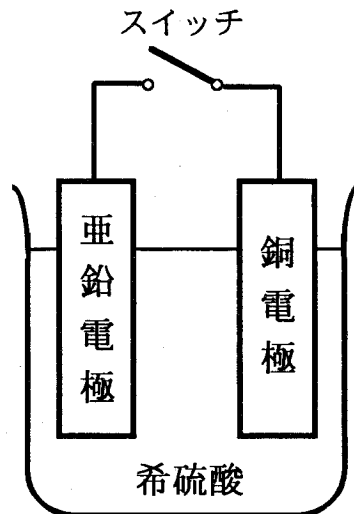
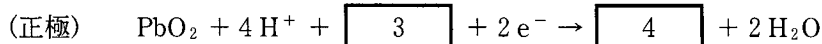
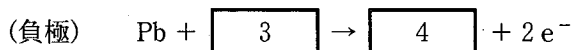


I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

1800年イタリアのボルタは、銅の円盤と亜鉛の円盤を張りあわせ、塩水で濡らした厚紙をはさんで何層にも積層し、一番上の金属と一番下の金属を導線でつなぐことによって、化学物質から連続的に電気エネルギーを取りだすことに成功した。⁽¹⁾これと同様の原理によるボルタ電池を下図に示すが、図のようにスイッチが開いているときは、希硫酸中の亜鉛電極の表面では が発生しながら亜鉛が溶解する。スイッチを閉じると、亜鉛電極から銅電極に向かって導線の中を が流れる。それぞれの電極では酸化反応と還元反応が別々に起こり、負極では の酸化が、正極では の還元が起こる。このボルタ電池を放電させると、負極の質量が減少する。⁽²⁾

ボルタ電池やマンガン乾電池のように放電しかできない電池を一次電池とよび、放電・充電を繰り返して使うことのできる電池を二次電池とよぶ。典型的な二次電池は、正極に酸化鉛(IV)、負極に鉛、電解液に約30%の希硫酸を用いる鉛蓄電池である。放電時においては次の反応が起こる。





放電によって起電力が低下したときには、外部電源を使って放電時と逆の方向に電流を流せば、放電時と逆の反応がすみやかに起こり、電池は放電前の状態に戻るので、⁽³⁾繰り返し放電・充電を行うことができる。

問 1 下線部(1)とは反対に、電気エネルギーを使って化学物質を変化させることを一般に何というか。

問 2 空欄 , にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

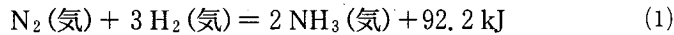
問 3 空欄 ~ にあてはまる物質の化学式またはイオン式を書きなさい。

問 4 下線部(2)で、平均 0.10 A の電流で 1.0 時間放電させた場合、減少した負極の質量は何 g か、四捨五入して有効数字 2 けたで答えなさい。ただし、流れた電気量のすべてが負極の金属の溶解に使われたとする。

問 5 下線部(3)のようなことは、ボルタ電池では起こらない。放電時に鉛蓄電池の電極表面で観測される変化を考慮して、下線部(3)の理由を 60 字以内で説明しなさい。

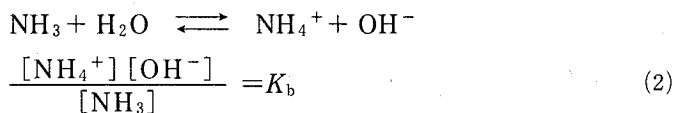
II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

アンモニアは、化学肥料などの原料となる重要な物質で、工業的には と呼ばれる方法により、窒素と水素から直接合成される。このときの反応は、次の熱化学方程式で示されるように、熱の発生をともなうため、平衡状態における気体混合物中のアンモニアの含有率は温度が なるほど少なくなる。



アンモニア分子は、窒素原子を頂点とする の形をしているため、全体として極性分子である。また、その窒素原子は をもっているため、これを他の陽イオンに与えて結合することができる。このようにしてできる結合を という。たとえば、アンモニアが水素イオン H^+ と結合するとアンモニウムイオンが生じ、 Ag^+ や Cu^{2+} などの金属イオンと結合すると一般に と呼ばれる複雑な組成のイオンが生じる。 Cu^{2+} を含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると青白色の沈殿が生じるが、さらに過剰のアンモニア水を加えると、この沈殿が溶けて深青色の溶液となるのは、 Cu^{2+} の が生じるからである。

アンモニア水では次の電離平衡が成り立っており、各成分の濃度を $[\text{NH}_3]$ など で表現すると、電離定数 K_b は(2)式で表される。



溶解したアンモニアの濃度を $c \text{ mol/l}$ 、電離度を α とすると、 $[\text{NH}_3]$ は

で表されるので、(2)式は次のようになる。

$$\frac{\text{イ}}{\text{ア}} = K_b$$

アンモニアのような弱塩基では α が極めて小さいため、 は に等しいとみなしてよいので、 $\alpha = \text{エ}$ が得られ、 $[\text{OH}^-]$ は c と K_b を含む簡単な式で表される。したがって、水のイオン積 ($K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$) を用いると、アンモニア水の pH が計算できる。

問 1 空欄 ~ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部(1)の変化を、イオン反応式で示しなさい。

問 3 $\text{N}\equiv\text{N}$ と $\text{H}-\text{H}$ の結合エネルギーは、それぞれ 946 kJ/mol と 436 kJ/mol である。これらの数値と熱化学方程式(1)を用いて $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギー (kJ/mol) を計算し、四捨五入して有効数字 3 けたで答えなさい。

問 4 空欄 ~ にあてはまる適切な式を記入しなさい。

問 5 下線部(2)について、 0.18 mol/l のアンモニア水の pH を計算し、四捨五入して小数第一位まで求めなさい。ただし、 25°C では、 $K_b=1.8\times 10^{-5} \text{ mol/l}$ 、 $K_w=1.0\times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ 、 $\log_{10}1.8=0.26$ とする。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点20点)

分子式 C_3H_6O で表される鎖式化合物には、安定な4種類の異性体 **A**、**B**、**C**、**D**が存在する。

化合物 **A**、**B**、**C**、**D**の1 atmにおける沸点を調べたところ、それぞれ $56^\circ C$ 、 $48^\circ C$ 、 $97^\circ C$ 、 $5^\circ C$ であった。エタノール、アセトアルデヒド、ジメチルエーテルの沸点が、それぞれ $78^\circ C$ 、 $20^\circ C$ 、 $-25^\circ C$ である⁽¹⁾ことを参考にすると、化合物 **C**はアルコールに分類され、化合物 **D**は に分類される。

化合物 **A**、**B**はともに 基をもっている。これらの化合物を区別するために、ヨードホルム反応と銀鏡反応を行った。ヨードホルム反応に対しては、化合物 **A**のみが陽性であり、銀鏡反応に対しては、化合物 **B**のみが陽性であった。

さらに、化合物 **B**をニクロム酸カリウムの硫酸酸性溶液で酸化すると、分子式 $C_3H_6O_2$ で表される化合物 **E**になった。また、化合物 **C**に対して水素付加反応をおこなうと、分子式 C_3H_8O で表される化合物 **F**になった。化合物 **E**、**F**の混合物に少量の硫酸を加え加熱すると、芳香をもつ化合物 **G**が主生成物として得られた。

問1 空欄 、 にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

問2 化合物 **A**～**D**の構造式を、記入例にならって書きなさい。

問3 下線部(1)において、エタノールの沸点が、アセトアルデヒド、ジメチルエーテルの沸点より高いのはなぜか。その理由を30字以内で説明しなさい。

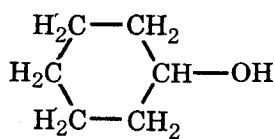
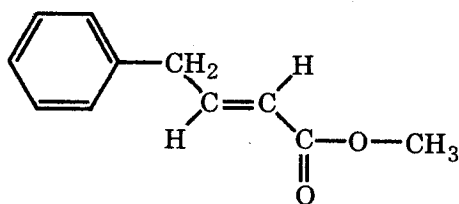
問4 化合物 **G**の構造式を、記入例にならって書きなさい。

問5 分子式 C_3H_6O で表される鎖式化合物には、**A**、**B**、**C**、**D**以外に、いくつかの不安定な異性体も考えられる。化合物 **H**はそのひとつであるが、不安定であるので、ただちに化合物 **A**に変化する。化合物 **H**の構造式を、記入例にならって書きなさい。ただし、化合物 **H**が化合物 **A**に変化する反応は、ビニルア

ルコールが不安定であるので、ただちにアセトアルデヒドに変化する反応と同様である。

問 6 分子式 C_3H_6O で表される化合物には、環式化合物も存在する。その可能なすべての異性体の構造式を、記入例にならって書きなさい。ただし、光学異性体は区別しなくてよい。

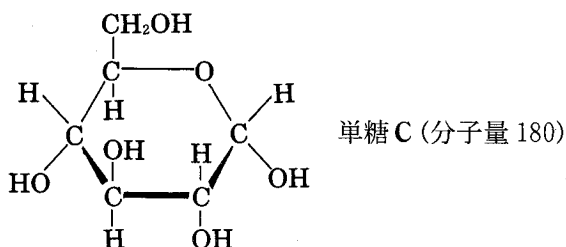
構造式の記入例



IV 次の文章は、グルコース、スクロース、セルロース、デンプン、フルクトース、マルトースについて記述したものである。これを読んで、問1～5に答えなさい。(配点17点)

多数の単糖類が 結合でつながった化合物を多糖類とよび、A、Bが代表的である。Aはらせん構造であるが、Bは鎖状にまっすぐに伸びた構造をしている。

Bに酢酸、無水酢酸および少量の濃硫酸の混合物を加え、すべてのヒドロキシル基を反応させると、写真のフィルムの材料として用いられる化合物が得られる。⁽¹⁾ Bは希硫酸などの酸と長時間加熱すると単糖Cに変化する。この単糖Cの α 体は下図に示す構造をしている。Cは酵素チマーゼの働きで、 と呼ばれる過程を経て分解する。この反応は古くから酒造りに利用されてきた。D、Eは二糖であり、酸または酵素を加えて加水分解したものにはCが含まれる。Dは還元性を示さないが、酵素で加水分解すると、還元性を示すCとFが生じる。一方、Eは還元性を示し、Aを酵素で加水分解すると生じる。



- 問1 化合物A、B、C、D、E、Fの名称を書きなさい。
- 問2 空欄 , にあてはまる適切な語句を記入しなさい。
- 問3 AとBを見分けるための代表的な反応の名称を記しなさい。また、その反応がAとBのどちらで起こるか、解答欄のAまたはBの記号を○で囲みなさい。
- 問4 Bを部分的に加水分解して得られた重合度の低い鎖状化合物は、下線部⁽¹⁾の反応によって、平均分子量2262の化合物Gに変化した。化合物Gの平均重合度を計算し、四捨五入して有効数字2けたで求めなさい。ただし、鎖状構造の両末端のヒドロキシル基も反応しているものとする。
- 問5 の過程の反応式を書きなさい。