

## 平成30年度入学試験問題

## 理 科

## (注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 12	31 ～ 33	3
化学基礎・化学	13 ～ 30	34 ～ 38	5
生物基礎・生物	31 ～ 50	39 ～ 43	5
地学基礎・地学	51 ～ 61	44 ～ 47	4

4. 各解答紙の2箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2科目250点満点(1科目125点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2科目100点満点に換算します。

# 解答紙の訂正

[解答紙]

理 科 (化学基礎・化学)		
訂正	解答紙番号 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">35</span> の [2] の問1の解答欄の単位を以下の通り訂正する。	
	正	$\text{kJ/mol}$
	誤	$\text{kJ}$

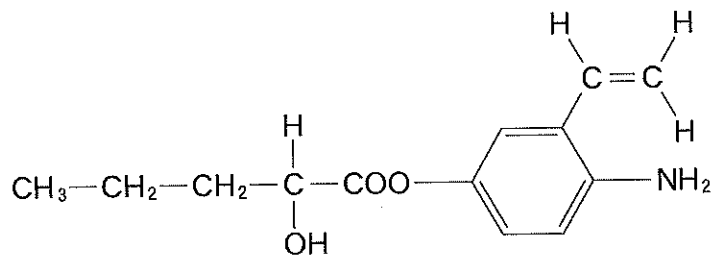
# 化学基礎・化学

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

構造式を記入するときは、記入例にならって答えよ。

構造式の記入例



〔1〕 以下の問1～問6に答えよ。(25点)

問 1.  $\text{H}_2\text{O}$  に関する次の文章から誤っているものをすべて選び, (A)~(E)の記号で答えよ。

- (A)  $\text{H}_2\text{O}$  の沸点が  $\text{HF}$  の沸点よりも高い理由は  $\text{O}-\text{H}$  結合の方が  $\text{F}-\text{H}$  結合よりも極性が大きいためである。
- (B)  $\text{H}_2\text{O}$  は酸としても塩基としても働く。
- (C)  $\text{H}_2\text{O}$  の分子は折れ線型の構造である。
- (D)  $\text{H}_2\text{O}$  は融解や沸騰はするが, 昇華することはない。
- (E)  $\text{H}_2$  と  $\text{O}_2$  を常温・常圧で混合するだけでは  $\text{H}_2\text{O}$  が生成しない理由はこの反応が吸熱反応だからである。

問 2. 同じ元素の同位体どうしは質量が異なるが, その化学的性質はほぼ同じである。例えば, 水素の主な同位体には  $^1\text{H}$  と  $^2\text{H}$  があり, 酸素の主な同位体には  $^{16}\text{O}$  と  $^{18}\text{O}$  がある。同体積の  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$  と  $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$  を混合し, 密閉容器に入れて液体状態で  $25^\circ\text{C}$  を 24 時間保った。

- (1) この混合液中には何種類の水分子が存在するかを答えよ。同位体の種類にもとづいて水分子を分類すること。
- (2) この混合液中に存在する水分子のなかで, 2 番目に分子量が大きいものに含まれる中性子の総数を答えよ。

問 3. 過酸化水素の電子式を記入例にならって記せ。

記入例: アンモニア  $\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}: \text{H}$  ただし,  $\cdot$  は電子を表す。

問 4. 過酸化水素は水中で以下のように電離する。濃度  $2.20 \text{ mol/L}$  の過酸化水素水中の  $\text{H}_3\text{O}^+$  の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。導出の過程も書け。なお, 過酸化水素の電離定数は  $2.20 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$  とする。

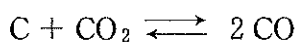


問 5. 濃度  $2.20 \text{ mol/L}$  の過酸化水素水  $5.00 \text{ mL}$  を希硫酸の添加により酸性にして、濃度  $8.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の過マンガン酸カリウム水溶液を加える反応において、過酸化水素がすべて消費されるために必要な過マンガン酸カリウム水溶液の体積 (mL) を有効数字 2 桁で求めよ。導出の過程も書け。

問 6. 硫酸酸性水溶液中における過酸化水素とヨウ化カリウムとの反応の化学反応式を示せ。

〔2〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(25点)

固体の黒鉛(C)に気体の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を727℃で接触させ、気体の一酸化炭素(CO)に変化させる次の反応を考える。



以下の各問に答えよ。なお、気体定数  $R$  を  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  として計算せよ。問2、問3は有効数字2桁で答えよ。

問1. CO<sub>2</sub>とCOの生成熱がそれぞれ394 kJ/mol, 111 kJ/molのとき、上の反応式の反応熱を求めよ。

問2. 温度727℃で容積10 Lの容器内に黒鉛を2.0 g, 気体のCO<sub>2</sub>を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  導入し、導入と同時に容器を密閉した。容器内の圧力の時間変化を測定したところ、30分経過後、系全体の圧力が  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$  となった。30分経過後のCO<sub>2</sub>の分圧を求めよ。また30分間の平均反応速度を mol/min の単位で求めよ。この間、温度は一定であるとする。

問3. 問2の反応状態をさらに継続し、各成分の分圧が変化しなくなるまでその状態を維持した。温度727℃で、圧平衡定数  $K_p$  が  $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であるとすると、平衡時のCO<sub>2</sub>とCOの各分圧はそれぞれ何 Pa か。また平衡時の黒鉛は何グラムか。なお、 $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$  とする。

問 4. 問 3 の平衡状態に達したあと、密封状態で温度  $727^{\circ}\text{C}$  に保ち、平衡を保持しながらゆっくりと容器体積を  $10\text{ L}$  から少し小さくした。このとき容器内で起こる変化で正しいものを、下の選択肢(a)~(g)の中からひとつ記号で選べ。

選択肢

- (a) 容器内の  $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  の分圧に変化はない。
- (b)  $\text{CO}_2$  の分圧が増加し、 $\text{CO}$  の分圧が減少した。結果、 $\text{CO}/\text{CO}_2$  の分圧比は減少した。
- (c)  $\text{CO}_2$  の分圧が減少し、 $\text{CO}$  の分圧が増加した。結果、 $\text{CO}/\text{CO}_2$  の分圧比は増加した。
- (d)  $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  の分圧がともに増加し、 $\text{CO}/\text{CO}_2$  の分圧比は増加した。
- (e)  $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  の分圧がともに増加し、 $\text{CO}/\text{CO}_2$  の分圧比は減少した。
- (f)  $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  の分圧がともに減少し、 $\text{CO}/\text{CO}_2$  の分圧比は増加した。
- (g)  $\text{CO}_2$  と  $\text{CO}$  の分圧がともに減少し、 $\text{CO}/\text{CO}_2$  の分圧比は減少した。

問 5. 問 4 の状態から問 3 の平衡状態に戻し、密封状態をそのまま保ち、727 °C から平衡を保持しながらゆっくりと温度を上昇させた。そのとき容器内の各ガスの分圧、全圧、圧平衡定数  $K_p$  に生じる変化についての記述である。〔ア〕から〔カ〕に入る語句として、最も適切なものを下の各選択肢の中から選んで記入せよ。

黒鉛 C に気体の  $\text{CO}_2$  が反応し、CO が生じる反応は、〔ア〕である。もとの 727 °C から温度を 30 °C 上昇させると、問 1 で求めた反応熱から判断して、圧平衡定数は、〔イ〕。容器内の CO/ $\text{CO}_2$  の分圧比は、〔ウ〕。各分圧に着目すると、 $\text{CO}_2$  分圧は〔エ〕、CO 分圧は〔オ〕。その結果、 $\text{CO}_2$  と CO の分圧を加えた全圧は〔カ〕。

選択肢

〔ア〕：吸熱反応，発熱反応

〔イ〕：変化しない，およそ 2 倍になる，およそ 1/2 倍になる

〔ウ〕：変化しない，増加する，減少する

〔エ〕：変化せず，増加し，減少し

〔オ〕：変化しない，増加する，減少する

〔カ〕：変化しない，増加する，減少する





〔 3 〕 次の文章を読み、問 1 ～問 8 に答えよ。(25 点)

(1) 油脂は高級脂肪酸とグリセリンのエステルであり、動物の脂肪分や植物の種子に広く含まれる化合物である。植物を原料とする油脂で、常温で液体のものは、〔 ア 〕脂肪酸を多く含む。油脂に水酸化ナトリウムの水溶液を加えて加熱すると、グリセリンとセッケン(脂肪酸のナトリウム塩)を生じる。この反応はけん化と呼ばれ、セッケンの製造法の 1 つである。セッケンの水溶液は弱い塩基性を示す。また、ある濃度以上のセッケンを溶かした水溶液中では、分子内の疎水性部分を内側に、親水性部分を外側にして多数の分子が集まった〔 イ 〕と呼ばれる球状のコロイド粒子が形成される。セッケンは、水中で油を分散することができる性質により洗浄作用を示すが、カルシウムやマグネシウムなどの 2 価イオンを含む水溶液中では、その洗浄作用が低下する。

問 1. 文章中の〔 ア 〕と〔 イ 〕に入る適切な語句を示せ。

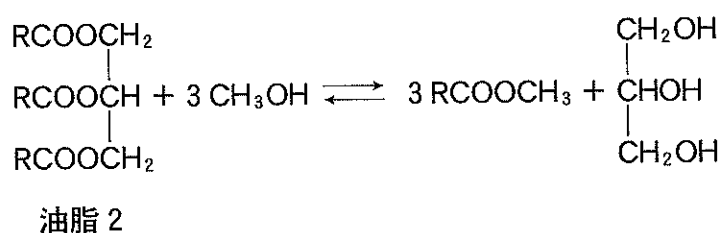
問 2. 下線部(a)の根拠となる化学反応式を示せ。セッケンは、炭化水素基を R とする一般式で表せ。

問 3. 1 分子内の炭素原子の数が 12 である飽和脂肪酸からなるセッケンとカルシウムイオンとの組み合わせを例に、下線部(b)の根拠となる化学反応式を示せ。

問 4. 天然の油脂は、様々な種類の脂肪酸から構成される。油脂 1 g をけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量(mg)をけん化価として定義すると、異なる種類の油脂の比較のための指標となる。水酸化カリウムの式量を 56 とし、けん化価が 336 の油脂 1 の平均分子量を算出し、有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 油脂とメタノールを混合し、適当な触媒を加えて加熱すると、脂肪酸のメチルエステルが得られる。この反応はエステル交換反応(メタノリシス)と呼ばれ、生じる脂肪酸メチルエステルはバイオディーゼル燃料の主成分として利用されている。以下の問いに答えよ。

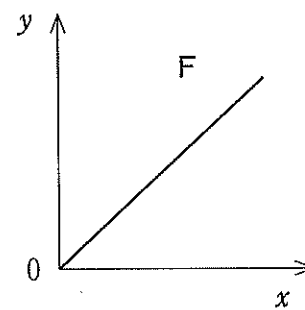
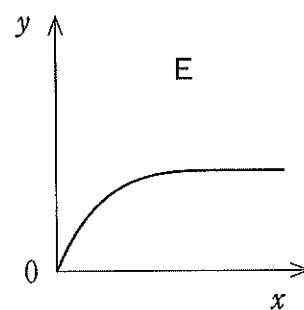
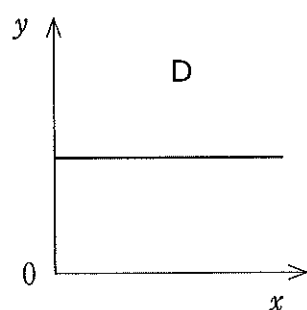
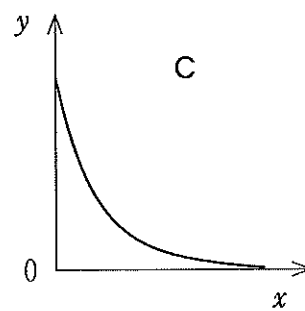
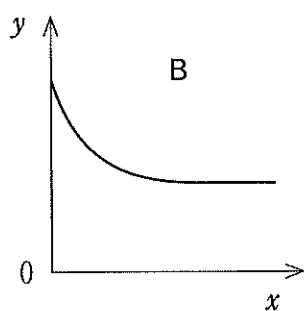
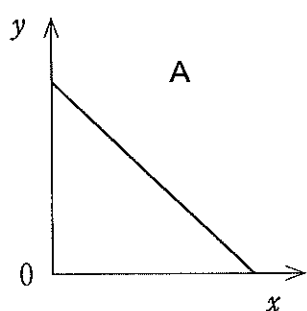
問 5. 1種類の脂肪酸からなる**油脂 2**を用いたエステル交換反応が、次に示す単純化された可逆反応として記述できるものと仮定する。



一定体積の容器に、**油脂 2**を 1.0 mol、メタノールを 3.0 mol 量り取り、触媒の存在下、反応温度を 70 °C に保った。一定時間後、反応は平衡に達し、脂肪酸メチルエステルが 1.8 mol 生じた。このときの平衡定数を算出し、有効数字 2 桁で答えよ。なお、反応は均一な液体状態で進行し、反応中の体積変化や蒸発は無視できるものとする。

問 6. 問 5 の条件下において、下記(a)~(c)の指標を  $y$  軸に、反応時間を  $x$  軸に取る。このとき、平衡に到達する過程でこれらの指標の時間変化を最も適切に表しているものを、下図 A~F の中から選べ。

- (a) 油脂 2 の正反応の反応速度
- (b) 脂肪酸メチルエステルの物質質量
- (c) 逆反応の反応速度定数



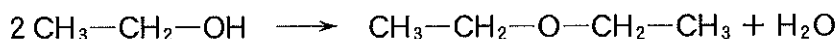
問 7. 問 5 に示すエステル交換反応について、以下の(a)~(e)の記述から正しいものを全て選択せよ。

- (a) より多くのメタノールを添加すると、平衡時により多くの生成物が得られる。
- (b) より多くの触媒を添加すると、平衡時により多くの生成物が得られる。
- (c) 反応温度を上げると、正方向の反応だけが加速される。
- (d) 触媒を添加することで、平衡に到達するまでの時間を短縮できる。
- (e) 平衡状態においては、反応は起こっていない。

問 8. 油脂 2 のエステル交換反応は、実際には、油脂のエステル部分が順を追ってメタノールと置換され、脂肪酸メチルエステルとグリセリンが生じる多段階の過程を経て進行する。問 5 の反応が平衡に到達する過程で生じる 1 価アルコールおよび 2 価アルコールの構造異性体の総数を記せ。また、生じる構造異性体のうち、光学異性体となるものの構造式を、表紙の記入例にならって、全て示せ。なお、不斉炭素原子に\*印を付記して、他の炭素原子と区別すること。

- 〔4〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。構造式および化学反応式を記入するときは、表紙および以下の記入例にならって答えよ。(25点)

化学反応式の記入例



化合物Aは、炭化カルシウムに水を加えて発生する気体で、赤熱した鉄に触れさせると化合物Bになる。化合物Aは、十分に酸素を供給しながら完全燃焼させると、化合物Cと水を生成する。また、化合物Aおよび化合物Bに触媒を用いて十分量の水素を付加させると、それぞれ対応する飽和炭化水素を生成する。

化合物Bとプロペンを原料にして3段階で合成される化合物Dは、無色の固体で殺菌・消毒作用がある。<sup>(b)</sup>同様に、化合物Bを濃硫酸とともに加熱して得られた化合物のナトリウム塩をアルカリ融解すると化合物Eになり、この水溶液に化合物Cを反応させても化合物Dが生成する。化合物Dに十分量の臭素水を加えると化合物Fの白色沈殿を生じる。<sup>(c)</sup>この反応は、化合物Dの検出に利用されている。

化合物Eに高温・高圧下で化合物Cを反応させると化合物Gが得られる。<sup>(d)</sup>また、化合物Gに濃硫酸とメタノールを加えて加熱すると、化合物Hが無色の液体として生成する。一方、化合物Gに希硫酸を作用させて得られる無色の結晶に無水酢酸を作用させると化合物Iが無色の結晶として生成する。

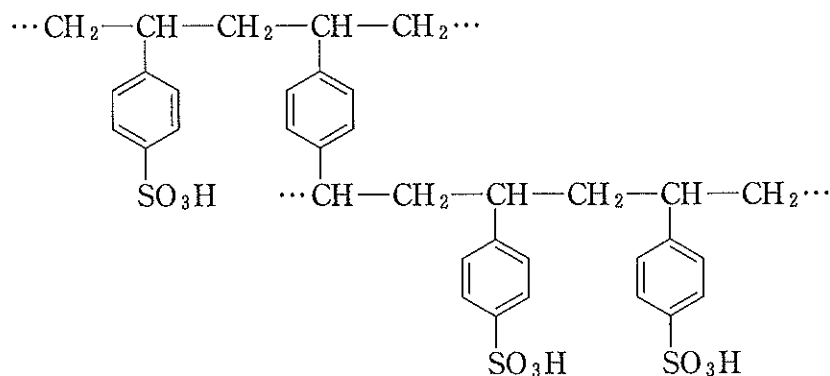
- 問 1. 下線部(a)の化学反応式を化合物 A と化合物 B についてそれぞれ示せ。
- 問 2. 下線部(b)の製法の名称を答えよ。また、この過程の最終段階で生成する副生成物の名称を答えよ。
- 問 3. 下線部(c)の化学反応式を示せ。また、化合物 F の名称を答えよ。
- 問 4. 下線部(d)の化学反応式を示せ。
- 問 5. 化合物 H および化合物 I の構造式をそれぞれ書け。
- 問 6. 化合物 A~I の中から塩化鉄(III)水溶液により青色、赤紫色、紫色に呈色するものをすべて選び、記号(A~I)で答えよ。ただし、化合物 A~I を加えたあとの塩化鉄(III)水溶液は十分な酸性になっているものとする。

〔5〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(25点)

(1) (A)および(B)の要領で下の構造式に示す樹脂を作成した。(C)および(D)は樹脂の合成反応を、(E)および(F)は樹脂の特性をそれぞれ説明したものである。

(A) 〔ア〕と *p*-ジビニルベンゼンを混合して加熱し、樹脂を作成した。

(B) 上記樹脂に〔イ〕を加え、約150℃に保った。樹脂の一部が褐色になったところで取り出し、十分に水洗した。



(C) 〔ア〕と *p*-ジビニルベンゼンを重合させる反応は、2種類の単量体が連なる反応であるため〔ウ〕重合と呼ばれる。

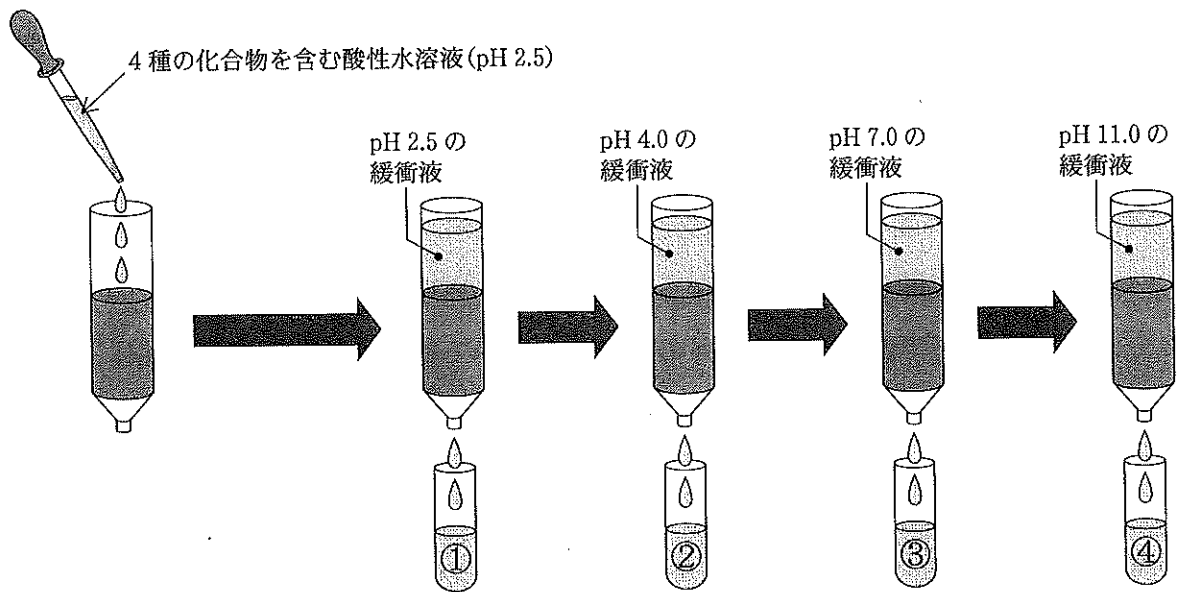
(D) 〔イ〕を加える操作により、樹脂中のベンゼン環に〔エ〕基が導入された。

(E) 硝酸カルシウム水溶液にこの樹脂を加えよく混合し、水溶液のpHを測定したところ、〔オ〕性を示した。これは、樹脂中の〔カ〕イオンが〔キ〕イオンと置き換わったためである。

(F) この樹脂は、(E)の機能から〔ク〕イオン交換樹脂と呼ばれる。



(2) (1)で作成したイオン交換樹脂の細粒を下図に示す円筒(カラム)に充填し、下記の化合物(a)~(k)のうち4種の化合物を含む酸性水溶液(pH 2.5)を加えた。その後、図のようにpHを順次上昇させながら緩衝液を円筒上端から流し、円筒下端から流出してくる化合物①~④を含む溶液を採取した。ただし、加えた化合物は、この操作中にイオンの解離と付加以外の化学反応を起こさないものとする。



- (a) アラニン, (b) エタノール, (c) グリシン, (d) グルコース,  
 (e) グルタミン酸, (f) システイン, (g) スクロース, (h) セリン,  
 (i) チロシン, (j) 乳酸, (k) リシン(リジン)

- (i) pH 2.5 の緩衝液を流して得られる化合物①は、Cu(II)イオンを含む呈色液を還元して  $\text{Cu}_2\text{O}$  の赤色沈殿を生じさせた。  
 (ii) pH 4.0 の緩衝液を流して得られる化合物②は、溶液にニンヒドリンを加えて加熱したところ、赤紫色になった。  
 (iii) pH 7.0 の緩衝液を流して得られる化合物③は、濃硝酸を加えて加熱し冷却後アンモニア水を加えたところ、橙黄色となった。  
 (iv) pH 11.0 の緩衝液を流して得られる化合物④は、化合物②と同じ反応を起こした。

- 問 1. [ ア ] ~ [ ク ] にあてはまる適切な語句または名称を答えよ。
- 問 2. 化合物①~④を(a)~(k)からそれぞれ一つずつ選び、記号で答えよ。
- 問 3. (i)の呈色液および(iii)の呈色反応の名前をそれぞれ答えよ。
- 問 4. 化合物(a)~(k)の中からアミノ酸をすべて選び、記号で答えよ。
- 問 5. 問 4 で選んだアミノ酸のうち、不斉炭素を持たないものをすべて選び、構造式を答えよ。なお構造式は、表紙にある記入例にならうものとする。
- 問 6. 問 4 で選んだアミノ酸から、分子量の小さい順に二つを選び、その二つが反応してできるジペプチドの構造式をすべて答えよ。なお光学異性体は考慮しないものとし、構造式は表紙にある記入例にならうものとする。