

化学基礎

(解答番号 ~)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H	1.0	C	12	O	16	Na	23
Cl	35.5	Fe	56				

第1問 次の問い(問1～9)に答えよ。(配点 30)

問1 ${}_{30}^{64}\text{Zn}$ で表される亜鉛の2価の陽イオン Zn^{2+} に含まれる電子の数はいくつか。最も適当な数を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① 28

② 30

③ 32

④ 62

⑤ 64

⑥ 66

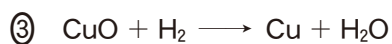
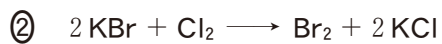
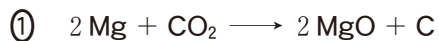
問 2 次の文章中の空欄 **ア** ～ **ウ** に当てはまる用語の組合せとして最も
 適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 **102**

都市ガスは、メタンが主成分であるが、ほかにエタンなどの可燃性ガスも含
 んでいるので、 **ア** である。都市ガスの成分であるメタンやエタンは
イ であり、メタンやエタンの成分元素である炭素にはダイヤモンドや黒
 鉛(グラファイト)など互いに **ウ** の関係にある物質がいくつか知られてい
 る。

	ア	イ	ウ
①	純物質	単 体	同素体
②	純物質	単 体	同位体
③	純物質	化合物	同素体
④	純物質	化合物	同位体
⑤	混合物	単 体	同素体
⑥	混合物	単 体	同位体
⑦	混合物	化合物	同素体
⑧	混合物	化合物	同位体

出題範囲：化学基礎

問 3 反応式①～④において、下線を付した物質が還元剤としてはたらいっている反応はどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 103



問 4 物質の三態と分子の熱運動に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 104

① 気体を冷却すると、液体を経ないで直接固体に変化する物質がある。

② 温度が変化しても、液体状態にある分子の熱運動の激しさは変化しない。

③ 気体の状態では、分子が自由に飛びまわっている。

④ 分子の熱運動によって物質の拡散が起こる。

問 5 次のⅠ～Ⅲは金属に関する記述である。それぞれの記述に当てはまる金属を正しく選んでいる組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

105

- Ⅰ この金属の単体は、酸化物を熔融塩電解(融解塩電解)することにより得られる。
- Ⅱ バーキングパウダーに用いられているこの金属の化合物は、加熱により気体を発生する。
- Ⅲ この金属の酸化物は、一次電池の正極活物質に用いられている。

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
①	Al	Mg	Pb
②	Al	Mg	Mn
③	Al	Na	Pb
④	Al	Na	Mn
⑤	Cu	Mg	Pb
⑥	Cu	Mg	Mn
⑦	Cu	Na	Pb
⑧	Cu	Na	Mn

出題範囲：化学基礎

- 問 6 図 1 に示すように、亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液と、銅板を浸した硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、素焼き板で仕切って、亜鉛板と銅板を導線でつないだ電池をダニエル電池という。ダニエル電池に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

106

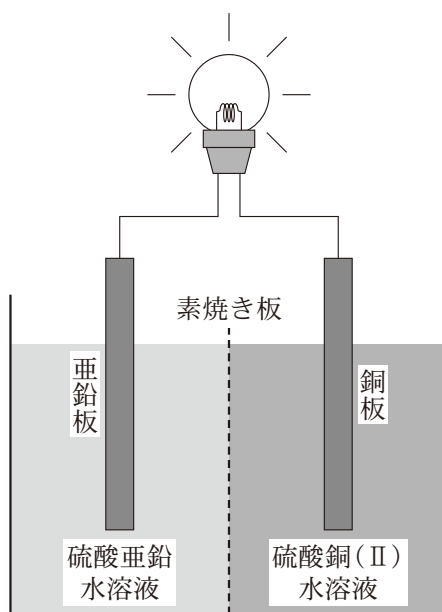


図 1 ダニエル電池の模式図

- ① 放電したとき、亜鉛板から銅板の向きに導線を伝わって電流が流れる。
- ② 放電したとき、銅板上に銅が析出する。
- ③ 放電したとき、亜鉛イオン Zn^{2+} や硫酸イオン SO_4^{2-} は素焼き板を通過している。
- ④ 放電したとき、亜鉛板では酸化反応が起こる。

問 7 中和滴定では、中和点を知るために指示薬が用いられる。1 価の酸の水溶液に 1 価の塩基の水溶液を滴下して行う中和滴定に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、メチルオレンジの変色域はおおよそ pH 3.1 から 4.4 の範囲であり、フェノールフタレインの変色域はおおよそ pH 8.0 から 9.8 の範囲であるとする。

107

- ① 強酸の水溶液を強塩基の水溶液で中和滴定するとき、指示薬としてフェノールフタレインを用いることができる。
- ② 弱酸の水溶液を強塩基の水溶液で中和滴定するとき、指示薬としてメチルオレンジを用いることができる。
- ③ 強酸の水溶液を弱塩基の水溶液で中和滴定するとき、指示薬としてメチルオレンジを用いることができる。
- ④ 弱酸の水溶液と弱塩基の水溶液を用いた中和滴定では、指示薬としてメチルオレンジ、フェノールフタレインのどちらも用いることができない。

出題範囲：化学基礎

問 8 ある濃硫酸 50 mL には 0.90 mol の硫酸 H_2SO_4 が含まれている。この濃硫酸を安全に希釈して 0.90 mol/L の H_2SO_4 水溶液 1000 mL を調製したい。希釈の手順として正しいものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

108

- ① 1000 mL の純水に 50 mL の濃硫酸を少量ずつ加える。
- ② 500 mL の純水に 50 mL の濃硫酸を少量ずつ加えたのち、純水で希釈し 1000 mL の水溶液とする。
- ③ 50 mL の濃硫酸に 1000 mL の純水を少量ずつ加える。
- ④ 50 mL の濃硫酸に純水を少量ずつ加えて 1000 mL の水溶液とする。

出題範囲：化学基礎

問 9 鉄の製錬に関する次の問い(a・b)に答えよ。

- a 鉄の製錬には、鉄鉱石、コークス、石灰石が用いられる。高炉中では、コークスの主成分である炭素 C と、石灰石 CaCO_3 の熱分解によって発生した二酸化炭素 CO_2 が、式(1)に従って反応し一酸化炭素 CO が生成する。生成した CO が、式(2)に従って鉄鉱石中の酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 を還元して鉄 Fe が得られる反応を考える。



80 kg の Fe_2O_3 (式量 160) すべてを Fe とするときに必要な CO を、式(1)の反応により得るとすると、少なくとも何 kg のコークスが必要か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、コークスは C (原子量 12) のみからなるとし、式(1)と(2)以外の反応は起こらないものとする。

kg

- ① 9.0 ② 18 ③ 21 ④ 42

- b 高炉で製造された鉄は銑鉄^{せんてつ}とよばれ、4%程度の炭素Cが含まれており、硬いがもろい。融解した銑鉄を転炉に移し、酸素O₂を吹き込むことによって、式(3)に従ってCがCOに変換されて除かれる。このようにCの含有量を減らした鋼^{こう}が製造される。このとき、鉄はほとんど酸化されない。



この反応で生成したCOの一部は、式(4)に従ってさらにO₂と反応しCO₂に変換される。



式(3)に従って物質質量 a (mol) のCがO₂と反応しCOが生じた。生成したCOの一部は式(4)に従って物質質量 b (mol) のCO₂に変換された。このとき、式(3)に従って生じたCOの一部は未反応のまま残っていた。式(4)に従って未反応のCOすべてをCO₂に変換するために必要なO₂の物質質量は何molか。物質質量を表す式として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、式(3)と(4)以外の反応は起こらないものとする。 110 mol

- ① $a - b$ ② $b - a$ ③ $\frac{a - b}{2}$
- ④ $\frac{b - a}{2}$ ⑤ $\frac{a + b}{2}$

出題範囲：化学基礎

第2問 私たちの身のまわりには、化学物質の性質と反応を利用したさまざまな製品がある。次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 身のまわりの製品の取扱いに関する次の記述ア～ウのうち、下線を付した箇所の正誤の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

111

記述ア 使い捨てのカイロは、鉄粉と窒素が反応することにより発熱する。低温やけどのおそれがあるため、肌に直接貼り付けて使用してはいけない。

記述イ 塩酸を含む酸性の洗浄剤をアルミニウム製の密閉容器に保存してはいけない。これは、アルミニウムと酸性の水溶液が反応することにより水素が発生し、容器が破損するおそれがあるためである。

記述ウ 保冷剤に使用されているドライアイスをペットボトルなどの密閉容器内に保存してはいけない。これは、ドライアイスが気体になり、容器が破裂するおそれがあるためである。

	記述ア	記述イ	記述ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

出題範囲：化学基礎

問 2 塩素 Cl_2 を水に溶かした水溶液(塩素水)は、漂白作用や殺菌作用を示すことが知られている。塩素水の漂白・殺菌作用は、 Cl_2 に加えて、 Cl_2 から生じた次亜塩素酸 HClO や次亜塩素酸イオン ClO^- の酸化力によるものである。次の問い(a・b)に答えよ。

a 濃度 $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩素水 5.00 L を調製したい。この塩素水をつくるために水に溶解させる気体の Cl_2 は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において何 L か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、塩素はすべて Cl_2 として溶解しているものとする。 112 L

① 2.24×10^{-2}

② 2.50×10^{-2}

③ 1.12×10^{-1}

④ 5.60×10^{-1}

b 塩素水では、式(1)に示すように Cl_2 から HClO が生じるとともに、式(2)に示すように HClO から ClO^- が生じる。



室温において、塩素水に塩酸や水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH の値を変化させた水溶液中では、 Cl_2 、 HClO 、 ClO^- の物質量の総和に対するそれぞれの物質量の割合(存在割合)は、図 1 に示すア～ウのいずれかになる。この水溶液は次の記述 I・II の特徴をもつ。ア～ウに対応する分子やイオンの組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

113

記述Ⅰ pH < 2 の水溶液中で存在割合がほぼ 100 % である物質の気体は黄緑色で、刺激臭をもつため、取扱いには注意が必要である。

記述Ⅱ pH > 10 の水溶液中では、ほぼ ClO^- のみが存在する。

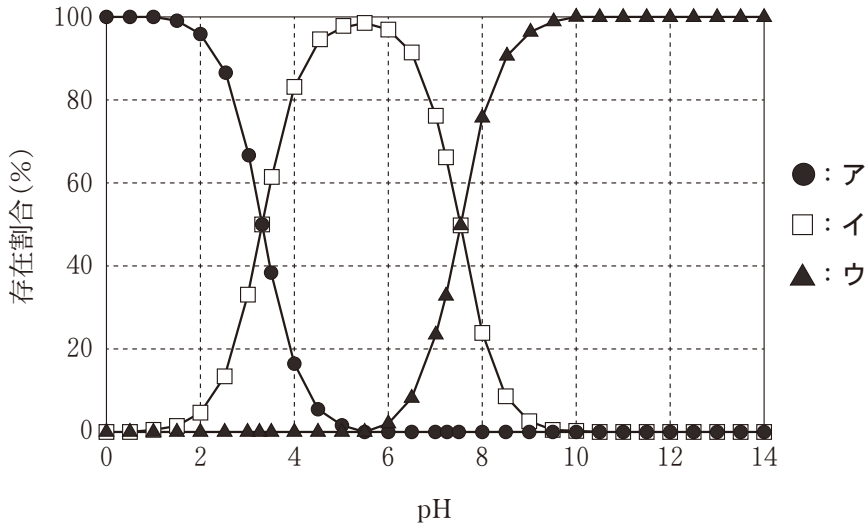


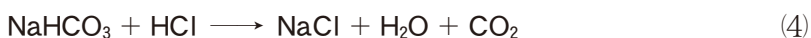
図1 さまざまな pH における Cl_2 、 HClO 、および ClO^- の存在割合

	ア	イ	ウ
①	Cl_2	HClO	ClO^-
②	Cl_2	ClO^-	HClO
③	HClO	Cl_2	ClO^-
④	HClO	ClO^-	Cl_2
⑤	ClO^-	Cl_2	HClO
⑥	ClO^-	HClO	Cl_2

出題範囲：化学基礎

問 3 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 (式量 106) と炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 (式量 84) は、掃除用の洗浄剤に用いられている。 Na_2CO_3 と NaHCO_3 を含む混合物 A がある。この混合物 A に含まれる Na_2CO_3 と NaHCO_3 の物質量の比を求めるために、次の実験 I・II を行った。

実験 I ある質量の混合物 A を溶かした水溶液に塩酸を十分に加えると、式 (3) と (4) の反応が進行し、 Na_2CO_3 と NaHCO_3 はすべて消費された。このとき生成した二酸化炭素 CO_2 の体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において 1.12 L であった。



実験 II 実験 I で CO_2 が発生した後の水溶液から水 H_2O および塩化水素 HCl を完全に除去すると、4.68 g の塩化ナトリウム NaCl (式量 58.5) が得られた。

混合物 A に含まれる Na_2CO_3 と NaHCO_3 の物質量の比として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 114

- ① 1 : 4 ② 1 : 2 ③ 2 : 3 ④ 3 : 2 ⑤ 4 : 1

出題範囲：化学基礎

問 4 植物由来の油を水酸化ナトリウム NaOH 水溶液と反応させると、セッケンとよばれる塩が得られる。その一種であるラウリン酸ナトリウム $C_{11}H_{23}COONa$ は、油污れの洗浄に用いられている。次の問い(a・b)に答えよ。

a セッケンであるラウリン酸ナトリウムの水溶液は塩基性を示す。次の塩のうち、水溶液が塩基性を示すものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 115

- ① 塩化カルシウム $CaCl_2$ ② シュウ酸ナトリウム $(COONa)_2$
 ③ 硫酸アンモニウム $(NH_4)_2SO_4$ ④ 硝酸カリウム KNO_3

b ラウリン酸ナトリウムは、式(5)に示すように水溶液中で電離し、ラウリン酸イオン $C_{11}H_{23}COO^-$ とナトリウムイオン Na^+ が生じる。

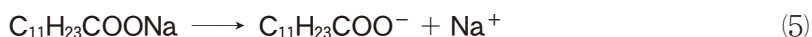


図2に示すように、ラウリン酸イオンは、水になじみやすい親水基と水になじみにくい疎水基(あるいは親油基ともいい、油になじみやすい)を併せもつため、衣類や皮膚、食器などに付着した油を疎水基で取り囲み、親水基を外側にして油を水中に分散させる。

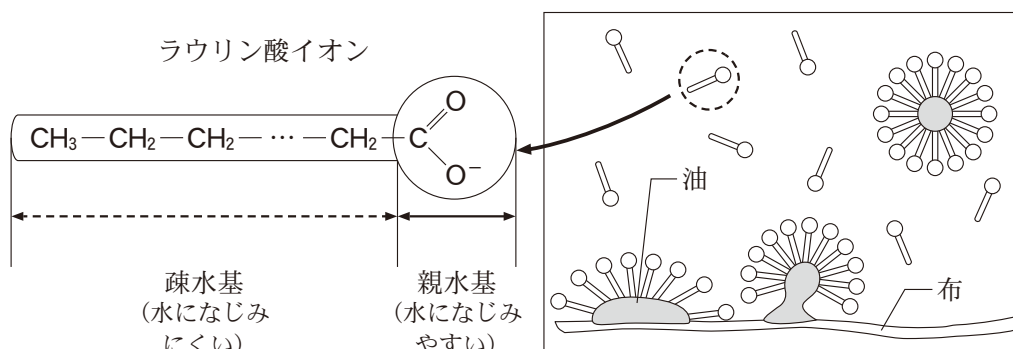


図2 ラウリン酸イオンと洗浄作用の模式図(この図では、 Na^+ を省略している。)

ラウリン酸イオンは油を取り囲み，図3に示すように油は球状の微粒子となり取り除かれる。油 $3.0 \times 10^{-18} \text{ g}$ をラウリン酸イオン 5.0×10^3 個で取り囲むと考えるとき，22.2 g のラウリン酸ナトリウム（式量 222）が溶けた水溶液は，最大で何 g の油を取り除くことができるか。最も適当な数値を，後の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。なお，ラウリン酸ナトリウムはすべて電離しているものとする。

116 g

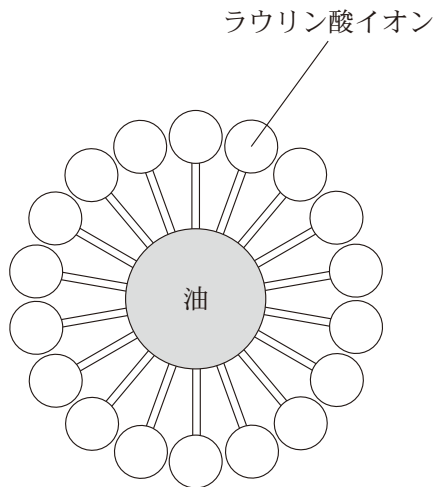


図3 ラウリン酸イオンに取り囲まれた油の模式図(断面図)

- ① 3.6 ② 7.2 ③ 18 ④ 36 ⑤ 72