

受験番号						氏名	
------	--	--	--	--	--	----	--

2023 年度

理 科

注 意 事 項

1. 試験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. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりです。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～22	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	23～35	
生 物	36～56	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。また、問題冊子に計算用紙が挟んであるのでメモや計算に用いて構いません。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークしなさい。

① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークしなさい。(例)受験番号10025番→

1	0	0	2	5
---	---	---	---	---

と記入。

② 氏名欄 氏名・フリガナを記入しなさい。

③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークしなさい。


例えば

15

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークしなさい。薄いもの、不完全なものは解答したことにはなりません。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消しなさい。鉛筆の色や消しくずが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことになりません。
8. すべて選べという指示のある問題を除き、それぞれの問題で指定された数よりも多くの解答をマークした場合は無解答とみなされます。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子、解答用紙、計算用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

化 学

(注意) 問題文中に指定がない場合、解答にあたって必要ならば、次の数値および条件を用いよ。

原子量：H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,
S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Cr = 52.0, Cu = 63.5,
Zn = 65.4, Ag = 107.9, I = 126.9

気圧：1.00 atm = 1.01×10^5 Pa

0.0 °C の絶対温度： $T = 273.0$ K

標準状態の気体 1.00 mol の体積：22.4 L

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)

気体はすべて、理想気体としてふるまうものとする。

第1問 以下の問1～5の各群の①～⑤の中には、それぞれの問いの指示に該当するものが一つだけあるか、一つもないかのいずれかである。指示に該当するものが①～⑤の中に存在する場合は、①～⑤のうちから最も適切なものを一つ選べ。該当するものがない場合は⑥を選べ。

問 1

1

指示：誤りを含むもの

- ① 原子を構成する電子は、原子の中心にある原子核の周囲に、いくつかの層（電子殻）に分かれて存在している。電子殻は、原子核に近い内側から順に K 殻、L 殻、M 殻、N 殻・・・と呼ぶ。
- ② 原子の原子核にある陽子は正の電荷を持ち、中性子は電荷を持たないので、原子核は全体として正の電荷を持っている。
- ③ 各電子殻への電子の入り方を電子配置という。
- ④ 原子を構成する陽子の数、中性子の数、および電子の数の和を、その原子の質量数という。
- ⑤ 原子番号と質量数を含めて原子を表す場合、元素記号の左上に質量数、左下に原子番号を書く。
- ⑥ (①～⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

問 2

2

指示：誤りを含むもの

- ① タンパク質を構成する成分となる α -アミノ酸はすべて、アミノ基とカルボキシ基の両方に結合した炭素原子を分子内に持つ。
- ② α -アミノ酸の水溶液の pH を変化させると、陽イオン、双性イオン、および陰イオンの割合が変化する。
- ③ α -アミノ酸は、アルコールと反応させることでエステルに、無水酢酸 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ と反応させることでアミドに、それぞれ変換することができる。
- ④ 二つの α -アミノ酸分子において、一方のアミノ酸が持つカルボキシ基と他方のアミノ酸が持つアミノ基とが脱水縮合を起こすと、ジペプチドが生成する。
- ⑤ グリシンは不斉炭素原子を持たないので、鏡像異性体の一方である L 体のみが存在する。
- ⑥ (①~⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

問 3 3

指示：誤りを含まないもの

- ① イギリスのボイルは、一定圧力 P のもとで、内容積可変の密閉容器に入れた一定質量の気体の温度 T を 1 K 上下させるごとに、この気体の体積 V は 0°C のときの体積 V_0 の $1/273$ 倍ずつ増減することを発見した。
- ② ボイル・シャルルの法則から、一定質量の気体の体積 V は、その気体の圧力 P に比例し、絶対温度 T に反比例することがわかる。
- ③ 気体の状態方程式において、圧力 P に $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 V に 1.00 L 、物質質量 n に 1.00 mol 、温度 T に 273.0 K を代入すると、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ が導かれる。
- ④ 気体の体積 V が理論上 0 となる温度 (-273.0°C) を原点として、セルシウス温度の目盛りと同じ間隔で表した温度を絶対温度という。
- ⑤ 混合気体の平均分子量(見かけの分子量) \bar{M} は、この混合気体に含まれる各成分について気体の物質質量 n [mol] とモル分率の積を計算し、それらのすべての計算値を足し合わせることでより求めることができる。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 4 4

指示：誤りを含まないもの

- ① 2-プロパノールは 2 価のアルコールである。
- ② アルコールは、分子量が同程度の炭化水素に比べて高い沸点を持つ。これは、アルコール分子内のヒドロキシ基(-OH)が分子内で水素結合していることによる。
- ③ グリセリンのヒドロキシ基の一つをエステル化するとき、元のグリセリンが持っていた炭素原子が一つだけ不斉炭素原子になる場合と一つもならない場合の両方が考えられる。
- ④ 硫酸水銀 HgSO_4 触媒下でエチレン(エテン) C_2H_4 に水を付加させると、不安定なビニルアルコールが生成する。
- ⑤ 硫酸酸性下、二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液中で第一級アルコールを加熱すると、ケトンを経てカルボン酸が生成する。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

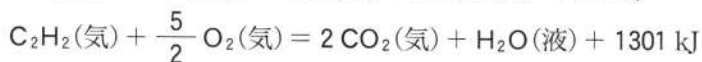
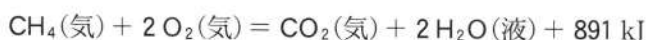
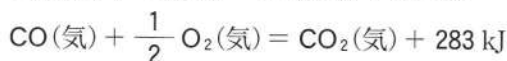
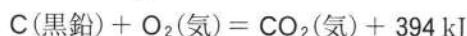
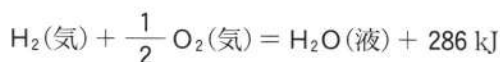
問 5 5

指示：誤りを含まないもの

- ① ベンゼン C_6H_6 では、これを構成するすべての原子が同一平面上にある。
6 個の炭素原子 C は正六角形の各頂点に位置し、それぞれの炭素原子に水素原子 H が 1 個ずつ結合している。
- ② ベンゼンを構成している炭素-炭素結合は、単結合と三重結合が交互に配置されており、6 個の炭素原子間の結合の長さはすべて同じで、 $C-C$ 結合と $C \equiv C$ 結合の中間的な状態にある。
- ③ ベンゼンの 6 個の水素原子のうち 2 個を塩素原子に置換した、ジクロロベンゼン $C_6H_4Cl_2$ には、一つ目の塩素原子の *o*(オルト)-位に二つ目の塩素原子が結合したものが 2 種類、*m*(メタ)-位に結合したものが 2 種類、*p*(パラ)-位に結合したものが 1 種類の、合計 5 種類の構造異性体が存在する。
- ④ 鉄粉を触媒としてベンゼンに塩素 Cl_2 を反応させると、両者の間で付加反応が起こり、クロロベンゼンが生成する。
- ⑤ ニッケル Ni を触媒として、高温・高圧でベンゼンに水素 H_2 を付加させると、ヘキサンが生成する。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

第2問 気体の燃焼に関する以下の各問い(問1～5)に答えよ。ただし、混合気体の燃焼の実験においては、成分気体同士は互いに反応しない(可燃性の気体がそれぞれ酸素とのみ反応する)ものとする。

なお、燃焼反応は常に次の 25.0℃, 1.00 atm における各熱化学方程式に従うものとする。



問1 標準状態にある以下の①～⑧の各物質 (1) 1.00 L, (2) 1.00 g を, それぞれ完全燃焼させたとき, 発生する熱量が一番大きいものはどれか。最も適切なものを, 以下の①～⑧のうちから一つ選べ。なお, (1) の答えは解答欄

6

7

(1) 6

(2) 7

- | | |
|---|---|
| ① アセチレン(エチン) $\text{C}_2\text{H}_2(\text{気})$ | ② 一酸化炭素 $\text{CO}(\text{気})$ |
| ③ エタン $\text{C}_2\text{H}_6(\text{気})$ | ④ エチレン $\text{C}_2\text{H}_4(\text{気})$ |
| ⑤ 水素 $\text{H}_2(\text{気})$ | ⑥ 二酸化炭素 $\text{CO}_2(\text{気})$ |
| ⑦ ホルムアルデヒド $\text{CH}_2\text{O}(\text{気})$ | ⑧ メタン $\text{CH}_4(\text{気})$ |

問2 エタンとエチレンを, 合計 1.00 mol となるように混合し, すべて完全燃焼させたところ, 1515 kJ の熱量が発生した。この混合気体中に含まれていたエチレンの質量は何 g か。最も近い数値を, 以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

8 g

- | | | | | |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| ① 0.307 | ② 0.693 | ③ 1.71 | ④ 1.83 | ⑤ 8.60 |
| ⑥ 9.22 | ⑦ 19.4 | ⑧ 20.8 | ⑨ 26.3 | ⑩ 28.2 |

問 3 エタン，エチレン，水素，二酸化炭素を物質比 16.0 : 15.0 : 42.0 : 27.0 で混合したものを，混合気体 A とする。標準状態の混合気体 A 5.00 L をすべて完全燃焼させるために最低限必要な酸素の物質量は何 mol か。最も近い数値を，以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし，酸素は完全燃焼にのみ 100 % 使われたとする。

9 mol

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.163 | ② 0.223 | ③ 0.272 | ④ 0.303 |
| ⑤ 0.444 | ⑥ 0.505 | ⑦ 3.65 | ⑧ 6.10 |
| ⑨ 6.78 | ⑩ 9.95 | ⑪ 11.3 | |

問 4 標準状態の混合気体 A 5.00 L をすべて完全燃焼させたときに発生する熱量は何 kJ か。最も近い数値を，以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

10 kJ

- | | | | |
|--------|--------|---------|--------|
| ① 130 | ② 147 | ③ 212 | ④ 246 |
| ⑤ 582 | ⑥ 658 | ⑦ 2908 | ⑧ 3290 |
| ⑨ 4757 | ⑩ 5521 | ⑪ 13026 | |

問 5 内部を真空にした内容積可変の空の密閉容器に標準状態で 5.00 L の混合気体 A と十分な量の酸素を加え，完全燃焼させた。その結果，燃焼によって生成した水に二酸化炭素が溶解した飽和水溶液 B が生成した。このとき，飽和水溶液 B に溶けている二酸化炭素の物質量は，密閉容器内に存在する二酸化炭素の総物質量の何%か。最も近い数値を，以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし，密閉容器内には固体は存在せず，気相中には水蒸気は存在しないものとする。なお，水の密度は 0.998 g/mL，二酸化炭素と水との化学反応の影響は無視できるとし，飽和水溶液 B には二酸化炭素が水 100 mL 当たり 2.86×10^{-3} mol 溶けているとして計算せよ。

11 %

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 1.89×10^{-4} | ② 9.49×10^{-3} | ③ 6.98×10^{-2} |
| ④ 8.99×10^{-2} | ⑤ 9.49×10^{-2} | ⑥ 1.22×10^{-1} |
| ⑦ 1.36×10^{-1} | ⑧ 1.57×10^{-1} | ⑨ 1.66×10^{-1} |
| ⑩ 1.99×10^{-1} | ⑪ 2.39×10^{-1} | |

第3問 二酸化炭素に関する以下の各問い(問1～4)に答えよ。ただし、すべての実験および考察は、27.0℃、1.00 atmの条件下で行ったものとする。なお、対数の計算には次の各数値を用いよ。 $\log_{10} 2 = 3.01 \times 10^{-1}$ 、 $\log_{10} 3 = 4.77 \times 10^{-1}$ 、 $\log_{10} 5 = 6.99 \times 10^{-1}$ 、 $\log_{10} 7 = 8.45 \times 10^{-1}$

一般に、液体に溶ける気体の物質質量と分圧の間には(あ)の法則が成り立つ。二酸化炭素が水に溶ける場合も、この法則が成り立つとする。



ただし、 $\text{CO}_2(\text{気体})$ は気体の二酸化炭素、 $\text{CO}_2(\text{溶解})$ は水に溶解した状態の二酸化炭素を、それぞれ表す。

この性質について調べるため、上の可逆反応に関する実験と考察を行った。

実験1：二酸化炭素の溶解

内容積可変の密閉容器に気体が溶けていない水を50 mL入れ、さらに窒素(気体)と二酸化炭素(気体)をそれぞれ下表に示した体積ずつ入れた後、十分に振り混ぜた。容器内の体積の変化が停止してから、水溶液中に溶解した二酸化炭素の物質質量を測定し、結果を下表にまとめた。

表 二酸化炭素の溶解実験の結果

容器に入れた体積(mL)			水溶液中の二酸化炭素の物質質量(mol)
水	窒素	二酸化炭素	
50	35	15	5.0×10^{-4}
50	20	30	1.0×10^{-3}
50	5	45	1.5×10^{-3}

ただし、二酸化炭素以外の気体の溶解が二酸化炭素の溶解度に与える影響、気体の溶解による液体の体積変化および気体の分圧の変化、密閉容器中の水蒸気圧は無視して良い。

〔計算用紙〕

[計算用紙]

〔計算用紙〕

(計算用紙)

〔計算用紙〕

〔計算用紙〕

〔計算用紙〕

[計算用紙]

問 1 問題文中の(あ)の法則は何か。最も適切なものを、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

の法則

- | | | |
|----------|-----------|-------------|
| ① ケクレ | ② シャルル | ③ ハーバー・ボッシュ |
| ④ ファラデー | ⑤ ファントホッフ | ⑥ ファンデルワールス |
| ⑦ ヘンリー | ⑧ ボイル | ⑨ ラウール |
| ⑩ ルシャトリエ | | |

問 2 空気中に含まれる二酸化炭素の割合を体積比で 0.03 % としたとき、大気下に放置された水 100 mL の中に溶解得る二酸化炭素の物質量は表からいくらと考えられるか。下記のように表した場合に最も近い数値を、以下の①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。なお、例えば 1×10^{-2} と解答する場合は、

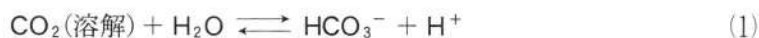
に①、 には②を、それぞれマークせよ。

$\times 10^{-$ mol

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

考察 1：二酸化炭素が溶解した水溶液の性質

二酸化炭素が溶解した水溶液では、次の可逆反応に従って電離が起こると考える。



その場合、電離定数 K_1 は以下のように示されるとする。ただし、炭酸水素イオンのさらなる電離(炭酸の2段階目の電離)は考えない。

$$K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2(\text{溶解})]} = 4.9 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad (2)$$

問 3 二酸化炭素水溶液の濃度が 0.01 mol/L のとき、この水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

15

- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 1 | ② | 2 | ③ | 3 | ④ | 4 | ⑤ | 5 |
| ⑥ | 6 | ⑦ | 7 | ⑧ | 8 | ⑨ | 9 | ⑩ | 0 |

考察 2 : 炭酸の電離定数

考察 1 では、溶解した二酸化炭素と水から炭酸が生成する反応を無視して、溶解した二酸化炭素と水から炭酸水素イオンが生じるように考えたが、この考察ではさらに式(3)の可逆反応を考える。



その場合、 $[\text{H}_2\text{O}]$ の値は一定と近似すると、上の式(3)の反応の平衡定数 K_2 と $[\text{H}_2\text{O}]$ の積は下式のように一定の値を示すと考えられる。

$$K_2[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2(\text{溶解})]} = 7.0 \times 10^{-4} \quad (4)$$

問 4 炭酸の電離 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ の電離定数を K_3 とするとき、以上の考察に従って $-\log_{10} K_3$ の値を計算するといくらになるか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、式(3)の反応は速やかに平衡状態に至るとする。

$$-\log_{10} K_3 = \boxed{16}$$

- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 1 | ② | 2 | ③ | 3 | ④ | 4 | ⑤ | 5 |
| ⑥ | 6 | ⑦ | 7 | ⑧ | 8 | ⑨ | 9 | ⑩ | 0 |

第4問 マルトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ の加水分解に関する下記の**実験1**～**4**について、以下の各問い(問1～6)に答えよ。ただし、化学反応はすべて100%進行するものとする。

実験1：水を含むマルトース 2.52 g を水に溶かして 15.00 mL とし、溶質としてマルトースのみを含む水溶液 **A** を得た。

実験2：0.160 mol/L 硫酸 1.25 mL に水溶液 **A** を 3.00 mL 加えて得た水溶液 **B** を穏やかに加熱し、マルトースを加水分解した。その後、反応混合物を元の水溶液 **B** と同じ温度まで放冷して水溶液 **C** を得た。この実験において水の蒸発はなく、水溶液 **C** の体積は水溶液 **B** のそれと同じであった。

実験3：水溶液 **C** に純粋な炭酸水素ナトリウムの粉末を加えたところ、気体 **D** が発生した。発生する気体 **D** の体積は、加える炭酸水素ナトリウムの質量が増すにつれて増加し、加える炭酸水素ナトリウムの質量を X g としたときに最大となった。なお、気体 **D** の水に対する溶解は気体 **D** の発生量には影響しないものとする。

実験4：実験3で気体 **D** が発生し終わった水溶液に、マルトースの加水分解によって生成した物質をすべて反応させるために十分な量のフェーリング溶液を加えて加熱すると、赤色の沈殿 **E** が 0.400 g 生成した。

問 1 マルトース 1.00 mol を完全に加水分解すると得られる物質とその物質量を
示す記述として最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

17

- ① グルコース 2.00 mol
- ② フルクトース 2.00 mol
- ③ マンノース 2.00 mol
- ④ ガラクトース 2.00 mol
- ⑤ グルコース 1.00 mol
- ⑥ グルコース 1.00 mol とフルクトース 1.00 mol からなる混合物
- ⑦ グルコース 1.00 mol とマンノース 1.00 mol からなる混合物
- ⑧ グルコース 1.00 mol とガラクトース 1.00 mol からなる混合物
- ⑨ フルクトース 1.00 mol とマンノース 1.00 mol からなる混合物
- ⑩ フルクトース 1.00 mol とガラクトース 1.00 mol からなる混合物
- ⑪ マンノース 1.00 mol とガラクトース 1.00 mol からなる混合物

問 2 気体 D は何か。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

18

- ① アンモニア ② 一酸化炭素 ③ 一酸化窒素 ④ 塩化水素
- ⑤ 酸素 ⑥ 水素 ⑦ 窒素 ⑧ 二酸化硫黄
- ⑨ 二酸化炭素 ⑩ 二酸化窒素 ⑪ 硫化水素

問 3 実験 3 で加えた炭酸水素ナトリウムの質量 X g として最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、実験 2 で用いた硫酸はマルトースの加水分解触媒としてのみ働き、その後実験 3 で炭酸水素ナトリウムの粉末を加えるまでは全く消費されなかったものとする。

19 g

- ① 8.80×10^{-3} ② 1.05×10^{-2} ③ 1.68×10^{-2}
- ④ 1.76×10^{-2} ⑤ 2.12×10^{-2} ⑥ 2.84×10^{-2}
- ⑦ 3.36×10^{-2} ⑧ 4.24×10^{-2} ⑨ 4.80×10^{-2}
- ⑩ 6.72×10^{-2} ⑪ 1.00×10^{-1}

問 4 沈殿 E は何か。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

20

- ① 塩化銀 ② 塩化銅(Ⅱ) ③ 銀 ④ クロム酸銀
⑤ 酸化銀 ⑥ 酸化銅(Ⅰ) ⑦ 酸化銅(Ⅱ) ⑧ 水酸化銀
⑨ 水酸化銅(Ⅰ) ⑩ 銅 ⑪ ヨードホルム

問 5 実験 1～4 の結果から、この実験に用いたマルトース 2.52 g 中には水が何%(質量パーセント)含まれていたことになるか。最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、実験 2 でマルトースの加水分解によって生成した物質はすべて、フェーリング反応に使われたものとする。また、フェーリング反応により、単糖 1.00 mol あたり、沈殿 E が 1.00 mol 得られるものとする。

21 %

- ① 3.97×10^{-2} ② 5.00×10^{-2} ③ 6.20×10^{-1}
④ 8.10×10^{-1} ⑤ 9.50×10^{-1} ⑥ 5.00
⑦ 19.0 ⑧ 50.0 ⑨ 62.0
⑩ 81.0 ⑪ 95.0

問 6 水溶液 A のモル濃度は何 mol/L か。最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

22 mol/L

- ① 9.32×10^{-2} ② 1.40×10^{-1} ③ 1.68×10^{-1}
④ 4.66×10^{-1} ⑤ 4.91×10^{-1} ⑥ 6.99×10^{-1}
⑦ 8.39×10^{-1} ⑧ 9.32×10^{-1} ⑨ 1.55
⑩ 2.33 ⑪ 4.19

