

化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、～の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, K = 39.1,

Ni = 58.7, Cu = 63.6, Ag = 107.9, Au = 197.0, Pb = 207.2

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

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

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

すべての物質は原子からできている。原子は、正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない からできている原子核と、そのまわりをとりまく負の電荷をもつ電子で構成されている。原子中の陽子と電子の数は等しく、原子は電氣的に中性である。水や二酸化炭素のようにいくつかの原子が結びついてできた粒子を分子^①という。原子、分子、イオンなどが立体的に規則正しく繰り返し配列した固体を結晶^②という。結晶は、金属結晶、イオン結晶、分子結晶、共有結合の結晶に分類^③することができる。一方、ガラスのように粒子配置が不規則な固体を という。物質の固体、液体、気体の3つの状態を物質の三態といい、一般に温度や圧力を変化させると、状態変化が起こる。

問1 と に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部①の水について、氷を液体の水に加えると、氷は水に浮く。その理由を分子の配列の観点から2～3行で答えなさい。

問 3 下線部②の金属結晶について、ある金属は面心立方格子の結晶で、単位格子の一辺の長さが $3.61 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、原子 1 個の質量は $1.05 \times 10^{-22} \text{ g}$ である。以下の問いに答えなさい。問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

$$3.61^3 = 47.0, \quad 3.61^{-3} = 0.0213$$

- (1) 体積 1.00 cm^3 の結晶中にこの金属原子は何個含まれるか、有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) この金属結晶の密度は何 g/cm^3 か、有効数字 2 桁で答えなさい。
- (3) 11 族に属するこの金属が何かを答えなさい。

問 4 下線部③について、以下の(A)~(C)の性質と(ア)~(エ)の物質例をそれぞれの結晶にあてはまるものに分類し、解答欄に記号を記入しなさい。

性質：(A) やわらかくてもろい (B) 非常に硬いものが多い

(C) 昇華しやすいものがある

物質例：(ア) ダイヤモンド (イ) ヨウ素

(ウ) ナフタレン (エ) 二酸化ケイ素

問 5 温度 27°C 、大気圧下で、ある揮発性物質の液体 3 mL を内容積 100 mL のフラスコに入れ、小さな穴の開いたアルミ箔でふたをした。これを湯浴で加熱し、液体を完全に蒸発させ、フラスコ内をこの物質の気体のみで満たしたときの温度が 97°C であった。その後 27°C まで放冷し、凝縮した物質の質量を測定すると 0.276 g であった。大気圧を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ として、この物質の分子量を有効数字 2 桁で答えなさい。なお、 27°C におけるこの物質の蒸気圧は無視してよい。気体は理想気体としてあつかう。

2 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

愛媛県新居浜市にある別子銅山は283年間の操業期間で約65万トンの銅を産出し、日本の近代化に貢献した鉱山である。別子銅山から産出したのは黄銅鉱であり、以下の方法で純銅を生産した。

黄銅鉱を溶鉱炉で硫化銅(I)にした後、別の炉に移して熱風を送って酸素と反応させて精錬し粗銅を得た。粗銅を原料として電解精錬によって、純度99.99%以上の純銅を得た。

精錬の過程で発生した二酸化硫黄からは硫酸が合成された。別子銅山は銅の産出量減少に伴って1973年に閉山されたが、新居浜市にある住友金属鉱山株式会社では現在でも銅の電解精錬が行われている。

問1 下線部①の精錬過程について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 黄銅鉱の主成分と、硫化銅(I)の化学式を書きなさい。
- (2) 硫化銅(I)から銅を得る化学反応式を書きなさい。

問2 下線部②に用いられる粗銅は、種々の金属元素を不純物として含む。純度の高い銅を得るために、粗銅を陽極に、純銅板を陰極にして、硫酸銅(II)水溶液中で電解精錬を行う。いま、金、銀、ニッケルを不純物として含む粗銅200.00gを陽極にして、5.00Aの電流を13時間24分10秒流したところ、残った粗銅は120.00gであり、陽極泥などの不溶物が計0.750g得られた。以下の問いに答えなさい。

- (1) 電解精錬中の溶液中にイオンとして存在する主要な金属を元素記号で示しなさい。
- (2) 粗銅中の銅の質量%濃度を有効数字3桁で答えなさい。なお、粗銅中に元素は均一に分散しているものとし、電気分解の効率は100%と仮定する。計算の過程を示すこと。

問 3 下線部③について，発生する二酸化硫黄を環境に排出しなかった理由を
2～3行で答えなさい。

- 3 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。なお、電離平衡の式に関しては、第一段階の電離のみを考えなさい。

細胞培養は、恒温器の中に置かれた密閉していない容器に入れられた培養液という特殊な水溶液中で行われる。恒温器は、内部の二酸化炭素の分圧^①と温度を一定に保つことができる。二酸化炭素の分圧 5.00×10^3 Pa、温度 37°C に保たれた恒温器の中の培養液について考える。培養液には、炭酸水素ナトリウムとフェノールレッド^②が含まれている。なお、培養液中の他の試薬や成分の影響^③については考えなくてよいこととする。

問 1 下線部①と②の役割について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 二酸化炭素が水に溶け込んだ時の電離平衡の式を書きなさい。
- (2) 培養液中の炭酸水素ナトリウムの電離平衡の式を書きなさい。
- (3) 水に酸や塩基を少量加えるとその pH は大きく変動するが、培養液中では、pH はほぼ一定に保たれる。こうした作用をもつ水溶液の名称を答えなさい。

問 2 下線部③の物質を使用する目的について、次の文章の と に適切な語句を入れなさい。

細胞培養には、培養液中の pH が細胞にとって適切に保たれている必要がある。pH の値は を用いて測定することができるが、常に培養液の pH を測定し続けることは困難である。フェノールレッドは、メチルオレンジやプロモチモールブルー (BTB) などと同じ の一つである。フェノールレッドを添加しておくことで、培養液が適切な pH の範囲内に保たれているかを色調の変化によって常に知ることができる。

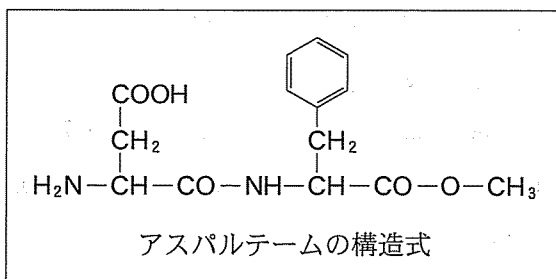
問 3 培養液の炭酸水素ナトリウムの濃度が $2.40 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 、恒温器内の二酸化炭素の分圧が $5.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の場合について、培養液の pH を以下の手順で求めなさい。なお、例えば物質 A のモル濃度は $[A]$ と表すものとする。気体はすべて理想気体としてあつかう。問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

$$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477, \log_{10} 5 = 0.699$$

- (1) 問 1 (1) で答えた電離平衡の電離定数 K を表す式を答えなさい。
- (2) 水のモル濃度はいずれの溶質の濃度よりもはるかに大きいので、ほぼ一定と見なすことができる。そこで、 $K[\text{H}_2\text{O}]$ を K_a とおく。 $\text{p}K_a = 6.08$ であるときのこの培養液の pH を有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、二酸化炭素の水に対する溶解度は 37°C 、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ において $2.40 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ であるとする。計算の過程を示すこと。

問 4 ある時、恒温器の故障で二酸化炭素の分圧が変化し、培養液の pH が通常より小さくなっていることに気がついた。培養液の pH が小さくなった理由を 2～3 行で答えなさい。解答には、気体の圧力と溶解度との関係を示す法則名を含めること。

- 4 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。なお、構造式は以下のアスパルテームの構造式にならって書きなさい。



カルボン酸とアルコールが反応すると、これらから水分子がとれてエステルが生成する。エステル化の例として、 と の混合物に濃硫酸を少量加えて熱すると、酢酸エチルが生じる反応がある。高級脂肪酸と とのエステルを^①油脂という。カルボン酸以外の酸もアルコールと縮合してエステルになる。例えば、 に濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、 の硝酸エステルである^②ニトログリセリンが生成する。エステル化のように、2つの官能基の間で水のような簡単な分子がとれて新しい共有結合を形成する反応を一般に 反応という。

一方、カルボン酸とアミンが反応するとアミドを生じる。アミドの合成例として、アニリンに無水酢酸を作用させると、 が生じる反応がある。 は、かつて解熱剤として用いられていたが、現在はその誘導体であるアセトアミノフェンが広く用いられている。アセトアミノフェンもアミドの一種であり、^③p-ニトロフェノールを還元してp-アミノフェノールをつくり、これに無水酢酸を作用させて合成される。また、アミノ酸どうしから生じるアミド結合を、特にペプチド結合という。人工甘味料のアスパルテーム(上図)は、アミノ酸の と が した化合物と とのエステル化により得られる。

問 1 ア ~ ク に適切な語句を入れなさい。

問 2 油脂 1 g を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量(単位: mg)の数値をけん化価という。下線部①について、ある油脂を水酸化カリウムでけん化すると、そのけん化価は 190.4 であった。構成する脂肪酸が 1 種類のみである場合、この油脂の分子量を整数値で答えなさい。また、この油脂を構成する脂肪酸の分子式を書きなさい。

問 3 下線部②のニトログリセリンの構造式を書きなさい。

問 4 下線部③の反応について、以下の問いに答えなさい。

- (1) アセトアミノフェンの構造式を書きなさい。
- (2) 反応に用いた *p*-ニトロフェノールの物質量の 85 % がアセトアミノフェンになった。9.0 g の *p*-ニトロフェノールから何 g のアセトアミノフェンが生成するか、有効数字 2 桁で答えなさい。

5 次の I, II の問いに答えなさい。

I. 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

セルロースは植物の細胞壁の主成分で、 β -グルコースが脱水縮合した **ア** 状のポリマーであり、その繰り返し単位は、 $C_xH_yO_z$ という組成式で表される。セルロースは、分子間に多数の **イ** が形成されており、水や有機溶媒に **ウ** , ヨウ素・デンプン反応を **エ** 。また、酵素セルラーゼによって分解し、二糖である **A** を生成する。

セルロースに、1)濃い水酸化ナトリウム水溶液、2) **B** , 3)薄い水酸化ナトリウム水溶液をこの順に作用させると **C** が得られる。これを希硫酸中に押し出すとセルロースが再生し、**C** レーヨンという再生繊維が得られる。

セルロースを、テトラアンミン銅(II)イオンを含む水溶液に溶解し、これを希硫酸中に押し出すとセルロースが再生する。これは、**D** とよばれる再生繊維である。

問 1 **ア** ~ **エ** に入る適切な語句を、以下の各語群からそれぞれ 1 つ選んで記号で答えなさい。

- | | | | |
|----------|------------|-----------|----------|
| ア | :(a) 直鎖 | (b) 網目 | (c) 環 |
| イ | :(a) 共有結合 | (b) イオン結合 | (c) 水素結合 |
| ウ | :(a) 溶けやすく | (b) 溶けにくく | |
| エ | :(a) 示す | (b) 示さない | |

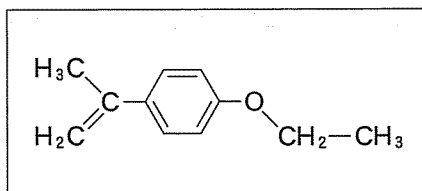
問 2 **A** ~ **D** に適切な化合物名、あるいは物質名を入れなさい。

問 3 下線部①の x, y, z の値(整数値)を答えなさい。

問 4 下線部②の溶液の名称を答えなさい。

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。なお、構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



生ゴムの主成分はイソプレンが付加重合した構造のポリマーであり、その主鎖に 型の炭素-炭素二重結合^①を含んでいる。生ゴムに数%の を加えて加熱すると分子間に架橋構造が生成し、弾性の高いゴムが得られる。この操作を という。また、30～40%の を用いて を行うと、 とよばれる硬い樹脂状の固体が得られる。

一方、同じくイソプレンの付加重合により得られるが、 型の炭素-炭素二重結合を有するものは とよばれ、弾性に乏しい硬い固体である。

合成ゴムは、イソプレンや、イソプレンに似た構造を有するブタジエンやクロロプレンといった化合物を原料として合成される。例えば、自動車のタイヤの原料として用いられているスチレン-ブタジエンゴムは、スチレンとブタジエン^②の共重合によって合成されるポリマーを することにより得られる。このようにして得られる合成ゴムは、ポリマーの主鎖中の炭素-炭素二重結合が酸化されることが原因で劣化し、ゴム弾性が失われる。そこで、不飽和結合を含まない合成ゴムも存在し、 と水を原料として合成される とよばれる合成ゴムはその一例である。

問1 ～ に適切な語句、あるいは物質名を入れなさい。

問 2 下線部①のイソプレンの構造式を書きなさい。

問 3 下線部②について，スチレンとブタジエンを重量比 39 : 61 で含む分子量が 5.3×10^5 の共重合体中に存在するベンゼン環の数を，有効数字 2 桁で答えなさい。