

令和 3 年度 入 試
個別学力試験問題(前期日程)

化 学

注 意

1. 志望学部・学科により，問題，解答用紙が異なるので，解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は 10 ページです。解答用紙は 5 枚です。指示があつてから確認し，解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
4. 下表のように，総合理工学部物質化学科受験生は，**1**，**2**，**3** を，総合理工学部(物質化学科を除く)受験生，生物資源科学部受験生は，**1** 問 1～3，**2** 問 1～5，**3** 問 1～4 を必答問題として解答してください。また，**4**，**5** は選択問題となっています。すべての受験生は，**4**，**5** のどちらか 1 問を選択し，解答用紙の選択欄に○印を記入の上，解答してください。

学部・学科	必 答 問 題	選 択 問 題
総合理工学部(物質化学科)	1 ， 2 ， 3	4 または 5
総合理工学部(物質化学科を除く) 生物資源科学部	1 問 1～3， 2 問 1～5， 3 問 1～4	4 または 5

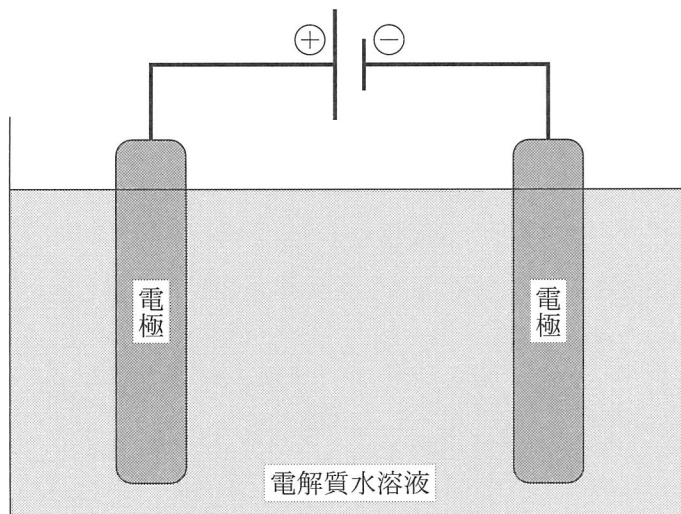
5. 答えはすべて解答用紙の所定の欄に記入してください。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後，問題紙は持ち帰ってください。

1 【必答問題】 問1～3は、すべての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $H = 1.00$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$, $Cu = 63.6$ を、ファラデー定数として $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。

下図のように、電解質水溶液に2つの電極を浸し、それに外部電源をつないで直流電流を流すと、電気分解が起こる。電気分解では外部電源の正極につないだ電極を **ア** , 負極につないだ電極を **イ** とよぶ。水溶液中のイオンや分子が電極に電子を与える反応(**ウ** 反応)が **ア** で進行し、水溶液中のイオンや分子が電極から電子を受け取る反応(**エ** 反応)が **イ** で進行する。

この電気分解では、ファラデーの法則が成り立つことが知られる。この法則では、電極で生成する物質の物質量は流れた電気量に **オ** し、同じ電気量であれば、変化するイオンの物質量はそのイオンの価数に **カ** する。



問 1 ~ に適当な語句を入れよ。

問 2 と に当てはまる組み合わせを，次の(a)~(d)から選び，記号で答えよ。

- (a) : 比例, : 比例
(b) : 反比例, : 比例
(c) : 反比例, : 反比例
(d) : 比例, : 反比例

問 3 白金を電極として，塩化銅(II)水溶液を 0.300 A の電流で 66 分 40 秒間電気分解した。次の問いに答えよ。

- (1) この電気分解で流れた電子の物質量[mol]を，有効数字 3 桁で求めよ。
また，その計算の過程も示せ。
- (2) で生成した物質の化学式を示し，その質量[g]を有効数字 3 桁で求めよ。また，その計算の過程も示せ。
- (3) で生成した物質の化学式を示し，その質量[g]を有効数字 3 桁で求めよ。また，その計算の過程も示せ。

問 4 は，総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 4 次の(1), (2)の水溶液を，白金を電極として電気分解した。このとき， で進行する反応を，電子(e⁻)を含むイオン反応式でそれぞれ書け。また，そのように考えた理由をそれぞれ説明せよ。

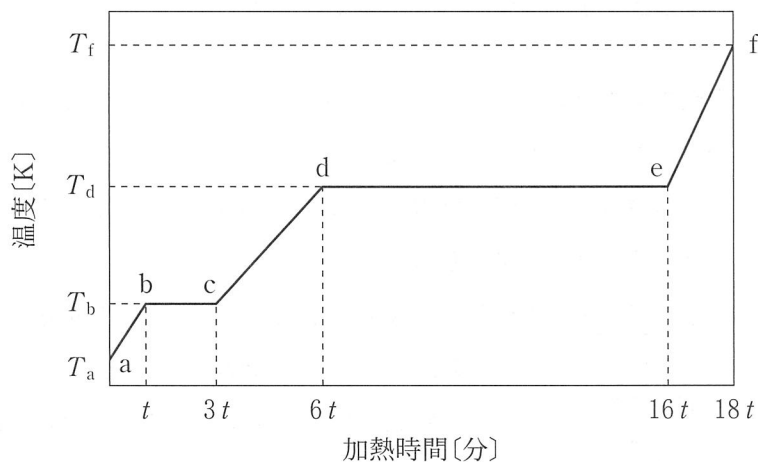
- (1) ヨウ化水素 (2) 水酸化ナトリウム

2

【必答問題】 問 1 ~ 5 は、すべての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。

ある純物質の固体 5 mol を大気圧下、毎分 Q [kJ] の一定の速度で加熱した。このとき、物質は状態のみが変化した。加熱時間と物質の温度との関係を求めたところ、下図の結果が得られた。



問 1 de 間における物質の状態はどのようになるか。次の(ア)~(キ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 固体 (イ) 液体 (ウ) 気体 (エ) 固体と液体
(オ) 液体と気体 (カ) 気体と固体 (キ) 固体と液体と気体

問 2 温度 T_b , T_d はそれぞれ何とよばれるか、それらの名称を答えよ。

問 3 bc 間では温度は一定になる。その理由を説明せよ。

問 4 この物質の融解熱および蒸発熱を、 Q , t , T_a , T_b , T_d , T_f のうち必要なものを用いて、単位とともにそれぞれ答えよ。また、それらの計算の過程も示せ。

問 5 この物質の液体 1 mol の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量を, Q , t , T_a , T_b , T_d , T_f のうち必要なものを用いて, 単位とともに答えよ。また, その計算の過程も示せ。ただし, 温度が上昇しても物質の状態は変化しないものとする。

問 6, 7 は, 総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 6 温度 T_d において, この物質を構成する粒子間の距離は, d での状態と比べ, e での状態ではどのようになると考えられるか。次の(ア)~(ウ)から選び, 記号で答えよ。また, そのように考えた理由を説明せよ。

(ア) 大きくなる (イ) 変わらない (ウ) 小さくなる

問 7 圧力が低くなると, T_d はどのようになると考えられるか。次の(ア)~(ウ)から選び, 記号で答えよ。また, そのように考えた理由を説明せよ。

(ア) 高くなる (イ) 変わらない (ウ) 低くなる

3 【必答問題】 問1～4は、すべての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。

周期表の 族に属する元素をハロゲンという。ハロゲンの原子は、 個の価電子をもち、一価の陰イオンになりやすい。ハロゲンの単体は、原子番号が ほど酸化力が強い。ハロゲンの単体の中で、常温・常圧で液体なのは、 だけである。単体の は、黒紫色の昇華性結晶であり、エタノールに溶けて褐色の溶液になる。フッ化カルシウムの粉末に濃硫酸を加え、加熱すると が得られる。^(a) の水溶液は、石英ガラスの主成分である を溶かすため、ポリエチレンの容器に保存される。 の水溶液にさらし粉を加えて加熱すると、単体の が得られる。^(c) 単体の に、光を当てながら水素分子を反応させると が得られる。 のオキシ酸である次亜塩素酸(化学式：)は、殺菌剤として利用されている。

問1 ～ に適当な数字または化学式を、 ～ に適当な語句または物質名を入れよ。

問2 下線部(a), (b), (c)の反応を、化学反応式でそれぞれ書け。

問3 は、他のハロゲンの水素化合物よりも沸点が高い。その理由を説明せよ。

問4 ハーパー・ボッシュ法によって得られた無色で刺激臭をもつ気体と、 を空気中で反応させると、どのような変化が起こるか。次の(1)～(3)から選び、番号で答えよ。また、その反応を化学反応式で書け。

- (1) 黄緑色の気体が生じる (2) 白煙が生じる
(3) 赤褐色の気体が生じる

問 5 は、総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 5 濃度不明の過酸化水素水 10.0 mL がある。この過酸化水素水に希硫酸を加え、過剰のヨウ化カリウム水溶液と反応させたところ、ヨウ素が生成した。ここで、デンプン水溶液を少量加え、0.050 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液をかき混ぜながら滴下したところ、3.0 mL を加えたところで溶液の色が青紫色から無色に変化した。

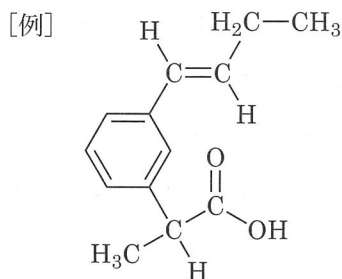
この過酸化水素水のモル濃度 [mol/L] を、有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムとの反応は、次の通りである。



4

【選択問題】 すべての受験生は、4 または 5 のどちらかを解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。構造式は下の例にならって書け。ただし、シストランス異性体(幾何異性体)は区別し、光学異性体は区別しなくてよい。



化合物 A はエステル結合を 2 つもち、分子式が $C_{15}H_{18}O_4$ で表される有機化合物である。化合物 A を完全に加水分解すると、化合物 B、化合物 C、化合物 D が物質量の比 1 : 1 : 1 で生成した。化合物 B は $C_4H_4O_4$ の分子式で表される二価カルボン酸(ジカルボン酸)である。化合物 B にはシストランス異性体 E が存在するが、B と E をそれぞれ加熱すると E のみが分子内で脱水反応を起こして化合物 F を生じた。化合物 C と D にそれぞれ黄褐色の塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、化合物 C の溶液のみ紫色に呈色した。化合物 D は不斉炭素原子を 1 個有し、その分子式は $C_5H_{12}O$ で表される。化合物 D を酸化すると分子式 $C_5H_{10}O$ で表される化合物 G が生成し、化合物 G にアンモニア性硝酸銀水溶液^(a)を加えて温めると反応容器の器壁に銀が生じた。

化合物 C を原料として用いると、分子式 $C_7H_6O_3$ で表されるサリチル酸を合成することができる。サリチル酸にアルコール H と少量の試薬 I を加えると消炎・鎮痛剤として用いられるサリチル酸メチルが生じ、^(b)サリチル酸に酸無水物^(c) J を反応させると解熱剤として用いられるアセチルサリチル酸が生成する。

問 1 化合物 A~H をそれぞれ構造式で書け。

問 2 化合物 A~H のうち、その水溶液が弱い酸性を示す化合物を、記号を用いてすべて答えよ。

問 3 下線部(a)の操作で器壁に銀が生じなかった場合を考える。この場合、化合物 A, D, G の構造は、問 1 で解答したものとは異なる。このとき考えられる化合物 D の構造式をすべて書け。また、そのように考えた理由を説明せよ。ただし、下線部(a)の操作以外ではすべて同じ結果が観察されたものとする。

問 4 下線部(b)について、次の問いに答えよ。

(1) このような反応は一般的に何とよばれるか。最も適当な名称を次の(ア)~(オ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 中和 (イ) 加水分解 (ウ) 酸化
(エ) 還元 (オ) エステル化

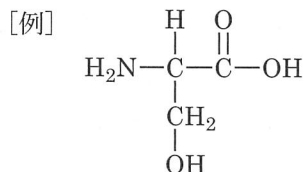
(2) 試薬 I の名称とその働きについて、それぞれ最も適当なものを次の(ア)~(キ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 鉄 (イ) 過酸化水素 (ウ) 水酸化ナトリウム水溶液
(エ) 濃硫酸 (オ) 触媒 (カ) 酸化剤
(キ) 還元剤

問 5 下線部(c)の反応を化学反応式で書け。ただし、酸無水物 J を含め有機化合物はすべて構造式で示すこと。

5 【選択問題】 すべての受験生は、4 または 5 のどちらかを解答すること。

次の I、II の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $H = 1.00$ 、 $C = 12.0$ 、 $N = 14.0$ 、 $O = 16.0$ を用いよ。また、構造式は下の例にならって書け。



I ヒトは食品から得られるエネルギー源として、主に炭水化物と脂肪を利用している。炭水化物から得られる熱量は構成する糖類に由来し、脂肪から得られる熱量の大部分は脂肪の主な構成成分である脂肪酸に由来する。

同じ質量の炭水化物と脂肪から、人体が得ることのできる熱量は異なる。それらから得られる熱量は、燃焼熱を使って求めることができる。そこで、人体が炭水化物と脂肪から得ることのできる熱量について、炭水化物の一種であるスクロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) と脂肪酸の一種でスクロースと炭素数が等しいラウリン酸 ($\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$) の燃焼熱をそれぞれ求めることで考える。

問 1 スクロースとラウリン酸の燃焼熱 [kJ/mol] を、有効数字 3 桁でそれぞれ求めよ。また、それらの計算の過程も示せ。なお、それぞれの化合物の生成熱は、次の表の値を用いよ。

化合物	生成熱 [kJ/mol]
水(液体)	286
二酸化炭素(気体)	394
スクロース(固体)	2220
ラウリン酸(固体)	730

問 2 スクロースとラウリン酸それぞれ 1.00 g が完全燃焼したときに得られる熱量の差 [kJ/g] を有効数字 3 桁で求め、同じ質量から人体が得ることのできる熱量が大きいのはスクロースとラウリン酸のいずれかを答えよ。また、その計算の過程も示せ。

II 食品中のタンパク質は、主にアミノ酸の供給源として重要である。アミノ酸のうち、ヒトの体内で全く合成されないか、合成されにくいいため、食品から摂取する必要があるものを アミノ酸という。タンパク質は、食品中や生体内では様々な立体構造をとる。そのうち、二次構造の一種である時計まわりのらせん構造のことを 構造とよぶ。このらせん構造は、同じタンパク質分子内に存在するペプチド結合部分の間の 結合によって安定化している。タンパク質の呈色反応のうち、 反応はペプチドが銅(II)錯体をつくることで、 色を呈する反応である。

問 3 ~ に適当な語句を入れよ。

問 4 アミノ酸であるアスパラギン酸($\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$)とグリシン($\text{H}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$)の両方を含むジペプチドを考える。

(1) 考えられるジペプチドをすべて構造式で書け。ただし、光学異性体は区別しなくてよい。

(2) アミノ酸の光学異性体を区別した場合、ジペプチドは最大で何種類考えられるか答えよ。また、その理由も説明せよ。