

入学試験問題(1次)

理 科

令和3年1月25日

10時50分—12時10分

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
- 2 この問題冊子は表紙・白紙を除き37ページ(物理1～10ページ、化学11～22ページ、生物23～37ページ)である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合は申し出ること。
- 3 物理、化学、生物のうちからあらかじめ入学志願票に記入した2科目を解答すること。
- 4 解答には必ず黒鉛筆(またはシャープペンシル)を使用すること。
- 5 解答は、各設問ごとに一つだけ選び、解答用紙の所定の解答欄の該当する記号を塗りつぶすこと。
- 6 解答を訂正する場合は、消しゴムできれいに消すこと。
- 7 解答用紙の解答欄は、左から物理、化学、生物の順番になっているので、マークする科目の解答欄を間違えないように注意すること。
- 8 監督員の指示に従って、問題冊子の表紙の指定欄に受験番号を記入し、解答用紙の指定欄に受験番号、受験番号のマーク、氏名を記入すること。「志願票に記入した科目を2つマークしなさい」の欄には、入学志願票と同じ科目にマークすること。
- 9 この問題冊子の余白は、草稿用で使用してよい。ただし、切り離してはならない。
- 10 解答用紙およびこの問題冊子は、持ち帰ってはならない。

受験番号				
------	--	--	--	--

上の枠内に受験番号を記入しなさい。

化 学

設問ごとに与えられた選択肢の中から最も適当なものを一つだけ選べ。(原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Al = 27.0$, $Cl = 35.5$ とし、理想気体の標準状態における 1 mol の体積は 22.4 L 、ファラデー定数 F は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。)

物質がそれぞれ水 100 g に 0.01 mol 溶けている。これに関して、以下の問い(問題 1・2)に答えよ。

1 水溶液の蒸気圧がもっとも小さくなるのはどれか。

- ㉞ 塩化ナトリウム ㉟ グルコース ㊱ 尿 素
㊲ 硫酸ナトリウム ㊳ 塩化カリウム

2 この水溶液を冷却した時の冷却時間と温度の関係を示した冷却曲線と溶液について正しいものを選べ。

- ㉞ 過冷却の後に凝固が始まると冷却を続けても温度が上昇することはない。
㉟ 凝固が進む間は冷却を続けても温度が一定に保たれる。
㊱ 凝固が進む間に冷却を続けると残りの溶液の濃度は低下する。
㊲ 溶媒の結晶と溶液が共存する時に冷却を続けると溶液の凝固点降下は大きくなる。
㊳ 過冷却の後に凝固が開始したときの温度が凝固点である。

次の文章を読み、以下の問い(問題3・4)に答えよ。

非電解質の希薄溶液の浸透圧は、ファントホッフの法則により気体の状態方程式と同じ形で示される。0.10 g の非電解質 A を溶かした 10 mL の水溶液 B を作製した。

3 下線に厳密にしたがう気体にもっとも近いふるまいをするのはどれか。

- ㉠ 300 K, 1.0×10^5 Pa の水素
- ㉡ 100 K, 1.0×10^5 Pa の水素
- ㉢ 300 K, 1.0×10^7 Pa の二酸化炭素
- ㉣ 100 K, 1.0×10^7 Pa の水素
- ㉤ 300 K, 1.0×10^5 Pa の二酸化炭素

4 断面積 1.0 cm^2 の U 字管の中央部に半透膜を置き、左側に水溶液 B を全て入れ、右側に水を入れて同じ高さにした。27 °C でしばらく放置したところ、両液面の差が 4.0 cm のところで停止した。気体定数 R を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、放置後の水溶液および水の密度を 1.0 g/cm^3 、1.0 cm の水柱に相当する圧力を 98 Pa に等しいものとした時、A の分子量として最も近い値を選べ。

- ㉠ 4.5×10^4
- ㉡ 5.3×10^4
- ㉢ 6.4×10^4
- ㉣ 7.3×10^4
- ㉤ 8.3×10^4

5 同じ「分子の形」を示す極性分子の組み合わせはどれか。

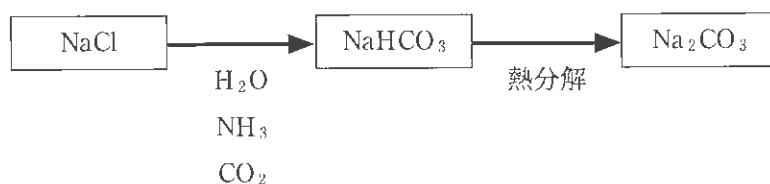
- ㉞ 水, 硫化水素
- ① 水素, 塩化水素
- ㉡ 二酸化炭素, 塩化水素
- ㊥ メタン, アンモニア
- ㊸ 塩素, 水

6 濃硫酸および希硫酸の性質と反応の組合せとして誤ったものはどれか。

- A 吸湿性—濃硫酸を水に注ぐと水が沸騰してはねた。
- B 強酸性—炭酸ナトリウムに希硫酸を加えると二酸化炭素が発生した。
- C 酸化作用—希硫酸に亜鉛を加えると水素が発生した。
- D 不揮発性—塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると塩化水素が発生した。
- E 脱水作用—スクロースに濃硫酸を加えると炭化した。

- ㉞ AとC ① BとD ㉡ CとE ㊥ DとA ㊸ EとB

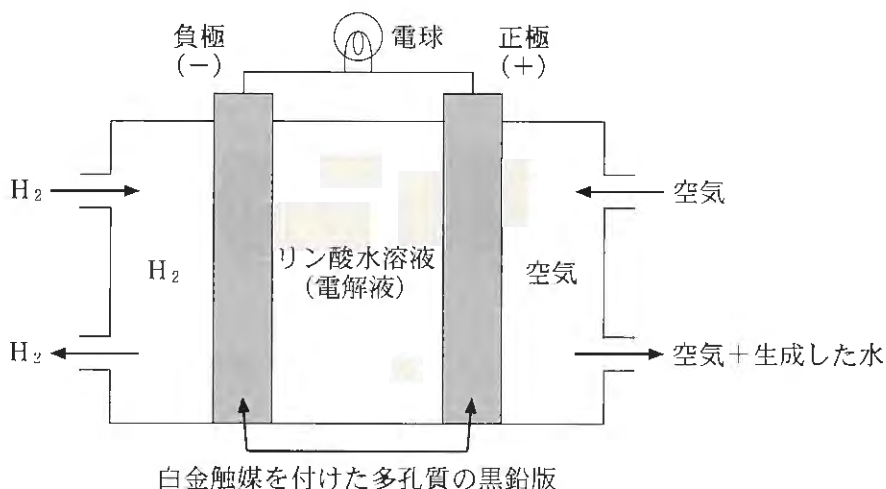
7 アンモニアソーダ法では、図のようにナトリウムの化合物が反応する。塩化ナトリウム 32 kg から炭酸ナトリウムは何 kg つくられるか。最も近いものを選べ。



- ㉞ 15 ① 29 ㉡ 46 ㊥ 58 ㊸ 92

次の文章を読み、以下の問い(問題8～10)に答えよ。

下図に示すような電池を作製した。両方の電極には白金触媒をつけた多孔質の黒鉛板を用い、その間に電解液としてリン酸水溶液を用いた。この電池は、正極側に十分に空気が供給される条件で、負極側に水素を送り込むことにより電気エネルギーを生ずる。起電力は約1.20Vであった。この電池を用いて257分間、電流を流した。その結果、正極側に水が0.720g生成された。



8 この電池の名称はどれか。

- ア ダニエル電池 イ 燃料電池 ウ 白金鉛電池
 エ 鉛蓄電池 オ リチウムイオン電池

9 この間に生じた電気量に最も近いものはどれか。

- ア $7.72 \times 10^3 \text{ C}$ イ $3.86 \times 10^3 \text{ C}$ ウ $3.08 \times 10^3 \text{ C}$
 エ $1.93 \times 10^2 \text{ C}$ オ $1.54 \times 10^3 \text{ C}$

10 この実験条件で生じた電流に最も近いものはどれか。

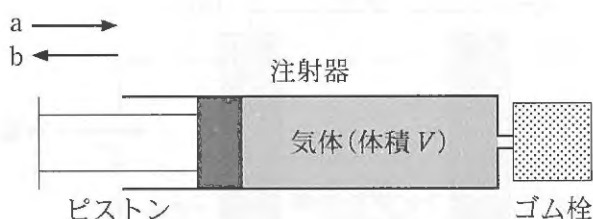
- ア 0.05 A イ 0.13 A ウ 0.25 A エ 0.50 A オ 1.00 A

次の文章を読み、以下の問い(問題 11・12)に答えよ。

純粋な四酸化二窒素を図に示すような注射器に密封して、注射器内の体積を V [L]、温度を T [K] に維持した。その結果、容器内は次に示す平衡状態に達した。



容器内の圧力は P [Pa] であった。平衡状態に達した際の NO_2 、 N_2O_4 の物質量はそれぞれ x [mol]、 y [mol] であった。気体定数は R [Pa・L/(K・mol)] とする。



11 上記の可逆反応の圧平衡定数 K_p として適切なものを選べ。

- ㊦ $VRT/(xy)$ ㊩ $V^2RT/(xy^3)$ ㊵ $V^2R^2T^2/(xy^3)$
 ㊧ $V^2/(xy^3RT)$ ㊪ $x^2RT/(yV)$

12 上記の平衡状態について以下に示す各操作を行った際の変化について正しい文章を選べ。上記の平衡状態における平衡定数を K_1 とする。

- ㊦ 上記の状態から温度を上げて、新しい平衡に達したときの平衡定数は K_1 より大きい。
 ㊩ 上記の状態から注射器のピストンを矢印 a の方向に動かしたとき、注射器内の気体は赤褐色から薄い色に変化する。
 ㊵ 上記の状態から注射器のピストンを矢印 a の方向に動かして、新しい平衡に達したときの平衡定数は K_1 より大きい。
 ㊧ 上記の状態から温度を下げたとき、赤褐色が濃くなる。
 ㊪ 上記の状態から注射器のピストンを矢印 b の方向に動かしたとき、注射器内の気体は赤褐色から薄い色に変化する。

次の文章を読み、以下の問い(問題 13・14)に答えよ。

K^+ 、 Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} の 4 種類の金属イオンを含む混合溶液に下記①～④の操作を行った。

- ① 希塩酸を加え、生じた「沈殿物 A」をろ過により分離し、「ろ液 X」を得た。
- ② 次に、硫化水素を十分に通じ、生じた「沈殿物 B」をろ過により分離し、「ろ液 Y」を得た。
- ③ 「ろ液 Y」を加熱した後、希硝酸を加えた。
- ④ その後、過剰のアンモニア水を加え、生じた「沈殿物 C」をろ過により分離し、「ろ液 Z」を得た。

13 ①～④の操作で分離される「沈殿物 A～C」について正しい文章はどれか。

- ㉗ 「沈殿物 A」と「沈殿物 B」は白色、「沈殿物 C」は赤褐色である。
- ㉘ 「沈殿物 A」は、光を当てても変色しない。
- ㉙ 「沈殿物 A」は、熱水を加えると溶解する。
- ㉚ 「沈殿物 B」は、塩基性の溶液に硫化水素を通じても生じる。
- ㉛ 「沈殿物 C」は過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶解する。

14 ①～④の操作で回収される「ろ液 X～Z」について誤った文章はどれか。

- ㉜ 「ろ液 X」に、過剰のアンモニア水を加えると錯イオンが形成される。
- ㉝ ㉗の操作では、「沈殿物 C」と同じ沈殿物が生じる。
- ㉞ 「ろ液 Y」には、3 価の金属イオンが含まれる。
- ㉟ 「ろ液 Y」の加熱操作は、溶液中の硫化水素を除くために行う。
- ㊱ 「ろ液 Z」の炎色反応は、赤紫色を呈する。

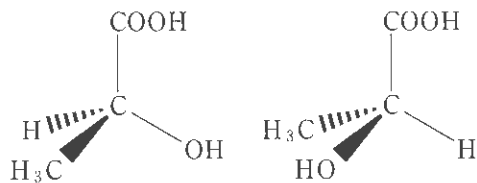
15 正しいのはどれか。

- A クメンヒドロペルオキシドを希硫酸で分解するとフェノールとアセトアルデヒドが得られる。
- B フェノールはベンゼンよりも置換反応が起こりやすい。
- C フェノールを混酸と反応させると主として *m*-ニトロフェノールが生成する。
- D エチルベンゼンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると安息香酸ができる。
- E フェノールはさらし粉水溶液により赤紫色を呈する。

㉗ AとC ㉘ BとD ㉙ CとE ㉚ DとA ㉛ EとB

16 正しいのはどれか。

- A アセトアルデヒドは工業的にはエチレンを酸素で酸化して合成される。
- B 無水酢酸は水に溶けやすい。
- C アセトアルデヒドはヨードホルム反応も銀鏡反応も示す。
- D 酢酸はヨードホルム反応を示す。
- E 下図は互いに鏡像異性体である。



㉗ AとC ㉘ BとD ㉙ CとE ㉚ DとA ㉛ EとB

次の文章を読み、以下の問い(問題 17・18)に答えよ。

炭素、水素、酸素のみを含む化合物 10.1 mg を取って元素分析をしたところ水 3.10 mg, 二酸化炭素 15.4 mg を生じた。

17 この化合物の組成式はどれか。

- ア CHO イ CH₂O ウ C₂H₂O エ C₂H₄O オ C₂H₆O

18 以下の条件を参考にして前問 17 の化合物を推定せよ。

- ・分子量は 115 から 136 の間である。
- ・炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素の泡を出して溶ける。
- ・臭素水を脱色する。
- ・160 °C で加熱すると分子内の脱水反応によって融点の低い化合物に変化する。

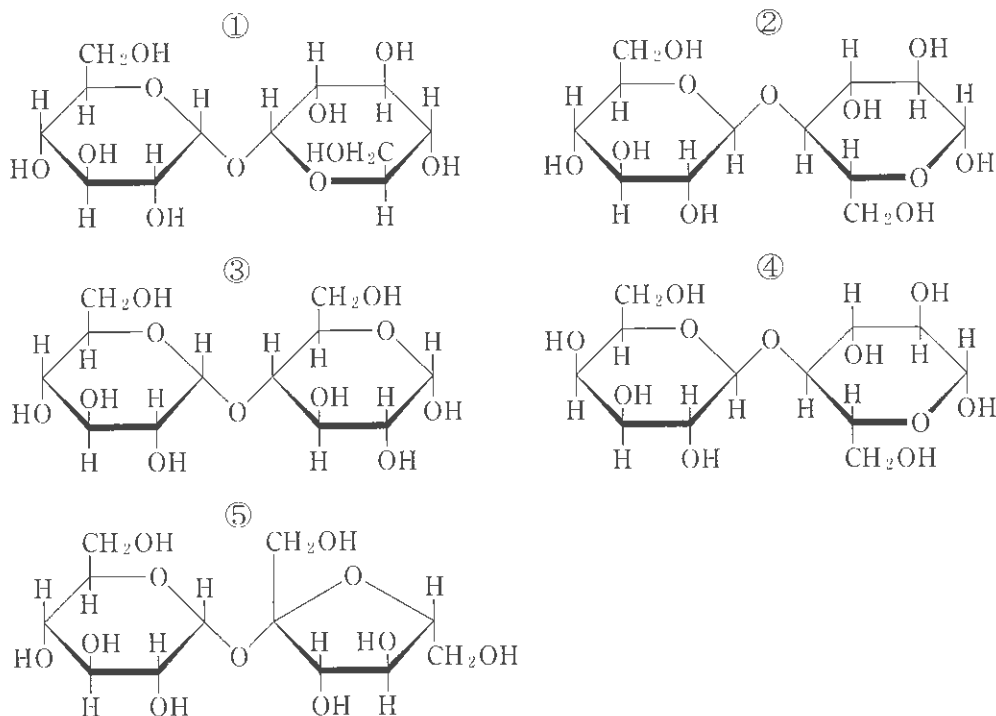
- ア フタル酸 イ テレフタル酸 ウ フマル酸
エ マレイン酸 オ シュウ酸

19 カルシウムとマグネシウムに関する文章で、カルシウムのみに該当するものはいくつあるか。

- A 単体は、常温で水と容易に反応して水素を発生する。
B 単体は、周期表において同周期のアルカリ金属の単体よりも融点が高い。
C 銅や亜鉛などと合金をつくる。
D 炭酸塩が溶けて、鍾乳洞を形成する。
E 水酸化物を高温(約 600 °C)で加熱すると酸化物を生じる。

- ア 1 イ 2 ウ 3 エ 4 オ 5

20 次の二糖①～⑤について正しいのはどれか。



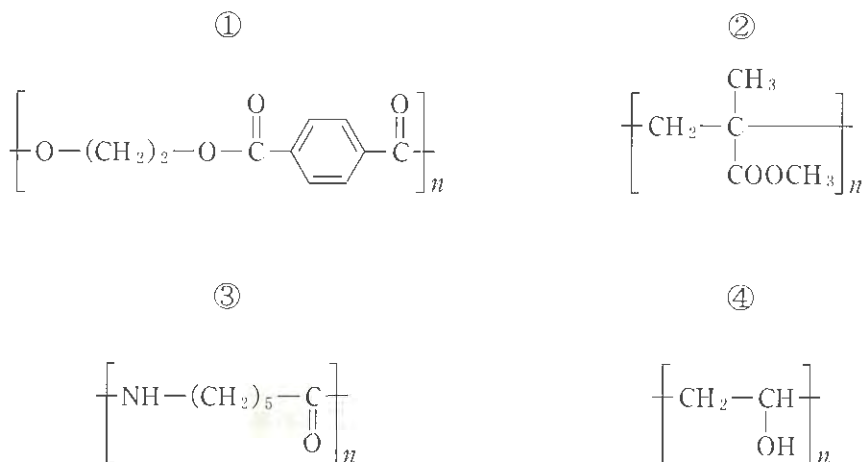
- A フェーリング液を加えて加熱したとき、赤色沈殿を生じるものは①、③、⑤である。
- B セルロースを酵素セルラーゼで加水分解したとき生成するものは①である。
- C デンプンに薄い酸を加えて加熱し徐々に加水分解したとき生成するものは③である。
- D 1,4-グリコシド結合をもつものは②、③、④である。

㉞ AとB ㉟ BとC ㊱ CとD ㊲ DとA ㊳ BとD

21 酸化アルミニウムと氷晶石から熔融塩電解で720 gのアルミニウムが得られた。この時発生した一酸化炭素と二酸化炭素の体積の合計が標準状態で672 Lとすると、一酸化炭素の物質量は二酸化炭素の何倍か。もっとも近い値を選べ。

㉞ 0.5 ㉟ 1 ㊱ 1.5 ㊲ 2 ㊳ 3

合成高分子化合物①～④について、以下の問い(問題 22・23)に答えよ。



22 正しいのはどれか。

- A ①はアラミド繊維である。
- B ②と④は単量体の付加重合によりつくられる。
- C ③はアクリル繊維である。
- D ④はポリ酢酸ビニルをけん化してつくられる。

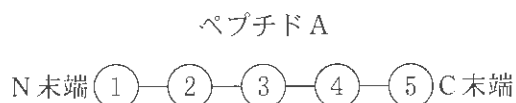
㉞ AとB ㉟ BとC ㊱ CとD ㊲ DとA ㊳ BとD

23 重合度 1,200 の④44.0 g をホルムアルデヒド水溶液で処理したところ、④の構造の一部がアセタール化されて高分子化合物 X が 46.0 g 得られた。X の 1 分子に残存するヒドロキシ基の数にもっとも近いものはどれか。

㉞ 201 ㉟ 402 ㊱ 804 ㊲ 1,206 ㊳ 1,608

次の文章を読み、以下の問い(問題 24・25)に答えよ。

図に示した①～⑤の α -アミノ酸 5 個からなるペプチド A について以下の実験 1～4 を行った。



実験 1 ペプチド A を加水分解したところ、表に示す 5 種類のアミノ酸が得られた。

名 称	略 号	分子量	等電点
アスパラギン酸	Asp	133	2.8
グルタミン酸	Glu	147	3.2
システイン	Cys	121	5.1
リシン	Lys	146	9.7
チロシン	Tyr	181	5.7

実験 2 pH 5.1 に調整したアミノ酸①～⑤の混合液を電気泳動したところ、③、④は陽極側へ、①、⑤は陰極側へそれぞれ移動した。また、②はどちらの側にも移動しなかった。

実験 3 210 mg の③をメタノールと反応させたところ、③に含まれるカルボキシ基がすべてメタノールと反応し、250 mg のエステルが生成した。

実験 4 ペプチド A を③のカルボキシ基側のペプチド結合のところで加水分解したところ、①～③からなるペプチド B と④と⑤からなるペプチド C が得られた。ペプチド B とペプチド C に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後にアンモニア水を加えて塩基性になるとペプチド B のみが橙黄色を呈した。

24 正しいのはどれか。

- ㉗ ①は Lys, ③は Glu である。
- ㉘ ②は Cys, ④は Glu である。
- ㉙ ③は Glu, ⑤は Tyr である。
- ㉚ ④は Asp, ①は Tyr である。
- ㉛ ⑤は Lys, ③は Asp である。

25 正しいのはどれか。

- A ④の鏡像異性体のうち L 型はうま味調味料として用いられる。
- B ②に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じる。
- C ペプチド B に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱するとアンモニアを生成するが、ペプチド C に同様の操作をしてもアンモニアは生成しない。
- D ペプチド B に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)水溶液を加えると赤紫色を呈するが、ペプチド C に同様の操作をしても赤紫色を呈しない。

- ㉗ A と B ㉘ B と C ㉙ C と D ㉚ D と A ㉛ B と D