

T 3 物理 T 4 化学 T 5 生物

この冊子は、**物理**、**化学** 及び **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

数学科、情報科学科、応用生物科学科及び経営工学科は、物理、化学、生物のいずれかを選択

物理学科は物理指定

物理の問題は、1 ページより 35 ページまであります。
化学の問題は、36 ページより 49 ページまであります。
生物の問題は、50 ページより 74 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたもののだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえで、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。
2 箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

化 学

各設問の計算に必要なならば下記の数値を用いなさい。

原子量：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Cl 35.5

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa · L/(K · mol)

標準状態における理想気体のモル体積：22.4 L/mol

- 1** 次の記述の(あ)～(え)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(ア)～(コ)にあてはまる最も適当なものを{ }より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。(14点)

- (1) 黒鉛では、炭素原子が価電子のうちの(ア){1 1 2 2 3 3 4 4}個をもちいて隣接する炭素原子と して平面構造を形成しており、その平面構造どうしは によって結びついている。
- (2) 炭素と水素の化合物であるメタンは、分子の形が正四面体形であり、C-H結合の極性が(イ){1 打ち消しあう 2 打ち消しあわない}ため、(ウ){1 極性分子 2 無極性分子}となる。一方、炭素と同じ周期の窒素と水素の化合物であるアンモニアは、分子の形が三角錐形であり、N-H結合の極性が(エ){1 打ち消しあう 2 打ち消しあわない}ため、(オ){1 極性分子 2 無極性分子}となる。また、アンモニアには(カ){1 共有電子対 2 非共有電子対 3 不對電子}が存在するため、 Cu^{2+} や Zn^{2+} を含む水溶液中で錯イオンを形成することができる。錯イオンの構造は、中心となる金属イオンの種類と配位数によって決まっており、例えばテトラアンミン銅(Ⅱ)イオンは(キ){1 直線形 2 正四面体形 3 正方形 4 正八面体形}となる。

(3) 炭素と同族のケイ素も4つの水素と化合物(シラン)を形成することが知られており、シランの沸点は、メタンの沸点よりも(ク){1 低い 2 高い}。これは分子量が大きいほど (ウ) が強いのである。一方、15族元素の水素化合物では、分子量が小さいにもかかわらずアンモニアの沸点は高い。これは分子間で (エ) を形成するためである。また、メタンとアンモニアを比べると、気体の状態において(ケ){1 メタン 2 アンモニア}はより理想気体の状態方程式から逸脱した挙動を示すが、(コ){1 低圧・低温 2 高圧・低温 3 低圧・高温 4 高圧・高温}になるにつれて理想気体に近い振る舞いをする。

A 欄

- | | | |
|---------|--------|--------------|
| 1 イオン結合 | 2 金属結合 | 3 共有結合 |
| 4 配位結合 | 5 水素結合 | 6 ファンデルワールス力 |

- 2 次の記述の(i)～(iii)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。また、(ア)～(ウ)にあてはまる最も適当なものをA欄より、(エ)にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号中の0という数字も必ずマークすること)。(17点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (1) 窒素と水素からアンモニアが生成される反応を考える。以下の表にある結合エネルギーの値を用いると、アンモニアの生成熱は (i) J/mol と求まる。

表

結合の種類	結合エネルギー[J/mol]
H-H	4.32×10^5
N-H	3.86×10^5
N≡N	9.28×10^5

- (2) アンモニア 1.00×10^{-2} mol を水 1.00×10^2 g に溶解させたところ、 8.14×10^{-1} K だけその温度は上昇した。水溶液の比熱がその濃度によらず $4.20 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ で一定であったとすると、アンモニアの水への溶解熱は (ii) J/mol と求まる。

- (3) 質量パーセント濃度 28.0 %, 密度 $9.00 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^3$ のアンモニア水溶液 A がある。25℃ 一定の条件下, この水溶液を希釈することで, pH 11.0 のアンモニア水溶液 B を調製したい。そのためには, (iii) mL のアンモニア水溶液 A を体積が 500 mL になるまで純水で希釈すればよい。ただし, この温度におけるアンモニアの電離定数 K_b は $2.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ であり, その電離度は 1 よりも十分に小さいものとする。また, 水のイオン積は $1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。

- (4) 気相可逆反応 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ の平衡定数 K_p は各成分の分圧をそれぞれ $P_{\text{N}_2} [\text{Pa}]$, $P_{\text{H}_2} [\text{Pa}]$, $P_{\text{NH}_3} [\text{Pa}]$ とすると, 以下の式であらわされる。

$$K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} P_{\text{H}_2}^3}$$

ここで, K_p は圧平衡定数とよばれる。体積を変えられる密閉された容器に窒素 $n [\text{mol}]$ と水素 $3n [\text{mol}]$ を入れた。その後, 適当な触媒の存在下, 平衡状態に達するまで気体の体積と温度を一定に保った。このとき, 容器の中に存在する窒素の物質量が $x [\text{mol}]$ だけ初めの状態よりも減少していたとする。容器内の全圧が平衡時に $P [\text{Pa}]$ であったならば, 平衡状態における水素の分圧 P_{H_2} は (ア) $[\text{Pa}]$, アンモニアの分圧 P_{NH_3} は (イ) $[\text{Pa}]$ であり, 圧平衡定数 K_p は (ウ) $[\text{Pa}^{-2}]$ と求まる。同じ温度を保ったまま容器内の気体を圧縮し, その後, 平衡状態に達するまで気体の体積と温度を再び一定に保った。その結果, (エ) 。

A 欄

01 xP

02 $2xP$

03 $3xP$

04 $(n-x)P$

05 $3(n-x)P$

06 $\frac{x}{n-x}P$

07 $\frac{x}{2(n-x)}P$

08 $\frac{x}{2n-x}P$

09 $\frac{2x}{2n-x}P$

10 $\frac{x}{2(2n-x)}P$

11 $\frac{n-x}{2n-x}P$

12 $\frac{3(n-x)}{2n-x}P$

13 $\frac{n-x}{2(2n-x)}P$

14 $\frac{3(n-x)}{2(2n-x)}P$

15 $\frac{4x^2}{27(n-x)^4P^2}$

16 $\frac{4x^2(2n-x)^2}{27(n-x)^4P^2}$

17 $\frac{16x^2(2n-x)^2}{27(n-x)^4P^2}$

18 $\frac{64x^2(2n-x)^2}{27(n-x)^4P^2}$

B 欄

- 1 圧平衡定数 K_p の値は大きくなり, x の値も大きくなる
- 2 圧平衡定数 K_p の値は小さくなり, x の値は大きくなる
- 3 圧平衡定数 K_p の値は変わらず, x の値は大きくなる
- 4 圧平衡定数 K_p の値は大きくなり, x の値は小さくなる
- 5 圧平衡定数 K_p の値は小さくなり, x の値も小さくなる
- 6 圧平衡定数 K_p の値は変わらず, x の値は小さくなる

右のページは白紙です。

- 3 次の記述の(A)にあてはまる最も適当なものをA欄より、(イ)にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。また、(i)および(ii)にあてはまる数値を有効数字が3桁になるように4桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 d が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(16点)

$$\boxed{a} . \boxed{b} \boxed{c} \times 10^{\boxed{p} \boxed{d}}$$

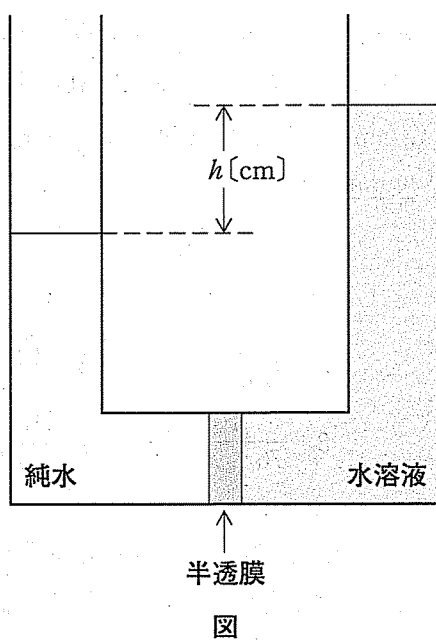
↑
小数点
↑
正負の符号

図のような半透膜で仕切られたU字管からなる装置がある。両端からそれぞれ純水と希薄な水溶液を同じ高さまで入れ、しばらく放置すると、浸透により両側の液面の高さに差が生じる。平衡になった時の液面の高さの差を h [cm] とする。ただし、平衡の前後で水溶液の濃度変化は無視できるものとする。また、各水溶液の密度はすべて水の密度と等しいものとする。

- (1) 実験条件による h の変化について、正しい記述を過不足なく選んでいる組み合わせは (A) である。
- (a) 純水および水溶液の温度を高くすると、 h は大きくなる。ただし、温度変化により純水および水溶液の密度は変化しないものとする。
- (b) 外気圧を低くすると、 h は大きくなる。
- (c) 水以外の溶媒を用いて実験しても、溶液のモル濃度が同じであれば h は変化しない。

A 欄

- | | | | |
|------------|------------|-----------------|------------|
| 1 (a) | 2 (b) | 3 (c) | 4 (a), (b) |
| 5 (a), (c) | 6 (b), (c) | 7 (a), (b), (c) | |



- (2) 高さ 76 cm の水銀柱にはたらく重力による圧力と大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) が
 つり合うことが知られている。このことを利用すると、浸透圧 $\Pi [\text{Pa}]$ は、水
 銀の密度を $\rho_{\text{Hg}} [\text{g/cm}^3]$ 、水溶液の密度を $\rho [\text{g/cm}^3]$ として、 $\Pi = \boxed{\text{(イ)}} \times$
 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ と表せる。

B 欄

1	$\frac{\rho_{\text{Hg}} h}{76 \rho}$	2	$\frac{\rho h}{76 \rho_{\text{Hg}}}$	3	$\frac{76 \rho_{\text{Hg}} h}{\rho}$	4	$\frac{76 \rho h}{\rho_{\text{Hg}}}$
5	$\frac{76 \rho h}{\rho_{\text{Hg}}}$	6	$\frac{\rho}{76 \rho_{\text{Hg}} h}$	7	$\frac{76 \rho_{\text{Hg}}}{\rho h}$	8	$\frac{76 \rho}{\rho_{\text{Hg}} h}$

- (3) スクロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 1.00 g を水に溶かして 100 mL の水溶液とした。こ
 の水溶液を用いた場合、平衡になった時の液面の高さの差は h_1 となった。同
 様に、ある水溶性物質 X (非電解質) 1.00 g を水に溶かして 100 mL とした水
 溶液を用いた場合、平衡になった時の液面の高さの差は h_2 となった。
 $h_2 = 1.90 h_1$ のとき、物質 X の分子量は $\boxed{\text{(i)}}$ と求められる。ただし、各
 水溶液の温度はすべて等しいものとする。

- (4) $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ NaCl 水溶液を用いた場合、平衡になった時の液面の高
 さの差は h_3 となった。次に、 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ NaCl 水溶液 50.0 mL と
 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ CaCl_2 水溶液 50.0 mL を合わせて、100 mL の混合溶液と
 した。この混合溶液を用いた場合、平衡になった時の液面の高さの差は h_4 と
 なった。このとき h_4 は $\boxed{\text{(ii)}}$ $\times h_3$ となる。ただし、NaCl と CaCl_2 はす
 べて電離するものとし、各水溶液の温度はすべて等しいものとする。

右のページは白紙です。

- 4 次の記述の(ア)～(ウ)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)～(v)にあてはまる数値を有効数字が3桁になるように4桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 d が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。なお、 $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$ とする。(18点)

$$\boxed{a} \boxed{b} \boxed{c} \times 10^{\boxed{p} \boxed{d}}$$

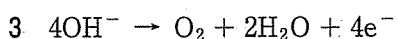
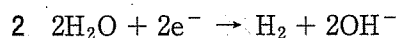
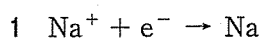
↑
小数点
↑
正負の符号

電解槽はA室とB室で構成されており、A室とB室は陽イオン交換膜で隔られている。また、A室とB室はともに、体積が100.0 mLのNaCl水溶液(pH 7)で満たされている。A室とB室にはともに、白金電極が浸漬されている。電気分解時にはA室の白金電極は陰極、B室の白金電極は陽極として機能し、電気分解による水溶液の体積変化はないものとする。

0.0150 Aで16分5秒間電気分解を行ったところ、A室の水溶液のpHは (i) となった。これは陰極で (ア) のような電極反応が起こったためである。また、陽イオン交換膜を通過する Na^+ は (ii) molである。このA室の溶液50.0 mLを取り、フェノールフタレインを指示薬として、未知濃度の塩酸を、(イ) を用いて滴定した。12.5 mLの塩酸を滴下した時に水溶液の色が (ウ) に変化し、中和点に到達したことを確認した。滴下した塩酸の濃度は (iii) mol/Lである。

一方、B室の陽極で発生した気体Xの体積は、標準状態で (iv) Lであった。ただし、気体Xの水への溶解は無視できるものとする。さらに、発生した気体Xの全てを、それと等しい物質量のエチレンと反応後、熱分解することにより、物質Yが (v) g生成した。物質Yは水道管に用いられる樹脂を作るためのモノマーとして使われる。

A 欄



4 ビュレット

5 メスシリンダー

6 ピペット

7 黄色から赤色

8 無色から赤色

9 赤色から無色

10 赤色から黄色

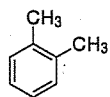
- 5 次の記述の(ア)～(ス)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。また、(a)～(c)にあてはまる最も適当なものを{ }より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。(19点)

炭素、水素、酸素から構成される芳香族化合物 A, B, C, D, E がある。いずれも元素分析の結果、成分元素の質量百分率は炭素 78.7 %, 水素 8.2 % であり、また、分子量が 100 以上 130 以下の化合物である。

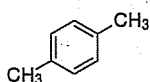
A, B, C, D, E いずれも塩化鉄(Ⅲ)水溶液に対して呈色反応を示さなかった。A と B それぞれに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え、穏やかに加熱すると、A から F を、B からは G をそれぞれ生じた。G はフェーリング液に対して陽性であったが、F は陰性であった。C, D, E に触媒を加えて、十分に空気酸化させると白色固体の H, I, J をそれぞれ生じた。H を加熱すると、ある分子内反応が進行し、K が生じたが、I と J は、ともに何も起こらなかった。I は 2 価アルコールと(a){1 縮合 2 付加 3 開環}重合してペットボトルの原料になる。J は接着剤の原料として用いられる。A と B それぞれに濃硫酸を加えて穏やかに加熱すると、いずれも L が得られた。L を α -ジビニルベンゼンとともに(b){1 縮合 2 付加 3 開環}重合させるとイオン交換樹脂の原料となる。F にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を加え、穏やかに加熱すると(c){1 赤 2 黄 3 白}色沈殿が生じた。沈殿をろ過後、ろ液を塩酸で酸性にし、ジエチルエーテルで抽出すると M が得られた。M はベンズアルデヒドが空気酸化されてできる化合物と同一であった。

以上の記述から、A は (ア) , B は (イ) , C は (ウ) , D は (エ) , E は (オ) となり、F は (カ) , G は (キ) , H は (ク) , I は (ケ) , J は (コ) , K は (サ) , L は (シ) , M は (ス) となることがわかる。

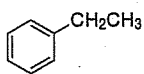
A 欄



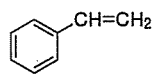
01



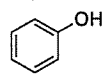
02



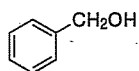
03



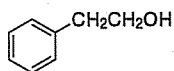
04



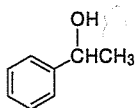
05



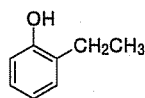
06



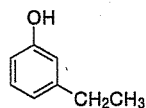
07



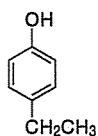
08



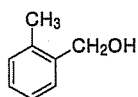
09



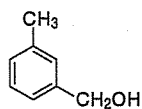
10



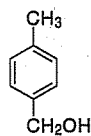
11



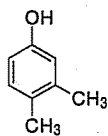
12



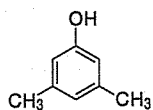
13



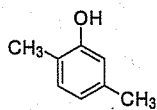
14



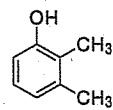
15



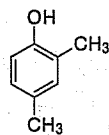
16



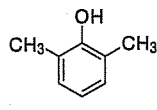
17



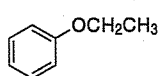
18



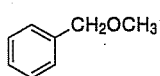
19



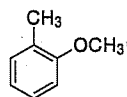
20



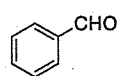
21



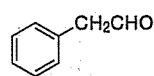
22



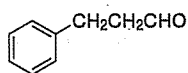
23



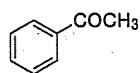
24



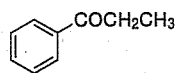
25



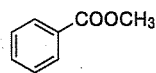
26



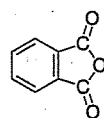
27



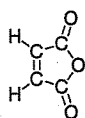
28



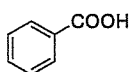
29



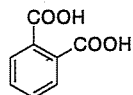
30



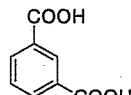
31



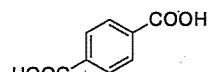
32



33



34



35

- 6 次の記述の(ア)～(オ)にあてはまる最も適当なものをA欄より、(カ)～(ス)にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の0という数字も必ずマークすること)。また、(i)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数*c*が0の場合の符号*p*には+をマークしなさい。(16点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (1) 実験室でナイロン66を次のようにして合成した。まず、溶媒としての水に所定量の水酸化ナトリウムと(ア)を溶かしてビーカーに移し入れた。次に、溶媒としての(イ)に所定量の(ウ)を溶かした溶液を前述のビーカーに室温で静かに注ぐと両液は混合せず有機層と水層の2層に分離した。有機層は(エ)に、水層は(オ)に位置する。両液の境界面にできたナイロン66の膜をピンセットで静かに引き上げてガラス棒に巻きつけ、アセトンで洗って乾燥させた。得られたナイロン66の平均分子量は 2.26×10^4 であった。このナイロン66の1分子中には(i)個のアミド結合が含まれることになる。

A 欄

- | | | | |
|----------------|----------------|--------------|----------|
| 01 上 | 02 下 | 03 エタノール | 04 アセトン |
| 05 ヘキサン | 06 シュウ酸 | 07 シュウ酸ジクロリド | 08 アジピン酸 |
| 09 アジピン酸ジクロリド | 10 エチレングリコール | | |
| 11 テトラメチレンジアミン | 12 ヘキサメチレンジアミン | | |

(2) ゴムノキに傷をつけて得られる樹液を酸で処理すると生ゴムが得られる。この生ゴムの主成分は (カ) の重合体で、繰り返し単位にある二重結合は (キ) 形であり、ゴム特有の (ク) 性はない。このゴムに (ケ) を加えて加熱すると高分子鎖が (コ) され (ク) 性が増す。

一方、(カ) に似た構造をもつ単量体を (サ) させると合成ゴムが得られる。たとえば、ブタジエンゴムは (シ) を (サ) させることにより得られ、クロロプレンゴムは (ス) を (サ) させることにより得られる。

B 欄

- | | | |
|--|---|--|
| 01 付加重合 | 02 開環重合 | 03 縮合重合 |
| 04 付加縮合 | 05 シス | 06 トランス |
| 07 弾 | 08 粘 | 09 エチレン |
| 10 プロピレン | 11 イソプレン | 12 シクロヘキセン |
| 13 塩化水素 | 14 水酸化ナトリウム | 15 硫 黄 |
| 16 ホルムアルデヒド | 17 加水分解 | 18 架 橋 |
| 19 けん化 | 20 軟 化 | |
| 21
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ | 22
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ | 23
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ |
| 24
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}=\text{CH} \end{array}$ | 25
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CCl}=\text{CH}_2$ | 26
$\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CCl}=\text{CH}_2$ |
| 27
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CCl}-\text{CH}_3$ | 28
$\text{CH}_3-\text{CCl}=\text{CCl}-\text{CH}_3$ | 29
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}=\text{CCl} \end{array}$ |
| | | 30
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CCl}=\text{CCl} \end{array}$ |