



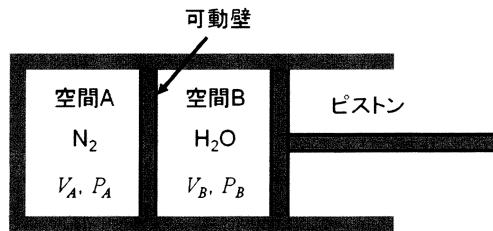
アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。原子量が必要なときは次の値を用いよ。

H=1.0, C=12, N=14, O=16, Zn=65.4

I 次の文章を読んで、設問(1)~(7)に答えよ。気体は実在気体であるが、窒素はすべての条件下で、水蒸気は下線②の現象が観察されるまで、それぞれ理想気体としてふるまう。

常に 100°C に保たれ、壁の両面で圧力がつりあうようになめらかに動く可動壁と、ピストンで区画された二つの密閉空間 A, B をもつ、図に示した容器を使って次のような実験をおこなった。空間 A には窒素 N_2 を、空間 B には水 H_2O をそれぞれ封じ込めた。空間 A, B の体積をそれぞれ V_A, V_B , 圧力を P_A, P_B で表す。最初の状態では① $V_A=20\text{L}$, $P_A=5.065 \times 10^4 \text{ Pa}$, また $V_B=20\text{L}$, $P_B=5.065 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。十分な時間をかけて、ピストンを押し込んで V_B を変化させた。② P_B が $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ に達したとき、空間 B ではある現象が観察された。ここからさらにピストンを押し込んで V_B を変化させた。しばらくピストンを押し込み続けると、③ V_B はある値より変化しなくなった。

Text here



図

設問(1): 下線①について、空間 A には窒素は何 g あるか。有効数字 2 桁で解答せよ。導出過程も示せ。

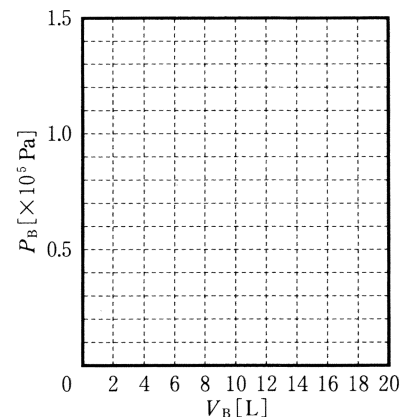
設問(2): 下線②で観察されたのはどのような現象か。句読点を含め、30字以内で記せ。

設問(3): 次の文中の空欄 [ア]・[イ] に当てはまるもっとも適当な語を記せ。

下線②で観察された現象は、水蒸気が理想気体ではないから起こる。気体が理想気体としてふるまうためには、気体分子自身に [ア] がなく、かつ気体分子の間に [イ] が働かないことが必要である。

設問(4): $V_B=14\text{L}$ のとき、 P_B の値は何 Pa か。有効数字 2 桁で解答せよ。

設問(5): V_B を 20L から 2L まで変化させる過程における P_B と V_B の関係を、 V_B を横軸に P_B を縦軸にとったグラフで図示せよ。また、 $V_B=14\text{L}$ におけるグラフ上の点を ×印で示せ。

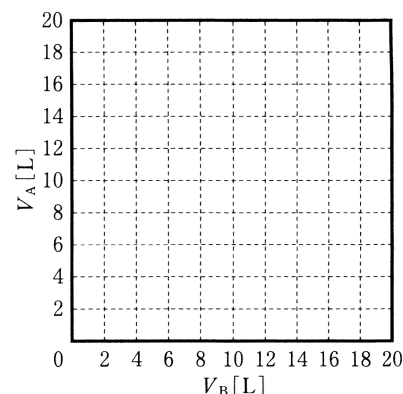


電話: 400-6321-400/13601043104(微信) QQ: 1925811302

地址: 北京市海淀区海淀路北大资源东楼 1433 室



設問(6): V_B を 20L から 2L まで変化させる過程における V_A と V_B の関係を、 V_B を横軸に V_A を縦軸にとったグラフで図示せよ。



設問(7): 下線③で V_B が変化しなくなったとき、 V_B の値は何Lか。有効数字 2 桁で解答せよ。導出過程も示せ。このとき、空間 B に存在する水の密度は 0.96 g/cm^3 である。

Ⅱ 問 1 次の文章を読んで、設問(1)~(5)に答えよ。ただし反応過程において容器の温度は一定であり、加えた固体の体積およびその昇華は無視できる。また、気体は理想気体である。

n モルの CO_2 をピストンで密閉された高温の容器に封じ込めたところ、ピストンはなめらかに移動し、容器内の圧力が外の圧力 P_0 とつりあった。ピストンの位置を固定し、容器内に十分な量の固体炭素 C を加えたところ、次の反応によって CO が生成し、十分時間が経過した後に平衡状態となった。



平衡状態における CO_2 、CO の分圧をそれぞれ $P(\text{CO}_2)$ 、 $P(\text{CO})$ 、また圧平衡定数を K_p とすると、

$$K_p = \frac{P(\text{CO})^2}{P(\text{CO}_2)}$$

が成り立つ。圧平衡定数 K_p は温度が一定であれば一定値を示す。

設問(1): CO_2 が反応した割合を α ($0 < \alpha < 1$) としたとき、容器内の CO_2 と CO の物質量を記せ。

設問(2): 下線における容器内の気体の全圧を α と P_0 を用いて記せ。

設問(3): 下線における α を P_0 と K_p を用いて記せ。

設問(4): 下線の状態で、ピストンを自由に動けるようにすると、式 [1] に示す平衡はどのように変化するか。もっとも適切な記述を次のア~ウのなかから一つ選び、その記号を理由とともに記せ。

- ア 平衡は左に移動する。
- イ 平衡は移動しない。
- ウ 平衡は右に移動する。

設問(5): 下線の状態で、ピストンの位置を固定したまま容器に気体のアルゴンを加えることによって全圧を増加させると、式 [1] に示す平衡はどのように変化するか。もっとも適切な記述を次のア~ウのなかから一つ選び、その記号を理由とともに記せ。

- ア 平衡は左に移動する。
- イ 平衡は移動しない。
- ウ 平衡は右に移動する。

問 2 次の文章を読んで、設問(1)~(5)に答えよ。



电话: 400-6321-400/13601043104(微信) QQ: 1925811302

地址: 北京市海淀区海淀路北大资源东楼 1433 室



①鉄を主成分とする触媒を用いて、窒素を高温高压で水素と反応させると、アンモニア NH_3 が生成する。アンモニアは工業的に重要な中間製品である。たとえば、硝酸 HNO_3 はアンモニアから次のような段階の反応を経て工業的に製造される。

②白金を触媒としてアンモニアを高温の酸素と反応させると、一酸化窒素 NO が生成する。一酸化窒素は、さらに酸素と反応して二酸化窒素 NO_2 となる。③二酸化窒素を水と反応させると硝酸が得られる。一酸化窒素や二酸化窒素は、大気汚染の原因物質である窒素酸化物 NO_x の主な成分である。

アンモニアを高温で二酸化炭素と反応させると、脱水縮合が起こって尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ が生成する。尿素は、石油などの燃料を燃焼させたときに発生する排ガス中の、窒素酸化物を浄化する装置に使われる。たとえばディーゼルエンジン自動車では、尿素の水溶液を高温の燃焼排ガス中に噴霧することで、尿素を加水分解してアンモニアを生成させる。アンモニアは、式〔1〕の反応に従って一酸化窒素を窒素に還元する。

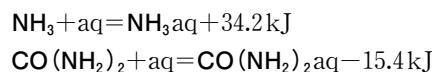


設問(1)：下線①の反応を使った工業的方法の名称を記せ。

設問(2)：下線②および③の反応過程をそれぞれ化学反応式で記せ。

設問(3)：式〔1〕の反応によって、一酸化窒素 1.0kg を分解するのに必要なアンモニアを生成させるには、尿素何 kg が必要か。有効数字 2 桁で答えよ。

設問(4)：アンモニアおよび尿素を水に溶解した時の熱化学反応式は、それぞれ下のように表示される。アンモニア 17g と尿素 15g の混合物を 20℃ の水に溶解して水溶液 1.0kg を作る時、得られる水溶液の温度は何℃か、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、この水溶液 1g の温度を 1K 上昇させるのに必要な熱量は 4.2J である。外部との熱の出入りはないものとせよ。



設問(5)：下線①および②の反応で使われるように、触媒が反応速度を大きくし反応を進みやすくさせるのはなぜか。その理由を 30 字以内で記せ。句読点も字数に含める。

Ⅲ 問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

ダニエル電池は、 $(-)\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4\text{aq} \mid \text{CuSO}_4\text{aq} \mid \text{Cu}(+)$ で表わされ、亜鉛板と硫酸亜鉛 ZnSO_4 水溶液からなる部分と、銅板と硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液からなる部分とが、素焼き板などで区分されて構成されている。

一般に電池は、金属板を電解質の水溶液に浸した二つのユニット **A** と **B** を、次の図に示すように塩橋で接続して作ることができる。塩橋は、塩化カリウム KCl など塩の水溶液を寒天などで固めて入れた管であり、溶液どうしを電気的に接続する役目をはたす。このような電池を使って、金属のイオンになりやすさを知ることができる。2 種類の金属板を用いた電池では、一般にイオン化しやすい金属からなるユニットが負極となる。



電話：400-6321-400/13601043104(微信) QQ: 1925811302

地址：北京市海淀区海淀路北大资源东楼 1433 室

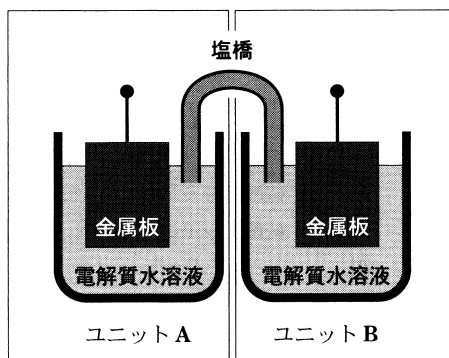


図 ユニットの組み合わせた電池

設問(1)：ダニエル電池が放電しているときの反応をイオン反応式で記せ。

設問(2)：ダニエル電池が965C放電した時、Zn板の質量は何g変化するか。増加には+，減少には-の符号をつけ，有効数字2桁で求めよ。

設問(3)：下の表中に記号(a)で表した組み合わせからなる電池は，電流がユニットBからユニットAに向かって流れる。電池が放電しているとき，ユニットBの金属板表面で観察される現象を，句読点を含めて25字以内で記せ。

設問(4)：下の表中に記号(b)～(f)で表した組み合わせの中には，どちらかのユニットが不適切であるため，電流を継続的に取り出すことができないものが含まれている。該当するもの一つを選び，その記号と不適切である理由を簡単に記せ。

設問(5)：ユニットAとしてヨウ化カリウムKI水溶液と白金板，ユニットBとして過マンガン酸カリウムKMnO₄，硫酸酸性水溶液と白金板からなる，下の表中に記号(g)で示した組み合わせの電池を放電させた。このとき負極および正極で起こる反応を，電子e⁻を使ったイオン反応式で記せ。

表 ユニットの組み合わせ

記号	ユニットA		ユニットB	
	金属	水溶液中の溶質	金属	水溶液中の溶質
(a)	Al	硫酸アルミニウム	Pt	硫酸
(b)	Al	硫酸アンモニウム	Fe	硫酸鉄(II)
(c)	Al	エタノール	Fe	硫酸鉄(II)
(d)	Fe	硫酸	Cu	硫酸銅(II)
(e)	Fe	硫酸	Cu	硫酸
(f)	Pt	ベンゼンスルホン酸	Fe	硫酸鉄(II)
(g)	Pt	KI	Pt	KMnO ₄ と硫酸

問2 ある16族元素とその化合物に関する次の文を読んで，設問(1)～(4)に答えよ。文中の物質の状態は，1×10⁵Pa，25℃におけるものである。

物質(a)は，一部の温泉水や火山ガスに含まれ，タンパク質の腐敗によっても発生する「卵の腐ったような」悪臭と毒性を有する無色の気体である。物質(b)は，黄色の固体(c)の燃焼によって生じる刺激臭と毒性を有する無色の気体である。(a)の水溶液に(b)を吹き込むと(c)が析出する。(b)は水溶液中で弱酸を生じる。①過酸化水素H₂O₂水に(b)を吹き込むと(d)の水溶液が生成する。②(d)の水溶液にある金属の薄片を加えると，上方置換で集めることができる気体と金属イオンが生成する。

(a)および(d)の水溶液は，それぞれ金属イオンを調べるために用いることができる。[ア]を(a)の水溶液に加えると沈殿



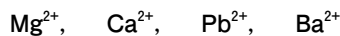
が生じる。イ、ウ、エを(a)の水溶液に加えても沈殿は生じない。イとウは、(d)の水溶液に加えると沈殿が生じる。

設問(1)：下線①の化学反応式を記せ。

設問(2)：(a)、(c)、(d)のいずれにも含まれる原子について、それぞれの物質における酸化数を記せ。

設問(3)：下線②に示す反応が起こらない金属と(d)を反応させて、下方置換で集めることができる気体の発生を伴い、金属イオンを生成することができる。この実験に使用できる金属を一つあげ、反応を起こすための条件を記せ。

設問(4)：文中の空欄ア～エに当てはまる、もっとも適当な金属イオンを下の中から一つずつ選べ。イとウの順序は問わない。



IV 次の文章を読んで、設問(1)～(7)に答えよ。

現代の社会は、石油化学工業の製品である多数の有機化合物を利用して成り立っている。石油の熱分解で得られる①二つの二重結合をもつ炭化水素の1種であるプロペンは工業原料として重要であり、さまざまな分子を付加させて多様な化合物へと変換できる。酸触媒などを使って②プロペンの二重結合に水を付加させると化合物(a)が得られる。(a)を酸化すると化合物(b)を合成できる。(a)または(b)に③水酸化ナトリウム NaOH 水溶液とヨウ素 I₂ を作用させると、特有のにおいをもった黄色沈殿が生成する。この沈殿をろ別し、そのろ液を酸性にすると酢酸が得られる。また、触媒を用いてプロペンにベンゼンを付加させた化合物(c)を、酸化後、希硫酸で分解すると、樹脂材料として広く用いられる化合物(d)が生成し、同時に(b)が副生する。プロペンはプラスチックの材料としても重要であり、単独で付加重合させると熱可塑性樹脂である高分子化合物(e)が得られる。しかし近年、石油資源の枯渇が問題となるなかで、これらの工業原料を代替し持続的に利用できる新たな再生可能材料と、その生産プロセスの開発が強く求められている。

設問(1)：下部①で示される炭化水素を総称して何というか答えよ。

設問(2)：プロペンには構造異性体が存在する。この構造異性体の構造式を記せ。

設問(3)：下線②の反応では、(a)が得られるほかに、構造異性体(f)が得られる可能性がある。それぞれの構造式を記せ。

設問(4)：化合物(b)の示性式を示すとともに、(b)に対して下線③の反応を行ったときの化学反応式を記せ。

設問(5)：(c)および(d)の化合物名をそれぞれ記せ。

設問(6)：高分子化合物(e)の構造式を記せ。

設問(7)：プロペンを酸性の過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 溶液中で酸化すると、酢酸とギ酸が生成する。この酸化反応を使って、炭素数が6の炭化水素(g)からナイロン66 (6,6-ナイロン) の原料であるアジピン酸を合成できる。アジピン酸および(g)の構造式を記せ。

V 次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。ただし、水素結合を表記する場合は点線で示すこと。

フッ化水素 HF は、フッ素原子の ア が大きく、水素原子の ア との差が大きいため、①極性の大きな分子となっている。そして、HF の正に帯電した水素原子と、他の HF の負に帯電したフッ素原子とが、静電気力により分子間で引き合っている。このように、分子の中の正に帯電した水素原子が、その水素原子と直接共有結合していない ア の大きな F、O、N などの原子と静電気力で引き合い、水素原子をなかだちとして生じる結合を水素結合という。例えば、水分子 H_2O では、強い水素結合のため、小さい分子量であるにもかかわらず高い沸点を示す。また、②タンパク質では、水素結



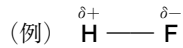


合を使って α -ヘリックスや β -シートなどの構造を形成する。これらの構造は、タンパク質の高次構造のうちでも **イ** と呼ばれている。

設問(1): 空欄 **ア** ・ **イ** にもっとも適当な語句を記せ。

設問(2): H_2O および二酸化炭素 CO_2 の電子式を書け。

設問(3): 下線①に関連して、 H_2O は極性分子であるのに対し、 CO_2 は無極性分子である。これは H_2O と CO_2 は分子の形が異なるためである。このことがわかるように H_2O と CO_2 の分子の形の違いを図示せよ。また、それぞれの原子の上に、個々の結合における電荷の偏りを、下の HF の例を参考に $\delta+$ 、 $\delta-$ を用いて示せ。



設問(4): 安息香酸は水素結合を介して二量体を形成する。この二量体の構造を、構造式を使って記せ。

設問(5): タンパク質中に存在するアラニンの構造を下に示す。下線②に関連して、この構造がタンパク質の高次構造の形成に関与する場合、点線で囲んだ原子団 **I** ~ **IV** のうち、水素結合の形成に関与するものをすべて選べ。さらに、図のアラニンの構造二つを使って、アラニンどうしで形成される水素結合を図示せよ。

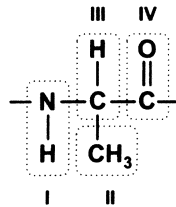


図 タンパク質中のアラニンの構造

設問(6): タンパク質の高次構造の形成には、アミノ酸どうしのペプチド結合および水素結合以外に、二つのシステインどうしからなる共有結合もかかわっている。この結合の名称を答えよ。また、グリシンとシステインからなるジペプチドを使って、その共有結合を含む構造式を一つ記せ。ただし、アミノ酸は $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ であり、 R はグリシンでは H 、システインでは CH_2SH である。



電話: 400-6321-400/13601043104(微信) QQ: 1925811302

地址: 北京市海淀区海淀路北大资源东楼 1433 室