

化 学

教育学部 200 点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(7 の 1) から (7 の 7) までの計 7 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Al : 27.0

S : 32.0 Cl : 35.5 Cu : 63.5 Pb : 207

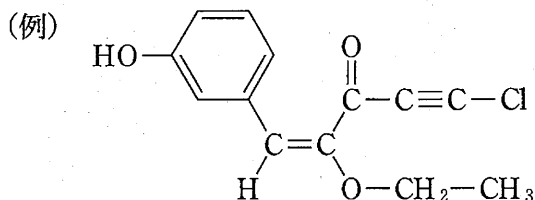
気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10} 2.0 = 0.30$ $\log_{10} 3.0 = 0.48$

2) 気体はすべて理想気体とする。

3) 構造式は、特に指定のない場合には例にならって書け。



1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

元素の性質は元素の周期性に関係する。典型元素の原子では、原子番号の増加に伴って最外殻電子の数が周期的に変化し、同族元素の最外殻電子の数は、18族元素を除き一致するので、同族元素の性質が似ている。例えば、18族元素は **(ア)** と呼ばれ、反応性に乏しいという共通の性質を示す。また、典型元素の原子半径は、同族元素では、原子番号が大きいほど **(イ)** なる。これは原子番号が大きくなるにつれて電子の存在する電子殻の数が増え、最外殻電子が原子核から遠ざかるためである。また、同一周期の元素では、18族元素を除き、原子番号が大きいほど原子半径は、**(ウ)** なる。

このほかにも、電気陰性度も、元素の周期性に関係する。電気陰性度とは、異なる2種類の原子間の共有結合において、**(A)** 強さの尺度を表した数値のことである。18族元素を除き、周期表の **(エ)** の原子ほど、電気陰性度が大きくなる。水分子は **(オ)** 形の分子であり、酸素と水素の電気陰性度が異なり、極性がある。

問 1. 空欄 (ア) ~ 空欄 (オ) に入る最も適当な語句を書け。ただし、同じ語句を入れても構わない。

問 2. 空欄 (A) に入る性質を表す適当な語句を書け。

問 3. 原子番号 20 までの原子において、18 族元素は除き、電気陰性度が最も小さいものを元素記号で答えよ。

問 4. 14 族元素の酸化物の固体(結晶)の性質は同じ族内でも大きく異なる。
 CO_2 の固体は昇華しやすいものの、 SiO_2 の固体は昇華しない。この性質の差異が生じる理由について分子構造(結合)から説明せよ。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

物質はそれぞれ固有の大きさの化学エネルギーをもっており、化学反応による化学変化や物質の状態の変化による状態変化などに伴い、そのエネルギーは変化する。物質の温度を1 K 上げるのに必要な熱量を熱容量といい、物質1 g 当りの熱容量^①を比熱という。一定 (ア) における化学反応に伴う熱の放出・吸収量は、反応エンタルピーという。物質が変化するときの反応エンタルピーの総和^②は、変化の前後の物質の種類と状態だけで決まり、変化の経路や方法には関係しない。反応エンタルピーの (イ) ^③は、その反応で、熱がどのように出入りする^④のかを表しており、反応が自発的に進むか否かを判断するものではない。

問 1. 空欄 (ア) , 空欄 (イ) にあてはまる語句として最も適当なものを、次の選択肢の中から1つずつ選び、答えよ。

< 選択肢 > エントロピー, 反応熱, 生成熱, 燃焼熱, 中和熱, 熱容量, 凝集熱, 比熱, 温度, 圧力, 体積, 溶解度積, 符号, 増加, 減少

問 2. 下線部①に関して、下記の設問(1)と設問(2)に答えよ。ただし、温度による比熱の変化はないものとする。

- (1) 112.8℃の鉄の塊50.0 gを20.0℃の水100 gに加えたところ、水温は最終的に24.8℃となった。この鉄の塊の熱容量、および比熱を、有効数字2桁で求めよ。ただし水の比熱を $c = 4.18 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とし、系外への熱の損失はないものとする。計算過程も示せ。
- (2) (1)の実験を鉄の塊の代わりに同温、同質量の鉛を用いて実施すると、水温は上昇した。水の温度変化 ΔT を計算し、最終的な水温[℃]を有効数字3桁で求めよ。ただし、鉛の比熱を $c = 0.130 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 、系外への熱の損失はないものとし、計算過程も示せ。

問 3. 下線部②に関して、メタンの C—H 結合をすべて切断して気体の炭素 C と気体の水素 H とした際に必要なエネルギー(結合エンタルピー)を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も示せ。結合エネルギーは下記のとおりである。
416 kJ/mol(C—H), 436 kJ/mol(H—H)

問 4. 下線部③の法則の名称を答えよ。

問 5. 下線部②に関して、下記の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 水素(気体), 炭素(黒鉛), エチレン(気体)の燃焼の化学反応式を書け。
- (2) これらの燃焼エンタルピーがそれぞれ -286 kJ , -394 kJ , -1412 kJ であるとする。このとき、エチレンの生成エンタルピーを求めよ。計算過程も示せ。

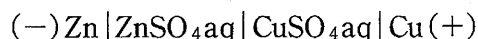
問 6. 下線部④に関して、反応の自発性は反応におけるエンタルピー変化 ΔH とエントロピー変化 ΔS の組み合わせにより決定される。以下の組み合わせのうち、 ΔH についても ΔS についても反応が自発的に進む方向に寄与する組み合わせを一つ選び、記号で答えよ。

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (あ) $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$ | (い) $\Delta H > 0$, $\Delta S < 0$ |
| (う) $\Delta H < 0$, $\Delta S > 0$ | (え) $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$ |

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

酸化還元反応により発生する化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置が電池(化学電池)である。異なる2種類の金属を導線でつなぎ、これらの金属をその金属イオンを含む水溶液に浸すと、イオン化傾向の (ア) 金属から (イ) 金属に電子が移動する。このとき、2種類の金属を電池の電極といい、導線へ電子が流れ出る電極を負極、導線から電子が流れ込む電極を正極とよぶ。電池の両極に回路を接続し、電流を取り出すことを電池の (ウ) といい、負極と正極の間に生じる (エ) を電池の起電力という。一方、 (ウ) 時の電池内で酸化還元反応に直接かかわる物質を活物質といい、負極で (オ) として働く物質を負極活物質、正極で (カ) として働く物質を正極活物質という。

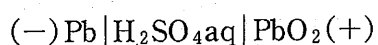
亜鉛板を浸した濃度の低い硫酸亜鉛水溶液と、銅板を入れた濃度の高い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、両方の水溶液が混ざらないように素焼き板などで仕切り、亜鉛板と銅板を導線でつなぐと電池ができる。このような電池をダニエル電池といい、次のように表され、その起電力は約1.1Vである。



ダニエル電池では、イオン化傾向の (ア) 亜鉛(板)が負極、イオン化傾向の (イ) 銅(板)が正極になる。負極では亜鉛が電子を放出し、亜鉛イオンになって溶け出す。亜鉛が放出した電子は、導線を通り正極の銅(板)に流れ込む。これを硫酸亜鉛水溶液中の銅(Ⅱ)イオンが受け取り、銅になって正極に析出する。

ダニエル電池は、放電を続けると電極での反応が進まなくなり寿命をむかえる (キ) 電池である。これに対し、鉛蓄電池は充電により繰り返し使用が可能な電池であり、一般に (ク) 電池という。鉛蓄電池は、負極に鉛、正極に酸化鉛(Ⅳ)、電解液に約38%(密度1.28g/mL)の希硫酸を用いる。放電により、電解液中の硫酸が消費されるとともに水が生じて希硫酸の濃度が低くなる。ま

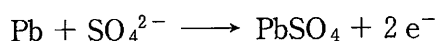
た、両電極はしだいに白色の硫酸鉛(Ⅱ)で覆われ、硫酸と活物質である電極の接触が妨げられ、起電力が低下する。そこで、放電した鉛蓄電池の負極と正極に、別電源の負極と正極をそれぞれ接続して放電とは逆向きに電流を流すと、放電と逆向きの反応が起こり、両電極と希硫酸の濃度がもとの状態に戻る。この操作が充電である。この鉛蓄電池は次のように表され、その起電力は約 2.0 V である。



問 1. 空欄 (ア) ～空欄 (ク) に入る最も適当な語句を書け。

問 2. 放電時のダニエル電池において、負極および正極における反応を電子 e^- を含む反応式で示せ。

問 3. 鉛蓄電池の放電時に負極で起こる反応を電子 e^- を含む反応式で表すと、



となる。同様に正極で起こる反応を電子 e^- を含む反応式で示せ。また、電池全体としての反応も示せ。

問 4. 鉛蓄電池の放電で、正極の質量が 1.6 g 増加した。この放電で流れた電子 e^- の物質量、負極の増加した質量および電池内で生成した水の質量をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。

4 次の問1と問2に答えよ。

問 1. 次の文章を読み、設問(1)と設問(2)に答えよ。

炭素、水素、酸素だけからなり、オルト位に置換基をもつ二置換ベンゼンである化合物 A と化合物 B がある。化合物 A と化合物 B は構造異性体であり、分子量は 122 である。6.1 mg の化合物 A を完全燃焼したところ、二酸化炭素が 17.6 mg、水が 4.5 mg 得られた。化合物 A と化合物 B、それぞれを塩化鉄(Ⅲ)水溶液に加えると化合物 B のみ呈色し、また化合物 A と化合物 B の水溶液のうち化合物 B のみ弱酸性を示した。化合物 A を過マンガン酸カリウムで酸化すると化合物 C が得られ、その後加熱すると、脱水によって化合物 D が得られた。化合物 A を穏やかに酸化すると、銀鏡反応を示す化合物 E が得られた。化合物 B に無水酢酸を反応させると化合物 F が得られた。

- (1) 化合物 A の分子式を求めよ。計算過程も示せ。
- (2) 化合物 A～化合物 F の構造式を書け。

問 2. 次の文章を読み、設問(1)～設問(5)に答えよ。

高分子化合物は、比較的小さい構成単位が繰り返し結合した構造をもち、合成高分子化合物と天然高分子化合物に分類できる。合成高分子化合物は、**(ア)** を化学反応によって重合させることで合成が可能である。合成高分子化合物の多くは絶縁体であるが、ポリアセチレンに少量のヨウ素を加えると、銅に匹敵する **(イ)** 性を示す。また、合成高分子化合物は鎖状構造だけではなく、架橋構造をもつ高分子化合物も広く使用されており、熱硬化性樹脂やゴムなどは架橋構造をもつ合成高分子化合物である。フェノール樹脂は熱硬化性樹脂の一つであり、酸または塩基触媒を用いてフェノールとホルムアルデヒドの **(ウ)** によって得られる。このとき酸触媒を用いて反応させると、柔らかい固体である **(エ)** が得られ、塩基触媒を用いて反応させると、粘性の大きな液体である **(オ)** が得られる。その後、**(エ)** もしくは **(オ)** を加熱などすることでフェノール樹脂が得られる。一方、タンパク質や DNA、RNA は天然高分子化合物である。タンパク質は α -アミノ酸がペプチド結合によって多数連結したポリペプチドである。DNA と RNA は、リン酸を介して核酸が連結した高分子化合物であり、2 本の鎖状の DNA 分子は **(カ)** 構造を形成する。

- (1) 空欄 ア ～空欄 カ に入る最も適当な語句を書け。
- (2) 下記枠内の合成高分子化合物①～⑤のうち、付加重合および縮合重合で合成されるものをそれぞれ数字①～⑤を使ってすべて選べ。

- ① ポリアセチレン ② ナイロン 66 ③ ポリエチレン
④ ポリエチレンテレフタレート ⑤ ポリイソプレン

- (3) 合成高分子化合物の一つであるポリアクリロニトリルは、アクリル酸メチルなどと共重合することで、高分子化合物の性質を変化させることができる。アクリロニトリルとアクリル酸メチルを共重合すると、平均分子量 1.2×10^5 の共重合体を得られ、この共重合体にはアクリロニトリルとアクリル酸メチルが 4 : 1 の物質量の比で含まれていた(図 1)。この共重合体 1 分子あたり平均何個の -CN を含むか有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。

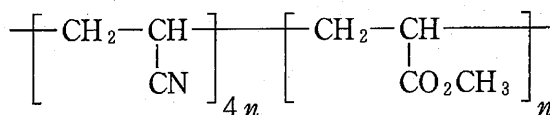


図 1 アクリロニトリルとアクリル酸メチルの共重合体

- (4) ϵ -カプロラクタムからナイロン 6 を合成する反応式を書け。高分子化合物の構造式は図 1 にならって示せ。
- (5) 天然高分子化合物であるタンパク質を酵素を用いて加水分解すると、アミノ酸、ペプチドに分解される。ペプチドのなかで、アミノ酸 3 分子からできたものをトリペプチドという。トリペプチド G とトリペプチド H は、N 末端の示性式が $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CO}-$ である。トリペプチド G とトリペプチド H は、いずれも、1 分子のグリシンと、図 2 に示す 4 種類の α -アミノ酸のうち 2 種類の α -アミノ酸を 1 分子ずつ、合計 3 分子からできている。次の実験(i)～実験(iii)を行い、トリペプチド G とトリペプチド H の構造の同定を行った。トリペプチド G とトリペプチド H、それぞれにおいて考えられる構造式をすべて書け。

実験(i) トリペプチド **G** とトリペプチド **H** の水酸化ナトリウム水溶液それぞれに酢酸鉛(Ⅱ)を加えて加熱すると、トリペプチド **G** のみが黒色沈殿が生じた。

実験(ii) トリペプチド **G** とトリペプチド **H** の水溶液それぞれに濃硝酸を加えて加熱し、その後アンモニア水を加えて塩基性にする事で、トリペプチド **G** のみから橙黄色の水溶液が得られた。

実験(iii) トリペプチド **H** を構成する3種類のアミノ酸の等電点を測定すると9.7, 6.0, 3.2であった。

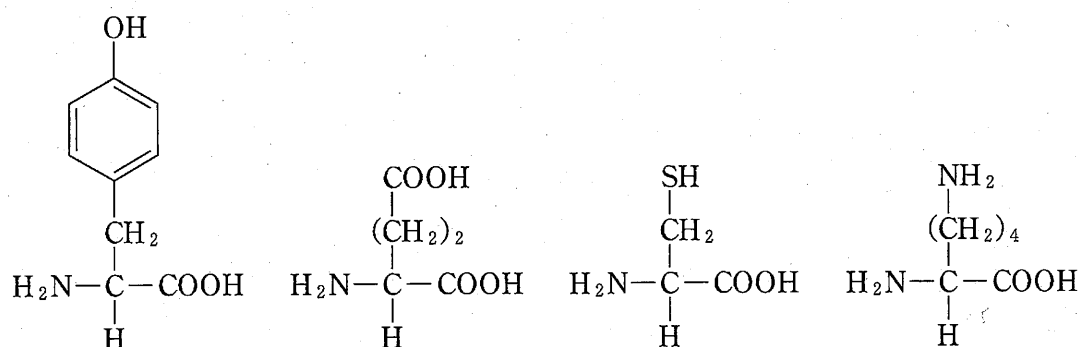


図2 トリペプチド **G** とトリペプチド **H** に含まれる α -アミノ酸

5 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

炭水化物は三大栄養素の一つであり、炭水化物の中で、ヒトが消化吸収できるものは糖質、ヒトが消化できないものは (ア) とよばれる。炭水化物は、一般式 $C_m(H_2O)_n$ で表されて糖類ともよばれ、単糖、二糖、多糖に分類される。デンプンなどの糖類を多く含む穀物やいも類は、炭水化物を含む食品として重要である。

緑色植物は、物質が光エネルギーを利用して起こる化学反応、すなわち (イ) 反応である光合成により、二酸化炭素と (ウ) からデンプンなどの糖類と (エ) ^① を生成し、生成した糖類をデンプン粒として果実、種子、茎、根などに蓄えている。デンプンは食事によってヒトの体内に取り込まれると、消化酵素により加水分解され、最終的にはその構成単糖である (オ) に分解されて小腸から吸収される。体内に吸収された (オ) はエネルギー源として使われる。

また、余剰な (オ) は、肝臓や筋肉に多糖の (カ) として蓄えられる。体内では、(オ) が不足した時に (カ) が加水分解されて (オ) をつくり出し、血液中の (オ) 濃度を一定に保っている。(カ) は動物デンプンともよばれ、その水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると赤褐色を呈する (キ) 反応を示す。また、(カ) は、水に溶けるとコロイド溶液になるため、半透膜を用いて小さな分子やイオンをコロイド溶液から分離 ^② できる。

甘味は、体内に取り込まれてエネルギー源となる糖類の存在を示すので、多くの生物が甘味をもつ糖を好む。多糖は水に溶けにくく、甘味を示さないが、単糖や二糖は水に溶けやすく、甘味をもつものが多い。その例として、炊いた白米を口の中でよくかみ続けると、次第に甘くなる現象がある。これは、白米に含まれる多糖のデンプンがだ液中の消化酵素である (ク) により加水分解されて、二糖の (ケ) が生じたからである。

砂糖は、サトウキビの茎やテンサイの根を材料に作られる天然の甘味料である。砂糖の主成分である スクロース ^③ は、多くの植物中に含まれている二糖であ

る。スクロースは、希硫酸と加熱したり、酵素であるスクラーゼや (コ) を作用させたりして加水分解すると、 (オ) と (サ) の等量混合物が生じる。この反応を特に (シ) といい、得られた混合物は (ズ) とよばれる。はちみつにも含まれる (ズ) は、スクロースよりも甘味が強く、甘味料としてアイスクリームや清涼飲料水に使われている。最近では、トウモロコシなどに含まれるデンプンを酸や酵素により分解させて生じる、 (オ) と (サ) の混合液糖も、安価に得られる甘味料として、アイスクリームや清涼飲料水などの食品に多く利用されている。

問 1. 空欄 (ア) ~空欄 (ズ) に入る最も適当な語句を書け。

問 2. 下線部①の光合成は、「発熱反応」または「吸熱反応」のどちらか、選んで答えよ。

問 3. 下線部②の操作名を答えよ。

問 4. 下線部③のスクロースは非電解質であるが、なぜ水に溶けるのか理由を簡潔に書け。

問 5. 下線部④の化学反応式を書け。

問 6. 水溶液がフェーリング液を還元する糖類を、下記枠内の(a)~(f)からすべて選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|------------|------------|
| (a) アミロース | (b) トレハロース | (c) アラニン |
| (d) ラクトース | (e) スクロース | (f) セロビオース |