

高等学校 理科（化学）

解答についての注意点

- 1 解答用紙は、マーク式解答用紙と記述式解答用紙の2種類があります。
- 2 大問 **1** ~大問 **4** については、マーク式解答用紙に、大問 **5** については、記述式解答用紙に記入してください。
- 3 解答用紙が配付されたら、まずマーク式解答用紙に受験番号等を記入し、受験番号に対応する数字を、鉛筆で黒くぬりつぶしてください。
記述式解答用紙は、全ての用紙の上部に受験番号のみを記入してください。
- 4 大問 **1** ~大問 **4** の解答は、選択肢のうちから、**問題で指示された解答番号**の欄にある数字のうち一つを黒くぬりつぶしてください。
例えば、「解答番号は 」と表示のある問題に対して、「**3**」と解答する場合は、解答番号 の欄に並んでいる ① ② ③ ④ ⑤ の中の ③ を黒くぬりつぶしてください。
- 5 間違ってぬりつぶしたときは、消しゴムできれいに消してください。二つ以上ぬりつぶされている場合は、その解答は無効となります。
- 6 その他、係員が注意したことをよく守ってください。

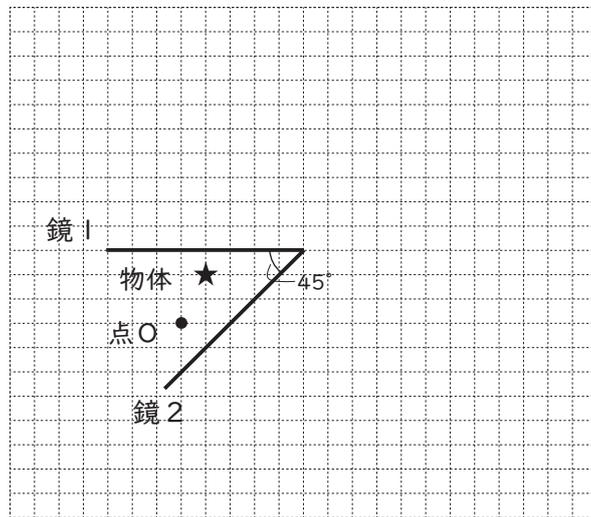
指示があるまで中をあけてはいけません。

1 次の(1)～(6)の問いに答えよ。

(1) A階で停止しているエレベーターが鉛直上向きに上昇を始めた。時刻 $t=0\text{s}$ のときにエレベーターが上昇を始めた。時刻 $t=0\sim 5.0\text{s}$ の間は鉛直上向きに 0.60 m/s^2 の加速度で上昇し、時刻 $t=5.0\sim 7.5\text{s}$ の間は時刻 $t=5.0\text{s}$ のときの速さのままで上昇を続けた。時刻 $t=7.5\sim 15.5\text{s}$ の間は一定の加速度で減速してB階で停止した。エレベーターはA階から停止したB階に到着するまで何m上昇したか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 25 m 2 26 m 3 27 m 4 28 m 5 29 m

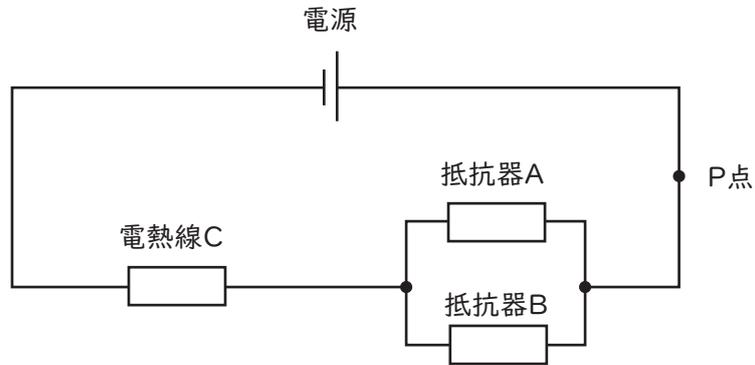
(2) 長方形の同じ鏡を2枚用いて、物体の像を見る観察を行った。図は、観測者が点Oから2枚の鏡にうつる物体の像を観察している様子を真上から見たものである。床に対して垂直に立てた鏡1と鏡2の同じ長さの1辺どうしを図のように組み合わせ、図中の★の位置に物体を置いて、点Oから観測者が2枚の鏡にうつる物体の像を観察した。2枚の鏡のなす角が 45° のとき、鏡にうつる物体の像の数として最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、鏡1および鏡2は平面鏡であり、十分な高さがあり、観測者の目の高さよりも低い物体を用いて観察するものとする。解答番号は



図

- 1 3個 2 6個 3 7個 4 9個 5 11個

- (3) 電気抵抗が $6.0\ \Omega$ の抵抗器Aと、電気抵抗が $12\ \Omega$ の抵抗器B、電気抵抗が分からない電熱線Cを以下の図のように回路につないだ。電源の電圧が $42\ \text{V}$ のとき、P点を流れる電流は $3.0\ \text{A}$ であった。ただし、抵抗器及び電熱線以外に電気抵抗はないものとする。以下の①、②の問いに答えよ。



図

- ① 電熱線Cの電気抵抗は何 Ω であると考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1 $9.0\ \Omega$ 2 $10\ \Omega$ 3 $11\ \Omega$ 4 $12\ \Omega$ 5 $13\ \Omega$

- ② 図の回路で電源の電圧を $35\ \text{V}$ にし、12秒間電流が流れたときに、電熱線Cで発生したジュール熱は何Jであると考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 $3.0 \times 10^2\ \text{J}$
 2 $4.5 \times 10^2\ \text{J}$
 3 $6.0 \times 10^2\ \text{J}$
 4 $7.5 \times 10^2\ \text{J}$
 5 $9.0 \times 10^2\ \text{J}$

(4) 次の記述①～④は、音の性質について述べたものである。正誤の組み合わせとして正しいものはどれか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

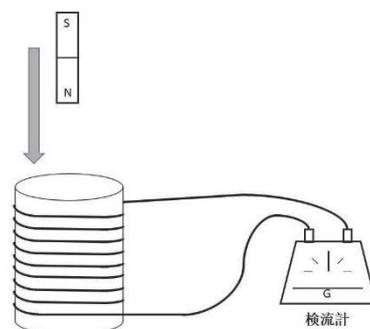
- ① 夏の昼間(35℃)と冬の朝(5℃)を比較して音が空気中を伝わる速さは、常に一定である。
- ② 振動数が一定の条件では大きな音ほど振幅が大きい。
- ③ 400 Hzの音波と600 Hzの音波では400 Hzの音波のほうが音の高さは高い。
- ④ 振動数が400 Hzのおんさと振動数が402 Hzのおんさを同時に鳴らすと1秒あたり2回のうなりが生じる。

	①	②	③	④
1	正	正	誤	誤
2	正	誤	正	誤
3	誤	正	誤	誤
4	誤	誤	正	正
5	誤	正	誤	正

(5) 次の記述①～④は、図のようにコイルに棒磁石を近づけた場合のコイルに流れる電流について述べたものである。正誤の組み合わせとして正しいものはどれか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 誘導電流は、誘導電流のつくる磁界がコイルの内部の磁界の変化を打ち消すような向きに流れる。
- ② コイルの巻き数が大きいほど誘導電流は大きくなる。
- ③ 磁石の磁力が強いほど誘導電流は大きくなる。
- ④ 磁石を動かす速さが速いほど誘導電流は小さくなる。

	①	②	③	④
1	誤	誤	誤	正
2	誤	正	誤	正
3	正	誤	正	誤
4	誤	正	正	正
5	正	正	正	誤



図

(6) 密度 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ の水に、密度 $6.0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ の立方体の物体が浮いて静止している。物体の体積は $5.0 \times 10^2 \text{ m}^3$ であり、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とすると、物体の水中に沈んでいる部分の体積は何 m^3 と考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、立方体の物体の密度は一様であるものとする。解答番号は

- 1 $2.0 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 2 $2.5 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 3 $3.0 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 4 $3.5 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 5 $4.0 \times 10^2 \text{ m}^3$

2 次の(1)～(2)の問いに答えよ。

(1) ヒトの血液に関する次の文章を読み、あとの問いに答えよ。

A血液は、有形成分である赤血球・白血球・血小板と、液体成分である血しょうからなっており、
B血管を通り体内をC循環している。

ア 下線部Aに関連して、血液を試験管の中に入れて空気中で放置すると、血液凝固が起こる。血液凝固を防止する方法として挙げられる次の文章①～④のうち、正しいものの組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 0℃以下の低温に保つと、酵素の働きが活発になるため、血液凝固を防止できる。
- ② クエン酸ナトリウムを加えると、血しょう中のCa²⁺がクエン酸カルシウムになるため、血液凝固を防止できる。
- ③ ガラス棒で攪拌すると、フィブリンを除去できるため、血液凝固を防止できる。
- ④ ヘパリンを加えると、プロトロンビンの生成が阻害されるため、血液凝固を防止できる。

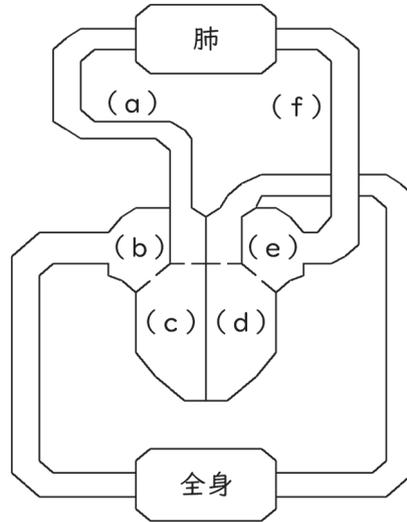
- 1 ①、③
- 2 ①、④
- 3 ②、③
- 4 ②、④
- 5 ③、④

イ 下線部Bについて述べた次の文章①～③の正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 血管とリンパ管は完全に分かれており、血液とリンパ液が混ざることはない。
- ② 肝門脈は、小腸で吸収したブドウ糖や脂肪酸を肝臓へ運ぶ役割をしている。
- ③ 一般に、静脈には逆流防止の弁があり、動脈よりも弾力性は低い。

- | | ① | ② | ③ |
|---|---|---|---|
| 1 | ○ | ○ | × |
| 2 | ○ | × | ○ |
| 3 | ○ | × | × |
| 4 | × | × | ○ |
| 5 | × | ○ | ○ |

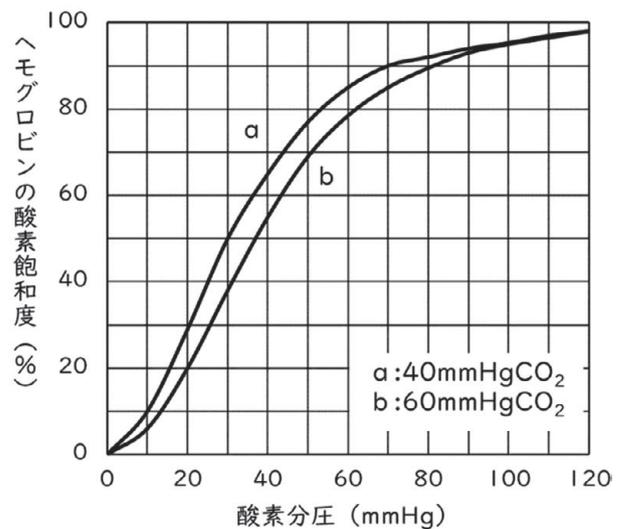
ウ 下線部Cに関連して、下の図はヒトの心臓を中心とした血液の循環を模式的に表したものである。図中の(a)～(f)に入る語の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は



図

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	肺動脈	左心房	左心室	右心室	右心房	肺静脈
2	肺動脈	右心房	右心室	左心室	左心房	肺静脈
3	肺動脈	右心房	右心室	左心房	左心室	肺静脈
4	肺静脈	左心房	左心室	右心室	右心房	肺動脈
5	肺静脈	右心室	右心房	左心室	左心房	肺動脈

エ 右の図は、ヘモグロビンの酸素飽和度と酸素分圧との関係を表したグラフである。肺胞での酸素分圧を100mmHg、二酸化炭素分圧を40mmHg、ある組織での酸素分圧を30mmHg、二酸化炭素分圧を60mmHgとしたとき、この組織では、肺胞から運ばれてきた酸素の何%が解離するか。最も近いものを1～5から一つ選べ。解答番号は



図

- 1 100%
- 2 74%
- 3 61%
- 4 48%
- 5 42%

(2) 次の文章を読み、あとの問いに答えよ。

肺炎などの原因となる肺炎球菌（肺炎レンサ球菌）には病原性であるS型菌と、非病原性であるR型菌とがある。

1928年、グリフィスが行った実験では、肺炎球菌をネズミに注射したところ、R型菌を注射したネズミは発病しなかったが、S型菌を注射したネズミは発病した。そこで、S型菌を加熱殺菌したものをネズミに注射したところ発病しなかったが、S型菌を加熱殺菌したものとR型菌を混ぜ合わせてネズミに注射すると発病し、体内から生きたS型菌が見つかった。

1944年、エイブリーらが行った実験では、まずS型菌の抽出液をR型菌に混ぜて培養したところ、S型菌が発現した。次にS型菌の抽出液をタンパク質分解酵素で処理したのち、R型菌に混ぜて培養したところ、同じくS型菌が発現した。そこで、S型菌の抽出液をDNA分解酵素で処理したのち、R型菌に混ぜて培養したところ、S型菌は発現しなかった。

これらの実験結果から、S型菌の(a)がR型菌に取り込まれることで、R型菌がS型菌に(b)したことが示された。その後、1952年にハーシーとチェイスが行った、バクテリオファージと大腸菌を用いた実験によって、(c)の本体が(a)であることが明らかとなった。

ア 文章中の(a)～(c)に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

	(a)	(b)	(c)
1	DNA	形質転換	遺伝子
2	DNA	突然変異	遺伝子
3	DNA	形質転換	染色体
4	タンパク質	突然変異	染色体
5	タンパク質	形質転換	遺伝子

イ 下線部に関連して述べた①～④のうち、正しいものの組合せとして、最も適切なものはどれか。
1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① すべての酵素は、pH 3以下の強い酸性の環境下でははたらくことができない。
- ② 酵素による触媒反応は、無機触媒による反応と異なり、ある温度を超えると反応速度は一定になる。この温度を最適温度という。
- ③ 酵素はそれぞれ特定の基質に対してのみはたらく性質があり、これを基質特異性という。
- ④ 酵素濃度を一定にして基質濃度を変えた場合、ある濃度までは基質濃度に比例して反応速度は大きくなるが、やがて基質濃度に関係なく反応速度は一定になる。

- 1 ①、②
- 2 ①、③
- 3 ②、③
- 4 ②、④
- 5 ③、④

ウ あるネズミの体細胞のDNAは、 5.2×10^9 個のヌクレオチドからなることが分かっており、DNA中のヌクレオチド対10個分の距離は、3.4nm (3.4×10^{-9} m)である。このネズミの体細胞のDNA分子の全長はおよそどれくらいになるか。最も近いものを1～5から一つ選べ。
解答番号は

- 1 8.8×10^{-2} m
- 2 1.8×10^{-1} m
- 3 8.8×10^{-1} m
- 4 1.8m
- 5 8.8m

3 次の(1)～(7)の問いに答えよ。

(1) 次の表は、火山岩の分類と岩石を構成する鉱物の成分のうち、 SiO_2 と MgO と $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ の割合(質量%)を示した表である。

火山岩	(A)	安山岩	(B)
SiO_2	少ない ←		→ 多い
MgO	(C) ←		→ (D)
$\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$	(E) ←		→ (F)

表中の(A)～(F)に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

	A	B	C	D	E	F
1	玄武岩	流紋岩	多い	少ない	多い	少ない
2	流紋岩	玄武岩	多い	少ない	少ない	多い
3	玄武岩	流紋岩	少ない	多い	多い	少ない
4	玄武岩	流紋岩	少ない	多い	少ない	多い
5	流紋岩	玄武岩	多い	少ない	多い	少ない

(2) 地震の観測と対策について述べた次の文の(ア)～(エ)に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

日本では、地震が発生したとき先に到達する(ア)をとらえ、あとに続く激しいゆれをもたらす(イ)のおおよその到達時刻とゆれの強さを知らせる(ウ)が発表される。また人工衛星を用いた(エ)による地殻変動の観測が1200か所以上で行われている。

	ア	イ	ウ	エ
1	P波	S波	緊急地震速報	VLBI
2	S波	P波	地震ハザードマップ	VLBI
3	P波	S波	地震ハザードマップ	GPS
4	S波	P波	緊急地震速報	GPS
5	P波	S波	緊急地震速報	GPS

(3) 化石について示した文のア～エの答えとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

- ア 生物が生息した場所の自然環境がわかる化石。
- イ 種の生存期間が短く、分布範囲が広い生物の化石。
- ウ 生物の歯が化石となったもの。
- エ 生物が生活していた巣穴が化石となったもの。

	ア	イ	ウ	エ
1	示準化石	示相化石	体化石	生痕化石
2	示相化石	示準化石	生痕化石	体化石
3	示相化石	示準化石	生痕化石	生痕化石
4	示準化石	示相化石	生痕化石	体化石
5	示相化石	示準化石	体化石	生痕化石

(4) 中生代について述べた文の①～⑤の空欄に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① (ア) は、古生代に現れ中生代に大繁栄した。
- ② 中生代の海には、イノセラムス、トリゴニアなどの(イ)も繁栄した。
- ③ 中生代ジュラ紀に繁栄した恐竜は(ウ)である。
- ④ (エ) は、古生代後期に出現し、中生代にかけて繁栄した。
- ⑤ 中生代末期の生物の大量絶滅の原因は、(オ)だという説が有力である。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	三葉虫	頭足類	は虫類	シダ植物	スーパープルームの活動
2	三葉虫	二枚貝類	鳥類	シダ植物	巨大隕石の衝突
3	アンモナイト	二枚貝類	は虫類	裸子植物	巨大隕石の衝突
4	アンモナイト	頭足類	鳥類	裸子植物	スーパープルームの活動
5	アンモナイト	二枚貝類	は虫類	シダ植物	スーパープルームの活動

(5) 温度30℃、水蒸気圧23.4hPaの空気がある。次の表は、それぞれの温度における飽和水蒸気圧を表している。ア～ウの文章の答えとして最も適切なものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

温度 (℃)	10	20	30
飽和水蒸気圧 (hPa)	12.3	23.4	42.4

ア この空気の相対湿度は何%か。

イ この空気の露点は何℃か。

ウ この空気を10℃まで下げる間に発生した液体の水を除去し、再び30℃まで上げたときの相対湿度は何%か。

	ア	イ	ウ
1	55.2%	10℃	29.0%
2	55.2%	20℃	29.0%
3	55.2%	20℃	55.2%
4	18.1%	10℃	55.2%
5	18.1%	20℃	34.4%

(6) エルニーニョ現象が発生しているときの特徴について、エルニーニョ現象が発生していない時と比較して述べた文①～⑤の空欄に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 貿易風が(ア)。
- ② 赤道太平洋の東部の海面水温が(イ)している。
- ③ 赤道太平洋の西部では、大気の大気対流活動が(ウ)。
- ④ 日本では、夏季の気温が(エ)なる傾向がある。
- ⑤ 日本では、冬季の気温が(オ)なる傾向がある。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	強まる	下降	弱まる	低く	低く
2	強まる	下降	強まる	低く	高く
3	強まる	上昇	強まる	高く	低く
4	弱まる	上昇	弱まる	低く	高く
5	弱まる	上昇	強まる	高く	高く

(7) 金星・地球・火星について、ア～オの文章の答えとして最も適切なものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

ア 赤道半径の最も大きい惑星。

イ 赤道半径の最も小さい惑星。

ウ 表面温度が最も高い温度に達する惑星。

エ 大気中の窒素が約78%、酸素が約21%の構成である惑星。

オ 自転周期が最も長い惑星。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	火星	地球	火星	火星	地球
2	金星	火星	金星	地球	地球
3	金星	地球	火星	地球	金星
4	地球	火星	金星	地球	金星
5	地球	金星	地球	火星	火星

4 次の(1)～(7)の問いに答えよ。

(1) 次のア～エの文章中の _____ 部分の物質は、元素または単体のどちらの意味を表しているか。その組み合わせとして正しいものを 1～5 から一つ選べ。解答番号は

ア 水を電気分解すると、酸素と水素が発生する。

イ 有機化合物には炭素と水素が含まれている。

ウ 血液中には鉄が含まれている。

エ 小魚はカルシウムを多く含んだ食品である。

	ア	イ	ウ	エ
1	単体	単体	単体	単体
2	単体	元素	単体	単体
3	元素	単体	単体	元素
4	単体	元素	元素	元素
5	元素	元素	元素	元素

(2) 0.20mol/L 希硫酸25mLに、一定量のアンモニアガスを吸収させて、完全に反応させた後、少量の指示薬を加えた。これに0.10mol/L水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ16mLで過不足なく中和した。最初に希硫酸に吸収されたアンモニアガスの質量として適切なものを 1～5 から一つ選べ。

ただし、水素と窒素の原子量はそれぞれH=1.0、N=14とする。解答番号は

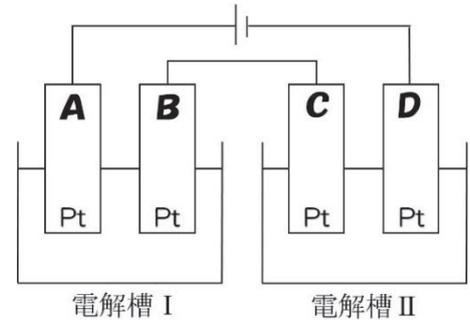
1 0.085g 2 0.14g 3 0.17g 4 0.28g 5 0.34g

(3) 白金を電極とし、電解槽Ⅰには塩化ナトリウム水溶液、電解槽Ⅱには硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れ、図のように直列につなぎ、5.00Aの電流を64分20秒(3.86×10^3 秒)間流した。次のア～ウの各問いの解答の組み合わせとして正しいものを1～5から一つ選べ。

なお、必要であればファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{C/mol}$ を用いること。

解答番号は

- ア 電極Aを流れた電気量
 イ 電極Bで発生した気体の化学式
 ウ 電極Cで発生した気体の標準状態での体積



- | | ア | イ | ウ |
|---|------------------------------|---------------|--------|
| 1 | $1.93 \times 10^4 \text{ C}$ | H_2 | 1.12 L |
| 2 | $1.93 \times 10^5 \text{ C}$ | H_2 | 2.24 L |
| 3 | $1.93 \times 10^4 \text{ C}$ | H_2 | 2.24 L |
| 4 | $1.93 \times 10^5 \text{ C}$ | Cl_2 | 2.24 L |
| 5 | $1.93 \times 10^4 \text{ C}$ | Cl_2 | 1.12 L |

(4) アンモニアの生成エンタルピーを40.5kJ/mol、N-H、H-Hの結合エネルギーをそれぞれ386kJ/mol、432kJ/molとする。このとき、 $\text{N} \equiv \text{N}$ の結合エネルギーはいくらか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 11.6 kJ/mol
- 2 93.9 kJ/mol
- 3 116 kJ/mol
- 4 470 kJ/mol
- 5 939 kJ/mol

(5) 連結された耐圧容器AおよびBがある。容器A、Bの容積はそれぞれ V [L]、 $2V$ [L] とする。

これらの容器は開閉コックで繋がれており、コックを閉じた状態で容器Aに窒素を 2.0mol 、容器Bに水素を x [mol] 封入したとき、容器A、Bの圧力はそれぞれ $2P$ [Pa]、 $3P$ [Pa] であった。

コックを開いて一定時間経過し、水素と窒素の一部が反応しアンモニアが 2.0mol 生成したときの容器全体の全圧として正しいものを 1 ~ 5 から一つ選べ。

なお、温度は T [K] で一定で、コック部分の容積は無視できるものとする。また、気体はすべて理想気体として考えること。解答番号は

1 P [Pa]

2 $\frac{4}{3}P$ [Pa]

3 $2P$ [Pa]

4 $\frac{8}{3}P$ [Pa]

5 $\frac{10}{3}P$ [Pa]

(6) 気体Xと気体Yから気体Zを生じる反応がある。表はXとYの濃度を変えてZの生成速度 v mol/ (L·s) を求めた実験結果を表している。ただし実験は一定温度のもと行ったとする。

Zの生成速度 v を、 $v=k [X]^a[Y]^b$ と表したとき、 a 、 b 、表の空欄 c にあてはまる数値の組み合わせとして正しいものを 1 ~ 5 から一つ選べ。解答番号は

表

実験	濃度		Zの生成速度 v
	[X]	[Y]	
ア	0.10	0.10	0.040
イ	0.20	0.10	0.080
ウ	0.30	0.10	0.12
エ	0.10	0.20	0.16
オ	0.10	0.30	0.36
カ	0.20	0.25	c

	a	b	c
1	1	1	0.64
2	1	2	0.50
3	1	2	0.64
4	2	1	0.50
5	2	1	0.64

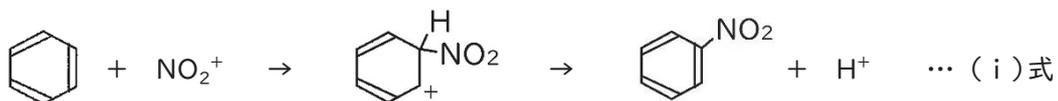
(7) 結晶構造が面心立方格子の金属がある。この金属原子の密度が 9.1g/cm^3 、単位格子の1辺の長さが $3.6 \times 10^{-8}\text{cm}$ のとき、金属の原子量として正しいものを 1 ~ 5 から一つ選べ。

解答番号は

1	23	2	27	3	40	4	64	5	108
---	----	---	----	---	----	---	----	---	-----

5 次の【I】～【III】の文章を読み、(1)～(18)に答えよ。

【I】ベンゼンのニトロ化反応は、(i)式に示すような過程を経て進行すると考えられている。
 NO_2^+ は濃硝酸と濃硫酸から、(ii)式の反応で生成する。



ニトロ化以外の芳香族化合物の置換反応でも、何らかの陽イオンまたは陽イオンに近い化学種が反応する。ベンゼン環に置換基が存在し、その影響でベンゼン環に電氣的な偏りができると、置換反応が起こる位置にも偏りが生じる。

例えば、アルキル基やヒドロキシ基が存在すると、そのオルト位とパラ位に置換反応が起こりやすく、カルボキシ基が存在すると、そのメタ位に反応が起こりやすい。このような性質を配向性という。

図1にトルエンから化合物①～化合物③を合成する経路を示した。なお、化合物Eに FeCl_3 水溶液を加えると赤紫色を呈した。

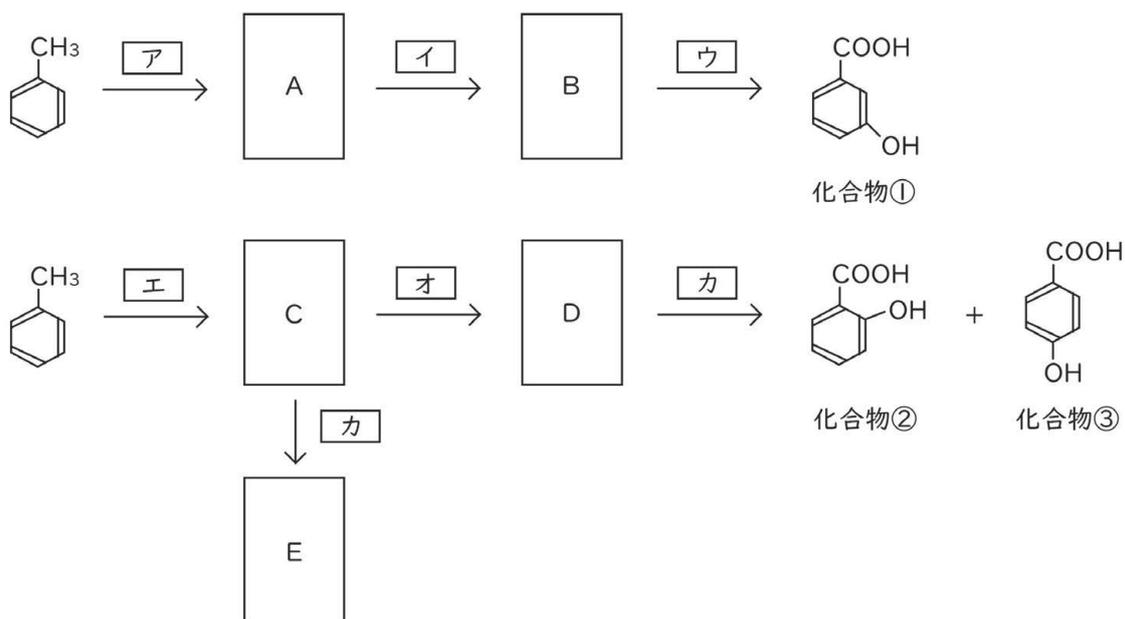


図1

(1) ア ~ カ にあてはまる反応条件の番号を、下記の 1 ~ 3 から選べ。

<反応条件>

- 1 KMnO_4 水溶液中で加熱し、その後、薄い酸で中和する。あるいは、触媒存在下で酸素または過酸化水素を作用させる。
- 2 濃硫酸を加えて加熱する。
- 3 NaOH でアルカリ融解し、その後、薄い酸で中和する。

(2) 化合物A~Eの構造式を示せ。2つある場合は両方を示すこと。構造式は図1のように、官能基を示性式で表すこと。

【Ⅱ】ベンゼンやナフタレンを原料にして、染料や着色料、指示薬として広く用いられる芳香族アゾ化合物がつくられる。下記に実験操作を示す。

<操作1>

試験管に濃硝酸をとり、冷水で冷やしながら濃硫酸を少しずつ加えた。これにベンゼンを少しずつ加えた後、湯浴で時々振り混ぜながら反応させた。その後、反応混合物から純粋なニトロベンゼンを取り出した。

<操作2>

ニトロベンゼンと粒状のスズを入れた試験管に、濃塩酸を数回に分けて加え、よく混ぜながら温水につけて反応させた。

<操作3>

試験管中の液体部分だけをビーカーに移し、このビーカーを冷水で冷却しながら水酸化ナトリウム水溶液を徐々に加えていくと、乳濁液が生じた。

このビーカーにジエチルエーテルを加えてよくかき混ぜた後、静置したところ二層に分離した。上層だけを蒸発皿にとり、ドラフト内でジエチルエーテルを蒸発させてアニリンを得た。

<操作4>

アニリンを希塩酸に溶かし、氷で冷却しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた。

<操作5>

反応物をナトリウムフェノキシドと反応させると、*p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) が生成した。

(3) 操作1について、試験管内で濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)とベンゼン、ニトロベンゼンはどのように分布するか。最も適切なものを、1～5から一つ選べ。

- 1 ベンゼン、ニトロベンゼンともに混酸の上層に分離する。
- 2 ベンゼンは上層に、ニトロベンゼンは混酸と混ぜて下層に分離する。
- 3 混酸の上層にベンゼンが、混酸の下層部にニトロベンゼンが分離する。
- 4 混酸の上層にニトロベンゼンが、混酸の下層部にベンゼンが分離する。
- 5 ベンゼン、ニトロベンゼンともに混酸の下層に分離する。

(4) 操作2について、ニトロベンゼンの反応の種類として最も適切なものを、1～6から一つ選べ。

- 1 中和反応
- 2 酸化反応
- 3 還元反応
- 4 付加反応
- 5 縮合反応
- 6 カップリング反応

(5) 操作2について、スズ Sn が全て Sn^{4+} へ変化する場合、1.0 mol のニトロベンゼンがすべて反応するためには、スズ Sn は何 mol 以上必要か。なお、計算に用いた考え方も解答用紙に記入すること。

(6) 操作3について、操作2の反応物に水酸化ナトリウムを反応させてアニリンを得る反応の化学反応式を書け。なお、反応式中の芳香族化合物については、構造式で表すこと。構造式は(2)と同じ書き方とする。

(7) 操作3について、アニリンの生成を確認するために、さらし粉水溶液を加える方法がある。このときの反応として最も適切なものを、1～5から一つ選べ。

- 1 水溶液が白濁する。
- 2 特有の臭気をもつ黄色の沈殿が生じる。
- 3 水溶液が赤紫色に変化する。
- 4 さらし粉水溶液を少量加えると青白沈殿が生じるが、過剰に加えると深青色の溶液になる。
- 5 水溶液が黒色になる。

(8) 操作1～3の手順によって、ベンゼンからニトロベンゼンを経てアニリンを得た。このときの収率は、それぞれ80%と70%であったとする。はじめに用いたベンゼンの質量が39gであるとき、得られたアニリンは何gか。答えは整数で求めること。

なお、必要であれば、ベンゼンの分子量78、ニトロベンゼンの分子量123、アニリンの分子量93を用いること。

※収率とは、それぞれの反応式から計算した生成物の量（理論値）に対する、実験で得られた生成物の量の割合をいう。

(9) アニリンに無水酢酸を作用させると、かつて解熱鎮痛剤として広く用いられていた物質が得られる。この物質の構造式を示せ。なお、構造式は図2のように、エステル結合やアミド結合については省略せずに書き、その他の官能基や置換基については示性式で表すこと。

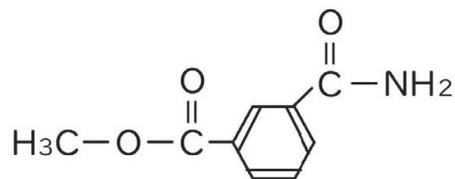


図2

(10) 操作4について、この反応で得られた物質の構造式を図3に示した。この物質の名称を答えよ。

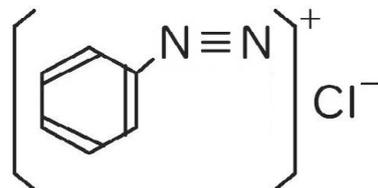


図3

(11) 操作4について、(10) で生成した物質を常温で放置した場合、塩酸と一緒に生成する物質の名称を2つ答えよ。

(12) 操作5について、*p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) の構造を示せ。構造式は図4のように官能基は示性式で表すこと。

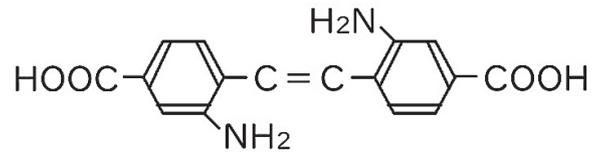


図4

(13) 操作5について、*p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) の色として、最も適切なものを、1~7から一つ選べ。

- 1 白色
- 2 淡緑色
- 3 淡桃色
- 4 橙赤色
- 5 赤紫色
- 6 深青色
- 7 黒色

(14) 操作4および操作5について、アニリンとナトリウムフェノキシドの代わりに、別のアゾ化合物と芳香族アミンを用いても同様の反応が起こる。

アニリンのアミノ基の水素原子2個をメチル基で置換した化合物Aと、*p*-アミノベンゼンスルホン酸ナトリウムをジアゾ化すると得られる化合物Bを反応させると、化合物Aのパラ位の水素が置換されたアゾ化合物が生成する。これに、水酸化ナトリウム水溶液を加えると、酸・塩基の指示薬として知られるメチルオレンジが得られる。メチルオレンジの構造式を書け。

構造式は図5のように官能基や置換基については示性式で表すこと。

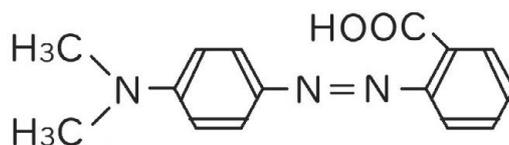


図5

(15) C₇H₉Nで表されるアミンのうち、ベンゼン環をもつ分子は、いくつ構造異性体があるか。

【Ⅲ】炭素、水素、窒素、酸素からなる化合物A（分子量211）があり、その元素分析値は炭素79.5%、水素6.2%、窒素6.7%であった。

この化合物に、濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると、化合物Bが得られた。化合物Bを加水分解すると、ともにパラニ置換ベンゼンである化合物Cと化合物Dが得られた。なお、元素分析から、化合物Dには窒素を含まないことが分かった。

一方、化合物Bを過マンガン酸カリウム水溶液中で加熱したのち、得られた酸性物質にスズと塩酸を作用させると、化合物Eが得られた。化合物Eは重合すると高分子化合物Fとなった。

(16) 化合物Aの分子式を求めよ。なお、必要であれば、原子量H=1.0、C=12、N=14、O=16を用いること。

(17) 化合物A～Eの構造式を書け。なお、構造式は図6のように、エステル結合やアミド結合については省略せずに書き、その他の官能基や置換基については示性式で表すこと。

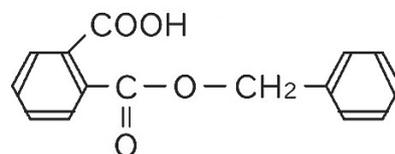


図6

(18) 化合物Fでつくられた繊維の特徴として、最も適切なものを、1～5から一つ選べ。

- 1 肌触りが羊毛に似ており、保湿性があるので、毛布などに用いられている。
- 2 適度な吸湿性をもち、耐薬品性にも優れるので、漁網などに用いられている。
- 3 強度が高く、乾きやすくてしわになりにくい。
- 4 吸湿性に乏しいが、丈夫で軽く、絹に近い感触がある。
- 5 引っ張り強度・弾性・耐熱性に優れており、防護服などに用いられている。

