

# 化 学

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除き 15 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板等に掲示又は板書してある問題冊子・ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に、問題に指示してある方法で、横書きで記入すること。
5. 気体は全て理想気体と考えること。1 ページに原子量、気体定数、絶対温度、および構造式の記入例が記載してあるので、必要があれば使用しなさい。
6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要に応じて、次の原子量・定数を使用しなさい。

[原子量]

$$H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad N = 14.0 \quad O = 16.0$$

$$Na = 23.0 \quad S = 32.0 \quad Cu = 63.5$$

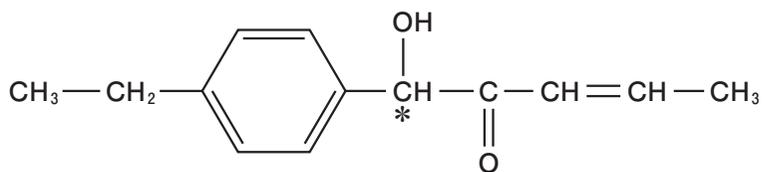
[気体定数]

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

[絶対温度]

$$T [\text{K}] = t [^\circ\text{C}] + 273$$

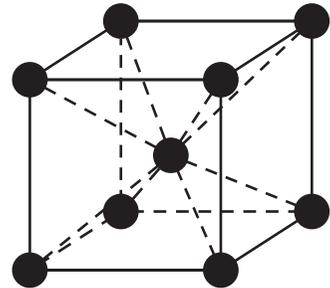
解答で構造式を記述するときは、以下の記入例にならうこと。指示がある場合は不斉炭素原子に\*マークを記すこと。



**1** 次の問1～問6に答えなさい。

問1 次の文章の空欄(ア)～(ウ)に当てはまる最も適切な語句または数値を答えなさい。また、(エ)については最も適切な数値を選択肢より選び、記号で答えなさい。

金属である鉄は右図のような結晶構造を形成する。このような結晶格子を(ア)といい、1個の鉄原子には他の(イ)個の鉄原子が隣接するように結晶を形成している。この単位格子中に含まれる鉄原子は(ウ)個である。鉄原子の形状を球と考えた場合、単位格子全体の体積に対して鉄原子が占める体積の割合を充填率という。鉄原子の結晶中における充填率はおおよそ(エ)%となる。



● : 鉄原子

< 選択肢 >

- a. 40    b. 50    c. 60    d. 70    e. 80    f. 90

問 2 化学反応には、瞬時に起こる速い反応や、ゆっくりと進行する遅い反応がある。化学反応の速さは、単位時間当たりの反応物の減少量や生成物の増加量(物質量や濃度の変化量)で表し、これを反応速度という。反応速度に影響を与えるものとして、反応物の濃度、温度、触媒、固体の表面積、光、かくはんなどがある。次の(1)~(4)で起こっている化学反応で、反応速度に最も影響した条件を選択肢より1つずつ選び、記号で答えなさい。

- (1) 鉄くぎを希硫酸に浸すと水素が発生するが、同質量の鉄粉を希硫酸に加えると、より激しく反応し、水素が発生する。
- (2) 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を添加すると、酸素の気泡が発生する。
- (3) 線香は空気中より酸素中の方が激しく燃焼する。
- (4) 過マンガン酸カリウム水溶液に希硫酸を添加し、酸性条件下で十分量のシュウ酸水溶液を加え加熱すると、溶液の赤紫色が速やかに消える。

< 選択肢 >

- |           |         |         |
|-----------|---------|---------|
| a. 反応物の濃度 | b. 反応温度 | c. 触媒   |
| d. 固体の表面積 | e. 光    | f. かくはん |

問 3 希薄な酢酸ナトリウム水溶液に酢酸水溶液を加えると、pHはどのように変化するか、次のうちから正しいものを1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より小さく、酢酸を加えるとpHはさらに低下する。
- (b) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より小さく、酢酸を加えるとpHは増加するが、pHが7を超えることはない。
- (c) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より小さく、酢酸を加えるとpHは増加し、過剰に加えるとpHは7よりも大きくなる。
- (d) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より小さく、酢酸を加えてもpHはあまり変化しない。
- (e) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より大きく、酢酸を加えるとpHはさらに増加する。
- (f) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より大きく、酢酸を加えるとpHは低下するが、pHが7より小さくなることはない。
- (g) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より大きく、酢酸を加えるとpHは低下し、過剰に加えるとpHは7よりも小さくなる。
- (h) 酢酸ナトリウム水溶液のpHは7より大きく、酢酸を加えてもpHはあまり変化しない。

問 4 コロイド溶液について、誤っている記述を次のうちから1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 電解質の添加によって凝析を起こすコロイドを疎水コロイド、電解質の添加によって分散状態が安定するコロイドを親水コロイドとよぶ。
- (b) コロイド表面が電荷を帯びている場合、電気的な反発によって分散状態を安定化する。
- (c) 保護コロイドは、それ自身が安定に分散し得るコロイドである。
- (d) 河川水によって運ばれてきた鉱物由来のコロイド粒子は、河口付近で凝析して沈殿し、堆積する。
- (e) コロイド粒子は一般的な電解質溶液中のイオンとは大きさが極端に異なり、セロハンの膜によって分離することができる。

問 5 ニトロベンゼン、フェノール、安息香酸、アニリンが溶けたジエチルエーテル溶液に塩酸を加えて振とうしたのち、水層を除いた。その後、水酸化ナトリウム<sup>①</sup>水溶液を加えて再度振とうし、水層を除いた。次の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 下線部①の操作により除かれる芳香族化合物の構造を構造式で書きなさい。
- (2) 下線部②の操作ののち、エーテル層に残る芳香族化合物の構造を構造式で書きなさい。

問 6 グリシンとアラニンからなるジペプチドがある。このジペプチドには何種類の異性体があるか、鏡像異性体も考慮して答えなさい。また、このジペプチドのうちから1つ選び、その構造式を書きなさい(不斉炭素原子に\*印を付けること)。

2 次の各文章は、我々の身の回りの生活においてさまざまな用途に用いられる金属①～金属⑧の8種の金属元素について説明したものである。文章をよく読み、次の問1～問7に答えなさい。

金属①：この金属を金属⑥の表面にメッキしたものをブリキ<sup>(ア)</sup>という。この金属単体は、加工がしやすく光沢が失われにくい<sup>(ア)</sup>ため、古くから食器類に使用されている。

金属②：この金属単体は、やわらかくて密度が大きい。放射線の遮蔽材<sup>しやへい</sup>として用いられる。以前は水道管の材料にも用いられていた。酸化物は自動車用<sup>(イ)</sup>バッテリーの電極に用いられる。

金属③：この金属25%と金属⑤75%の合金は、50円、100円硬貨の原料として使用される。ステンレスに含まれることがある。また、炭化水素の水素付加反応<sup>(ウ)</sup>の触媒として用いられる。

金属④：この金属は、金や銀などとアマルガムという合金を作る。生物に対しての毒性が非常に強い金属であり、特にメチル基と結合した化合物は水俣病の原因となった。

金属⑤：この金属単体は、赤みを帯びた金属光沢をもち、展性・延性に富む。金属①や金属③、金属⑧との合金としてさまざまなものに利用されている。

金属⑥：この金属は、工業的には、酸化物を含む鉱石を溶鉱炉でCOやC(コークス)により還元して生産される。さらに鋼やステンレス鋼など工業的に重要な製品に加工される。

金属⑦：この金属単体は、ボーキサイトと呼ばれる鉱物から取り出した酸化物を溶融し、電気分解して生産される。

金属⑧：この金属を金属⑥の表面にメッキしたものをトタン<sup>(エ)</sup>という。この金属と金属⑤との合金を真ちゅうという。

問 1 金属①～金属⑧の性質として最も適切なものを、次の選択肢より1つずつ選び、記号で答えなさい。

<選択肢>

- a. この金属は、金属①とともにほんだに含まれていたが、毒性が問題視され規制が進み、近年は使用されなくなっている。
- b. 両性金属に分類される。単体は銀白色の金属光沢を持つ。融点が低いため古代よりブロンズの成分として用いられた。
- c. 地球の質量の約 1/3 を占めるとされる。単体を水に浸しておくと酸化物を含む赤さびを生じる。
- d. 単体金属では唯一、常温で液体である。この金属の 2 価の陽イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると黒色の沈殿を生じる。
- e. この金属の 2 価の陽イオンを含む水溶液は緑色を示す。近年、家電製品やハイブリッド車用二次電池の材料として広く用いられている。
- f. この金属の 2 価の陽イオンを含む水溶液に塩基性条件で硫化水素を通じると白色の沈殿を生じる。イオン化傾向が比較的大きいため、アルカリマンガン乾電池の負極として用いられている。
- g. 電気や熱の伝導性が大きいため、導線や調理鍋などに加工される。この金属の塩を含む水溶液を白金線につけてガスバーナーの炎に入れると、青緑色の炎色反応を示す。
- h. 地殻中に、酸素、ケイ素について多く含まれ、3 価の陽イオンとなりやすい。非常に酸化されやすいが、金属⑥のように全体がさびで劣化することは少ない。

問 2 下線部(ア)ブリキと下線部(エ)トタンについて、どちらも金属⑥の耐腐食性を向上させるためのメッキ製品である。建物の外壁や簡易屋根など屋外で傷つきやすく水に触れる場所では、ブリキよりもトタンがよく使用される。この理由を説明しなさい。

問 3 下線部(イ)の自動車用バッテリーに用いられる二次電池では、正極に金属②の酸化物が、負極に金属②の単体が用いられている。この電池が放電するときに正極で起こる反応を、電子  $e^-$  を含んだ反応式で示しなさい。

問 4 下線部(ウ)について、ベンゼンから生成する飽和炭化水素の名称を答えなさい。

問 5 Ni, Cu, Fe などは遷移元素と呼ばれる。遷移元素は、同一周期の隣り合った元素どうしで化学的に似た性質を示すことが多い。その理由を電子配置の観点から説明しなさい。

問 6 Zn の 2 価の陽イオンを含む水溶液に、少量のアンモニア水を加えた場合、<sup>(オ)</sup> および 過剰のアンモニア水を加えた場合 の反応を、それぞれ金属イオンを含む<sup>(カ)</sup> 反応式で示しなさい。

問 7 Cu の単体と濃硝酸を反応させると赤褐色の気体が発生する。この反応の反応式を示しなさい。

試験問題は次に続く。

**3**

次の問 1 および問 2 に答えなさい。

問 1 次の文章を読んで、(1)~(4)に答えなさい。

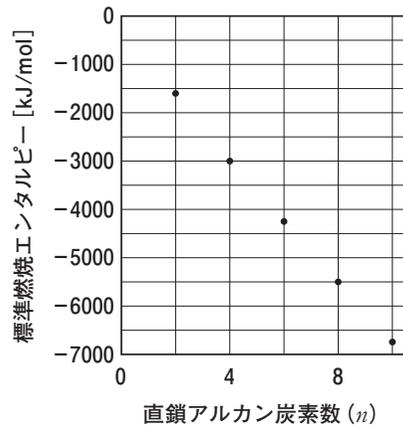
分子式が  $C_3H_8O$  で示される化合物 A, B, C があり、沸点はそれぞれ異なる。A は金属ナトリウムと反応しなかったが、液体の B に金属ナトリウム 0.460 g を加えると、気体が発生して金属ナトリウムは完全に溶けた。 また、C を酸化すると銀鏡反応を示す化合物 D を得た。

- (1) 下線部(ア)の反応で発生した気体の  $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  における体積 [mL] を求めなさい。
- (2) A, C の化合物名をそれぞれ答えなさい。
- (3) B, D の構造式をそれぞれ答えなさい。
- (4) B および C の沸点は A の沸点よりも大幅に高い。その理由を答えなさい。

問 2 石油はさまざまな炭化水素の混合物で、沸点の違いで分離され、さまざまな用途に使い分けられている。ここでは、石油の主成分であるアルカンを例に、二酸化炭素の排出との関係を考えてみよう。次の(1)~(3)に答えなさい。

(1) オクタンの完全燃焼の反応式を書きなさい。

(2) 右図は、直鎖アルカンの標準燃焼エンタルピー<sup>注)</sup>(25℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Paにおける燃焼エンタルピー)と炭素数( $n$ )の関係を示すグラフである。直鎖アルカンの標準燃焼エンタルピーが、 $n$ と直線関係にあると仮定して、次の①~⑤に答えなさい。



① 直鎖アルカンの標準燃焼エンタルピー [kJ/mol]と $n$ の関係をグラフから読み取って、 $n$ を使って表しなさい。

② 1 molの直鎖アルカンの完全燃焼によって生成する水の物質質量 [mol]を、 $n$ を使って表しなさい。

③ 1 molの直鎖アルカンの完全燃焼によって得られる熱量 [kJ]を、 $n$ を使って表しなさい。ただし、25℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Paにおいて水は液体であるが、アルカンの完全燃焼によって発生する水は気体(水蒸気)であるため、水の蒸発エンタルピー 44 kJ/mol(蒸発熱 -44 kJ/mol)を考慮する必要がある。

④ 1 molの直鎖アルカンの完全燃焼によって生成する二酸化炭素の質量 [g]を、 $n$ を使って表しなさい。

⑤ 同じ熱量を得るときに排出される二酸化炭素の質量が少ないのは $n$ がどのようなときと考えられるか。理由とともに答えなさい。

(3) 下線部イ)の操作を何と呼ぶか答えなさい。また、この操作によって得られる画分(沸点がある範囲内にある混合物)を3つ挙げなさい。

注) 燃焼エンタルピーは、燃焼熱の符号を逆転したものに等しい。

4 糖類は栄養素の一つとして、人の健康に重要な役割を果たしており、構成する糖の数から、単糖、二糖、多糖に分類される。二糖の1つであるスクロース(ショ糖)を加水分解すると、グルコース(ブドウ糖,  $C_6H_{12}O_6$ )とフルクトース(果糖)の等量混合物が生じる。これは転化糖とよばれ、スクロースより甘いため、甘味料として利用されている。次の問1～問3に答えなさい。

問1 多糖の結合に関する次の文章の空欄(ア)～(カ)に入る適切な語句または数値を答えなさい。

多糖の代表的なものがデンプンであり、 $\alpha$ -グルコースが(ア)結合と呼ばれる共有結合によって直鎖状につながった(イ)や、枝分かれ構造を含む(ウ)が含まれる。デンプンは(エ)という酵素によって、二糖である(オ)に分解される。(オ)の分子量はグルコースの分子量の2倍より(カ)だけ小さい。

問2 還元性を有する化合物にフェーリング液を加えて加熱すると、フェーリング液中の銅(II)イオンが還元されて、酸化銅(I)の赤色沈殿を生じる。この反応を利用して糖類の還元性を調べるため、4本の試験管A, B, C, Dを用意し、次の操作を行った。以下の(1)～(3)に答えなさい。

- ・試験管AおよびBに、1%スクロース水溶液2 mLをそれぞれ入れた。
- ・試験管CおよびDに、1%マルトース水溶液2 mLをそれぞれ入れた。
- ・試験管AおよびCには、フェーリング液2 mLを加えガスバーナーで加熱した。
- ・試験管BおよびDには、0.5 mol/L 硫酸水溶液2 mLを加え、2分間ガスバーナーで加熱した。冷却後、炭酸ナトリウム(無水物)を気泡が発生しなくなるまで添加した。この溶液にフェーリング液2 mLを加えガスバーナーで加熱した。

- (1) 試験管 A ～ D について、酸化銅(Ⅰ)の沈殿が確認された試験管は○、確認されなかった試験管は×で答えなさい。
- (2) 試験管 B と D で、冷却後、炭酸ナトリウム(無水物)を添加した理由を答えなさい。
- (3) グルコースと還元性を持たない糖の混合物 3.11 g を水に溶解し、十分な量のフェーリング液を加えガスバーナーで加熱し、生成した酸化銅(Ⅰ)の沈殿を回収した。沈殿を乾燥後、質量を測定したところ、0.715 g であった。混合物中のグルコースの割合(%)を求めなさい。ただし、フェーリング反応では、還元性を持つ糖と同じ物質量の酸化銅(Ⅰ)が生成する。また、数値は小数第 1 位まで記しなさい。

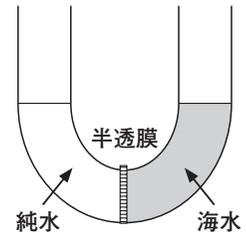
問 3 甘みは、甘味分子が舌にある甘味受容体によって検出されることによって感じられる。甘みの強さが糖の種類によって異なるのは、受容体に対する刺激の強さが異なるためと考えられている。人が感じる甘さの評価には甘味度という指標が使われている。これは、スクロースの甘さを 1 とした時の相対値で表され、例えばフルクトースの甘味度を 1.25 とすると、スクロースの  $\frac{1}{1.25}$  の質量パーセント濃度で同じ甘さを感じることができる。そこで、甘味度の数値をもとに、フルクトースとスクロースの甘味受容体に対する刺激の強さを分子レベルで比較してみよう。次の(1)～(3)に答えなさい。数値は、有効数字 2 桁で答えなさい。

- (1) スクロース 3.42 g をゼラチン液に加え、冷やして固め、ゼリーを作製した。このゼリーに含まれているスクロースの物質量を求めなさい。
- (2) フルクトースの甘味度を 1.25 としたとき、(1)と同じ甘さを感じさせるゼリーを作製するのに必要なフルクトースの物質量を求めなさい。作製するゼリーの質量は(1)と同様とする。
- (3) フルクトースとスクロースの甘味受容体に対する刺激はどちらが強いのか、理由とともに答えなさい。

5 水は限られた資源であり、SDGsの目標6「安全な水とトイレを世界中に」を達成するためには、水に含まれる物質を取り除く技術が必要となっている。このような技術として、逆浸透法やイオン交換法などが利用されている。以下の問1および問2に答えなさい。

問1 まず逆浸透法により、海水を純水に処理する方法について考えたい。次の文章の空欄(ア)～(ケ)に当てはまる最も適切な語句を選択肢より選び、記号で答えなさい。なお、選択肢は繰り返し用いてよい。

右図のようにU字管を半透膜で仕切り、左側に純水、右側に海水をそれぞれ同じ高さまで入れ長時間放置すると(ア)側の液面が上昇し、反対側の液面が低下する。これは(イ)が半透膜を通過して(ウ)側に移動したために起こった現象で(エ)という。この半透膜を通過して(エ)しようとすることによって発生する圧力を(オ)といい、これによって液面の高さの差が生じている。逆に、(オ)以上の圧力を(ア)側の液面に加えると、(エ)が逆方向に進むことになる。希薄溶液の場合、(オ)は溶液中のすべての(カ)のモル濃度に比例する。海水を希薄塩化ナトリウム水溶液として考えると、塩化ナトリウムは完全に(キ)して、全てイオンとして存在しているため、(カ)のモル濃度は、塩化ナトリウムとしてのモル濃度の2倍となる。また、これらのイオンは、(ク)して存在しているため、(イ)より(ケ)粒子としてふるまう。以上のことから、逆浸透法により海水の純水への処理が可能となる。



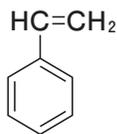
< 選択肢 >

- |        |         |        |           |
|--------|---------|--------|-----------|
| a. 塩析  | b. 透析   | c. 浸透  | d. ブラウン運動 |
| e. 浸透圧 | f. 大気圧  | g. 分圧  | h. 凝集     |
| i. 水和  | j. コロイド | k. 会合  | l. ゴル     |
| m. ゲル  | n. 電離   | o. 左   | p. 右      |
| q. 大きな | r. 小さな  | s. 水分子 | t. 溶質粒子   |

問 2 次にイオン交換法について考えたい。次の文章を読んで、(1)~(3)に答えなさい。

イオン交換法に用いられるイオン交換樹脂は、溶液中のイオンを自身が持つイオンに交換するはたらきをもつ。 $-\text{SO}_3\text{H}$ 基が導入された樹脂は、ナトリウムイオンなどを(コ)に交換するため、(サ)イオン交換樹脂、 $-\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$ 基が導入された樹脂は、塩化物イオンなどを(シ)に交換するため(ス)イオン交換樹脂と呼ばれる。これら両方の樹脂に海水を通すと、電解質が取り除かれた水を得ることができる。この水を(セ)水という。また、イオン交換反応は可逆反応であるため、使用したイオン交換樹脂は再生処理<sup>①</sup>を行うことで繰り返し利用することができる。

- (1) 空欄(コ)~(セ)に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) 下線①について、どのような処理をすればイオン交換樹脂を再生できるか答えなさい。
- (3) スチレン(下図)からポリスチレンを合成し、さらに濃硫酸で処理することで、ポリスチレンの一部のベンゼン環の*p*-位に $-\text{SO}_3\text{H}$ 基が導入されたイオン交換樹脂が得られる。 $-\text{SO}_3\text{H}$ 基がどのくらい導入されたかを求める手順について、以下の①~④に答えなさい。



スチレン(別名 ビニルベンゼン)の構造式

- ① ポリスチレンの構造を、重合度を  $n$  として、構造式で書きなさい。
- ② 合成の結果、分子量  $7.28 \times 10^4$  のポリスチレンが得られたとして、このポリスチレンの重合度を求めなさい。
- ③ ②で得たポリスチレン 1 分子あたりに  $m$  個の $-\text{SO}_3\text{H}$ 基が導入されたとして、得られるイオン交換樹脂の分子量を  $m$  を用いて表しなさい。
- ④ ②で得たポリスチレン 10.0 g から、③で得たイオン交換樹脂 12.0 g が得られたとして、このイオン交換樹脂 1 分子あたりの $-\text{SO}_3\text{H}$ 基の数を求めなさい。

