

○大学卒程度技術（化学）専門試験問題（科目Ⅰ～Ⅳより3科目選択）

科目Ⅰ

問1 有機フッ素化合物の一つである PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）は、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約の規制対象となっており、日本国内では、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律において、平成22年4月以降は特定の用途を除き製造・輸入・使用等が禁止されている。この PFOS に関する次の設問（1）及び（2）に答えなさい。

（1）PFOS は、直鎖状に単結合した炭素原子すべてにフッ素原子が結合している。PFOS 1 分子を構成するフッ素原子の個数を解答欄に記入しなさい。

（2）PFOS はスルホ基をもつ。また、PFOS と同様の構造をもち、末端がカルボキシ基であるものは、ペルフルオロオクタン酸と呼ばれる。スルホ基とカルボキシ基を示すものを以下の語群から選び、解答欄に番号を記入しなさい。

（語群）

① -OH	② -CHO	③ -COOH	④ -CONH ₂	⑤ -NH ₂	⑥ -NO ₂	⑦ -CN
⑧ -S-	⑨ -SS-	⑩ -SH	⑪ -SOH	⑫ -SO-	⑬ -SO ₂ -	
⑭ -SO ₂ H	⑮ -SO ₃ H					

問2 フェノールに関する次の設問（1）～（3）に答えなさい。

（1）フェノールが塩素と反応するとベンゼン環の3つの水素原子が塩素原子で置換されたトリクロロフェノールを生成する。最も優先的に生成するトリクロロフェノールの構造式を解答欄に記入しなさい。

（2）フェノール、トリクロロフェノール、トリニトロフェノールのうち、水中における pKa（ $-\log_{10}K_a$ ）が最も大きいものを解答欄に記入しなさい。ただし、 K_a は酸解離定数とする。

（3）熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂は、フェノールと（ア）から酸触媒または塩基触媒を用いて付加反応と縮合反応を繰り返すことにより合成される。（ア）にあてはまる化合物の名称を解答欄に記入しなさい。

問3 次の文章を読んで、以下の設問(1)～(3)に答えなさい。

コンクリートは、セメント、水分、細骨材、粗骨材、混和材料から構成されており、セメントの主要成分は酸化カルシウム、二酸化ケイ素、酸化第二鉄、酸化アルミニウムである。コンクリートは(ア)であり、コンクリート中の鉄筋表面は不動態皮膜で覆われているため、通常、腐食が進行しない。しかし、海岸地域では海から飛来した塩分がコンクリートの表面に付着し、コンクリート中の鉄筋部分まで塩分が浸透すると、不動態皮膜が破壊され、鉄筋が腐食する。塩分による腐食生成物の体積膨張によって、コンクリートがひび割れや剥離を引き起こしたり、鉄筋径の減少等が生じる現象は、一般に塩害と呼ばれている。

(1) (ア)にあてはまる最も適切な語句を次の①～③の中から1つ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

- ① 酸性 ② 中性 ③ アルカリ性

(2) 鉄筋表面の不動態が破壊されると局部電池が形成されて鉄イオンが遊離し、鉄筋の腐食が進行する。この腐食を表す陽極(アノード)反応と陰極(カソード)反応の半反応式を解答欄に記入しなさい。なお、電子は e^- とする。

(3) 腐食反応の進行にともない、水酸化第一鉄、水酸化第二鉄、オキシ水酸化鉄が生成する。これらの化学式を解答欄に記入しなさい。

問4 シアン化ナトリウムは、めっきや金属の精錬、医薬品の原料等、様々な用途で使用されている。このシアン化ナトリウムに関する次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(1) シアン化ナトリウムに塩酸を加えると猛毒のシアン化水素が発生する。この反応を表す化学反応式を解答欄に記入しなさい。

(2) シアン化ナトリウムは、水中でシアン化物イオンとナトリウムイオンに解離する。シアン化物イオンのルイス構造式を例にならって解答欄に記入しなさい。形式電荷も表示すること。

(例) アジ化物イオン



(3) シアン化物イオンが亜鉛イオン、鉄(Ⅲ)イオンに配位結合して形成される錯イオンの化学式をそれぞれ解答欄に記入しなさい。なお、解答順は問わない。

問5 全有機炭素（TOC）は、水中に存在する有機物の総量を有機物中に含まれる炭素量で示したもので、水の汚れを示す指標の一つとして用いられる。TOC の測定原理に関する次の文章中の（ア）～（エ）にあてはまる最も適切な語句を以下の語群から1つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。なお、（ ）に同じ文字が記載されている場合は、同じ語句が該当する。

TOC量は、試料中に存在している有機物を酸化分解させることにより発生する（ア）の量を測定することで定量する。

なお、試料中には、炭酸イオンや炭酸水素イオンなどの無機炭素が含まれているため、前処理として、試料のpHを3以下にして無機炭素を（イ）に変化させ、さらに窒素または酸素ガスを通気し、（ア）として除去する。

TOC測定での有機物の酸化分解法としては、下記に示す方式がある。

・ 燃焼酸化方式

無機炭素を除去した試料を650～950℃の燃焼炉に注入して、試料中の有機物を酸化分解する方法

・（ウ）方式

試料中の有機物を酸化剤により化学的に酸化分解する方法

また、酸化分解で発生した（ア）の量の測定には、（エ）検出器が用いられることが多い。

（語群）

- | | | | |
|-----------|---------|-----------|---------|
| ① メタン | ② 一酸化炭素 | ③ 二酸化炭素 | ④ 炭酸イオン |
| ⑤ 炭酸水素イオン | ⑥ 炭酸 | ⑦ 接触酸化 | ⑧ 複合酸化 |
| ⑨ 湿式酸化 | ⑩ 熱伝導 | ⑪ 非分散形赤外線 | ⑫ 熱イオン化 |

科目Ⅱ

問1 次の設問（1）及び（2）に答えなさい。

- （1）次の文章は生体内でのウイルスの感染プロセスについて述べたものである。（ア）～（オ）にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

ウイルスは、ゲノムを構成する核酸として（ア）または（イ）をもっている。宿主細胞膜上に吸着した後、（ウ）によりゲノムのみが細胞内に取り込まれる。（ア）ゲノムが取り込まれた場合は、ウイルスゲノムは宿主細胞内で（エ）に転写される。

なお、重篤な感染症を引き起こすことで知られるコロナウイルスは一本鎖（イ）ウイルスである。取り込まれたウイルスゲノムは宿主細胞中で（エ）としてもはたらき、宿主の細胞小器官の一つである（オ）と結合してタンパク質を合成できる。

- （2）あるウイルス遺伝子の転写領域の長さは $0.68\mu\text{m}$ であった。この遺伝子から合成されるタンパク質の分子量はいくらになるか。計算過程とともに有効数字2桁で解答欄に記入しなさい。ただし、1塩基対の長さを 0.34nm 、アミノ酸の平均分子量を100とし、転写領域はすべてタンパク質に翻訳されるものとする。なお、解答に単位は表記しないこと。

問2 次の設問（1）～（3）に答えなさい。

- （1）次の文章はアミノ酸とタンパク質について述べたものである。（ア）～（オ）にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

一般に（ア）基と（イ）基の両方をもつ有機化合物をアミノ酸と呼ぶ。グリシン以外のアミノ酸では、 α 炭素に結合する4つの原子または原子団がすべて異なるので、 α 炭素が（ウ）中心となり、立体配置が異なる鏡像異性体が存在する。

タンパク質を構成する20種類のアミノ酸のうち、グルタミン酸及び（エ）は側鎖にも（ア）基を含むため、中性付近では全体として（オ）電荷を帯びている。

- （2）タンパク質の二次構造を2種類答えなさい。

- （3）タンパク質の二次構造において、ポリペプチド主鎖部分の空間的原子配置を安定させるために必要な結合として最も適切なものを、ペプチド結合以外に一つ答えなさい。

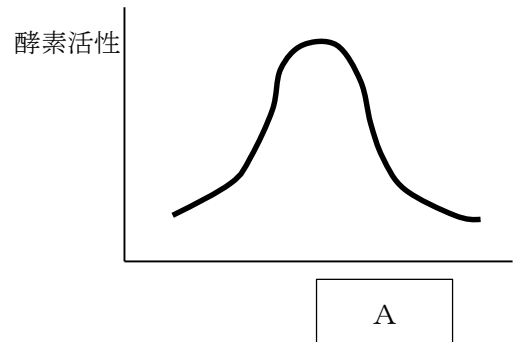
問3 酵素反応に関する次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(1) 反応物Aから生成物Pが一次反応で生成する場合、速度定数 k を用いると、ある瞬間の反応速度 v は次の式で表される。

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

反応物Aの半減期 $t_{1/2}$ を、 k を用いて表しなさい。

(2) ヒトの細胞内ではたらく一般的な酵素について様々な条件で活性測定を行ったところ、右のようなグラフが得られた。グラフの縦軸に酵素活性を表示した場合に、横軸が示す因子Aとして適切なものが2つある。その2つの因子として最も適切な語句を以下の語群から2つ選び、解答欄に番号を記入しなさい。なお、この酵素は生成物により活性が調節されないものとする。



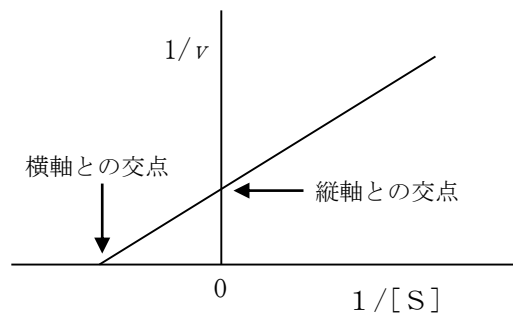
(語群)

- | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|------|
| ① 温度 | ② 反応速度 | ③ 最大速度 | ④ 酵素濃度 | ⑤ 基質濃度 | ⑥ pH |
| ⑦ 全酵素濃度 | | | | | |

(3) 反応速度を v 、最大速度を V_{\max} 、基質濃度を $[S]$ 、ミカエリス定数を K_m とするとき、 v は次のミカエリス・メンテン式で表される。

$$v = \frac{V_{\max}[S]}{K_m + [S]}$$

この式を変形して得られるラインウィーバー・バーク式をグラフで表したときに、プロットされる直線が縦軸及び横軸と交わる交点の値を、上のミカエリス・メンテン式中の文字を用いて、それぞれ解答欄に記入しなさい。



科目Ⅲ

問1 pHに関する次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(1) 水のイオン積 (K_w) は、 $K_w = [H^+][OH^-]$ で示される。水のイオン積は水温が高くなるとどうなるか、最も適切なものを次の①～③の中から1つ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

- ① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変わらない

(2) 水の pH 値を一定に保った場合に水温が上昇すると、水酸化物イオン指数 (pOH) はどうなるか、最も適切なものを次の①～③の中から1つ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

- ① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変わらない

(3) 次の酢酸の電離定数の式を用いると、0.1mol/L 酢酸ナトリウムと 0.02mol/L 酢酸を含む緩衝液の pH はいくらになるか。計算過程とともに有効数字3桁で解答欄に記入しなさい。なお、酢酸ナトリウムは完全に解離しているものとし、酢酸の酸解離定数を K_a 、 $pK_a (-\log_{10}K_a)$ を 4.76、 $\log_{10}5 = 0.70$ とする。

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

問2 無機物質の工業的製法を述べた次の(1)～(5)の名称として、最も適切な語句を次の語群から1つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

(1) 硫酸の工業的製法である。硫黄を燃焼させて生じた二酸化硫黄を、五酸化バナジウムを触媒として用いた酸化により三酸化硫黄を生成させ、これを濃硫酸に吸収させることで発煙硫酸とし、さらに希硫酸で希釈することで濃硫酸を得る方法。

(2) アンモニアの工業的製法である。鉄を主体とした触媒を用いて、窒素と水素からアンモニアを合成する方法。

(3) 炭酸ナトリウムの工業的製法である。石灰石と食塩及びアンモニアを用いて、炭酸ナトリウムを得る方法。電気分解を必要としないため低コストであり、副材料であるアンモニアと二酸化炭素を回収し再利用できる特徴もある。

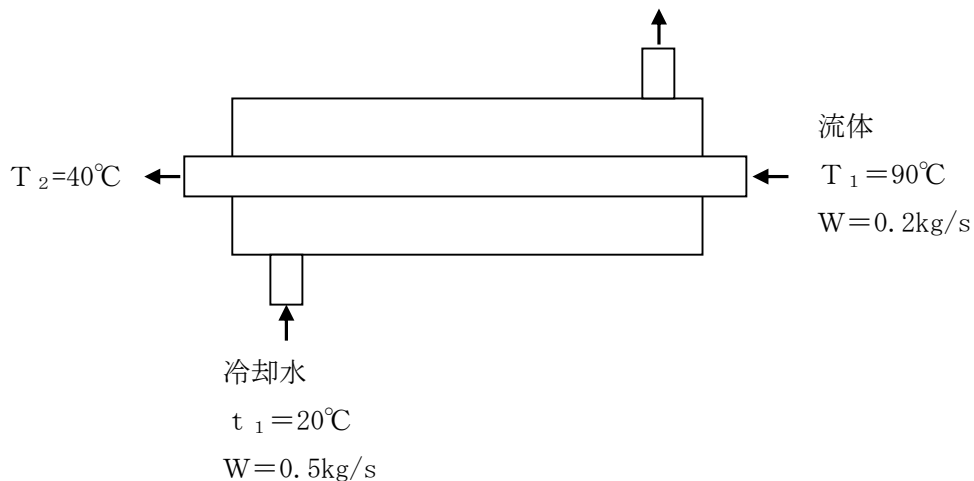
(4) 硝酸の工業的製法である。白金を触媒として用いて、アンモニアを酸化させることにより一酸化窒素を生成させ、これをさらに酸化して生成する二酸化窒素に水を作用させて硝酸を得る方法。

(5) 水酸化ナトリウムの工業的製法である。食塩水の電気分解による方法に比べて、副反応が起こりにくい特徴がある。

(語群)

- | | | | |
|--------------|------------|-------|----------|
| ① ハーバー・ボッシュ法 | ② 陽イオン交換膜法 | ③ 接触法 | ④ ソルベール法 |
| ⑤ オストワルト法 | | | |

問3 二重管式熱交換器の内管に、温度 90°C 、比熱容量 $2.1\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ の液体を 0.2kg/s の割合で流し、 40°C まで冷却したい。その外側に 20°C の冷却水を 0.5kg/s の割合で向流に流すと、冷却水の出口温度はいくらになるか。計算過程とともに有効数字2桁で解答欄に記入しなさい。ただし、熱交換器の外側への熱損失は無視できるものとする。なお、水の比熱容量は $4.2\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ とする。



問4 次の文章中の(ア)～(ウ)にあてはまる最も適切な語句を以下の語群から1つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。なお、()に同じ文字が記載されている場合は、同じ語句が該当する。

一般的に、直径が $10^{-7}\text{cm}\sim 10^{-5}\text{cm}$ 程度の大きさの粒子は、物質の種類にはよらず、(ア)粒子と呼ばれている。水道水を製造する際に、河川中に含まれる(ア)粒子を除去する過程として凝集沈殿がある。通常、河川水中の(ア)粒子は表面が(イ)に帯電しており、静電的に粒子相互が反発しあっている。この電荷を硫酸アルミニウムのような凝集剤がもつ反対の電荷により中和し、攪拌等の力を加えて粒子どうしを衝突させ、(ウ)により粒子径を大きくした後に沈殿させることが凝集沈殿である。

(語群)

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|-----|-----|--------|
| ① チンダル | ② コロイド | ③ ブラウン | ④ 正 | ⑤ 負 | ⑥ 分子間力 |
| ⑦ 共有結合 | ⑧ 水素結合 | | | | |

問5 溶液を冷却すると純溶媒より凝固点が低くなり、凝固点の降下度(Δt)は次の式で表される。

$$\Delta t = k_f \times m$$

(k_f : モル凝固点降下、 m : 溶液の質量モル濃度)

今、ベンゼン 100 g に物質 A を 2 g 溶かした溶液の凝固点は 4.5°C であった。ベンゼンの凝固点を 5.5°C、ベンゼンのモル凝固点降下を 5.1K·kg/mol とすると、この溶液中における物質 A の見かけの分子量はいくらになるか。計算過程とともに有効数字 3 桁で解答欄に記入しなさい。

問6 触媒に関する次の文章中の (ア) ~ (エ) にあてはまる最も適切な語句を以下の語群から 1 つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。なお、() に同じ文字が記載されている場合は、同じ語句が該当する。

固体と気体間や固体と液体間などでの反応のように、反応する場所が界面に限定される反応を (ア) 反応といい、このような状態で働く触媒を (ア) 触媒という。この触媒を用いた場合、反応は触媒表面で起きるため、触媒の働きは (イ) とも呼ばれ、次の 3 段階の過程を繰り返すことで反応が進んでいく。

A : 触媒表面への反応物質の (ウ)

B : 触媒表面における反応物質の表面反応

C : 生成物の触媒からの (エ)

(語群)

① 脱離	② 自触媒作用	③ 均一系	④ 不均一系	⑤ 吸着	⑥ 接触作用
------	---------	-------	--------	------	--------

科目Ⅳ

問1 次の文章は大気の測定について述べたものである。(ア)～(エ)にあてはまる最も適切な語句を以下の語群から1つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

大気の測定は、自動計測器による連続的な測定が一般的である。大気試料は、測定値が(ア)的な値となる場所を選び、目的以外の成分を(イ)して採取する。また、濃度が(ウ)いので、目的成分を(エ)してから分析する。

(語群)

① 特異	② 希釈	③ 低	④ 除去	⑤ 包括	⑥ 高	⑦ 捕集	⑧ 代表
------	------	-----	------	------	-----	------	------

問2 次の文章中の(ア)～(オ)にあてはまる最も適切な語句を以下の語群から1つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

(ア)やりんは、水域に生息するプランクトン類の栄養素として重要な物質であり、ケイ酸を含めて栄養塩類と呼ばれている。栄養塩類を豊富に含む(イ)や(ウ)が、沿岸海洋、湖沼に流入することによって、藻類が異常に増殖し、それらが腐敗して溶存酸素の(エ)、悪臭、魚類などの水生生物の減少が見られる状態を(オ)と呼ぶ。

(語群)

① 雨水	② マグネシウム	③ 貧栄養化	④ 窒素	⑤ 生活排水	⑥ 上昇
⑦ 硫黄	⑧ 農業排水	⑨ 鉄	⑩ 低下	⑪ 富栄養化	

問3 次の設問(1)～(4)に答えなさい。

(1) 水が 5 m^3 入っている槽に10%硫酸を50L加えた場合、pHはいくらになるか。計算過程とともに有効数字2桁で解答欄に記入しなさい。ただし、 $\log 2.4 = 0.4$ とする。なお、10%硫酸の密度は 1.2 g/cm^3 とし、液体の混合による体積変化は無視できるものとする。また、溶液中の硫酸はすべて電離しているものとし、原子量は、 $\text{H}=1$ 、 $\text{S}=32$ 、 $\text{O}=16$ とする。

(2) 酸性排水を0.1%水酸化ナトリウム溶液の中和剤で中和処理したところ、40mLを要した。中和剤を0.1%水酸化カルシウム溶液に変えると、中和処理に必要な量はいくらになるか。計算過程とともに有効数字2桁で解答欄に記入しなさい。なお、中和剤の溶液の比重はいずれも1.0であり、中和剤はいずれも完全に消費されるものとする。また、原子量は $\text{Na}=23$ 、 $\text{H}=1$ 、 $\text{O}=16$ 、 $\text{Ca}=40$ とする。

(3) 2つの集じん装置A、Bを並列に配置したシステムがある。A系統の集じん装置には全体の排ガスの70%が流れ、その集じん率は95%である。B系統の集じん装置には全体の排ガスの30%が流れている。システム全体の集じん率が87.5%であるとき、B系統における集じん率は何%になるか。計算過程とともに有効数字2桁で解答欄に記入しなさい。

(4) プロパン C_3H_8 とブタン C_4H_{10} が容積比3:1で混合された混合気体がある。この混合気体 2 m^3 を完全燃焼したとき、発生する二酸化炭素の量は何 m^3 になるか。計算過程とともに有効数字2桁で解答欄に記入しなさい。なお、気体の状態は 0°C 、 101.3 kPa とする。

問4 大気汚染物質の発生源や特徴を説明した次の(1)～(3)に合致する大気汚染物質として最も適切なものを以下の語群から1つずつ選び、解答欄に番号を記入しなさい。

(1) 石炭や石油などの硫黄分を含む燃料の燃焼により生成される。火山ガスにも含まれており、酸性雨の原因の一つである。

(2) 燃料などの不完全燃焼により生成される。自動車の排ガス中にも含まれる。血液中のヘモグロビンと結合して、酸素を運搬する機能を阻害する。

(3) 化石燃料が燃焼する際や、燃料などが高温で燃焼される際に生成される。光化学スモッグや酸性雨の原因の一つである。

(語群)

- | | | | |
|----------|---------|------------|---------|
| ① ダイオキシン | ② 二酸化窒素 | ③ 揮発性有機化合物 | ④ 二酸化硫黄 |
| ⑤ 一酸化炭素 | ⑥ PM2.5 | | |