

(平 26 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～13
生 物	14～26
地 学	27～32

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

化 学

計算のために必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0 S 32.0 Pb 207

気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

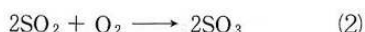
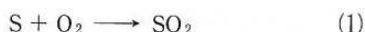
絶対零度： -273°C

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

化石燃料の燃焼(人為起源)や火山活動(自然起源)などにより放出される窒素酸化物や硫黄酸化物などの気体は、大気中で光化学反応などの化学変化を起こし、硫酸や硝酸となって降水に溶解込み、酸性雨になると言われている。

窒素酸化物は、空気中に排出される段階では一酸化窒素であることが多いが、大気中で酸化されて二酸化窒素になる。二酸化窒素は冷水と反応して硝酸と亜硝酸を生成し、^(ア)温水との反応では硝酸と一酸化窒素を生成する。こうして生じた硝酸が^(イ)酸性雨の原因となる。工業的に硝酸を生成するオストワルト法では、アンモニアと空気の混合気体を約 800°C に加熱した白金^(ウ)の網に通して一酸化窒素を生成し、さらに空気中の酸素で二酸化窒素に酸化して、下線(イ)の反応を利用して硝酸を合成している。

硫黄酸化物は、空気中に放出される段階で二酸化硫黄であることが多い。二酸化硫黄は水と反応して亜硫酸を生成するか、酸化されて三酸化硫黄になってから水と反応して硫酸を生成する。こうして生成した亜硫酸や硫酸も酸性雨の原因となる。工業的に硫酸を生成する接触法(接触式硫酸製造法)では、以下の(1)～(3)の反応式で示すように、硫黄を燃焼させて二酸化硫黄を生成し、二酸化硫黄を酸化バナジウム^(エ)(V)の存在下で $400\sim 600^\circ\text{C}$ に加熱して空気中で酸化して三酸化硫黄とし、さらに水と反応させて硫酸を生成する。



問 1 下線(ア)の化学反応式を書きなさい。

問 2 下線(イ)の化学反応式を書きなさい。

問 3 下線(ウ)と下線(エ)の物質は反応に対してある役割を持つ。これらの物質は何と呼ばれるか答えなさい。また、その特徴を 40 字以内で説明しなさい。

問 4 298 K, 10^5 Pa における二酸化硫黄と三酸化硫黄の生成熱は、それぞれ、297 kJ/mol と 396 kJ/mol である。これらの値から化学反応式(2)の反応熱を答えなさい。導出の過程も示しなさい。

問 5 反応式(2)で表される反応は可逆反応であり、時間が経過すると化学平衡に達する。容積 V (L) の容器に二酸化硫黄 a (mol) と酸素 b (mol) を入れて反応させたところ、酸素が x (mol) 減少して平衡になったとする。このとき、以下の設問に答えなさい。なお、気体はすべて理想気体とする。

(A) 平衡における二酸化硫黄、酸素、三酸化硫黄の物質量を a , b , x で表しなさい。

(B) 濃度で表した平衡定数 K を V , a , b , x を用いて表しなさい。平衡定数 K の単位も書きなさい。

(C) $a = 2b$, $x = \frac{b}{2}$ の場合について計算し、平衡定数 K を V , b を用いてできるだけ簡単な式で表しなさい。

(D) 下線(オ)の平衡状態から温度一定で気体を圧縮して体積を半分にした。二酸化硫黄の量は(増加する・減少する・変わらない)のうちどのようになるかを、(C)の結果をもとに答えなさい。

(E) 下線(オ)の平衡状態から圧力一定で温度を上昇させた。二酸化硫黄の量は(増加する・減少する・変わらない)のうちどのようになるかを、問 4 の結果をもとに答えなさい。

Ⅱ 蓄電池は充電と放電によって、電気エネルギーと物質がもつ化学エネルギーとを繰り返し変換する装置であり、最近ではリチウムイオン電池が広く普及している。しかし、リチウムイオン電池から短時間に大きな電流を取り出すことはまだ難しく、自動車の起動用電源などとして鉛蓄電池が広く用いられている。鉛蓄電池について問 1 ～ 4 に答えなさい。ただし、ファラデー定数は $9.60 \times 10^4 \text{ C/mol}$ として計算しなさい。(配点 18 点)

問 1 鉛蓄電池の電極には鉛と二酸化鉛が、電解質溶液には硫酸水溶液が用いられる。蓄電池を放電させる(電池から電流を取り出す)際の二酸化鉛電極の反応式を示しなさい。また、その反応は酸化反応または還元反応のいずれであるか答えなさい。

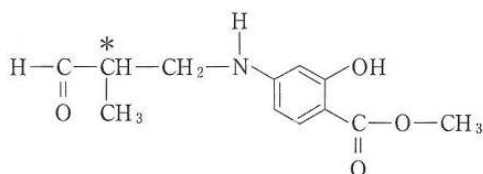
問 2 ある自動車に使用されている市販の鉛蓄電池の電気容量をしらべると「40 Ah」と表示されていた。これは 40 A の電流を 1 時間取り出し続けることができるという意味である。この蓄電池から 40 A の電流を 1 時間取り出した場合、反応する鉛および二酸化鉛の質量をそれぞれ有効数字 3 けたで計算しなさい。

問 3 この蓄電池を放電させる前の電解質溶液は濃度 5.00 mol/L の硫酸水溶液 600 g (密度: 1.30 g/cm^3) であった。問 2 のように放電させた後の電解質溶液の硫酸濃度を重量%を用いて有効数字 3 けたで求めなさい。導出の過程も示しなさい。

問 4 鉛蓄電池の電解質溶液には硫酸水溶液が使われているが、同様に電流をよく流す電解質である硝酸を硫酸の代わりに使用することはできない。その理由を答えなさい。

- Ⅲ 以下の文章(a)～(h)を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。なお構造式は下記の例にならって書きなさい。(配点 20 点)

[構造式の記入例]



(*印は不斉炭素原子を表す)

- (a) 化合物 A (分子式 $C_{10}H_{12}O_2$) は不斉炭素原子が 1 個あるベンゼン環を含有する化合物であり、エステル結合を有する。
- (b) 化合物 A を塩基によって加水分解した後、中和すると化合物 B と化合物 C が得られ、化合物 C にのみ不斉炭素原子が 1 個あった。
- (c) 化合物 B をアセチレンに付加させると化合物 D が生成した。
- (d) 化合物 D を塩基によって加水分解した後、中和すると化合物 E が生成した。
また、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いてエタノールを酸化しても化合物 E が生成した。化合物 E をさらに酸化すると化合物 B が生成した。
- (e) 化合物 E をフェーリング溶液に加えると、青色の溶液から赤色の沈澱が生成した。
(ア)
- (f) 2 mol の化合物 B を脱水剤と加熱すると 1 mol の化合物 F が生成した。化合物 F にアニリンを作用させると化合物 G と化合物 B が生成した。
- (g) 化合物 C を酸化すると化合物 H が得られた。NaOH 水溶液に化合物 H とヨウ素を加えたところヨードホルム (CHI_3) が生成した。この反応溶液を中和すると化合物 I が得られた。化合物 I はトルエンを酸化して得ることもできた。
- (h) 化合物 C の分子内脱水反応により化合物 J (分子式 C_8H_8) が生成し、J に不斉炭素原子は存在しなかった。

問 1 下線(ア)で生じた赤色の沈澱の化合物名と化学式を書きなさい。

問 2 化合物 **D** と化合物 **F** の化合物名を書きなさい。

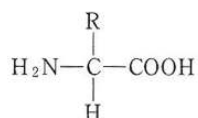
問 3 化合物 **E** と化合物 **G** の構造式を書きなさい。不斉炭素原子があれば*印を付記しなさい。

問 4 化合物 **I** と化合物 **J** の化合物名を書きなさい。

問 5 化合物 **H** と化合物 **A** の構造式を書きなさい。不斉炭素原子があれば*印を付記しなさい。

IV アミノ酸水溶液に関する以下の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

α -アミノ酸は以下の一般式で表される。



ここで、Rとして以下の置換基が知られており、25℃における水180gに対する溶解度と分子量は下表のとおりである。

R	名 称	水 180 g に対する溶解度 [g]	分子量
H	グリシン	45	75
CH ₃	アラニン	30	89
CH ₂ OH	セリン	68	106
CH ₂ C ₆ H ₅	フェニルアラニン	5.3	165
CH ₂ COOH	アスパラギン酸	0.90	133
CH ₂ CH ₂ COOH	グルタミン酸	1.5	147
CH(CH ₃) ₂	バリン	16	117
CH ₂ CH(CH ₃) ₂	ロイシン	3.9	131

アミノ酸のような不揮発性溶質を溶解した水溶液の蒸気圧 p は、式(1)のように純水の蒸気圧 p^* に比べて低下する。

$$p = xp^* \quad (1)$$

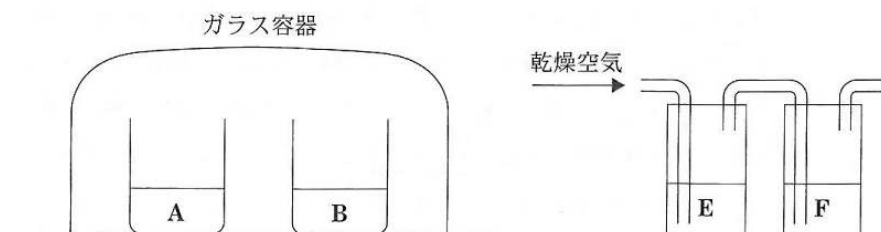
ここで x は溶液中の水のモル分率であり、水の物質質量/(水の物質質量+溶質の物質質量)で与えられる。以下の実験を25℃でおこなった。この温度での p^* は $3.2 \times 10^3 \text{ Pa}$ である。

純水 180 g にアラニン 17.8 g を加えた溶液 A と、純水 180 g にセリン 10.6 g を加えた溶液 B を準備した。このとき溶液 A の x は ア となり、 p は

イ Pa となる。溶液 A と B をそれぞれ別の 500 mL ビーカーに注ぎ、ガラス容器をかぶせて下図左のように密閉すると水は(A から B・B から A)へ移動する^①。水は両溶液の蒸気圧が等しくなるまで移動するから、水の移動量 y (mol) は式 (1) を用いて求めることができる。

同様に、180 g の純水 C と、180 g の純水にフェニルアラニン 21.2 g 加えた溶液 D にガラス容器をかぶせて密閉すると、水の移動にともな^②って D 中に溶解しているフェニルアラニンの濃度は(増加する・減少する・変わらない)。

次に、表中のアミノ酸のうち一種類を選び、その 2.6 g を純水 180 g に溶解した溶液 E を密栓した容器に入れた。180 g の純水 F を同様の容器に封入して、下図右のように二つの容器をチューブで連結した。チューブの左端から乾燥空気を、それぞれの溶液と平衡になるように、ゆっくり吹き込んだところ、E の質量は 1.2 g 減少し、F の質量は 0.0024 g 減少した。この結果から、E に溶解したアミノ酸の分子量は ウ であり、そのアミノ酸が エ であったことがわかる。



問 1 ア と イ にあてはまる数値を有効数字 2 けたで求めなさい。

問 2 下線部①、②で正しい語句をそれぞれ選びなさい。

問 3 物質質量 y を有効数字 2 けたで求めなさい。

問 4 ウ にあてはまる分子量を有効数字 2 けたで求め、エ に相当するアミノ酸を表から選びなさい。