

北海道大学 前期

医学部 歯学部
H-27 ④

理 科

15:00~17:00

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45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20～37ページ、「地学」は38～45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・学科・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・学科・専攻 科目	総合入試系					学部別入試						歯学部	獣医学部	水産学部
	理系					医学部								
						医学科	保健学科							
							看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻	作業療法学専攻			
物理学	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物学	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

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、監督者の指示に従って、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。
なお、選択問題がある科目については、問題文の指示に従うこと。
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 = 12.0, O = 16.0, Cu = 64, Au = 197

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

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

1 mol の理想気体の標準状態での体積：22.4 L

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

- 1 水の電気分解により発生させた水素を、水素吸蔵物質である固体物質Mに吸蔵*させる実験を行った。実験に用いた装置を図1に示す。ただし、陽イオン交換膜は陽イオンだけを透過させるものとする。次のI, IIに答えよ。
- (吸蔵* = 気体が固体内部に取り込まれること)

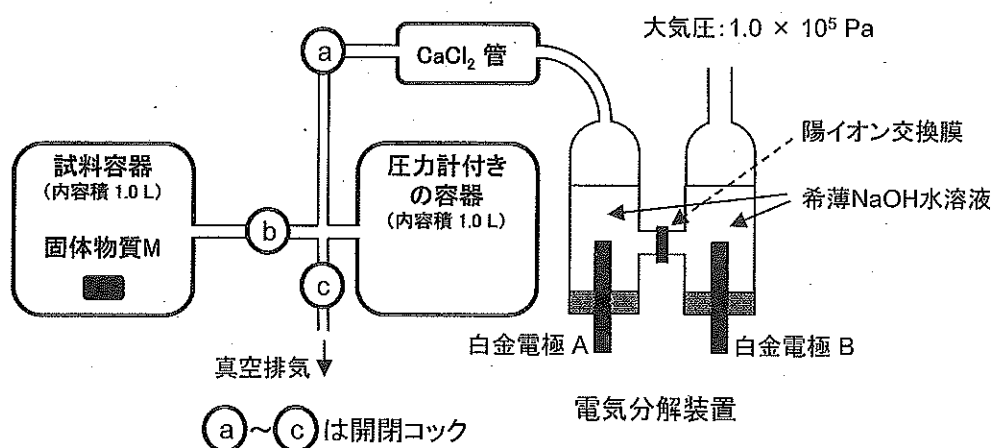


図1 水素発生および固体物質Mの水素吸蔵量測定装置

I 希薄な水酸化ナトリウム水溶液の電気分解で白金電極Aから水素を発生させた。次の問1～問5に答えよ。

問1 この電気分解に電池を用いた場合、電池の正極を図1のA、Bどちらの電極に接続すればよいか、記号で答えよ。

問2 電極Bから発生する気体を分子式で答えよ。

問3 この電気分解で電極Aで起こる反応について、電子を含むイオン反応式を記せ。ただし、電子は e^- で記せ。

問4 希薄な水酸化ナトリウム水溶液の代わりに希硫酸を用いた場合、陽極および陰極で起こる反応について、電子を含むイオン反応式をそれぞれ記せ。

問5 問4のように希硫酸を用いて電気分解による反応を進めたとき、電極B側の溶液中における硫酸イオンについて、正しい記述を次の(あ)～(か)から二つ選び、記号で記せ。

- (あ) 硫酸イオンの濃度は変化しない。
- (い) 硫酸イオンの濃度は低くなる。
- (う) 硫酸イオンの濃度は高くなる。
- (え) 硫酸イオンの物質量は変化しない。
- (お) 硫酸イオンの物質量は減る。
- (か) 硫酸イオンの物質量は増える。

II 固体物質Mは水素だけをその内部に閉じ込めることができる。次の実験(1)、(2)を順に行い、この物質Mが吸蔵することのできる水素の量を調べた。次の問6～問9に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、図1の①～③は流量調節ができる開閉コックで、これらのコックと配管の内容積および物質Mの体積は無視できるものとする。また、試料容器と圧力計付きの容器の内容積はともに1.0 Lで操作にともなう温度変化はないものとする。

実験(1) 図1の①と電気分解装置の間を大気圧(1.0×10^5 Pa)の水素で満たし、①を閉じた。次に、物質Mを試料容器に入れ、①を閉じたまま②と③を開けて試料容器と圧力計付きの容器の中にある気体を取り除いて真空にしたあとに、②と③を閉じた。このとき圧力計は0 Paを示した。

次に、装置全体を300 Kに保ち、電極Aから水素を発生させながら、①を調節して開き、水素を大気圧(1.0×10^5 Pa)のまま1秒あたり⁽ⁱ⁾ 2.49×10^{-4} Lの一定の流量で圧力計付きの容器に入れることができるように電極A、B間に電流を流した。このとき、電極Aで発生させた水素は、混入した ア を取り除くため塩化カルシウム(CaCl_2)管を通して圧力計付きの容器に導入した。⁽ⁱⁱ⁾圧力計が0から 8.3×10^4 Paを示すまで反応を進めたあと電流を切り、①を閉じた。

実験(2) 装置全体の温度を300 Kにしたまま②を開いた。十分長い時間が経過後、圧力計が一定値 8.3×10^3 Paを示した。

問6 実験(1)の ア にあてはまる適切な物質名を答えよ。

問7 実験(1)の下線部(i)の流量で水素を圧力計付きの容器に入れるためには、電極A、B間に何A(アンペア)の電流を流せばよいか、有効数字2桁で答えよ。なお、流れた電流のすべてが水の電気分解に使われたものとする。

問 8 実験(1)の下線部(ii)の条件で反応を止めるまでに何 C(クーロン)の電気量を必要としたか、有効数字 2 桁で答えよ。

問 9 実験(2)の結果から、300 K で物質 M が吸蔵した水素は何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。

2

I, IIに答えよ。

I 11族元素の単体に関する次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

11族元素である金 Au, 銀 Ag および銅 Cu は、いずれも工業的に広く用いられる重要な金属元素である。これらは同族元素であるものの、化学的性質に違いが見られる。たとえば、これらの金属元素の単体を熱濃硫酸に入れると、Ag および Cu は溶けるのに対し、Au は溶けない。一方、それらの金属を湿った空気中に保持すると、Cu の表面には緑青が生じるのに対し、Au や Ag は目立った変化を示さない。しかし、湿った空気中に硫化水素 H_2S が存在すると、Ag も表面に黒色の (あ) を生成する。Au は化学的安定性が極めて高いが、酸化力の非常に強い王水には溶ける。

三種類の金属の化学的性質は上述のように異なるものの、類似した特徴も多い。例えば、いずれの金属も室温で面心立方格子の結晶構造をもち、それぞれの金属原子がよく混ざり合った合金をつくる。また、いずれの金属も比較的柔らかく、電気をよく通し、熱をよく伝える。特に (い) は金属の中で最も展性・延性に富み、(う) は金属の中で電気や熱を最もよく通す。

問1 下線部(i)について、Cu が熱濃硫酸に溶けるときの化学反応式を記せ。

問2 (あ) に入る適切な化学式を記せ。

問3 下線部(ii)について、王水は2つの酸の混合物である。その2つの酸の組み合わせを次の(ア)～(ウ)から選び、記号で答えよ。また、王水はそれらの酸を何対何の体積比で混合した溶液か答えよ。なお、体積比の解答順序は、選択した記号にある酸の順序に対応させよ。

(ア) 濃硫酸と濃塩酸

(イ) 濃塩酸と濃硝酸

(ウ) 濃硝酸と濃硫酸

問 4 下線部(iii)について、面心立方格子の単位格子中に含まれる Ag の質量が $7.20 \times 10^{-22} \text{ g}$ であるとき、Ag 原子 1 個の質量 [g] を有効数字 3 桁で答えよ。また、Ag の原子量を有効数字 3 桁で答えよ。

問 5 下線部(iv)の性質を利用し、Au と Ag や Cu を混ぜ合わせた合金が様々な分野で利用されている。例えば、質量百分率が 75 % の Au と 25 % の Cu からなる合金は、一般的に「18 金」とよばれている。この 18 金に含まれる Au 原子の原子数百分率 [%] (全原子数に占める Au 原子数の割合 [%]) を有効数字 2 桁で答えよ。

問 6

 および

 に入る適切な元素を、元素記号で記せ。

Ⅱ 次の問1～問3に答えよ。

問1 次の(a)～(d)に最もよく関連する現象や状態を、以下の(ア)～(キ)から一つずつ選び、その記号を答えよ。

- (a) ゲル (b) チンダル現象 (c) 凝析 (d) 透析
(ア) 朝もやに太陽の光がさしこんだときにその光の道筋が見える。
(イ) 粘土のコロイド溶液にミョウバンを加えると粘土が沈殿する。
(ウ) 銅(Ⅱ)イオンの水溶液にアンモニア水を少量入れると沈殿するが、多量に入れると深青色の透明な溶液になる。
(エ) 豆乳にニガリを加えて豆腐をつくる。
(オ) 水中のコロイド粒子が、溶媒との衝突により不規則に動いている。
(カ) 半透膜でできた細い管の束に血液を通して老廃物を除去する。
(キ) 含水量の少ない酢酸は温度が下がると容易に凝固する。

問2 次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

ヨウ化カリウム水溶液と硝酸銀水溶液を混ぜ合わせることで、ヨウ化銀 AgI からなるコロイド溶液が得られた。この溶液を図1のようにU字管にいれ、A極とB極の二つの電極を差し込み、電極間に直流電圧をかけた。ヨウ化カリウム水溶液に少量の硝酸銀水溶液を加えたときに生成するコロイド粒子はA極側に移動した。これは溶液中のヨウ化物イオンがコロイド粒子表面に結合し、コロイド粒子が帯電しているためである。一方、硝酸銀水溶液に少量のヨウ化カリウム水溶液を加えた場合には、コロイド粒子表面に銀イオンが結合するため、コロイド粒子はB極側に移動した。

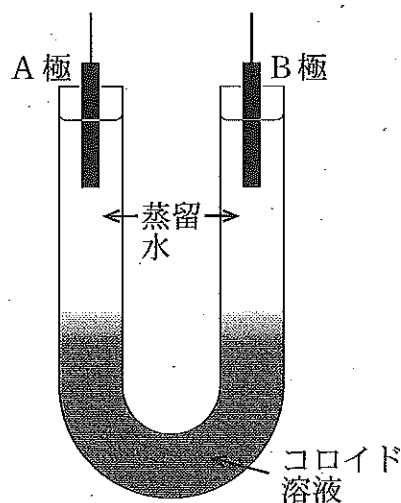


図1

- (1) 電荷を帯びたコロイド粒子が、一方の電極側に向かって移動する現象を何とよぶか答えよ。

- (2) A 極は陽極あるいは陰極のどちらかを答えよ。
- (3) ヨウ化カリウム水溶液に少量の硝酸銀水溶液を加えることで得られたコロイド溶液に、イオンを含む水溶液を加えてコロイド粒子を沈殿させた。このとき、最も少ない添加量でコロイド粒子を沈殿させたイオンはどれか。(サ)～(ソ)の中から一つ選び、記号で答えよ。なお、加える水溶液中の(サ)～(ソ)のイオンのモル濃度はすべて同じとする。
- (サ) K^+ (シ) Mg^{2+} (ス) Al^{3+}
 (セ) SO_4^{2-} (ソ) PO_4^{3-}
- (4) 水との親和力が小さく、少量の電解質を加えることで沈殿するコロイドを何とよぶか、以下の(タ)～(ツ)の中から一つ選び、記号で答えよ。
- (タ) 保護コロイド (チ) 疎水コロイド (ツ) 親水コロイド

問 3 次の文章を読み、問に答えよ。

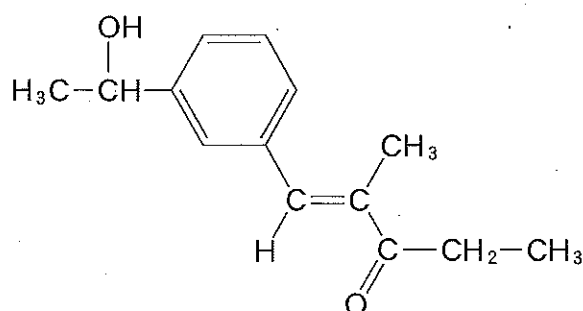
沸騰した蒸留水に 0.40 mol/L の塩化鉄(Ⅲ)水溶液 5.0 mL を加え、全量 50 mL の水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を得た。この溶液をセロファン袋に入れ、十分な量の蒸留水に長時間浸してセロファン袋内の塩化物イオンを除去した後、コロイド溶液の量を 100 mL とした。このコロイド溶液の浸透圧は 27°C で 24.9 Pa であった。一つのコロイド粒子には平均すると、何個の鉄原子が含まれると考えられるか。有効数字 2 桁で答えよ。加えた塩化鉄(Ⅲ)の鉄原子はすべてコロイドを形成しているものとする。なお、浸透圧 $\Pi(\text{Pa})$ 、溶液の体積 $V(\text{L})$ 、コロイド粒子の物質量 $n(\text{mol})$ 、温度 $T(\text{K})$ 、気体定数 $R(\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}))$ の間には、以下の関係が成立する。

$$\Pi V = nRT$$

3

I, IIに答えよ。なお、構造式は記入例にならって記せ。

(記入例)



I 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

化合物A, B, Cは原油の分留によって得られるナフサ(粗製ガソリン)の熱分解によって得られ、化学工業原料として広く用いられている。化合物Aを塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒として、酸素と反応させることで化合物Dを得た。Dは、エタノールに二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液を加え、加熱することによっても合成される。化合物Aを適切な触媒存在下、塩素と反応させると化合物Eとなり、これを熱分解することで化合物Fを得た。また、Fはアセチレンに塩化水銀触媒存在下、塩化水素を反応させることによっても合成される。化合物Bとベンゼンを酸触媒存在下反応させると分子式 C_9H_{12} である化合物Gとなり、これを酸素と反応させた後、得られた過酸化物を硫酸で分解することで化合物HとIを得た。Iの分子式は、 C_6H_6O である。化合物Cに濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させると、Cのベンゼン環の水素原子一つがニトロ基で置換された化合物Jを得た。Jには、二種類の異性体が存在する可能性がある。

問 1 化合物Aについてあてはまらないものを次の(ア)～(オ)の中から二つ選
び記号で記せ。

- (ア) エタノールを濃硫酸存在下, 160~170℃に加熱することで得られる。
- (イ) 幾何異性体が存在する。
- (ウ) 白金やニッケル触媒存在下, 水素を反応させると付加反応が起こる。
- (エ) 炭化カルシウムに水を作用させることで合成される。
- (オ) 臭素水に通すと臭素水の褐色が消えて無色になる。

問 2 化合物Fの適切な化合物名を記せ。

問 3 化合物Gの構造式を記せ。

問 4 化合物Hについてあてはまらないものを次の(カ)～(コ)の中から二つ選
び記号で記せ。

- (カ) 酢酸カルシウムの乾留によって合成される。
- (キ) 2-ブタノールの酸化によって合成される。
- (ク) 芳香のある液体であり, 水とよく混じりあう。
- (ケ) カルボニル化合物とよばれる。
- (コ) フェーリング液に加えて加熱すると, 赤色沈殿が生じる。

問 5 化合物Cの適切な化合物名を次の(サ)～(ソ)の中から選り記号で記せ。

- (サ) *o*-キシレン
- (シ) *m*-キシレン
- (ス) *p*-キシレン
- (セ) エチルベンゼン
- (ソ) トルエン

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、1分子の a と
(i) 3分子の高級脂肪酸のナトリウム塩ができる。この反応を b といい、
高級脂肪酸のナトリウム塩をセッケンという。セッケンのように、分子内に疎
水基と c をあわせもつことにより、水の d を下げる性質を示
す化合物を界面活性剤という。また、油脂の性質は、構成脂肪酸の化学構造に
よって決定され、常温で固体のものを脂肪といい、液体のものを脂肪油とい
う。不飽和脂肪酸で構成される脂肪油の炭素-炭素二重結合に触媒を用いて水
(ii) 素を付加させると融点が e なる。

問1 a ～ e にあてはまる語句を下の(あ)～(す)から選び記
号で記せ。

- | | | |
|----------------|-----------|-----------|
| (あ) エタノール | (い) グリセリン | (う) グリシン |
| (え) けん化 | (お) エステル化 | (か) 酸化 |
| (き) 親水基 | (く) 親油基 | (け) 表面張力 |
| (こ) ファンデルワールス力 | | (さ) 電子親和力 |
| (し) 高く | (す) 低く | |

問2 界面活性剤に関する文章(ア)～(エ)の中からあてはまらないものを二つ
選び記号で記せ。

- (ア) 界面活性剤の一種であるセッケンは、 Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む硬
水中では塩析効果がはたらき、泡立ちが増す。
- (イ) 界面活性剤が形成する球状のコロイド粒子をミセルという。
- (ウ) 界面活性剤による洗浄は、汚れを包み込んで水中へ分散させること
により行われる。この作用を界面活性剤の浸透作用という。
- (エ) アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムは合成洗剤の一種であり、
その水溶液は中性である。

問 3 油脂である化合物Aを下線部(i)のように処理すると、リノール酸のナトリウム塩とリノレン酸のナトリウム塩、ならびに a が生成した。化合物Aには、何種類の構造異性体が存在する可能性があるか示せ。ただし、幾何異性体については考慮しないものとする。

問 4 不飽和脂肪酸で構成される油脂B (分子式 $C_{57}H_{100}O_6$) 1.00 g に下線部(ii)の操作で水素 H_2 を付加させた。消費された水素の標準状態での体積(L)を有効数字3桁で求めよ。ただし、油脂Bは環状構造を持たず、反応は完全に進行するものとする。