

科 目	化 学
--------	-----

理学部・医学部・薬学部・工学部・都市デザイン学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は、全部で10ページです。解答用紙は8枚、計算用紙は2枚で、問題冊子とは別になっています。試験開始の合図があってから確認してください。
3. 問題冊子あるいは解答用紙に、文字などの印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れなどがあった場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験開始後に、すべての解答用紙(8枚)上部の指定欄に志望学部を記入し、受験番号欄(2カ所)に算用数字で受験番号を記入してください。氏名を書いてはいけません。
5. 解答は、解答用紙の所定欄に明瞭に記入してください。解答用紙の所定欄以外に記入した解答は、採点の対象としません。
6. すべての解答用紙(8枚)を提出してください。
7. 問題は **1** ~ **4** の4問です。すべての問題を解答してください。
8. 問題冊子、計算用紙は持ち帰ってください。

(注意) 字数を指定している設問の解答では、1マスに1つの文字を書きなさい。アルファベット、数字、句読点、括弧、符号などは、[例]のようにすべて1字とみなしなさい。

[例]

[	C	u	(	N	H	₃	)	₄	]	²	+	は	,	C	u	²	+	に	4
分	子	の	N	H	₃	が	配	位	子	と	し	て	配	位	結	合	し	た	錯
イ	オ	ン	で	あ	る	。													

1 次の文章(I)、(II)を読み、以下の問いに答えよ。

(I) 原子は中心に原子核を持ち、原子核は と により構成される。原子核の周りには と同数の負の電荷をもつ が取り巻いている。原子核中の の数を という。 と の数の和を質量数という。同じ元素でも質量数の異なる原子を互いに という。天然の元素はいくつかの を含む。例えば、天然のガリウムには、質量数 69 と質量数 71 の が含まれている。 の中には放射線を放出して他の元素へ変化(壊変)するものがあり、これを という。 が壊変して元の原子に対して半分の量になるまでの時間を半減期という。

周期表は、元素を の順に並べ、性質の類似する元素が縦に並ぶように配置したものである。周期表には元素名のほかに、その元素の原子量が併記してあることが多い。周期表の縦の列を族といい、同じ族に属する元素を という。また、横の行を周期という。

化学では、原子内やイオン内での電子配置とその電子の持つエネルギーが重要な役割を持つ。典型元素において の間で電子配置を比較すると、価電子の数は同じであることが見て取れる。電子のエネルギーに関連する指標の一つがイオン化エネルギーであり、原子から電子を1個取り去り1価の陽イオンとするのに必要な最小のエネルギーを第一イオン化エネルギーという。さらに、1価の陽イオンからもう1個電子を取り去り2価の陽イオンとするための最小のエネルギーを第二イオン化エネルギーという。一方、原子が1個の電子を受け取り、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを という。

問 1 ~ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 ${}_{31}\text{Ga}$ で表されるガリウム原子を構成する および の数を記せ。

問 3 ガリウムの原子量を有効数字3桁で求めよ。なお、質量数 69 のガリウムの相対質量は 68.9 で存在比は 60.0%、質量数 71 のガリウムの相対質量は 70.9 で存在比は 40.0%である。

(次のページへ続く)

問 4 半減期が 14 日の $\boxed{\text{カ}}$ である $^{32}_{15}\text{P}$ において、 $^{32}_{15}\text{P}$ の原子の量は 28 日間に何 % 減少するか。有効数字 2 桁で記せ。

問 5 フッ素と $\boxed{\text{キ}}$ の関係にあり、第 4 周期に属する元素名を記せ。

問 6 マグネシウム原子の K 殻、L 殻、M 殻に入っている電子の数を記せ。

問 7 マグネシウムの第一イオン化エネルギーは 738 kJ/mol, 第二イオン化エネルギーは 1451 kJ/mol, 第三イオン化エネルギーは 7733 kJ/mol, 第四イオン化エネルギーは 10540 kJ/mol である。

マグネシウムの第二イオン化エネルギーと第三イオン化エネルギーの間のエネルギー差は、第一イオン化エネルギーと第二イオン化エネルギーの間のエネルギー差、および第三イオン化エネルギーと第四イオン化エネルギーの間のエネルギー差と比べて大きい。このように、第二イオン化エネルギーと第三イオン化エネルギーの間に大きな差が現れる理由を 100 字以内で説明せよ。

(II) 水 100.0 g へ溶解する無水塩(無水物)の硫酸銅(II) (CuSO_4) の最大の質量は、20 °C で 20.0 g, 60 °C で 40.0 g である。 CuSO_4 の式量は 160.0 とし、水の分子量は 18.0 とする。また、水の密度は温度によらず、1.000 g/cm³ とする。

問 8 50.0 g の硫酸銅(II)五水和物を水に溶かして、60 °C の飽和水溶液をつくる。このとき、50.0 g の硫酸銅(II)五水和物をすべて溶かすために必要な水の量(mL)を有効数字 3 桁で求めよ。

問 9 60 °C の硫酸銅(II)の飽和水溶液 140.0 g を 20 °C へ冷却すると、硫酸銅(II)五水和物が析出する。析出物の質量(g)を有効数字 3 桁で求めよ。

(以下 余 白)

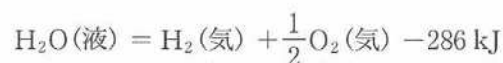
2 次の文章(I)～(III)を読み、以下の問いに答えよ。必要があれば、次の原子量を用いよ。

H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

(I) 容器内の温度を 1.00 K 上昇させるために 2.00 kJ の熱量が必要な容器に、0.420 g のシクロヘキサン(C₆H₁₂(液))を入れて完全に燃焼させたところ、容器内の温度は 9.80 K 上昇した。生成した水は液体、二酸化炭素は気体とし、それらの比熱は考えないものとする。また、容器内と外部との熱の出入りはなく、燃焼により発生した熱はすべて容器内の温度上昇に使われたものとする。

問 1 シクロヘキサンの燃焼熱は何 kJ/mol になるか求めよ。

問 2 問 1 の結果と下の熱化学方程式を用いて、ベンゼン(液)と水素(気)から 1 mol のシクロヘキサン(液)を生成する反応の反応熱が何 kJ/mol になるか求めよ。



(II) 一酸化炭素の完全燃焼反応に伴う体積変化を調べるために、以下の実験を行った。体積が可変で温度と圧力が制御できる密閉容器内に、一酸化炭素と酸素の混合気体を入れた。容器内の温度を 0 °C、圧力を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ としたときの混合気体の体積は 27.30 L であった。この混合気体の圧力を一定に保ちながら、すべての一酸化炭素を完全に燃焼させた。燃焼後 0 °C で容器内の気体の体積を測定すると、燃焼前と比べて 1.12 L だけ減少していた。その後、気体の体積を温度一定でゆっくりと 27.30 L に戻した。

問 3 下線部(i)の反応を化学反応式で記せ。

問 4 下線部(ii)の一酸化炭素および酸素の物質量はそれぞれ何 mol であるか、有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 下線部(iii)において体積を戻した後の気体の圧力は何 Pa になるか、有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

(次のページへ続く)

(Ⅲ) 空気中の二酸化炭素量を調べるために、以下の実験を行った。温度 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$ で、 $5.00 \times 10^{-3}\text{ mol/L}$ の水酸化カルシウム水溶液 100 mL を乾燥した空気 5.00 L とともに容器中に密封し、よく振ったところ白色に濁った。しばらく放置した後、溶液をろ過し、そのろ液 20.00 mL を $1.00 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$ の塩酸で中和滴定したところ、 16.96 mL を要した。容器内のすべての二酸化炭素は下線部(iv)においてのみ水酸化カルシウムと完全に反応するものとする。また、この反応における水溶液の体積変化、および用いた塩酸と水酸化カルシウム以外の中和反応は無視できるものとする。

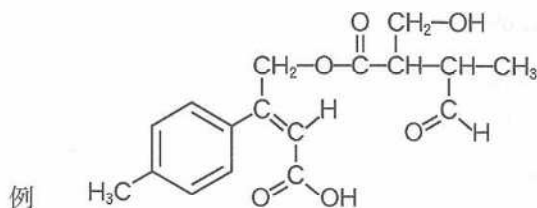
問 6 下線部(iv)の反応を化学反応式で記せ。

問 7 下線部(iv)で反応した二酸化炭素の物質量は何 mol か、有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問 8 下線部(iv)における乾燥した空気 5.00 L に含まれていた二酸化炭素の体積は何 L か、有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

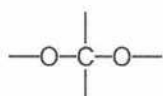
(以下余白)

- 3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。構造式は以下の例にならって記せ。必要があれば、次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12, O = 16, Na = 23

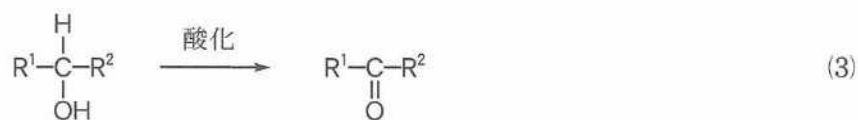
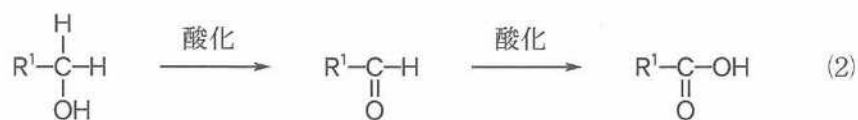
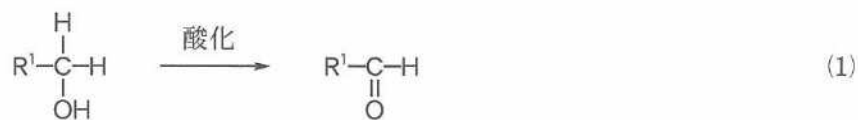


X 群と Y 群には、下記の条件を満たす化合物がすべて含まれている。

- [X 群] ・分子式が $C_3H_8O_2$ である。
 ・以下に示したような、2つの酸素原子と共有結合している炭素原子をもたない。



- ・酸素原子どうしが共有結合していない。
 ・鏡像異性体(光学異性体)がある場合は、そのうち一方の化合物だけが含まれる。
- [Y 群] ・X 群に含まれる化合物から、式(1)~(3)のような酸化反応によって生じる化合物である。
 ・式(1)~(3)のような酸化反応は、分子内の1カ所または2カ所で起こる。



(次のページへ続く)

Y群に属する化合物P, Qを別々の試験管にとり、それぞれにメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、縮合反応のみが起きて、PからはR, QからはSが生成した。Rを酸化したところ、Tが生成した。Tをアンモニア性硝酸銀溶液に加えて加熱しても銀は析出しなかった。Tを水酸化ナトリウム水溶液で処理した後、中和したところ、Qとは異なる化合物が得られた。また、Sの分子量は、Qの分子量の1.27倍であった。

問1 X群に属するすべての分子の構造式を、例にならって記せ。

問2 X群に属する化合物Uを酸化したところ、式(1)~(3)のような反応が起こり、いくつかの化合物からなる混合物が得られた。この混合物には、不斉炭素原子をもつ分子と、もたない分子の両方が含まれていた。問1で解答した構造式の中からUと考えられる化合物を1つ選び、その構造式を丸で囲め。

問3 X群に属する化合物がすべて0.10 molずつ含まれる混合物に23 gのナトリウムを加えた。このときに発生する水素の物質量は何 mol か、有効数字2桁で求めよ。

問4 Y群に属する化合物の数を答えよ。

問5 Y群に属する化合物のうち、最も分子量が大きい化合物の分子量を整数で答えよ。

問6 Y群に属する化合物のうち、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて反応させたときに黄色沈殿を生じる化合物の集まりをZ群とする。Z群に属する化合物の数を答えよ。また、この反応で生じる黄色沈殿の分子式を記せ。

問7 PとQの構造式を、例にならって記せ。また、そのように解答した理由を200字以内で記せ。

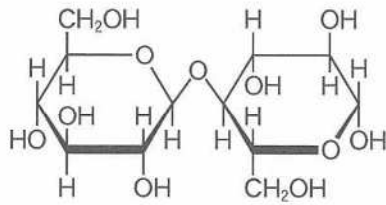
(以下余白)

4 次の文章(I), (II)を読み, 以下の問いに答えよ。必要があれば, 次の原子量を用いよ。

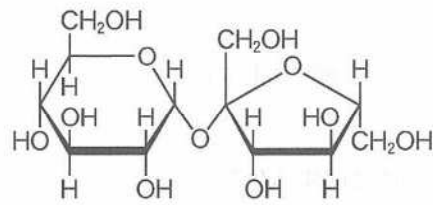
H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

(I) 二糖はそれを構成する単糖の種類および結合様式の違いにより多くの種類が存在する。また, 二糖は特異的な酵素により2分子の単糖へと加水分解される。例えば, マルトースはマルターゼによりグルコース2分子に加水分解される。また, グルコースに酵母由来の酵素群⁽ⁱ⁾を作用させると, 二酸化炭素とエタノールに分解される。酵素による反応は一般に中性付近で最もよく進行するが, 生体内のあるタンパク質分解酵素はpH2付近で最も高い活性を示す。タンパク質が加水分解⁽ⁱⁱ⁾されると, 多種類のペプチドが生成するが, これらのペプチドに含まれるアミノ酸の種類は化学反応で推定できる。⁽ⁱⁱⁱ⁾

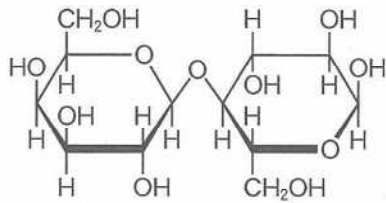
問 1 以下に化学構造を示した二糖 A ~ F から, 還元性を示さないものをすべて選び, 記号で答えよ。また, 選択した二糖が還元性を示さない理由を, 「脱水縮合」という語句を用いて50字以内で記せ。



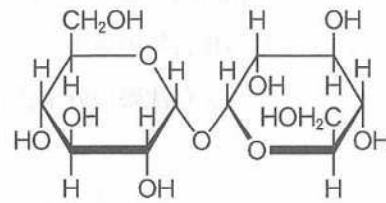
A



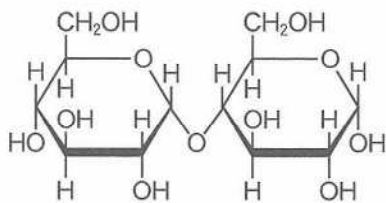
B



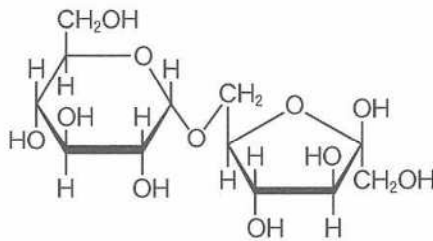
C



D



E



F

(次のページへ続く)

問 2 下線部(i)の反応の名称を答えよ。

問 3 マルトース 68.4 g をマルターゼで加水分解し、次に、下線部(i)の酵素反応を行ったとき、生成するエタノールの質量は何 g か、有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も記せ。なお、すべての酵素反応は完全に進行するものとする。

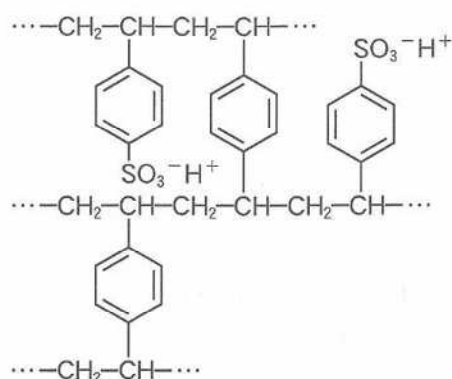
問 4 下線部(ii)の酵素として最も適切なものを次の語句群から選び、記号で記せ。また、その酵素がタンパク質を分解する主な臓器の名称を答えよ。

(a) リパーゼ (b) トリプシン (c) カタラーゼ (d) ペプシン (e) ケラチン

問 5 下線部(iii)について、あるペプチドの水溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸で中和し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。生じた黒色沈殿の化学式、およびペプチドに含まれると考えられるアミノ酸の名称を 1 つ答えよ。

(次のページへ続く)

(II) A は無色の気体で、実験室ではエタノールと濃硫酸の混合物を加熱して得られる。A やスチレンは ア 重合して、袋や容器などに利用されるプラスチックとなる。また、プラスチックは機能性高分子としても幅広く利用されている。例えば、スチレンに少量の B を加えて共重合させると、複数のポリスチレン鎖が B によって イ された高分子が生成する。この高分子をスルホン化すると、右図に示した構造の ウ が得られる。



^(iv) アセチレンは無色の気体で、アセチレンも A やスチレンと同様に、ア 重合してプラスチックとなる。この薄膜にヨウ素などのハロゲンを添加すると、エ が得られる。オ 色の臭素水に過剰のアセチレンを通すと、溶液は カ 色に変化する。

^(v) 近年、プラスチックゴミによる環境汚染が問題になっている。そこで、自然環境中でも安全な物質に分解される キ が開発され、実用化されている。また、^(vi)環境汚染の観点に加え、限りある石油資源の有効活用の観点から、プラスチックの再利用も進められている。再利用の手法には、プラスチックを加熱溶融して再成形するマテリアルリサイクルや、プラスチックを化学反応により分解して単量体などに変換し再び材料として利用する C などがある。

問 6 A と B にあてはまる最も適切な化合物の名称、および C にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 7 ア ~ キ にあてはまる最も適切な語句を次の語句群から選び、記号で記せ。

- (a) 開環 (b) 縮合 (c) 付加 (d) 濃青 (e) 無 (f) 赤褐 (g) 加硫
 (h) 架橋 (i) ジスルフィド結合 (j) 双性イオン交換樹脂 (k) 陽イオン交換樹脂
 (l) 陰イオン交換樹脂 (m) 水溶性高分子 (n) 生分解性高分子 (o) 天然高分子
 (p) 生体高分子 (q) 導電性高分子 (r) 熱硬化性高分子

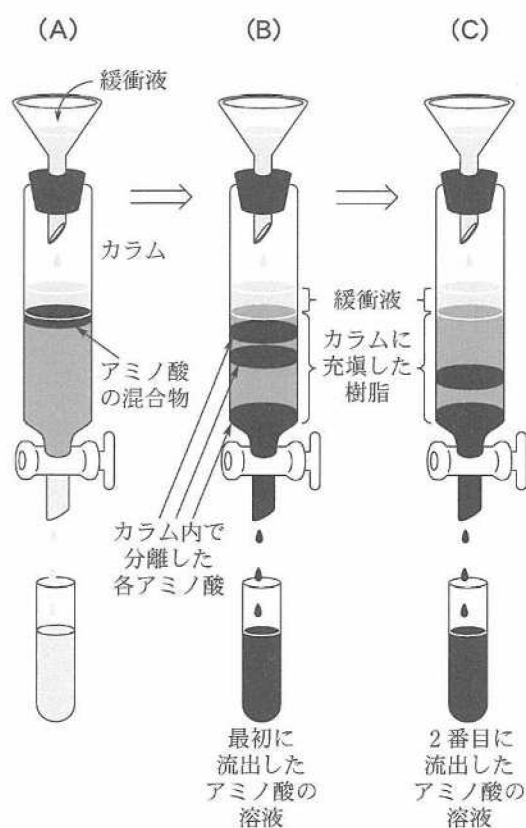
問 8 下線部(iv)について、以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

- (1) この樹脂を食塩水に浸すと、樹脂上のスルホ基(-SO₃⁻H⁺)はどのように変化するか。解答欄の化学反応式を完成させよ。
 (2) スルホ基の代わりにトリメチルアンモニウム基の水酸化物(-N⁺(CH₃)₃OH⁻)が導入された樹脂を pH7.0 の純水に浸すと、pH は変化しなかった。次に、pH7.0 の食塩水に樹脂を浸すと、水溶液の pH が変化した。このとき、pH の数値は 7.0 より増加したか、それとも減少したかを答えよ。また、その理由を 50 字以内で記せ。

(次のページへ続く)

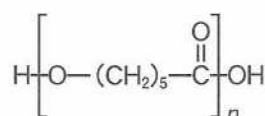
(3) スルホ基の代わりに $-N^+(CH_3)_3OH^-$ が導入された樹脂を充填したカラム(円筒型のクロマト管)を用いて、次に示した α -アミノ酸の混合物からそれぞれのアミノ酸を分離した。アミノ酸の混合物には、アラニン(6.00), リシン(9.75), グルタミン酸(3.22)が含まれていた。括弧内の数字はそれぞれのアミノ酸の等電点である。

分離に際しては、まず、前述のアミノ酸のすべてを含む混合物を pH10.0 の緩衝液に溶解し、この溶液をカラムに注ぎ入れた(図 A)。続いて、緩衝液を適宜カラムに追加するとカラム内でアミノ酸の分離が進行し、アミノ酸が順次カラムの下部から流れ出た(図 B, C)。その際、用いる緩衝液の pH を 10.0 から 3.0 まで徐々に減少させて、すべてのアミノ酸を流出させた。最後に流出したアミノ酸の名称を答えよ。また、その理由を 150 字以内で記せ。

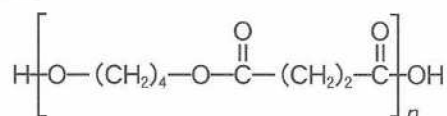


問 9 下線部(v)に関連して、過剰の臭素水を用いた場合にアセチレンから生成する化合物の構造式を、問題 3 の例にならって記せ。

問10 下線部(vi)について、自然環境中で分解される高分子 G と H の構造式を図に示す。以下の(1), (2)の問いに答えよ。構造式は、問題 3 の例にならって記せ。



G



H

- (1) 高分子 G は、ナイロン 6 の合成に類似した開環重合で合成できる。高分子 G の合成に用いる環状構造の単量体の構造式を記せ。
- (2) 高分子 H 中のすべてのエステル結合が加水分解されて生じる 2 種類の生成物の構造式を記せ。

(以下 余 白)