

1 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

原子の中心に位置する原子核の周りに、電子殻とよばれるいくつかの層があり、負電荷をおびた電子は、そのいずれかに收容される。例えば、フッ素原子では、一番内側の電子殻のK殻に 個の電子が、またその外側の電子殻のL殻には 個の電子が收容されている。最もエネルギーの高い外側の電子殻に收容された電子を一般に といい、フッ素原子の は 個である。

中心の原子核は、それに含まれる の数の正電荷をおびている。その の数を という。同じ元素の原子は、 が同じで、共通の元素記号で表示される。また原子核には、電荷をもたない も含まれている。 の質量は の質量とほぼ等しく、また電子の質量の約1800倍である。電子の質量は非常に小さいので、原子の質量は原子核に含まれる と の数の和、つまり にほぼ比例する。 が等しく の異なる原子を互いに同位体という。同じ元素の同位体は、原子核に含まれる の数が異なるだけで、化学的性質は同じと考えてよい。原子のより明確な表示のためには、元素記号の左上に を付記する。

原子は電子を失ったり、また得たりして、陽イオンや陰イオンになる。例えば、フッ素原子 ^{19}F が電子 個を取り込んで生成したフッ化物イオン $^{19}\text{F}^-$ では、 個の と 個の を含む原子核のまわりを、全体で 個の電子が運動している。

問 1 ~ に適当な数字(重複してもよい)を記入せよ。また
 ~ に最も適切な語句を記せ。

問 2 原子 1 個の質量は非常に小さいので、特定の原子を基準とした相対質量で表すことにしている。原子の質量の相対値を決めるときに、基準として用いられる原子を、解答例にならって記せ。

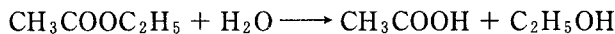
(解答例) ^{19}F

問 3 原子から 1 個の電子をとり去るのに必要なエネルギーを第一イオン化エネルギーという。ネオン原子 Ne, 炭素原子 C, フッ素原子 F において、第一イオン化エネルギーの大きい原子から順番に並べるとき、下記の a ~ fの中から正しいものを選び、その記号を記せ。

- | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| a | $\text{C} > \text{F} > \text{Ne}$ | b | $\text{C} > \text{Ne} > \text{F}$ | c | $\text{F} > \text{C} > \text{Ne}$ |
| d | $\text{F} > \text{Ne} > \text{C}$ | e | $\text{Ne} > \text{C} > \text{F}$ | f | $\text{Ne} > \text{F} > \text{C}$ |

2 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

一般に、反応の速さは、単位時間あたりの反応物の濃度の減少量、あるいは生成物の濃度の増加量で表される。化学反応の例として酢酸エチルの加水分解反応を考えてみる。



この反応における各成分の濃度を $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]$ で表すことにする。反応開始からの時間 t に対する酢酸エチルの濃度変化を図1のAに示す。また、反応開始時に少量の塩酸を加えると、図1のBに示すように、酢酸エチルの分解反応は速やかに進行する。

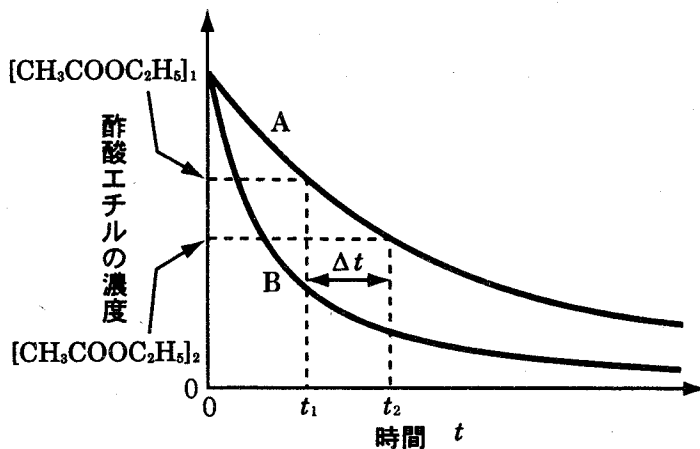


図1 酢酸エチルの加水分解反応

時刻 t_1 における酢酸エチルの濃度 $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]_1$ が、時刻 t_2 の時、 $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]_2$ になったとすると、その間の平均の反応の速さ \bar{v} は次の式で与えられる。

$$\bar{v} = - \frac{\boxed{\text{ア}}}{t_2 - t_1} = - \frac{\Delta[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}{\Delta t}$$

平均の反応の速さ \bar{v} の値は、一般には Δt のとりかたによって変わるが、 Δt を十分小さくとれば、瞬間的な反応の速さ v を表すものとなる。

図1から求めた反応の速さを、そのときの $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]$ で割った値は、時間 t に依存せずほぼ一定の値を示した。このことから、酢酸エチルの加水分解反応の速さは酢酸エチルの濃度に比例しているということがわかる。これを式で表すと次のようになる。

$$v = k [\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]$$

この式の中の比例定数 k を とよぶ。

反応物、生成物のエネルギーと、反応の方向との関係を図2に示す。
 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ と H_2O が反応するためには、互いに衝突しなければならないが、衝突した分子はすべて反応するわけではない。反応温度が低い場合、衝突しても一部の分子しか反応は起こらない。これは、反応が進行するためには、 と呼ばれるエネルギーの高い、図中の **M** に相当する状態を通らなければならないからである。この へ到達するのに必要な最小のエネルギーを という。

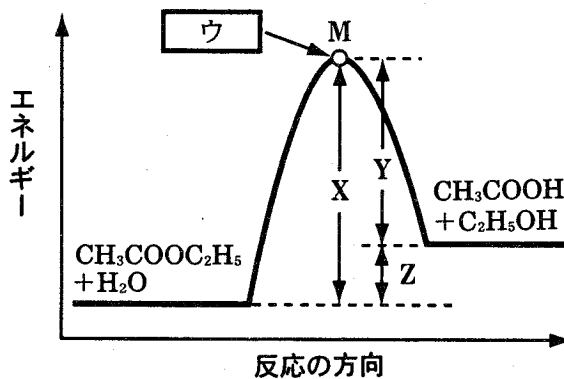


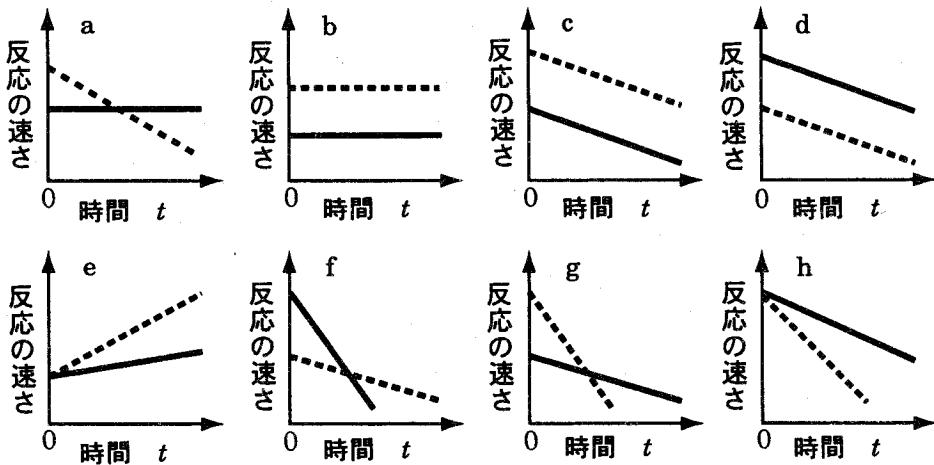
図2 反応の方向とエネルギーの関係

問1 本文中の ~ に最も適当と思われる式あるいは語句を記せ。

問 2 本文中の 工 は、図 2 の中の X~Z のどれに相当するか。記号で答えよ。

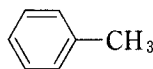
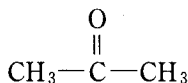
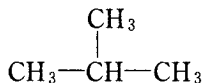
問 3 この反応において、塩酸は反応の速さを大きくする役割をはたすが、反応前後でその濃度は変わらない。このような物質を一般に何とよぶか。語句で答えよ。

問 4 図 1 に示す酢酸エチルの加水分解反応において、曲線 A, B から求められるそれぞれの反応の速さと時間 t との関係はほぼ直線関係となった。A を実線で、B を点線で表した場合、それぞれの反応の速さと時間 t との関係は次の a~h のグラフのうちどれが最も適当か。記号で答えよ。



- 3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。なお、解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。

(構造式の例)



化合物 A はカルボニル基とベンゼン環をもつ分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ の有機化合物で、フェーリング液を還元せず銀鏡反応も示さない。化合物 A から、以下のよう(1)に、ベンゼン環をもつ化合物 B, C, D, E をつくり出すことができる。まず、化合物 A を還元すると、分子式 $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$ のアルコール B ができる。ついで、化合物 B から水を脱離させると、容器や包装材料などさまざまな用途に使われるポリマーの原料となる化合物 C が生じる。化合物 C は臭素と容易に反応して分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{Br}_2$ の化合物 D になる。この反応では化合物 C のベンゼン環の水素原子は臭素原子で置換されない。また、微量の白金が存在する条件で、化合物 C を水素と反応させると、分子式 C_8H_{10} の化合物 E が生じる。

問 1 下線部(1)に関して、カルボニル基とベンゼン環をもつ分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ の有機化合物にはどのようなものがあるか。それらの構造式を例にならってすべて記せ。

問 2 下線部(2)に関して、フェーリング液を還元し銀鏡反応を示す官能基は何か。その官能基名を記せ。

問 3 化合物 B, C, D, E の構造式を例にならって記せ。

問 4 化合物 A, B, C, D, E のうち, 不斉炭素原子をもつ化合物はどれか。
A~E の記号で記せ。

問 5 下線部(3)に関して, 化合物 C からできるポリマーを何と呼ぶか。その名称を記せ。

4 次の文章(I)と(II)を読み、問1～問5に答えよ。

(I)

デンプン(C₆H₁₀O₅)_nは、植物の中で光合成を経てつくりられ、種子や地下茎などに蓄えられている多糖類で、直鎖状構造の **ア** や枝分かれ構造をもつ **イ** で構成されている。デンプンの水溶液は、ヨウ素と反応して青～青紫色を示す。この呈色反応を **ウ** 反応という。また、デンプンは、アミラーゼなどの酵素の働きにより最終的にグルコースC₆H₁₂O₆に分解される。グルコースは、溶液中では下図のように環状のα型、β型および鎖状型の3種類の異性体として平衡状態になっている。

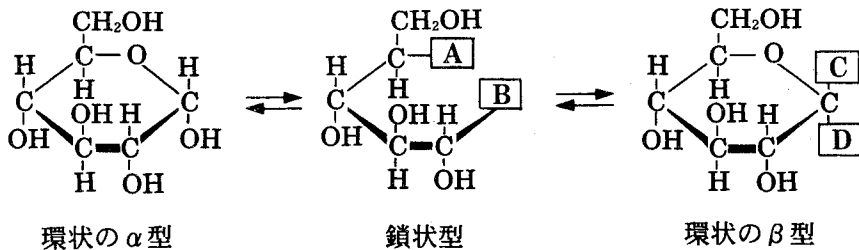


図3 グルコースの水溶液中での構造

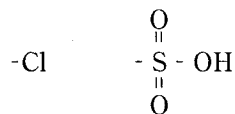
(II)

タンパク質は、分子量が数千から数百万までの天然高分子化合物であり、酸で加水分解すると、最後にアミノ酸の混合物が得られる。デンプンが多数のα-グルコース分子の縮合によってできているのと同様、タンパク質は多数のアミノ酸分子のアミノ基と **エ** 基とから水がとれて結合した構造をもっている。このような結合を一般の有機化合物においては **オ** 結合と呼んでいるが、タンパク質の場合は特に **カ** 結合⁽¹⁾という。また、タンパク質溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色沈殿を生じる。さらに、濃アンモニア水を加えてアルカリ性にすると橙黄色を呈する。⁽²⁾

問1 文中の **ア** ～ **カ** に最も適切な語句を入れよ。

問 2 図中の **A** ~ **D** に適切な元素記号または官能基の構造を解答例にならって記せ。

(解答例)



問 3 次の物質のうち $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ の分子式をもち、還元性を示すものをすべて選び出し、その記号を記せ。

- | | |
|--------------|--------------|
| a セルロース | b スクロース(ショ糖) |
| c マルトース(麦芽糖) | d ラクトース(乳糖) |
| e フルクトース(果糖) | f グリコーゲン |

問 4 合成高分子には下線部(1)と同じ結合を有するものがある。その高分子の原料となる単量体の組み合わせを次の a ~ d の中から一つ選び、その記号を記せ。

- a フェノールとホルムアルデヒド
- b エチレングリコールとテレフタル酸
- c ブタジエンとアクリロニトリル
- d アジピン酸とヘキサメチレンジアミン

問 5 下線部(2)について、次の問に答えよ。

- (a) この呈色反応名を記せ。
- (b) 濃硝酸によって、ベンゼン環を含むアミノ酸の環部分に起きる置換反応名を記せ。

5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

海水には種々のイオンが溶けている。表に主なイオンとその濃度を示す。設問にはここに示すイオンのみを考慮して答えよ。必要があれば表中のイオンのモル質量を用いよ。

表 海水に溶けている主なイオン

イオン	モル質量 (g/mol)	濃度 (10^{-3} mol/kg)	イオン	モル質量 (g/mol)	濃度 (10^{-3} mol/kg)
Na ⁺	23	468	Cl ⁻	35.5	545
K ⁺	39	10.3	Br ⁻	80	0.8
Mg ²⁺	24	53.2	SO ₄ ²⁻	96	28.2
Ca ²⁺	40	10.3	HCO ₃ ⁻	61	2.4

〔実験1〕 海水を加熱し、ゆっくり蒸発濃縮していくと、最初にごく少量の炭酸カルシウムの沈殿が生成した。これをろ過し、ろ液をさらに濃縮していくと結晶Aが析出した。結晶Aをろ過し、ろ液をさらに加熱して濃縮し、液量が最初の十分の一以下になると結晶Bが析出した。熱いままろ過してこの結晶を除き、ろ液を冷却したが結晶Bはほとんど析出⁽¹⁾しなかった。このろ液をさらに濃縮し結晶Bを大部分析出させた。残りの液はマグネシウムイオンを多く含んでいた。

〔実験2〕 炭酸カルシウムの沈殿に水を加え、これに二酸化炭素を吹き込んだところ、沈殿は溶けた。

〔実験3〕 結晶Aについて次の実験を行った。

- (1) 結晶Aはある化合物の二水和物であった。この結晶A 172 mgを120～140℃で加熱すると、結晶水の一部を失った半水和物(または $\frac{1}{2}$ 水和物) 145 mgが得られた。

- (2) この半水和物に水を加えて練ると固化し、再び元の二水和物にもどった。
- (3) 結晶 A はわずかに水に溶ける。この水溶液のろ液に塩化バリウム水溶液を加えたところ、水にほとんど溶けない白色沈殿を生じた。
- (4) 結晶 A の水溶液の炎色反応は橙赤色を示した。

〔実験 4〕 結晶 B について次の実験を行った。

- (1) 結晶 B の水溶液は中性を示し、炎色反応は黄色であった。
- (2) 結晶 B の水溶液に硝酸銀溶液を加えると白色沈殿を生じた。

〔実験 5〕 海水に塩素を通じてから、少量の四塩化炭素を加え、よく振ってから静置すると、四塩化炭素の層は褐色をおびた。

問 1 〔実験 2〕の反応式を示せ。

問 2 〔実験 3〕から、結晶 A の化学式を記し、その式量を求めよ。

問 3 〔実験 3〕の(3)で得た白色沈殿の名称を記せ。

問 4 〔実験 4〕から、結晶 B の化学式を記せ。

問 5 〔実験 1〕の下線部(1)について、結晶 B が析出しなかったのは、結晶 B のどのような性質によるのか、理由を 25 字以内で述べよ。

問 6 〔実験 5〕において四塩化炭素の層に抽出された褐色を示す物質名を記せ。

問 7 〔実験 5〕において褐色の物質が生成する反応式を示せ。

- 6 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。なお、計算結果は四捨五入し、有効数字2桁で求めよ。

中和滴定に関する以下の実験を行った。

[実験1] 水酸化ナトリウムは空気中の水分を吸収し、その水に溶けるようになる。(1)したがって、水酸化ナトリウム水溶液をつくる場合、はかりとった水酸化ナトリウムの重さから水溶液の濃度を正確に知ることは容易ではない。そこで、水酸化ナトリウムの約5.0gをはかりとり、水に溶かして1lとした。次にこの水溶液20.0mlを正確にはかりとり、(2)コニカルビーカーに移した。これに0.10 mol/lの塩酸を滴下して中和滴定を行い、(3)水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を求めた。この際、中和に要した0.10 mol/lの塩酸の体積は24.0 mlであった。

[実験2] pHが3.00の濃度未知の酢酸水溶液がある。この酢酸水溶液60.0mlを正確にはかりとり、[実験1]で濃度を求めた水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和に25.0 mlを要した。

問1 下線部(1)のような現象を何というか記せ。

問2 下線部(2)および(3)の操作に最も適したガラス器具の名称を次のa～fから一つずつ選び、記号を記せ。

- a コニカルビーカー b こまごめピペット c ホールピペット
d ビュレット e 三角フラスコ f 試験管

問3 [実験1]の結果から、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/lになるか求めよ。

問4 [実験2]の結果から、濃度未知の酢酸水溶液100 ml中に含まれる酢酸は何gになるか求めよ。

問 5 [実験 2] で用いた濃度未知の酢酸水溶液の電離度はいくらか求めよ。

問 6 [実験 1] および [実験 2] のどちらの滴定にも用いることのできる指示薬を次の a ~ c から一つ選び、記号を記せ。ただし、[] 内には各指示薬の変色域の pH 範囲が示してある。

- a メチルオレンジ [3.1~4.4] b メチルレッド [4.2~6.3]
c フェノールフタレイン [8.3~10.0]