

# 化 学

必要があれば、次の数値を用いなさい。

原子量：H = 1, C = 12, O = 16

気体定数：0.082 atm · l / (K · mol)

0 °C = 273 K

計算では、気体は理想気体とみなしなさい。

数値で答える場合には、有効数字 2 桁で答えなさい。

- 1 K 殻、L 殻および M 殻の電子数がそれぞれ  $x$ 、 $y$  および  $z$  である原子やイオンの電子配置を  $K^xL^yM^z$  と表すことにする。以下の問いについて、最も適切な選択肢を選びその記号で答えなさい。(配点 16)

問 1 次の電子配置をもつ原子のうち、最も原子半径の大きいものはどれか。

- (ア)  $K^2L^3$  (イ)  $K^2L^5$  (ウ)  $K^2L^2$  (エ)  $K^2L^1$  (オ)  $K^2L^4$

問 2 次の電子配置をもつ原子のうち、電気陰性度の最も大きいものはどれか。

- (ア)  $K^2L^4$  (イ)  $K^1$  (ウ)  $K^2L^7$  (エ)  $K^2L^6$  (オ)  $K^2L^5$

問 3 次の電子配置をもつ原子の組み合わせのうち、それぞれの原子がイオン化したときに安定なイオン結晶を形成するものはどれか。

- (ア)  $K^2L^1$  と  $K^2L^8M^2$  (イ)  $K^2L^5$  と  $K^2L^8M^5$  (ウ)  $K^2L^7$  と  $K^2L^8M^6$   
(エ)  $K^2L^8$  と  $K^2L^8M^8$  (オ)  $K^2L^8M^1$  と  $K^2L^8M^7$

問 4 電子配置が  $K^2L^8M^3$  である原子またはイオンはどれか。

- (ア) B (イ) Al (ウ)  $Mg^{2+}$  (エ)  $Al^{3+}$  (オ) P

問 5 質量数が 25 で  $K^2L^8M^2$  の電子配置をもつ原子の中性子数はいくらか。

- (ア) 10      (イ) 12      (ウ) 13      (エ) 15      (オ) 23

問 6  $K^2L^8M^3$  の電子配置をもつ原子の価電子数はいくらか。

- (ア) 1      (イ) 2      (ウ) 3      (エ) 5      (オ) 8

問 7 次の電子配置をもつ原子のうち、セシウムと同族の原子はどれか。

- (ア)  $K^2L^2$       (イ)  $K^2L^4$       (ウ)  $K^2L^6$   
(エ)  $K^2L^8M^1$       (オ)  $K^2L^8M^3$

問 8 次の電子配置をもつ原子 A のうち、 $AB_2$  型の共有結合性化合物(原子 A に二つの原子 B がそれぞれ単結合している分子)を形成するものはどれか。

- (ア)  $K^2L^8M^4$       (イ)  $K^2L^8M^5$       (ウ)  $K^2L^8M^6$   
(エ)  $K^2L^8M^7$       (オ)  $K^2L^8M^8$

2 0.10 mol/l 塩酸 20 ml をホールピペットでとり、三角フラスコに入れた。ビュレットから濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液を滴下して中和滴定を行った。滴下量が 20 ml で中和点に達し、40 ml までさらに滴下を続けた。以下の問いに答えなさい。(配点 18)

問 1 この実験における操作として不適切なものはどれか。一つ選び記号で答えなさい。

- (ア) 三角フラスコは純水で洗浄した後、実験に用いる 0.10 mol/l 塩酸で数回洗浄してから使用した。
- (イ) ホールピペットは純水で洗浄した後、実験に用いる 0.10 mol/l 塩酸で数回洗浄してから使用した。
- (ウ) ビュレットは純水で洗浄した後、滴定に用いる水酸化ナトリウム水溶液で数回洗浄してから使用した。
- (エ) 滴定を開始する前に、指示薬としてメチルレッド溶液(変色域：pH 4.4～6.2)数滴を三角フラスコに加えた。

問 2 三角フラスコ中の溶液の全液量、水素イオン濃度 $[H^+]$ および水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ の水酸化ナトリウム水溶液の滴下にもなう変化を次の表に示す。表中の空欄 a～f に入る適切な数値を求めなさい。ただし、水のイオン積( $K_w$ )は  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/l)<sup>2</sup> とする。

表

滴下量 (ml)	0	10	20	30	40
全液量 (ml)	20	30	40	50	60
$[H^+]$ (mol/l)	$1.0 \times 10^{-1}$	a	$1.0 \times 10^{-7}$	b	c
$[OH^-]$ (mol/l)	$1.0 \times 10^{-13}$	d	$1.0 \times 10^{-7}$	e	f

問 3 空欄の値も含めた前問の表を利用して、水素イオン濃度および水酸化物イオン濃度(縦軸)と滴下量(横軸)との関係を示す曲線のおおよその形をそれぞれの

グラフ用紙に描きなさい。なお、縦軸目盛の数値を[ ]内に記入しなさい。

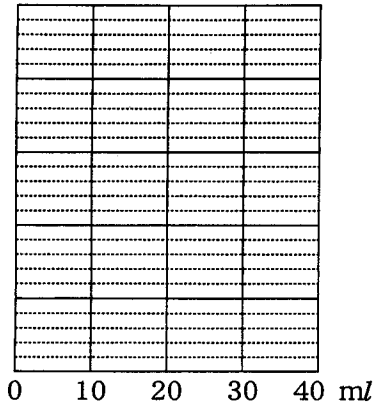
問 4 水のイオン積( $K_w$ )は溶液の温度により異なった値をとる。25℃, 50℃ および 100℃における  $K_w$  の値はそれぞれ  $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/l})^2$ ,  $5.5 \times 10^{-14}(\text{mol/l})^2$  および  $4.9 \times 10^{-13}(\text{mol/l})^2$  である。これらの値から考えて、中和点(当量点)の水素イオン濃度は、液温の上昇にともないどのように変化すると考えられるか。変化の様子とその根拠を 100 字以内で簡潔に記述しなさい。

(解答欄) 問 3

mol/l

水素イオン濃度

[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]

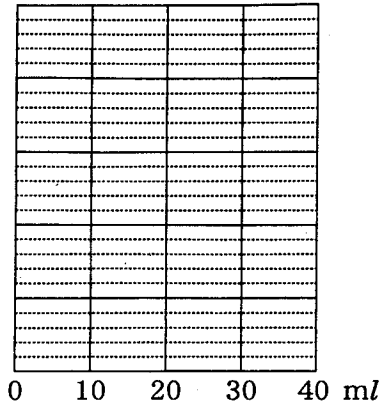


滴下量

mol/l

水酸化物イオン濃度

[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]  
[ ]



滴下量

3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 17)

化合物A～Eはいずれも  $C_7H_6O_2$  の分子式をもつ芳香族化合物である。AとBは、それぞれ官能基を一つもつ異性体である。また、C、DおよびEは、官能基を二つもち、それらの位置関係が異なる異性体である。Aはトルエンを酸化して得られる化合物である。Bはギ酸とフェノールから脱水反応により合成される。C、DおよびEにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると銀が析出し、また、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色がみられる。

問 1 A～Eの構造式をそれぞれ示しなさい。ただしC、DおよびEの順序は問わない。

問 2 化合物Aを 12.2 mg 採取し、酸素を通じて完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水が生じた。

- この燃焼反応を分子式を用いた化学反応式で示しなさい。
- この燃焼で使われた酸素の体積は、標準状態で何 ml か。計算の過程も示しなさい。
- この燃焼で生じた二酸化炭素と水はそれぞれ何 mg か。計算の過程も示しなさい。

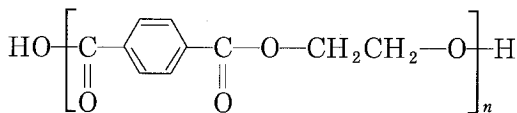
4 エステル化合物に関する次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 16)

少量の濃硫酸、あるいは塩化水素や酸性型陽イオン交換樹脂を用いてカルボン酸とアルコールとから水をとるとエステル結合(—CO—O—)をもつエステル化合物が生成する。たとえば、酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を加えて温めると酢酸エチルが生成する。酢酸エチルのような分子量の比較的小さなエステルは一般に芳香をもつ液体で、香料や有機溶媒として利用される。

エステル化反応は可逆反応であって、あるところまで反応が進行すると平衡状態に達する。

ポリエチレンテレフタレート(PET)は図に示す化学構造をもつ高分子化合物で、エステル化合物の一種である。

PET はペットボトルやポリエステル繊維として多用されている。



いま、ペットボトルの再生利用法

図

の一つとして、次のように加水分解反応による原料化合物の回収を試みた。ペットボトルを砕いて粉末にし、その1.0 gを大型の試験管に入れた。この試験管にエタノール20 mlと水酸化ナトリウム2.0 gとを加え、約10分間加熱した。加熱後、放冷した試験管に約20 mlの純水を加え、よく振り混ぜた。不溶性の残留物をろ過により取り除いた。このろ液に濃塩酸を加えてpHを2にした。溶液が白く濁り、しばらく放置しておくで沈殿が生じた。ろ過によりその沈殿を集め、10 mlずつの純水で2回洗い、乾燥させて白色の固体物質を得た。この固体物質の一部を水溶液とし、それに炭酸水素ナトリウムを加えると気体が発生した。また、ろ液と洗浄後の水は一緒にして100 ml 三角フラスコに集めた。

問 1 ここで用いる濃硫酸，あるいは塩化水素や酸性型陽イオン交換樹脂はエステル化反応においてどのような効果をもたらしていますか，(a)文章で説明しなさい。また，(b)このような物質を一般に何と言いますか。それぞれ解答欄に記入しなさい。

問 2 酢酸とメタノールの間で起こるエステル化反応を化学反応式で示しなさい。

問 3 酢酸とメタノールからエステルが生成する反応の平衡定数を 9.0 とする。酢酸 1.0 mol とメタノール 1.0 mol とを混合してエステル化反応を行ったとき，平衡状態で残っている酢酸は何 mol か。計算の過程も示しなさい。

問 4 下線部            で発生する気体は何か，分子式で答えなさい。

問 5 下線部            の固体物質として回収された PET の原料化合物は何か，その名称を書きなさい。

問 6 下線部            の三角フラスコ中には，PET のもう一つの原料化合物が集められている。その名称を書きなさい。

5 糖に関する次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 17)

単糖類は、水溶液中では環状構造と鎖状構造とが一定の割合で平衡を保ちながら存在する。一例として、グルコース(ブドウ糖)の平衡を図に示す。図中の番号(①～⑥)はグルコース分子中の炭素原子の位置番号(位)である。

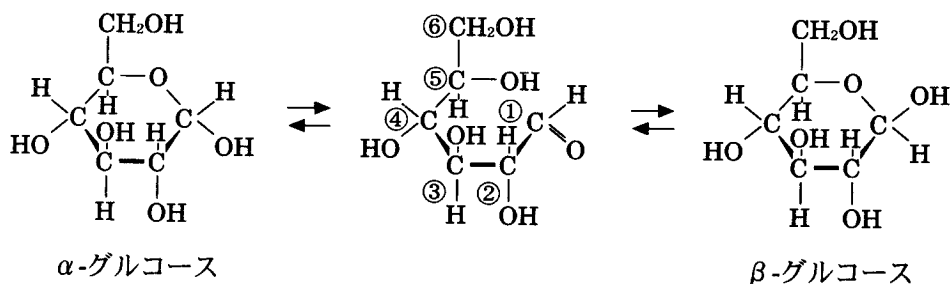
いずれの単糖類においても、鎖状構造には還元性を示す部位が存在する。そのため、単糖類の水溶液は  と反応して赤色の沈殿物である  を生ずる。

鎖状構造のグルコースが環状構造に変わるとき、  位の炭素につくヒドロキシル基の立体配置の違いにより  $\alpha$  型と  $\beta$  型という二つの異性体を生ずる。

スクロース(ショ糖)は、グルコースと  が脱水縮合してできる二糖類である。スクロースは、同じ二糖類であるラクトース(乳糖)などとは異なり、その水溶液は還元性を示さない。

セルロースは  $\beta$ -グルコースから成り、その 1 位と  位のヒドロキシル基の間で脱水縮合した直鎖状の多糖類で、分子量は百万～数千万にも達する。

数百～数万個の  $\alpha$ -グルコースから成る多糖類の一種であるデンプンの成分には、1 位と  位のヒドロキシル基間で脱水縮合した直鎖状構造をもつアミロースと、1 位と  位のヒドロキシル基間での脱水縮合も含み、枝分かれした鎖状構造をもつアミロペクチンとがある。



図

問 1 文中の  ～  に、最も適する語句あるいは数字を入れなさい。

問 2 ラクトースなどとは異なり、スクロースが水溶液中で還元性を示さない理由を、60 字以内で説明しなさい。

問 3 デンプン 1.0 g に希塩酸を加え完全に加水分解したとき、何 g のグルコースが得られるか。計算の過程も示しなさい。

6 次の(A)～(C)の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 16)

(A) 微量の水分を取り除き乾燥状態を保つ目的で、酸化カルシウム(生石灰)は食品乾燥剤として使用されている。しかし、生石灰と水との反応<sup>(1)</sup>は  $63.6 \text{ kJ/mol}$  の発熱反応である。したがって、生石灰乾燥剤を水気のあるところに捨てると激しく発熱することがあるので、注意が必要である。

また、次亜塩素酸ナトリウムやさらし粉など、次亜塩素酸イオンを成分とする塩素系の漂白剤は広く家庭用品として使われている。しかし、これらの漂白剤<sup>(2)</sup>は、塩酸を含む酸性タイプの洗剤と同時に使用すると有毒なガスを発生する可能性があり大変危険である。

(B) 現在深刻な問題となっている大気汚染物質は、日常生活の身近なところでも発生している。

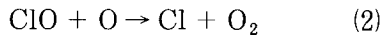
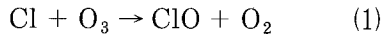
常温では反応性の低い空気中の  も自動車のエンジン中においては酸化され、無色の  となる。排気ガスに含まれて放出された  は空気中の酸素と反応して褐色の  となる。 は光化学オキシダントの発生にも関与しており、また酸性雨の原因物質の一つでもある。

石炭や石油などの化石燃料には硫黄が含まれているので、これらの化石燃料を燃やすと  が発生し、空気中に放出された  はさらに酸化されて  となる。この  は大気中の水分と反応して  となり、酸性雨として地上に降ってくる。

(C) オゾン層は地上  $10 \text{ km} \sim 40 \text{ km}$  辺りの成層圏にあり、太陽光のうち生物にとって有害な紫外線を吸収して、過度の紫外線が地表に届かないようにする役割を果たしている。一方、スプレー剤などとして使用され大気中に放出されたフロン(塩化フッ化炭素化合物)ガスは、成層圏に約 10 年かかって到達し、オゾン層を破壊(分解)することが分かってきた。そのため現在ではフロンは使用されていない。

この分解は次のような一連の反応によって起こると考えられている。

まず、成層圏に到達したフロンが紫外線により分解され、そのとき塩素原子が生成する。この塩素原子が(1)式のようにオゾンと反応して一酸化塩素(ClO)と酸素分子(O<sub>2</sub>)になる。生成した一酸化塩素は(2)式に示すように、成層圏に存在する酸素原子と反応して塩素原子と酸素分子(O<sub>2</sub>)になる。



こうして、わずかなフロンが大量のオゾン分子を破壊するものと考えられている。

問 1 文章(A)の下線部(1)および(2)に対応する化学反応式をそれぞれ示しなさい。

問 2 文章(B)中の ア ～ カ に、最も適する化学物質名を入れなさい。

問 3 文章(C)で、なぜわずかなフロンが大量のオゾン分子を破壊することになるのか、塩素原子の働きをもとに考えて、100字以内で簡潔に記述しなさい。