

理 科

9 : 00～11 : 00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 39 ページある。このうち、「物理」は 2～7 ページ、「化学」は 8～19 ページ、「生物」は 20～31 ページ、「地学」は 32～39 ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 科目	理 学 部					医 学 部					歯 学 部	薬 学 部	工 学 部				農 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	地学重点選抜群	医学系	保 健 学 系						応用理工系(注)	情報工系(注)	ロボティクス系	機械知能工学系				環境社会工学系(注)
							看護学専攻	放射線技術専攻	検査学専攻	理学療法専攻										
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
地学	○	○	○	○	◎								○		○	○	○		○	

(注)：工学部(応用理工系、環境社会工学系)は、物理又は化学を含む 2 科目選択

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を、監督員の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32

Cl = 35, Ca = 40, I = 127, Ba = 137

ファラデー定数： $9.6 \times 10^4 \text{C/mol}$

0℃の絶対温度：273 K

1 molの理想気体の体積：22.4 l (0℃, $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ [= 1 atm])

1 次の I, II に答えよ。

I 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

濃硫酸は、不揮発性の液体で、沸点が高く、気体になりにくい。また、脱水作用を示す。濃硫酸を少しずつ水に加えると希硫酸が得られる。図 1 に、濃硫酸と希硫酸が関与する主な反応を示した。

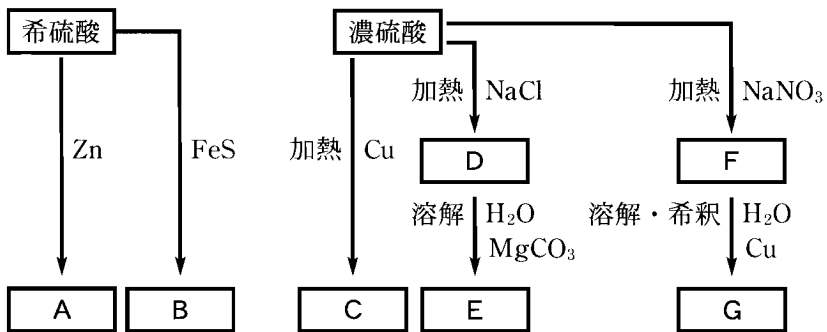


図 1

問 1 図 1 中の各反応により、得られる A～G は、すべて気体状態の単体または化合物である。A～G の化学式を記せ。

問 2 気体 E の捕集方法を下記の語群 1 から、乾燥に用いる物質を語群 2 から選び、記号で答えよ。また、気体 A ~ D の中で、E と同じ捕集方法と乾燥方法をとるものをすべて、化学式で記せ。

(語群 1)

(語群 2)

(ア) 上方置換法

(a) ソーダ石灰

(イ) 水上置換法

(b) 水酸化ナトリウム

(ウ) 下方置換法

(c) 硫酸

問 3 下線(1)の性質は、濃硫酸をショ糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$) に滴下したときの変化でも明らかである。このショ糖の変化を反応式で示せ。

問 4 質量パーセント濃度で 96 % の濃硫酸を水で希釈して、25 % にするためには、濃硫酸と水を何 g ずつ混ぜるとよいか。その質量比(濃硫酸 : 水)を最小の整数比で答えよ。

問 5 0.10 mol/l の SO_4^{2-} 水溶液 50 ml に、 0.10 mol/l の Ba^{2+} 水溶液を $V \text{ ml}$ 加えたら、難溶性の $BaSO_4$ が沈殿した。以下に示した(1)、(2)の場合に、平衡状態で溶液に存在する SO_4^{2-} のモル濃度はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $BaSO_4$ の溶解度積 ($K_{sp} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}]$) は、 $1.0 \times 10^{-10} (\text{mol/l})^2$ とする。

(1) V が 50 ml の場合。

(2) V が 60 ml の場合。

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

ガラス管にフェノールフタレインを含む0.1 mol/lヨウ化カリウム水溶液を満し、2本の炭素棒を浸した(図2)。このとき溶液の色は無色であった。これらの2本の炭素棒を電極A、電極Bとし、電池の端子1を電極Aに、端子2を電極Bにそれぞれ接続した。その結果、電球が点灯した。また、時間が経過するに従い電極A付近の溶液は赤くなり、電極B付近の溶液は茶褐色になつた。⁽¹⁾

電球が点灯したこと、ならびに電極付近で溶液が着色したことは、溶液中に存在する分子やイオンと、二つの電極A、Bとの間に電子の授受を伴う化学反応が進行したことを示す。⁽²⁾電極A付近における溶液の色の変化は、電極Aが(a) 極として作用し、(b) 反応が進行したことを示す。このことより、電子が(c) の方向に流れること、ならびに電池の端子1が(d) 極であることがわかる。

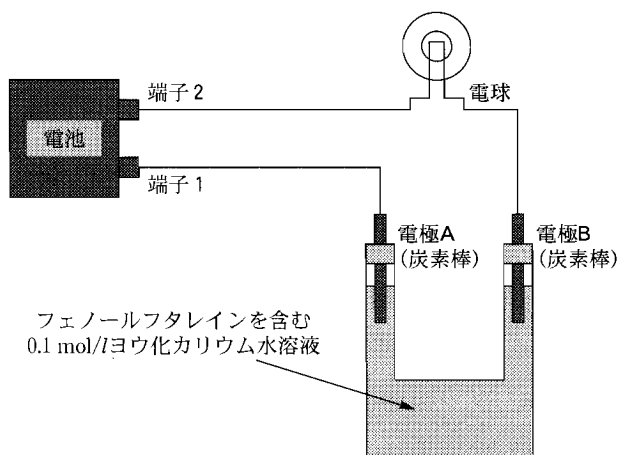


図2

問1 (a) ~ (d) にあてはまる適切な語句を次の中から選択し、記号で答えよ。

- | | | |
|--------------|--------------|--------|
| (ア) 正 | (イ) 負 | (ウ) 陽 |
| (エ) 陰 | (オ) 酸化 | (カ) 還元 |
| (キ) 端子1から電極A | (ク) 電極Aから端子1 | |

問 2 下線部(1)に示した結果より、電極 A、B でそれぞれどのような反応が起
こっているか。電子 e^- を用いた反応式によって示せ。

問 3 下線部(2)に示したような現象を生じさせる操作を何というか。適切な語
句を記せ。

問 4 図 2 において、0.010 A の電流を 96 秒間流した。電極 B 付近に生成す
る茶褐色物質の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 電池のかわりに電源として家庭用の交流電源を用いて、図 2 と同様の実
験を行った。このときの電球の状態と電極付近における溶液の色の変化に
ついて、以下の中から最も適切な記述を選択し、記号で答えよ。

(電球の状態について)

- (ア) 電球は点灯しない。
- (イ) 電球は点灯する。
- (ウ) 電球は数秒以上の長い周期で点滅する。
- (エ) 電球はいったん点灯するが、すぐに消灯する。

(電極付近の溶液の色について)

- (a) 二つの電極 A、B ともに、電極付近の溶液は見かけ上無色のまま変化
しない。
- (b) 電極 A 付近の溶液は赤くなり、電極 B 付近の溶液は茶褐色になる。
- (c) 電極 A 付近の溶液は茶褐色に、電極 B 付近の溶液は赤くなる。
- (d) 数秒後、一方の電極付近の溶液は赤くなり、もう一方は茶褐色になる
が、その後約 50 秒の周期で赤色と茶褐色が交互に入れ替わる。
- (e) 電極 A 付近の溶液は赤くなり、電極 B 付近の溶液は茶褐色になるが、
数秒で見かけ上無色になる。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

アルカリ金属やアルカリ土類金属の炭酸塩は、加熱によって化合物 **X** と酸化物に分解する。このような化学反応を熱分解という。たとえば、炭酸カルシウムの熱分解では、**X** とともに、生石灰と呼ばれる **Y** が生成する。

図1に示す反応器を用いて、炭酸カルシウムを熱分解した。炭酸カルシウムと窒素をそれぞれ a kg/秒および b kg/秒の速度で反応器へ連続的に供給した。出口からは、未分解の炭酸カルシウムと **Y** からなる固体混合物が c kg/秒の速度で、窒素と **X** からなる混合気体が d kg/秒の速度で連続的に排出された。ここでは、 $a + b = c + d$ の関係が成り立つものとする。

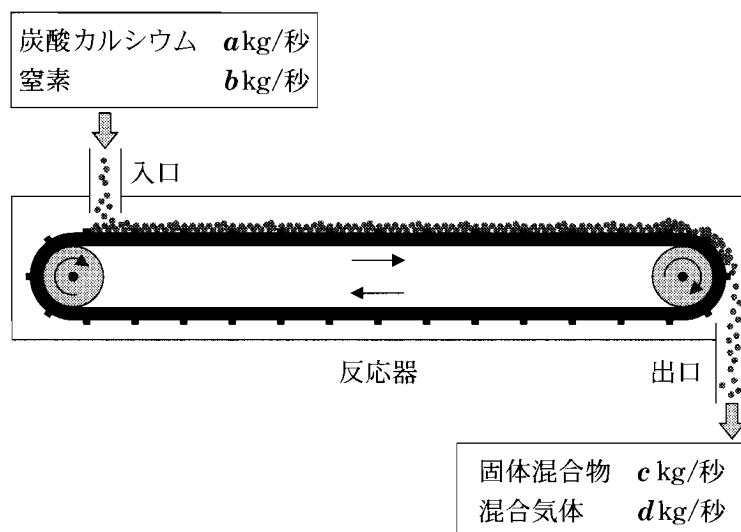


図1

問1 **X** および **Y** の化学式を示せ。

問2 炭酸カルシウム、**X** および **Y** の生成熱は、それぞれ 1 mol あたり 1205 kJ, 394 kJ および 635 kJ である。1 mol の炭酸カルシウムが熱分解するときの反応熱を求め、炭酸カルシウムの熱分解は発熱反応、吸熱反応のいずれであるかを答えよ。

問 3 Yよりも融点が高い酸化物は、つぎの(ア)~(ウ)のうちどれか。該当するものをすべて選び、記号で答えよ。必要ならば、表1の物性値を参考にせよ。

(ア) 酸化マグネシウム (イ) 酸化ストロンチウム (ウ) 酸化バリウム

表1 イオン半径 [$\times 10^{-12}\text{m}$]

Mg^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Ba^{2+}
86	114	132	149

問 4 炭酸カルシウムの反応率は次のように定義される。 a と c を使って反応率を表せ。

$$\text{反応率} = \frac{\text{Yの排出速度} [\text{mol/秒}]}{\text{炭酸カルシウムの供給速度} [\text{mol/秒}]}$$

問 5 炭酸カルシウムの反応率は、反応器から排出される気体中のXのモル分率からも求めることができる。 $a = 10 \text{ kg/秒}$ 、 $b = 2.8 \text{ kg/秒}$ であるとき、Xのモル分率は $f\%$ であった。 f を使って炭酸カルシウムの反応率を表せ。ただし、気体は理想気体であると考えよ。

問 6 次の(ア)~(オ)のうち、炭酸カルシウムの反応率が高くなるのはどの場合か。該当するものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) a を変化させず、 b を大きくする。

(イ) b を変化させず、 a を大きくする。

(ウ) a 、 b のいずれも変化させず、反応器に供給する気体を窒素からアルゴンに切り替える。

(エ) a 、 b のいずれも変化させず、反応器に供給する気体を窒素から酸素に切り替える。

(オ) a 、 b のいずれも変化させず、反応器に供給する気体を窒素からXに切り替える。

問 7 X のみを含む気体を、容積を任意に調節できる密閉容器に入れ、温度を 0°C に保ちながらゆっくりと圧縮し、気体の体積 V_1 と圧力の関係を調べた。 V_1 は、理想気体であると仮定したときの体積 V_2 よりも小さく、 V_1 と V_2 の比は圧力に対して図 2 に示すように変化した。なお、圧力が β に達したところで気体の凝縮が起った。

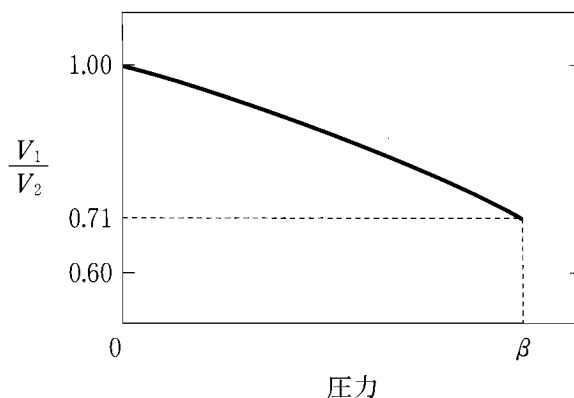


図 2

- (1) 次の(ア)~(オ)のうち、 V_1 と V_2 の比が圧力の増加とともに小さくなる理由として、最も適切なものを一つ選び、記号で答えよ。
- (ア) 気体を構成する分子には大きさがあるため。
 - (イ) 気体を構成する分子には分子間力が働くため。
 - (ウ) 気体を構成する分子は質量を持つため。
 - (エ) 気体を構成する分子は直線形の構造を持つため。
 - (オ) 気体を構成する分子は熱運動するため。

(2) 図3のグラフ(ア)~(カ)のうち、圧力と V_1 の関係を正しく表すものをお一つ選び、記号で答えよ。

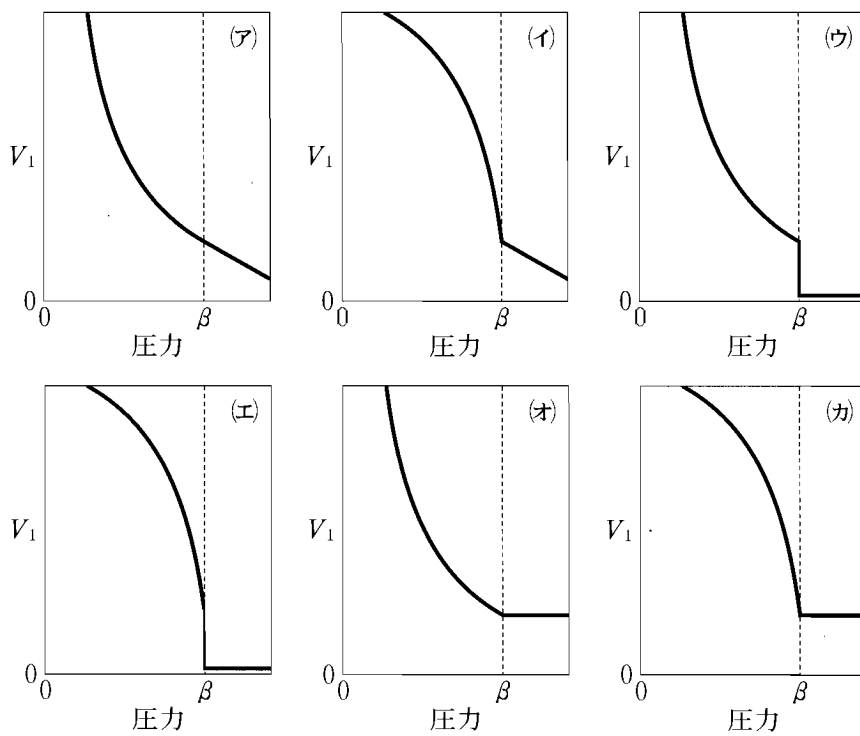
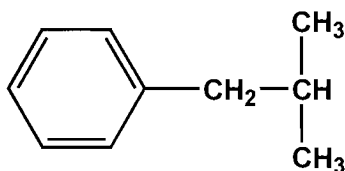


図3

3 次のⅠ，Ⅱに答えよ。なお，構造式については記入例にならって示せ。

(記入例)



Ⅰ 次の文章を読み，問1～問4に答えよ。

多くの有機化合物では，4価の原子価をもつ炭素原子が次々に安定な共有結合でつながっている。炭素原子のつながり方には，直鎖状，枝分かれ状，環状になっているものがある。また，炭素原子は，水素原子，酸素原子，窒素原子などとも安定な共有結合をつくる。そのため，有機化合物は種類が非常に多い。有機化合物のなかには，同じ分子式でありながら分子の構造が異なる化合物が多数存在する。このような化合物を互いに異性体という。異性体のなかで，原子や原子団のつながり方が異なる化合物を互いに (a) 異性体という。さらに，同じ構造式をもつ化合物のなかで，原子や原子団の並び方が空間的に異なる場合があり，このような化合物を互いに (b) 異性体という。たとえば，四種類の異なる原子や原子団が共有結合した炭素原子を (c) 炭素原子といい，一個の (c) 炭素原子をもつ化合物では，一對の (b) 異性体が存在する。このような一對の化合物を互いに (d) 異性体という。(d) 異性体は生物が生産する有機化合物に多くみられ，融点などの性質は同じであるが，平面偏光に対する性質や生理作用が異なる。たとえば，タンパク質に含まれるアミノ酸のうち，(e) を除く全てのアミノ酸は (c) 炭素原子をもち，一方の (d) 異性体のみが存在する。また，糖質のなかには複数の (c) 炭素原子をもつ化合物が多い。たとえば，代表的な単糖類であるβ-グルコースは，(f) 個の (c) 炭素原子をもっている。

問 1 文章中の (a) ~ (e) にあてはまる適切な語句と、
(f) にあてはまる数字を記せ。

問 2 キシレンの位置異性体の数を記せ。

問 3 炭化水素 180 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 550 mg と水 270 mg が生じ、さらに、炭化水素の分子量は 72 と測定された。この炭化水素の分子式を記せ。また、この炭化水素の全ての異性体の構造式を記せ。

問 4 アルカンと塩素を混合し、光を照射すると、アルカン分子のなかの水素原子一個が塩素原子一個に置き換わる。この反応をモノ塩素化反応という。アルカンのモノ塩素化反応では、可能な全ての異性体が生成する。直鎖状アルカンであるペンタンのモノ塩素化反応で生成する異性体の数を記せ。

II 問1～問5に記号で答えよ。

問1 酸素を含む有機化合物に関する記述として、正しいものを二つ選べ。

- (ア) 酸無水物は、二個のカルボキシル基から水分子一個がとれて縮合した化合物で、酸性を示す。
- (イ) ジエチルエーテルは水より軽い。
- (ウ) 第一級アルコールを酸化すると、アルデヒドが得られる。第二級アルコールを酸化すると、カルボン酸が得られる。
- (エ) クメン法でフェノールを合成すると、アセトアルデヒドが同時に得られる。
- (オ) アルコールの分子内の脱水反応ではアルケンが得られ、分子間での脱水縮合ではエーテルが得られる。

問2 芳香族化合物に関する記述として、正しいものを二つ選べ。

- (ア) フェノールの酸性は酢酸より強いが、塩酸よりも弱い。
- (イ) フェノールでは、ベンゼンに比べてニトロ化などの置換反応が起こりやすい。
- (ウ) トルエンを酸化するとフタル酸が得られる。
- (エ) ニトロベンゼンに塩酸とスズを作用させて酸化すると、アニリンが得られる。
- (オ) 色素や染料として利用されている芳香族アゾ化合物は、ジアゾニウム塩のカップリング反応で得られる。

問3 油脂に関する記述として、正しいものを二つ選べ。

- (ア) 油脂は常温で固体の脂肪と常温で液体の脂肪油に大別され、脂肪には飽和脂肪酸、脂肪油には不飽和脂肪酸が多く含まれている。
- (イ) ステアリン酸、オレイン酸、パルミチン酸は飽和脂肪酸であり、リノール酸、リノレン酸は不飽和脂肪酸である。

- (ウ) 油脂に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、けん化が起こり、高級脂肪酸の塩(セッケン)とエチレングリコールが得られる。
- (エ) セッケンは界面活性剤のひとつであるが、硬水や海水中では界面活性作用を示さない。
- (オ) 長い炭化水素基をもつアルキルベンゼンスルホン酸の塩は、合成洗剤といい、水に溶解すると弱酸性を示す。

問 4 合成高分子化合物に関する記述として、正しいものを二つ選べ。

- (ア) 6-ナイロン(ナイロン6)は開環重合、6,6-ナイロン(ナイロン66)は付加重合により合成される。
- (イ) アラミドはポリアミド、ビニロンはポリエステルである。
- (ウ) 生ゴムを加硫すると、強いゴム弾性を示すようになる。
- (エ) ポリアセチレンには炭素原子間に二重結合が存在する。
- (オ) ポリエチレンテレフタレートは、ポリエチレンのヒドロキシル基がエステル化された高分子である。

問 5 生体関連化合物に関する記述として、正しいものを二つ選べ。

- (ア) グルコースは、酵素群チマーゼの働きによって、メタノールと二酸化炭素に分解される。この反応をアルコール発酵という。
- (イ) セルロースは、 β -グルコースが直鎖状に脱水縮合した多糖類であり、ヒトは食物に含まれるセルロースを消化できない。
- (ウ) アミノ酸は、分子内にアミノ基とカルボキシル基をもつ両性化合物であり、pHが7の水溶液中では、アミノ酸分子の大部分が双性イオンの構造をとる。
- (エ) ポリペプチドは、ペプチド結合の-NH-基と別のペプチド結合の-CO-基間の水素結合により、 α -ヘリックスとよばれるらせん構造や β -シートとよばれる折りたたみ構造をとる。
- (オ) タンパク質は、炭素、水素、窒素、酸素のみを構成元素とする生体高分子である。