frac{(\text{イ})}{t_2 - t_1}$$

同じ化学反応でも着目する物質によって反応速度は異なり、各物質の反応速度の比は、化学反応式の(ウ)の比に等しくなる。

したがって、化合物 A と化合物 C のそれぞれの反応速度は $v_1 = (\text{エ})v_2$ の関係式が成り立つ。

一方で反応物の濃度と反応速度の関係を表す式を、反応速度式という。化学反応式(1)の反応について、反応速度式は $v = k[A]^x[B]^y$ の形で表される。このとき、定数 k を反応速度定数といい、反応の種類によって異なる。ただし、反応速度式は化学反応式からは導くことはできず、実験によって求められるものである。反応速度定数 k は温度が一定ならば(オ)によらず一定の値をとる。しかし、温度を(カ)したり、(キ)を加えたりすると、 k の値は大きくなる。

問 1 化学反応式(1)の化合物 A と化合物 C に関して、平均の反応速度 v_1 と v_2 を示す式の (ア) と (イ) に当てはまる文字式をそれぞれ答えなさい。

問 2 (ウ) ~ (キ) に当てはまるものを下記から選び、それぞれ記号で答えなさい。

- ① 4 ② 触媒 ③ 低く ④ 係数
 ⑤ 反応熱 ⑥ 濃度 ⑦ $\frac{1}{2}$ ⑧ 生成熱
 ⑨ 高く ⑩ 活性化エネルギー ⑪ 一定に ⑫ 2

問 3 下線部(1)について、化合物 A と化合物 B の初濃度を変えて化合物 C の生成速度を測定したところ、表 3-1 のようになった。

表 3-1

	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	化合物 C の生成速度 v [mol/(L·s)]
(1)	3.60×10^{-1}	2.00×10^{-1}	1.62×10^{-3}
(2)	1.20×10^{-1}	2.00×10^{-1}	1.80×10^{-4}
(3)	1.20×10^{-1}	6.00×10^{-1}	5.40×10^{-4}

この反応の反応速度式 $v = k[A]^x[B]^y$ における x と y の組み合わせとして適当なものを (a) ~ (h) の中から選び記号で答えなさい。

- (a) $x = 2, y = 1$ (b) $x = 1, y = 1$ (c) $x = 1, y = 2$ (d) $x = 2, y = 2$
 (e) $x = 3, y = 1$ (f) $x = 1, y = 3$ (g) $x = 2, y = 3$ (h) $x = 3, y = 2$

問 4 この反応の反応速度定数 k を有効数字 3 桁で単位とともに答えなさい。

問 5 化合物 A と化合物 B の初濃度がそれぞれ 2.00×10^{-1} mol/L と 3.00×10^{-1} mol/L のとき、化合物 C の生成速度を有効数字 3 桁で単位とともに答えなさい。

問 6 化学反応式(1)の反応では、横軸に反応の進行度を取り、縦軸にエネルギーの大きさを図示すると、図3—1のような関係になる。次の問いに答えなさい。

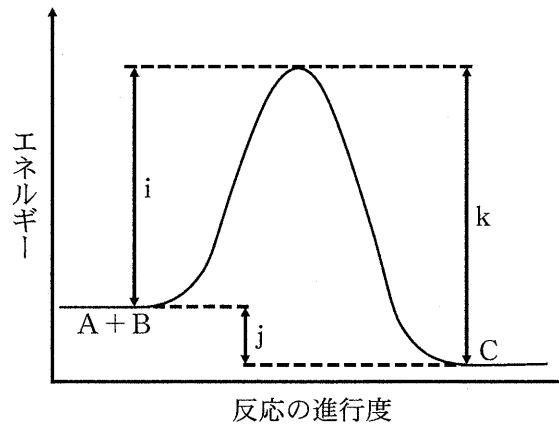


図3—1

- (1) 活性化エネルギーと反応熱は、それぞれ図3—1の記号i～kのどれに相当するか、答えなさい。また反応熱の値は正か負かを答えなさい。
- (2) (キ)を反応に加えたときのエネルギー変化の線を解答欄のグラフに描きなさい。
- (3) 化学反応式(1)の反応に(キ)を加えたとき、次の(1)～(o)の中で変化するものをすべて選び、記号で答えなさい。

(1) 反応速度	(m) 活性化エネルギー	(n) 反応熱	(o) 化学反応の経路
----------	--------------	---------	-------------