

理 科

＜監督者の指示があるまで開いてはいけない＞

1. 受験票に指定した2科目について、解答を別紙の解答用紙に記入しなさい。
2. 下書きや計算は問題用紙の白紙部分を利用しなさい。
3. 記入中でない解答用紙は必ず裏がえしにしておきなさい。
4. 問題用紙は各科目の試験終了後持ち帰ってもよい。
ただし、試験途中では持ち出してはいけない。

問 題 目 次

物 理	1	～	5	ページ
化 学	6	～	12	ページ
生 物	13	～	21	ページ

化 学

問題を解くにあたって必要があれば次の数値を使用せよ。

原子量 H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 S = 32.1

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

計算では、気体は理想気体とみなせ。計算値はすべて四捨五入し、指定された桁数で答えよ。

1. 次の文章を読み、問い(問1～問3)に答えよ。

体積一定の真空にした密閉容器に水だけを入れておくと、水の一部が蒸発して水蒸気と液体の水とが平衡状態で共存する。このときの水蒸気の圧力は温度によって変化する。その温度と、水蒸気の圧力との関係を示したグラフが図1である。

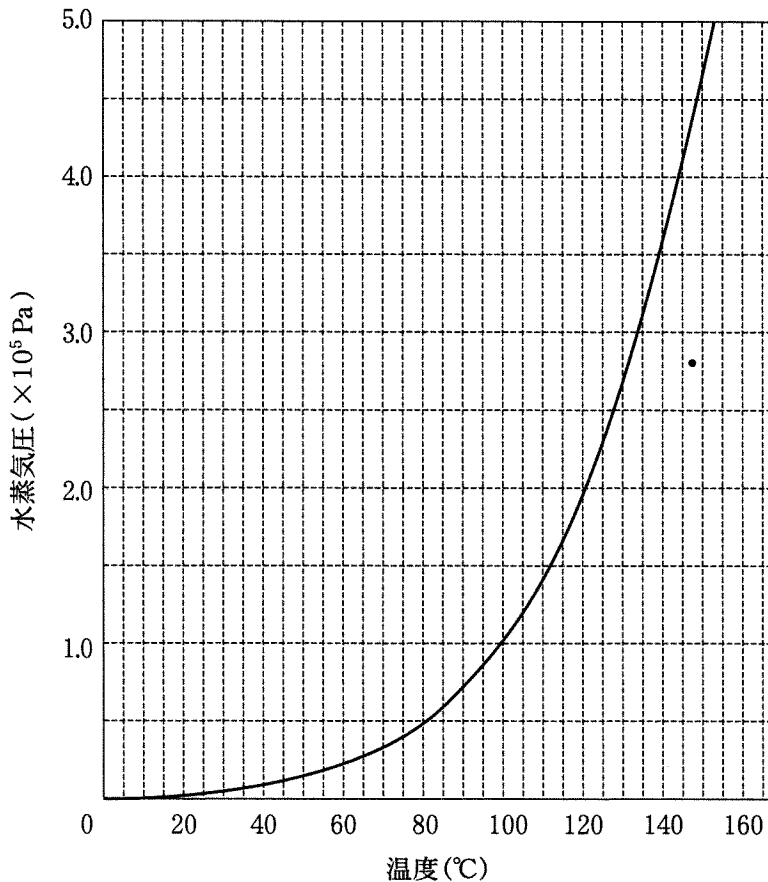


図 1

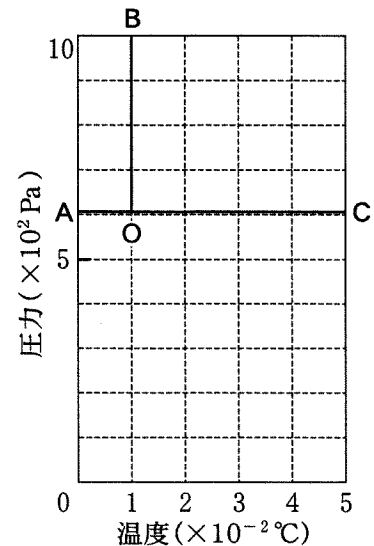


図 2

氷(固体の水)と水(液体の水)、氷(固体の水)と水蒸気(気体の水)とが、それぞれ平衡状態で共存する温度と圧力との関係についても同様のグラフを描くことができる。図1の0℃付近のこの関

係を拡大して示したグラフが図2である。図2は水の状態図(または相図)といわれる。拡大しているために、OA、OB、OCがすべて直線で表されているが、実際はわずかに曲線になっている(ただし、グラフの値を読む必要がある場合は、直線で示されている値を読んでよい)。図2の3つの曲線で、OAは氷と水蒸気が共存する状態、OBは氷と水が共存する状態を表し、OCは図1の曲線の一部である。これらの3曲線が1点に集まっている点Oを三重点といい、水では0.01℃、610 Paである。

問 1. 温度が0～150℃、圧力が0～ 4.0×10^5 Paの範囲内での水の状態に関して、次の記述ア～オのうちから正しいものを選び、記号で答えよ。

ア どのような温度・圧力の範囲でも、液体の水が必ず存在する。

イ 氷、水、水蒸気が同時に共存する温度・圧力が存在する。

ウ 外圧が 1.0×10^3 Paでは、水は0℃で沸騰することはない。

エ 100℃を超えると液体の水は存在することがない。

オ 図2の曲線OBがグラフの縦軸と交わることはない。

問 2. 図2の曲線OCは何と呼ばれているか。

問 3. 内容積を自由に変えることができる耐圧容器の中を真空にして、1.00 molの水を入れ、この容器にいろいろな操作を行った。次の(1)～(3)に答えよ。

(1) 容器内の温度を127℃にしたときに、水がすべて水蒸気になるようにするには、容器の容積を少なくとも何lにしなければならないか。127℃における飽和水蒸気圧は 2.4×10^5 Paとして、答えは有効数字2桁で示せ。

(2) 容器内の温度を147℃にして、水蒸気の圧力が 2.8×10^5 Paになるように容積を調節した。その後容積を変化させずに温度を下げていくと、水蒸気の凝縮が始まる。次の①、②に答えよ。

① 水蒸気が理想気体で凝縮しないと仮定すれば、温度が27℃になったときに圧力は何Paになるか。答は、有効数字2桁で示せ。

② 147℃から温度を下げていくとき、水蒸気の凝縮が始まる温度[℃]を、図1の曲線を利用して求め、グラフを読みとって整数値で答えよ(図1中の●印は147℃、 2.8×10^5 Paを示す)。

(3) 容器の容積を3000 lにして温度を0.05℃に保つと、水蒸気の圧力は何Paになるか。整数値で答えよ。

2. 次の文章A～Cを読み、問い(問1～問7)に答えよ。

A 炭酸塩の結晶に塩酸を加えると、二酸化炭素が発生する。二種類の炭酸塩をある量ばかりとり、これに反応するのに十分な量の塩酸を加えて、発生する二酸化炭素の質量を求める実験を、次の操作によって行った。ただし、発生した二酸化炭素は、反応溶液に溶けないものとする。

操作1 100 mlの三角フラスコに炭酸塩の一定量 M [g]をはかりとる。

操作2 50 mlのビーカーに反応するのに十分な量の塩酸をとる。

操作3 操作1の三角フラスコに操作2の塩酸の全量を少量ずつ加え、反応が完全に終わった後に、発生した二酸化炭素の質量 m [g]を求める。

問1. 操作3の質量 m [g]を最も簡単に求めるにはどうすればよいか。30字程度で記せ。

問2. 次の表は、2種類の炭酸塩A、B(陽イオンは1価と2価)の無水和物についての実験結果である。この結果を用いて、下の(1)、(2)に答えよ。

	炭酸塩 A	炭酸塩 B
炭酸塩の質量 M [g]	10.00	10.00
二酸化炭素の質量 m [g]	4.40	3.20

(1) 操作2で用いた塩酸は、濃度が6.0 mol/lで体積は50 mlである。溶解や反応によって溶液の体積が変化しないとすれば、炭酸塩Aを反応させた後の塩酸の濃度は何 mol/lになっているか。有効数字2桁で答えよ。

(2) Aの式量 : Bの式量 = 1.00 : x とすれば、 x の値はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

B 二酸化炭素は水にかなりよく溶け、地球上では大気中の二酸化炭素と海水中に溶けている二酸化炭素が平衡状態にある。地球の温暖化によって海水温が上昇すると、海水に溶け込む二酸化炭素の量が減少して温室効果が強まり、温暖化に拍車がかかると考えられる。一方、化石燃料の消費によって二酸化炭素の発生量が増加しても、増加した二酸化炭素が海水に溶け込むので、空気中の二酸化炭素はさほど増加しないとも考えられる。

二酸化炭素の分圧が通常の大気圧(1000 hPaとする)と等しいとき、水温が15℃～30℃の範囲では1.00 m³の海水に溶ける二酸化炭素の物質量 n [mol]と、海水の絶対温度 T [K]との関係は近似的に式①で表されるとする。また、二酸化炭素の溶解についても、ヘンリーの法則が成り立つものとする。

$$n = -1.1T + 365 \dots\dots\dots\text{①}$$

問3. 大気中には二酸化炭素が体積比で0.030%含まれている。海水面から水深1 mまでは、空気中の二酸化炭素と海水中に溶ける二酸化炭素との平衡状態が保たれるとすれば、海水温度が17.0℃から18.0℃まで上がると、海水面から水深1 mまでの海水1.00 m³に溶ける二酸化炭素の質量は何g減少するか。四捨五入して有効数字2桁で示せ。なお、水深による水圧は無視してよい。

問 4. 図 3(a)のように、自由に動くピストンで密閉された容器に二酸化炭素を含んでいない 1.00 m^3 の海水と 50 mol の二酸化炭素を封入し、 27°C で二酸化炭素の圧力を長時間 1000 hPa に保った。二酸化炭素が十分に溶けた後、(b)のように容器に 21 mol の二酸化炭素を追加して圧力が 2000 hPa になるようにピストンを素早く調節した後、ピストンを固定して 27°C に保った。十分な時間が経過して、海水が二酸化炭素で飽和したときには、容器内の二酸化炭素の圧力は何 hPa になるか。四捨五入して有効数字 2 桁で示せ。ただし、海水の水蒸気圧、およびピストンの重さは無視できるものとする。

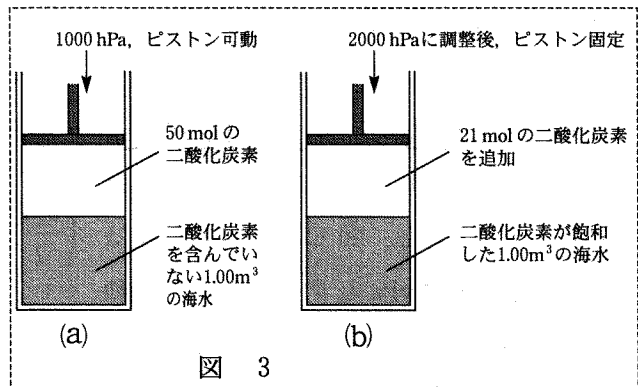


図 3

C ケイ素は、酸素に次いで地殻中に多く含まれる元素で、単体は天然には存在せず、酸素などと化合物をつくって存在している。石英ガラス SiO_2 は塩酸などには溶けないが、フッ化水素の水溶液であるフッ化水素酸には溶ける性質を持っている。

二酸化ケイ素に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、ケイ酸ナトリウムとなり、その水溶液にさらに塩酸を加えると、ゲル状のケイ酸が得られる。このゲルを加熱乾燥したものがシリカゲルであり、食品の乾燥などに用いられている。

問 5. 下線部①について、地殻中にケイ素の次に多く含まれる元素の元素記号と電子配置を例にならって記せ。例 C : $\text{K}(2)\text{L}(4)$

問 6. 下線部②について、石英ガラスがフッ化水素酸と反応する際の化学反応式を記せ。

問 7. 下線部③について、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、相対湿度 70% に保たれた状態の内容積 10 l のデシケーター(厚肉ガラス製のふたつき乾燥器)に、乾燥したシリカゲル 10 g を入れた。2 時間後にシリカゲルだけを取り出し、素早くその質量を測定すると、デシケーター内の水分を吸収して 81 mg 増加していた。デシケーター内の相対湿度は何%か。整数で答えよ。ただし、 27°C における水の飽和蒸気圧は $3.5 \times 10^3 \text{ Pa}$ とし、デシケーターの開閉による空気の入りは無いものとする。および、シリカゲルの体積は無視してよい。また、相対湿度はその温度での、飽和蒸気圧に対する実際の蒸気圧の割合を百分率で表したものである。

3. 次の文章を読み、問い(問1～問5)に答えよ。

酸化マンガ(IV)に 0.95 mol/l の過酸化水素水を 10 ml 加えて分解反応を行った。 20°C に保ちながら分解反応により発生した気体を捕集し、その体積を60秒ごとに測定し、分解反応の速度を調べる実験を行った。ただし、 20°C での水蒸気圧は $x \text{ Pa}$ 、大気圧は $y \text{ Pa}$ とする、図4は60秒ごとに測定した気体の体積から、過酸化水素の濃度を計算してグラフにしたものである。また、発生した気体は水に溶けないものとする。

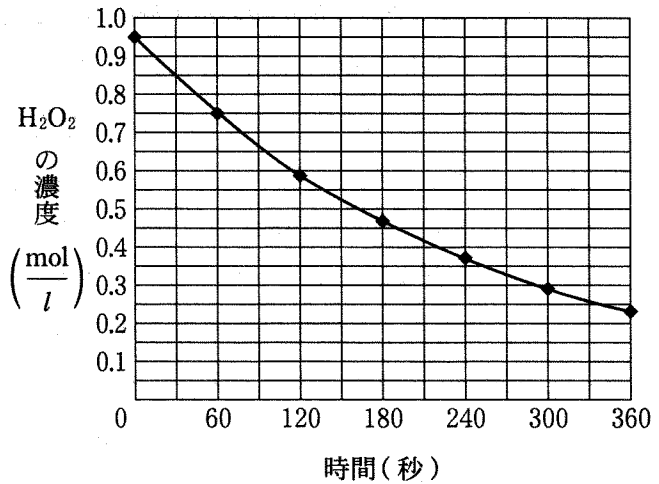
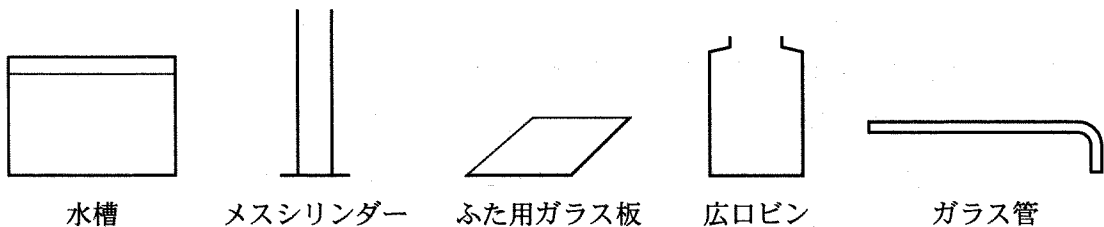


図4

問1. 下線部①の反応の化学反応式を記せ。

問2. 下記の器具のうち必要なものを使用し、下線部②の実験操作を行うのに適した捕集装置の概略図を示せ。反応装置や反応装置と捕集装置の連結部分は示す必要はない。



問3. 問2の捕集装置で気体を捕集した。その気体の大気圧下での体積を、正確に測定するために、実験操作上注意しなければならないことを30字程度で述べよ。

問4. 実験で最初の60秒間に反応で発生した気体の体積は、何 l になるかを x 、 y を用いた文字式で答えよ。文字式中の数値は計算をして整数で記せ。

問5. 図4の各60秒間の過酸化水素の濃度変化から求めた分解速度 [$\text{mol}/(\text{l}\cdot\text{秒})$] は、その間の過酸化水素の平均濃度に比例した。この反応の速度定数 [$1/\text{秒}$] に最も近い値を次のア～ケより選び、記号で答えよ。

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ア 9.0×10^{-3} | イ 7.2×10^{-3} | ウ 3.9×10^{-3} |
| エ 4.0×10^{-2} | オ 3.9×10^{-4} | カ 1.3×10^{-2} |
| キ 4.4×10^{-5} | ク 2.9×10^{-5} | ケ 1.0×10^{-3} |

4. 次の文章を読み、問い(問1～問5)に答えよ。

ペプチドはいくつかのアミノ酸が脱水縮合したものである。タンパク質などを構成する主要なアミノ酸は約20種類あり、すべてのアミノ酸に共通の化学構造と、それぞれのアミノ酸を特定する原子や原子団(基)とからなっている。一般に、各アミノ酸を特定する固有の原子や基はRの記号で表す。

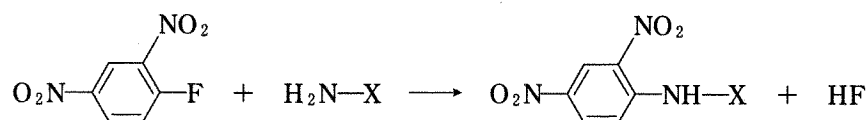
1970年代になって脳の中にエンケファリンという物質が発見され、痛みをやわらげる作用があるらしいことがわかった。この物質はオリゴペプチドとよばれるもので、10個以下のアミノ酸から構成されている。ペプチドは完全にアミノ酸に加水分解できるので、構成アミノ酸の種類とその物質量の比を測定することができる。また、鎖状のペプチドには、縮合に使用されていないアミノ基の残った末端(N末端)と、同じくカルボキシル基の残った末端(C末端)とがあり、N末端のアミノ酸を同定すれば、ペプチドのアミノ酸配列を確かめることができる。エンケファリンを構成するアミノ酸の種類と数、および配列順序を確かめるために、次の実験操作を行った。

【操作1】 エンケファリンの分子量を測定したら573であった。

【操作2】 エンケファリンの5.73gを完全に加水分解したところ、A、B、C、Dの4種類のアミノ酸が得られ、その質量の合計は6.45gであった。

【操作3】 得られたアミノ酸の物質量の比を測定したら、Aだけが他のアミノ酸の2倍あり、B～Dはすべて同じ物質量であった。

【操作4】 エンケファリンに2,4-ジニトロフルオロベンゼン(以下DNFと記す)を反応させ、N末端のアミノ基に結合させた。これはN末端のアミノ酸を標識化して、他のアミノ酸から識別し、同定するためである。なお、DNFとエンケファリンの反応は、次のように表すことができる。ただし、 H_2N-X はエンケファリンを表すものとする。また、DNFはN末端のアミノ基以外とは反応しないものとする。

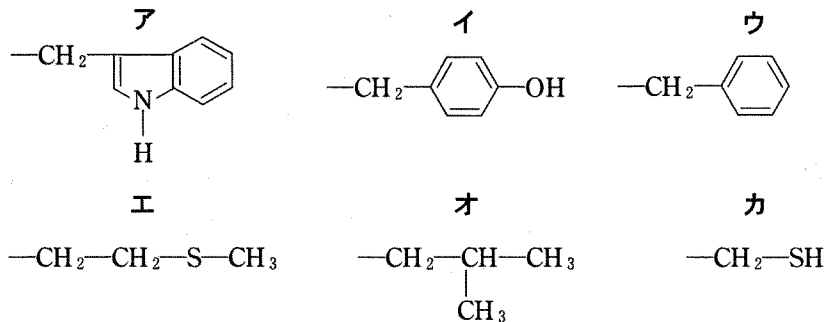


【操作5】 DNFが結合したエンケファリンを完全に加水分解すると、DNFとアミノ酸が縮合したN末端のアミノ酸と、DNFで標識化されていないアミノ酸が生成した。

【操作6】 DNFとアミノ酸が縮合した化合物を取り出して、その分子量を測定したら347で、このアミノ酸がBであることがわかった。

【操作7】 エンケファリン分子中のアミノ酸BおよびDそれぞれのカルボキシル基側のペプチド結合を切る酵素で、エンケファリンを加水分解したところ、2種類のアミノ酸BとCおよびペプチドPが得られた。それぞれについて光学活性を調べたら、B、C、Pはいずれも光学異性体が1対だけ存在することがわかった。

- 問 1. 文中の下線部について、エンケファリンを構成するアミノ酸の R の式量の総和はいくらか。ただし、式量とは化学式中に含まれている原子の原子量の総和を示す。
- 問 2. 操作 4 で、エンケファリンの N 末端のアミノ酸を標識化するためであれば、DNF でなくても、例えば、無水酢酸と反応させてアセチル化することもできる。この操作で、アセチル化という方法をとらなかったのはなぜか。その理由を 40 字程度で説明せよ。
- 問 3. 操作 5 の DNF が結合したアミノ酸の R の構造式として適当なものを、次のア～カのうちから一つ選び、ア、イ、……の記号で記せ。



- 問 4. アミノ酸 A の構造式を、次の例にならって記せ。

構造式の例 $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CHO}$

- 問 5. この実験の結果からわかるエンケファリンのアミノ酸の配列順序を、N 末端のアミノ酸を左側にして A—B—C……のように記せ。