

G 3 物理 G 4 化学 G 5 生物

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

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は、物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は、物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 16 ページまであります。
化学の問題は、17 ページより 33 ページまであります。
生物の問題は、34 ページより 67 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、解答用紙に志望学科・受験番号を記入してください。解答用マークシートには受験番号及び氏名を記入し、さらに受験番号・志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたも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、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) 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

[注 意]

- (1) 計算に必要な場合は、問題の中で特に指定のない限り、次の値を用いなさい。

元素記号	H	C	N	O	Na	S	Cl	Ca	Cu	Ag
原子量	1.00	12.0	14.0	16.0	23.0	32.0	35.5	40.0	64.0	108

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

- (2) 問題によって答え方が違います。問題を十分に注意して読みなさい。
(3) 計算にはこの問題冊子の余白部分を利用しなさい。

1 次の設問(1)～(5)に答えなさい。

(13 点)

(1) 元素の周期表における第1周期から第4周期に属するすべての元素を分類し、(ア)～(エ)のそれぞれに該当する元素の数を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、解答が1ケタの場合には十の位は0をマークしなさい。

- (ア) 非金属の典型元素
- (イ) 金属の遷移元素
- (ウ) 常温常圧で単体が気体である元素
- (エ) 常温常圧で単体が液体である元素

(2) 第3周期元素の酸化物を塩基性、酸性、両性に分類するとき、酸性酸化物に分類される酸化物の数を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、酸化物は、それぞれ元素の酸化数が最大のものとする。

(3) 第3周期の17族元素について、その二原子分子の水に対する性質の記述として最も適切なものを解答群より選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群

- 1 水に溶けにくく、反応しない。
- 2 水に溶けるが、反応しない。
- 3 水に溶け、水素との化合物を生成する。
- 4 水に溶け、水素を発生させる。
- 5 水に溶け、酸素を発生させる。

右のページは白紙です。

- (4) 第2周期の15族元素(Xとする)を含む化合物Mは、オストワルト法を用いて生成される。反応が完全に進み XH_3 がすべてMになったとすると、 XH_3 70 g から生成されるMを含む質量パーセント濃度が60 % である水溶液の質量を求めなさい。解答は有効数字が2ケタになるように計算し、指定された形式で解答用マークシートにマークしなさい。ただし、解答の指数部分が0の場合には+0とマークしなさい。

$$\boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(c)}} \boxed{\text{(d)}}} \text{ [g]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (5) 人体には水が70 % 存在するとし、また、人体を構成する各原子の数を調べると原子 1.0×10^5 個当たりH原子が 6.0×10^4 個と最も多く、O原子が 2.6×10^4 個、C原子が 1.1×10^4 個、N原子が 2.0×10^3 個と続き、その他の原子が 1.0×10^3 個であったとすると、(A)および(B)を求めなさい。解答は有効数字が2ケタになるように計算し、指定された形式で解答用マークシートにマークしなさい。ただし、解答の指数部分が1ケタの場合には $\boxed{\text{(c)}}$ は0とマークしなさい。また、解答の指数部分が0の場合には $\boxed{\text{(c)}}$ と $\boxed{\text{(d)}}$ はそれぞれ0とマークしなさい。

$$\boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(c)}} \boxed{\text{(d)}}} \text{ [個]}$$

↑
小数点

- (A) 体重60 kgの人に含まれる水分子の数
- (B) 水以外の分子を構成しているO原子とN原子の数は等しいと仮定して、
体重60 kgの人を構成する原子の総数

右のページは白紙です。

2 次の設問(1), (2)に答えなさい。

(20 点)

(1) 5 種類の気体

- | | | |
|---------|---------|--------|
| a アンモニア | b 一酸化窒素 | c 塩化水素 |
| d 塩 素 | e 硫化水素 | |

を, それぞれ通常実験室で用いられる方法で, ある 2 種類の物質の反応により発生させ, 捕集したい。用いる 2 種類の物質のうち一方は,

NaCl Ca(OH)₂ MnO₂ FeS Cu

のいずれかである。このとき, (ア)加熱の必要性の有無を, また, (イ)捕集方法および(ウ)発生した気体以外に生成する化合物として最も適切なものを解答群 A および解答群 B からそれぞれ選び, 解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群 A

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1 上方置換 | 2 下方置換 | 3 水上置換 |
|--------|--------|--------|

解答群 B

- | | | |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1 NaHSO ₄ | 2 CaCl ₂ | 3 MnCl ₂ |
| 4 FeCl ₂ | 5 Cu(NO ₃) ₂ | |

- (2) 解答群Cに示す化合物のいずれか1つのみが溶けている5種類の希薄水溶液 a～eがある。これら水溶液について(ア)～(エ)の実験結果を得た。水溶液 a～e に溶けている化合物として最も適切なものを解答群Cより選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、(ア)～(エ)の実験結果だけでは、溶けている化合物が1つに特定できない場合は0をマークしなさい。

実験結果

- (ア) aおよびbにアンモニア水を少量加えたところ、aでは白色沈殿を、bでは青白色沈殿を生じた。さらに多量のアンモニア水を加えたところ、aにおける沈殿物は溶けにくかったが、bにおける沈殿物は溶けた。
- (イ) cに炭酸アンモニウム水溶液を加えたところ、白色沈殿を生じた。
- (ウ) aおよびdを塩酸で酸性とし、これに硫化水素を通じたところ、aでは沈殿を生じたが、dでは沈殿を生じなかった。
- (エ) dおよびeに水酸化ナトリウム水溶液を少量加えたところ、dでは白色沈殿を、eでは褐色沈殿を生じた。さらに多量の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、dにおける沈殿物は溶けたが、eにおける沈殿物は溶けにくかった。

解答群C

1 Na_2SO_4	2 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	3 KNO_3
4 CuSO_4	5 FeSO_4	6 ZnCl_2
7 AgNO_3	8 BaCl_2	9 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

3

次の設問(1)～(7)に答えなさい。解答は有効数字が2ケタになるように計算し、指定された形式で解答用マークシートにマークしなさい。ただし、解答の指数部分が0の場合には+0とマークしなさい。(14点)

- (1) 水9.0 gを加熱して完全に水蒸気にした。水蒸気は理想気体とし、400 K、 1.0×10^5 Paのときの体積を求めなさい。気体定数は 8.3×10^3 Pa・L/(mol・K)とする。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ [L]}$$

↑ ↑
小数点 正負の符号

- (2) 1.0 mol/Lの硫酸1.0 Lを98%濃硫酸から作りたい。98%濃硫酸の必要最低量を求めなさい。98%濃硫酸の密度は 1.8 g/cm^3 とする。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ [L]}$$

↑ ↑
小数点 正負の符号

- (3) 水は液体として生じるものとし、アセチレンの燃焼熱を求めなさい。アセチレン、二酸化炭素、水(液体)の生成熱は、それぞれ -23×10^2 kJ/mol、 3.9×10^2 kJ/mol、 2.9×10^2 kJ/molとする。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ [kJ/mol]}$$

↑ ↑
小数点 正負の符号

- (4) 体積組成がメタン30%、水素50%、一酸化炭素20%の混合気体 1.0 m^3 を完全燃焼させるために必要な酸素の体積を求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ [L]}$$

↑ ↑
小数点 正負の符号

右のページは白紙です。

- (5) 硝酸銀水溶液に一定の電流を 30 分間流したところ、27 g の銀が析出した。

このときの電流を求めなさい。ファラデー定数は 96500 C/mol とする。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ [A]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (6) ステアリン酸 ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$) 28.4 mg をエタノールに溶かして 100 mL とし、その溶液 0.050 mL をチョークの粉を一様に広げた水面に滴下した。チョークの粉が押しのけられた部分の面積を測定したところ 66 cm^2 であった。ステアリン酸は厚さが分子 1 個分となる薄い膜に広がるとして、1 分子あたりの占める面積を求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ } [\mu\text{m}^2]$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (7) 塩素は質量数 35 と 37 の二つの同位体で構成されているものとみなして、 ^{35}Cl の存在する割合を求めなさい。塩素の原子量は 35.5, ^{35}Cl の相対質量は 35, ^{37}Cl の相対質量は 37 とする。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(c)} \boxed{(d)}} \text{ } [\%]$$

↑
小数点
↑
正負の符号

右のページは白紙です。

4 次の文章を読み、以下の設問(1)～(5)に答えなさい。

(20 点)

弱酸とその塩、または弱塩基とその塩の混合溶液は、緩衝作用を示す。緩衝作用をもつ溶液を、緩衝溶液という。

いま、次のように電離する弱酸 HA とその塩 BA という物質を仮定する。



濃度 c_a (mol/L) の弱酸 HA と濃度 c_s (mol/L) の塩 BA の混合溶液について考える。弱酸 HA とその塩 BA を混合すると、(1)、(2)式で表わされる反応が同時に起こる。塩 BA から与えられた A^- は、弱酸 HA の電離によって生じる A^- と共通しているの、弱酸 HA はほとんど電離しない。この共通イオン効果によって、弱酸 HA とその塩 BA の混合物を溶かした溶液中の HA の濃度 $[\text{HA}]$ は弱酸の濃度 c_a 、 A^- の濃度 $[\text{A}^-]$ は c_s とみなすことができる。したがって、次式が成り立つ。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = [\text{H}^+] \cdot \frac{c_s}{c_a} \quad (3)$$

ここで K_a は弱酸 HA の電離定数である。

(3)式より、弱酸とその塩の混合物を溶かして調製した溶液の水素イオン濃度を与える式が得られる。

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{c_a}{c_s} \quad (4)$$

- (1) 下線部(A)の弱酸とその塩について、弱酸として酢酸を想定すると、その塩として適切なものを解答群よりすべて選び、その解答番号の和を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。解答が1ケタの場合には、10の位は0をマークしなさい。また、適切なものがない場合は10の位、1の位とも0をマークしなさい。

解答群

- | | | |
|--|--|----------------------------|
| 1 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ | 2 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ | 4 CH_3COOK |
| 8 NaCl | 16 Na_2CO_3 | 32 NaHCO_3 |

- (2) 下線部(B)の緩衝溶液に関する次の説明文について、その正誤を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ア) 弱酸とその塩の混合物を溶かして調製した緩衝溶液の水素イオン濃度は、少量の酸や少量の塩基を加えてもほとんど変化しない。
- (イ) 緩衝溶液に水を加えて10倍に希釈すると、緩衝溶液の水素イオン濃度は $\frac{1}{10}$ に薄まる。
- (ウ) 弱酸とその塩の混合物を溶かして調製した緩衝溶液は、酸に対しては緩衝作用を示すが、塩基に対しては緩衝作用を示さない。
- (エ) 弱酸とその塩の混合物を溶かして調製した緩衝溶液は、酸に対しては緩衝作用を示さないが、塩基に対しては緩衝作用を示す。
- (オ) 緩衝溶液とは、その溶液に酸や塩基をどれだけ加えてもpHがほとんど変化しない溶液である。

(3) 下線部(C)の共通イオン効果に関する次の説明文について、その正誤を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ア) 共通イオン効果とは、ある電解質溶液に、その中に含まれるイオンと同じイオンを含む別の電解質を加えると、混合溶液中の共通するイオンの濃度が減少する向きに平衡が移動する現象のことをいう。
- (イ) 共通イオン効果とは、ある電解質溶液に、その中に含まれるイオンと同じイオンを含む別の電解質を加えても、混合溶液中の共通するイオンの濃度が変化しない現象のことをいう。
- (ウ) 塩化銀が水よりも塩酸水溶液に溶けにくいことは、共通イオン効果で説明できる。
- (エ) 共通イオンとは、元素の周期表の同じ族に属する元素のイオンをいう。例えば、 Cl^- と Br^- は共通イオンである。

(4) 下線部(D)の電離定数に関する次の説明文について、その正誤を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ア) 電離定数は、物質に固有の値で、温度を変えても変化しない。
- (イ) 同じ濃度で酸の強さを比較すると、電離定数の値が大きいほど、強い酸になる。
- (ウ) 弱酸における電離度 α の値が非常に小さく、 $1 - \alpha$ が 1 とみなせるとき、弱酸の濃度を c_a 、電離定数を K_a とすると、 K_a は $c_a \alpha^2$ で近似計算できる。
- (エ) 弱塩基における電離度 α の値が非常に小さく、 $1 - \alpha$ が 1 とみなせるとき、弱塩基の濃度を c_b 、電離定数を K_b とすると、 K_b は $c_b \alpha^2$ で近似計算できる。
- (オ) 水の電離定数のことを水のイオン積といい、その値は、温度に関わらず $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。

(5) 弱塩基とその塩の混合溶液について考える。

(ア) 濃度 c_b の弱塩基と濃度 c_s の塩の混合溶液の水酸化物イオン濃度を与える式として、最も適切なものを解答群より選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、弱塩基 BOH の電離定数を K_b 、水のイオン積を K_w とする。

解答群

$$1 \quad [\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{c_b}{c_s}$$

$$2 \quad [\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{c_s}{c_b}$$

$$3 \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_w c_s}{K_b c_s}$$

$$4 \quad [\text{OH}^-] = K_w \frac{c_b}{c_s}$$

$$5 \quad [\text{OH}^-] = K_w \cdot \frac{c_s}{c_b}$$

$$6 \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_b c_b}{K_w c_s}$$

$$7 \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_w c_b}{K_b c_s}$$

$$8 \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_b c_s}{K_w c_b}$$

(イ) アンモニア 0.10 mol/L、塩化アンモニウム 0.20 mol/L を含む混合溶液の水素イオン濃度を求めなさい。なお、アンモニア水の電離定数は 1.8×10^{-5} mol/L、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。解答は有効数字が2ケタになるように計算し、指定された形式で解答用マークシートにマークしなさい。ただし、解答の指数部分が0の場合には+0とマークしなさい。

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(c)}} \boxed{\text{(d)}}} \quad [\text{mol/L}]$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- 5 次の文章を読み、以下の設問(1)～(6)に答えなさい。解答は有効数字が3ケタになるように計算し、指定された形式で解答用マークシートにマークしなさい。ただし、解答の指数部分が0の場合には+0とマークしなさい。(18点)

測定装置の説明

測定装置には、左に対照の溶液を10 mLほど入れる対照槽のガラス容器があり、右には測定槽(10.0～250 mLまで測定可能)のガラス容器がある。対照槽と測定槽に入れる溶液については、同じ化合物を同じ溶媒に溶かした溶液でなければ測定はできない。

対照槽に入れた溶液濃度に対して1.89倍以下の濃度の溶液を測定槽に入れ、それより高濃度の溶液を5.00 mLずつ、測定槽へ加えて濃度を上げていく。その際、左の対照槽の溶液濃度に対して、右の測定槽の溶液濃度が1.90倍になると消えていたランプがゆっくりと点滅を始め、濃度の上昇にともなって点滅が速くなり、2.00倍になるとランプは点灯したままになる。さらにその濃度が上昇すると点滅を始め2.10倍までしだいに点滅が遅くなり、2.11倍になるとランプは消える。

また上記とは逆に、対照槽に入れた溶液濃度に対して2.11倍以上の濃度の溶液を測定槽に入れ、それより低濃度の溶液を5.00 mLずつ加えて濃度を下げていく場合には、左の対照槽の溶液濃度に対して、右の測定槽の溶液濃度が2.10倍になると消えていたランプがゆっくりと点滅を始め、濃度の低下にともなって点滅が速くなり、2.00倍でランプは点灯したままになる。さらにその濃度が低下すると点滅を始め1.90倍までしだいに点滅が遅くなり、1.89倍になるとランプは消える。

行った操作の説明

濃度がわからないアニリンのジエチルエーテル溶液(A, B, C)がある。溶液Aは130 mL、溶液Bは250 mL、溶液Cは200 mLであった。これらの濃度を上記の測定装置を使って決定する。

まず対照槽に溶液 A を約 10 mL と測定槽に溶液 A を 65.0 mL 入れ、測定槽に溶液 B を加えていった。溶液 B を 135 mL 加え、全体が 200 mL になったときランプが点灯したままになった。対照槽の溶液 A はもとの溶液 A の容器に戻し、測定槽の溶液は D として別の容器に移した。

次に対照槽に溶液 A を約 10 mL と測定槽に溶液 B を 65.0 mL 入れ、測定槽に溶液 C を加えていった。溶液 C を 80.0 mL 加えたところでランプが点灯したままになった。対照槽の溶液 A は残った溶液 A の容器に戻し、測定槽の 145 mL の溶液は E として別の容器に移した。

最後に溶液 C を 65.0 mL と溶液 A を 65.0 mL 混合し、130 mL の溶液 F とした。溶液 F 中のアニリンをすべてアセチル化したところ、7.02 g の純粋なアセトアニリドを結晶として得た。

濃度測定は常に一定の温度で行い、溶液を別の容器に移す際の損失や、ジエチルエーテルの蒸発による濃度変化はないものとする。また、混合した溶液はすぐに均一な溶液になる。

- (1) 溶液 F のアニリンのモル濃度を求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \boxed{(c)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(e)}} \text{ [mol/L]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (2) 溶液 B のアニリンのモル濃度は溶液 A のアニリンのモル濃度の何倍かを求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \boxed{(c)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(e)}} \text{ 倍}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (3) 溶液 C のアニリンのモル濃度は溶液 A のアニリンのモル濃度の何倍かを求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \boxed{(c)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(e)}} \text{ 倍}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (4) 同じ体積の溶液 A と溶液 B を混合した溶液のアニリンのモル濃度は、溶液 A のアニリンのモル濃度の何倍かを求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \boxed{(c)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(e)}} \text{ 倍}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (5) 溶液 F のアニリンのモル濃度は溶液 A のアニリンのモル濃度の何倍かを求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \boxed{(c)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(e)}} \text{ 倍}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (6) 溶液 A のアニリンのモル濃度を求めなさい。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \boxed{(c)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(e)}} \text{ [mol/L]}$$

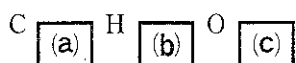
↑
小数点
↑
正負の符号

- 6 次の文章を読み、以下の設問(1)～(5)に答えなさい。解答は指定された形式で解答用マークシートにマークしなさい。ただし、分子式の原子数や化学反応式の係数が1の場合は、通常1を省略するが、ここでの解答では、1となるようにマークしなさい。十の位が必要ない場合は0をマークしなさい。(15点)

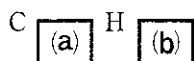
化合物Aの工業的製法は、触媒を用いてエチレンを酸化する方法である。また化合物Aは、化合物Bに水を付加させることでも得られる。化合物Cは、酢酸カルシウムの熱分解によって得られる。また化合物Cは、イソプロピルベンゼンを酸化したのち、分解する方法でも得られる。その分解反応で同時に生成する化合物Dは、ベンゼンスルホン酸ナトリウムを固体の水酸化ナトリウムと加熱するアルカリ溶融によって得られた化合物Eを酸で処理することによっても得られる。

化合物Aは還元性があり、水酸化物イオンの存在下、2価の銅イオンを還元し、酸化銅にする。また、化合物Aは水酸化物イオンの存在下、銀イオンを還元し、金属銀を析出させる。このとき、どちらの反応でも化合物Aは、陰イオンFに変化する。

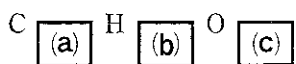
- (1) 化合物Aの分子式を答えなさい。



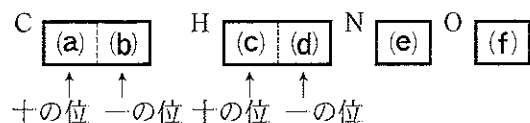
- (2) 化合物Bの分子式を答えなさい。



- (3) 化合物Cの分子式を答えなさい。



- (4) 塩化ベンゼンジアゾニウムを室温で水と反応させると化合物 D が得られるが、塩化ベンゼンジアゾニウムを化合物 E と反応させたとき生成する有機化合物の分子式を答えなさい。



- (5) 化合物 A の還元性に関する説明にある 2 つの反応の化学反応式を完成しなさい。

