

科 目	化 学
--------	-----

理学部・医学部・薬学部・工学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は1ページから10ページにわたっています。
3. 解答用紙は5枚、計算用紙は1枚で、問題冊子とは別になっています。
4. 問題冊子あるいは解答用紙に不備がある場合は、試験開始の合図後、その旨を申し出て下さい。
5. すべての解答用紙（5枚）上部の所定欄に志望学部、受験番号（2カ所）を記入して下さい。
6. 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入して下さい。
7. すべての解答用紙（5枚）を提出して下さい。
8. 問題はⅠ～Ⅴの5問です。医・薬学部の志望者はⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅴを解答して下さい。理・工学部の志望者はⅠ、Ⅱ、Ⅲを必ず解答し、これらに加えてⅣまたはⅤのいずれか1問を選び、解答して下さい。理・工学部の志望者はⅣとⅤのうち、選んだ問題の解答用紙の選択欄に○印をつけて下さい。選択欄は問題番号の右側にあります。ⅣとⅤの選択欄のどちらにも○印をつけた場合、あるいはどちらにも○印をつけていない場合には、この2問は0点とします。
9. 問題冊子、計算用紙は持ち帰って下さい。

**I** 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

1883年、スウェーデンのウプサラ大学で博士論文を書いていた24才のアレニウスは、「電解質の解離（電離）説」という革新的なアイデアを得た。当時イオンの概念は仮説にすぎなかったが、彼は初めてイオンと電離度について、明確で定量的な理論を提案した。しかしながら、種々の疑問点、例えば、<sup>(a)</sup> 金属ナトリウムは水と激しく反応するのに、なぜ<sup>(b)</sup> NaCl が電離してできたイオンは水中で安定に存在できるのか、などが出された。その後アレニウスは、優れた科学者たちと共同研究を行い、<sup>(c)</sup> 浸透圧と凝固点降下の理論に基づいてイオンの実在を証明することができた。彼は、この業績により1903年にノーベル化学賞を受賞した。

ところで同時期に、アレニウスはまったく異なる研究も開始していた。彼は、<sup>(d)</sup> 二酸化炭素の濃度が増加することによって、平均気温が上昇する可能性を計算によって示し、1896年に発表した。これは、<sup>(e)</sup> 「地球温暖化」に関する人類初の定量的研究となった。

典拠：上平 恒，化学の原典Ⅱ-2，日本化学会編，学会出版センター（1984）ならびに G. E. Christianson, "Greenhouse: The 200-Year Story of Global Warming," Walker, New York (1999); R. C. Balling, Jr., "The Heated Debate: Greenhouse Predictions Versus Climate Reality," Pacific Research Institute, San Francisco (1992) に基づく。文章は適宜変更した。

**問1** 下線部 (a) の反応式を示せ。また、ナトリウム原子とナトリウムイオンの電子配置として、K, L, M 各電子殻に存在する電子数を示し、ナトリウムイオンと同じ電子配置を持つ元素の名称を答えよ。

**問2** 下線部 (b) NaCl の結晶構造において、1個のナトリウムイオンの周りに配置されている塩化物イオンの個数、ならびに、単位格子あたりに含まれているナトリウムイオンの個数を答えよ。

**問3** 下線部 (c) の研究において、アレニウスが求めた 1 mol/l 水溶液における電離度  $\alpha$  は、塩酸では 0.90、酢酸では 0.01 であった。この2つの溶液の浸透圧ならびに凝固点降下度を測定したら、どちらの溶液でより大きいか、 $\alpha$  の値から予想し、次の a ~ d の中から1つ選んで、その記号を解答欄に記せ。またその理由を80字以内で説明せよ。

- a. 浸透圧と凝固点降下度は、どちらも塩酸の方が大きい。
- b. 浸透圧と凝固点降下度は、どちらも酢酸の方が大きい。
- c. 浸透圧は塩酸の方が大きく、凝固点降下度は酢酸の方が大きい。
- d. 浸透圧は酢酸の方が大きく、凝固点降下度は塩酸の方が大きい。

**問4** 下線部 (d) 二酸化炭素 の構造式と電子式を示せ。

**問5** 一酸化炭素の生成熱を 111 kJ/mol、燃焼熱を 283 kJ/mol とするとき、二酸化炭素の生成熱を求めよ。計算の過程も示せ。

**問 6** 下線部 (e) の定量的予測は今日でも困難であり，その一因として，二酸化炭素の海洋への吸収が考えられている。一般に，気体の溶解度が気体の圧力または分圧に比例することを述べた法則を何とよぶか答えよ。また，二酸化炭素が水へ溶解する場合には，通常この法則が成立しない。その理由を，70 字以内で説明せよ。

II (A) 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

空気(乾燥空気)は、体積%の多い順に[ a ], [ b ], [ c ], [ d ] が混ざりあった混合物である。[ b ] は[ e ]と同素体の関係にある。

自動車のエンジンなどでは、高温で空気中の[ a ]と[ b ]が反応して[ f ]を生成する。また、硫黄を含む化石燃料が燃焼すると硫黄酸化物が発生する。硫黄酸化物のうち、二酸化硫黄は酸素と反応して三酸化硫黄となる。[ f ]や硫黄酸化物が大気中に放出されると、大気を汚染し、酸性雨の原因物質である[ g ], [ h ] などに变化する。

問1 a ~ h に適切な語句を下記の語句群 (ア) ~ (ツ) から選び、その記号を解答欄に記せ。

[語句群] (ア) 炭素, (イ) 窒素, (ウ) 酸素, (エ) 塩素, (オ) ヘリウム, (カ) アルゴン, (キ) フロン, (ク) オゾン, (ケ) 黒鉛, (コ) 単斜硫黄, (サ) 黄リン, (シ) 一酸化炭素, (ス) 二酸化炭素, (セ) 窒素酸化物, (ソ) 塩酸, (タ) 硝酸, (チ) 硫酸, (ツ) リン酸

問2 重量比で 3.2 %の割合で硫黄を含む石炭 1000 g を完全燃焼させた場合について、以下の(1), (2)の問いに答えよ。ただし、完全燃焼の際には、石炭に含まれる硫黄はすべて二酸化硫黄になると仮定する。なお、硫黄の原子量を 32, 酸素の原子量を 16, 気体定数  $R$  は  $8.3 \times 10^3$  [Pa・l/(K・mol)] として計算せよ。有効数字は2桁とする。計算の過程も示せ。

- (1) 生成する二酸化硫黄は何 g か求めよ。
- (2) 生成した二酸化硫黄は圧力 100 kPa, 温度 1027 °C では何リットル [ l ] か求めよ。

問3 下線部の反応式を示し、この反応が平衡状態にあるとき、加圧によって総物質量がどうなるか、適切なものを下記の選択枝から選び、その記号を解答欄に記せ。また、その理由を 60 字以内で説明せよ。

[選択枝] (あ) 減少する, (い) 変わらない, (う) 増加する

(B) 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

電池は一種のエネルギー変換装置であり、化学反応のエネルギーを電気エネルギーとして取り出すことができる。外部に電流を流すためには、電池を構成する正極で  反応が、また負極で  反応が起こらなければならない。電池には、一度放電を完了すると元に戻らないマンガン乾電池に代表される  電池と、充電することによって繰り返し放電できる  電池がある。鉛蓄電池は自動車のバッテリーとして広く使われている  電池である。

ここで 2 枚の鉛板と希硫酸溶液を用いた簡単な鉛蓄電池を作製するものとする。まずビーカーに希硫酸をとり、サンドペーパーで表面を磨いた 2 枚の鉛板（それぞれ電極 A と B）を浸した。直流外部電源の正極を電極 A に、負極を電極 B につなぎ、3V の電圧で通電すると、電極 A の表面で  反応が起こり、褐色の  皮膜が生じた。この際、電極 A および B の表面で気泡の発生が認められた。電極 A 表面で生成した気体は  $O_2$  であり、電極 B 表面で生成した気体は  である。充電終了後、直流外部電源を取り外し、電極 A と B を新しい希硫酸溶液に浸すことにより鉛蓄電池を作成した。この鉛蓄電池に豆電球を接続すると点灯した。

問 4  ～  に適切な語句を下記の語句群（ア）～（ケ）から選び、その記号を解答欄に記せ。

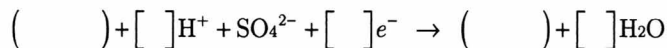
[語句群] （ア）解離、（イ）酸化、（ウ）溶解、（エ）還元、（オ）一次、（カ）燃料、  
（キ）二次、（ク）中和、（ケ）腐食

問 5   に適切な化学式を記せ。

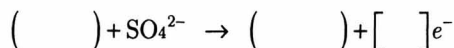
問 6 硫酸溶液に浸した 2 枚の鉛板（電極 A と B）に 0.100 アンペアの一定電流を 32 分 10 秒間通電した。電極 B で生じた気体の体積は標準状態で何  $cm^3$  か計算せよ。ただし、電極 B では流した電気量がすべて気体発生に使われたものと仮定する。なお、有効数字は 3 桁とし、ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4$  [C/mol] とする。計算の過程も示せ。

問 7 鉛蓄電池の電極 A および電極 B での放電時の反応式を以下に示す。

電極 A での反応：



電極 B での反応：



- (1) 反応式の [ ] には係数を、( ) には化学式を記入して放電時の反応式を完成させよ。
- (2) 電極 A および電極 B の放電時の反応で、鉛の酸化数がいくつからいくつへ変化するかそれぞれ答えよ。

問 8 作製した鉛蓄電池に豆電球を接続し放電させると、電極 A と B の表面に白色の付着物が生成した。

この鉛蓄電池を再び充電すると、電極 A および B の表面の白色付着物はどうなるか。次の a ～ eの中から適切なものを一つ選び、その記号を解答欄に記せ。

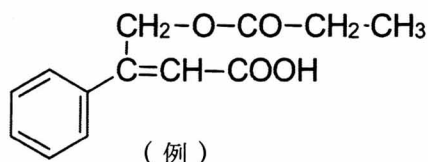
- a. 電極 A 表面の白色付着物は消失し、電極 B 表面の白色付着物の量が増える。
- b. 電極 B 表面の白色付着物は消失し、電極 A 表面の白色付着物の量が増える。
- c. 電極 A および電極 B 表面の白色付着物はともに消失する。
- d. 電極 A および電極 B 表面の白色付着物の量がともに増加する。
- e. 電極 A および電極 B 表面の白色付着物の量に変化はない。

III

次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

なお、必要ならば次の原子量を用いること。 H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

構造式は例にならって記せ。



- 実験 1. **A** は分子内に (a) 三重結合を 1 つ含む鎖式不飽和炭化水素 の中で最も分子量が小さい化合物である。**A** に対して、水銀塩などの適当な触媒存在下で水を付加させると化合物 **B** が生じた。別途、**C** をクロム酸カリウムの硫酸溶液で酸化しても **B** を得ることができた。さらに **B** を酸化すると **D** が得られた。また、2 分子の **D** の脱水反応により酸無水物 **E** が生じた。
- 実験 2. 分子式が  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$  で示される不斉炭素をもつカルボン酸と **C** のエステル化反応により、化合物 **F** が得られた。
- 実験 3. **A** を鉄触媒存在下、高温高压条件で反応させると 3 分子が重合した **G** が生成した。
- 実験 4. 触媒存在下、**G** と (b) プロピレン (プロペン) を反応させたところ **H** が得られた。**H** を酸素による酸化後、硫酸で分解したところ化合物 **I** が得られた。このとき副生成物として (c) アセトン が生じた。
- 実験 5. **I** をナトリウム塩とした後に、高压下で二酸化炭素を反応させ、酸を作用させると **J** が得られた。
- 実験 6. **J** と **E** を酸の存在下でエステル化したところ、解熱鎮痛作用をもつ化合物 **K** が生成した。
- 実験 7. **G** に硫酸と硝酸の混合物を作用させると **L** が得られた。つぎに、**L** をスズと塩酸を用いて還元すると **M** が得られた。
- 実験 8. 化合物 **M** を希塩酸に溶かし、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた。(d) そこに **I** の水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させたところ、赤橙色の化合物 **N** が得られた。

問1 下線部 (a) 三重結合を1つ含む鎖式不飽和炭化水素の総称を答えよ。

問2 A～Nの構造式を記せ。

問3 下線部 (b) プロピレン (プロペン)の性質について正しいものに○を、誤っているものに×を記せ。

- ① 臭素と反応させると、臭素の赤褐色の色が消える。
- ② 酸化反応により1-プロパノールを与える。
- ③ シス-トランス異性体が存在する。
- ④ プロパンの構造異性体である。
- ⑤ フェーリング液を還元する。

問4 JとKはどちらも白色の固体である。両者を呈色反応により区別する場合、どのような方法を用いるか。30字以内で簡潔に答えよ。

問5 JとMの化合物名を記せ。

問6 実験4で生じる下線部 (c) アセトンとヨウ素を、塩基性条件下で反応させると、黄色の沈殿が生じた。この沈殿は何か、化学式を記せ。

問7 下線部 (d) の反応名を記せ。

問8 実験6において、Jを27.6 gとEを30.6 g用いた場合、最大何gのKが得られるか計算せよ。有効数字は3桁とする。また、計算の過程も示せ。

## IV

次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

高分子の構造には、線状（鎖状）や枝分かれ状など、さまざまな構造があり、分子の構造と材料の性質には深い関わりがある。また、線状高分子を主成分とする繊維やプラスチックは、分子の配列が [ ① ] な結晶部分と、 [ ② ] な無定形部分からなり、分子の形状も材料の性質に影響を与える。

同じ単量体を重合させることによって得られる高分子でも、分子の構造や形状、結合の様式によって材料の硬さが異なる例を以下に示す。

1. メチレン基が多数連なったポリエチレンは、合成法によって線状および枝分かれ状高分子に作り分けることができる。一般に線状ポリエチレンは [ ③ ] であり、枝分かれ状ポリエチレンは [ ④ ] である。一方はバケツやパイプなどに使われ、他方はポリ袋や食品用ラップフィルムなどに用いられる。
2. デンプンは [ ⑤ ] などに多く含まれ、セルロースは [ ⑥ ] に多く含まれている。これらはともに、グルコースが縮合重合してできた高分子であるが、その結合様式が異なり、一般にセルロースを主成分とする材料のほうが硬くなる傾向がある。
3. 天然ゴム（生ゴム）は、 [ ⑦ ] 型ポリイソプレンが主成分である。グッタペルカ（グタペルカ）は、 [ ⑧ ] 型ポリイソプレンからなり、虫歯治療用の充填剤やカメラを傷から守るための保護膜として使用されている。

上記の3つの例を参考にすると、高分子の構造と形状の組み合わせのうち、 [ ⑨ ] の高分子が [ ⑩ ] 形状になったとき、最も硬い高分子材料が得られると考えられる。

問1 [ ] 内にあてはまる語句として適切なものを各語句群から選び、対応する解答欄の選択肢を○で囲め。

- |   |          |   |         |   |           |   |         |
|---|----------|---|---------|---|-----------|---|---------|
| ① | 規則的で高密度  | ／ | 規則的で低密度 | ／ | 不規則で高密度   | ／ | 不規則で低密度 |
| ② | 規則的で高密度  | ／ | 規則的で低密度 | ／ | 不規則で高密度   | ／ | 不規則で低密度 |
| ③ | 高密度で透明   | ／ | 高密度で不透明 | ／ | 低密度で透明    | ／ | 低密度で不透明 |
| ④ | 高密度で透明   | ／ | 高密度で不透明 | ／ | 低密度で透明    | ／ | 低密度で不透明 |
| ⑤ | 肉 や 卵    | ／ | 米 や いも類 | ／ | バター や ごま油 | ／ | 砂糖 や 食塩 |
| ⑥ | 綿 や レーヨン | ／ | 絹 や 羊毛  | ／ | ナイロン 66   | ／ | ビニロン    |
| ⑦ | $\alpha$ | ／ | $\beta$ | ／ | シス        | ／ | トランス    |
| ⑧ | $\alpha$ | ／ | $\beta$ | ／ | シス        | ／ | トランス    |
| ⑨ | 線状       | ／ | 枝分かれ状   |   |           |   |         |
| ⑩ | 折れ曲がった   | ／ | 直線的に伸びた |   |           |   |         |

**問 2** 下線部のように考えられる理由について、「分子間力」と関連させて 80 字以内で説明せよ。

**問 3** 高分子の構造と形状を下線部のような組み合わせにする方法以外に、高分子材料を硬くする方法を一つ答えよ。

**問 4** 天然ゴムの糸におもりをぶら下げて引っ張った状態にすると、ゴム中の高分子は比較的伸びた形状になる。この状態のゴム糸を加熱すると、全体の長さがどのように変化するか、適切なものを下記の選択肢から選び、その記号を解答欄に記せ。また、そのような変化が起こる理由について、「分子の熱運動」と関連させて 80 字以内で説明せよ。

[選択肢] (あ) 伸びる, (い) そのまま, (う) 縮む

## V

次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

タンパク質は、多数の  $\alpha$ -アミノ酸が重合してできた高分子化合物であり、生体を構成する重要な物質である。個々のアミノ酸は、1 個の炭素原子に、[ ア ]基、[ イ ]基、水素原子、および側鎖（置換基）が結合した化合物である。タンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸は約 20 種類あり、それらの配列順序（アミノ酸配列）はタンパク質によって異なる。

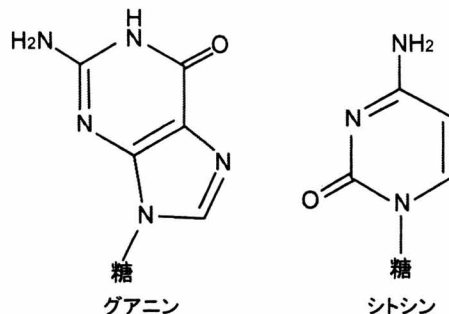
タンパク質を合成するために必要な情報、すなわち遺伝情報は、細胞の核にある遺伝子に保存されている。遺伝子の本体は、DNA とよばれる巨大高分子である。DNA に保存された遺伝情報は、RNA の塩基配列に写し取られてからタンパク質のアミノ酸配列に変換される。DNA と RNA は核酸であり、塩基と糖（ペントース）およびリン酸で構成されるヌクレオチドが、リン酸エステル結合によって連結した鎖状構造をもつ。構成成分であるペントース部分は、DNA では[ ウ ]であり、一方 RNA では[ エ ]である。DNA 分子は、二本の鎖が結びついた二重らせん構造を形成し、<sup>(a)</sup>この構造の中でアデニンとチミン、グアニンとシトシンとの間で水素結合による塩基対がつけられる。

酵素は主にタンパク質からなる物質で、生体内で起こる化学反応の[ オ ]としてはたらく。酵素が[ オ ]する化学反応（酵素反応）では、酵素が働きかける物質を基質という。酵素分子の中で、<sup>(b)</sup>ある特定の構造と性質をもつ基質が結合し[ オ ]作用を受ける場所は[ カ ]とよばれる。基質の類似物質も酵素の[ カ ]に結合して複合体を形成し、基質の結合を妨げることがある。このような化合物は阻害剤とよばれ医薬品として用いられる場合も多い。一般に、酵素反応の速度は室温付近では温度の上昇に伴って大きくなるが、<sup>(c)</sup>ある温度以上になると反応速度は温度の上昇とともに小さくなる。

酵素は ATP の合成や分解も[ オ ]する。ATP は生物の“エネルギー通貨”であり、アデニンと[ キ ]が結合した[ ク ]に 3 分子の[ ケ ]が結合した化合物である。1 mol の ATP が[ コ ]に分解されるとき、31 kJ のエネルギーが放出される。逆に、[ ケ ]と[ コ ]が 31 kJ のエネルギーを吸収すると、脱水縮合して ATP が生じる。

問 1 文章中の[ ア ]～[ コ ]に最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 (a) について、グアニンとシトシンの構造式を下に示した。グアニンとシトシンが 3 本の水素結合を正しく形成するように、解答欄のシトシンに対してグアニンを適切に配置して描き加えよ。ただし、解答では水素結合を点線で表せ。



**問 3** 下線部 (b) で表される酵素の性質は、一般に何とよばれるか答えよ。

**問 4** 次の 1～4 の反応に関与する酵素を下記の選択肢から選び、その名称を解答欄に記せ。

1. デンプンを加水分解してマルトースにする。
2. マルトースを加水分解してグルコースにする。
3. すい液に含まれ、油脂を脂肪酸とグリセリンに分解する。
4. 胃液の中で、食物に含まれるタンパク質を分解する。

[選択肢] リパーゼ， ペプシン， トリプシン， ヌクレアーゼ， マルターゼ，  
インベルターゼ， アミラーゼ

**問 5** 下線部 (c) について、その理由を 30 字以内で説明せよ。