技術 R2.1.25

技術貸費

試験問題（その２：物理・化学）

（解答時間　１時間 40 分）

［受験上の注意］

1　受験番号，氏名等定められた事項を下欄に正確に記入してください。

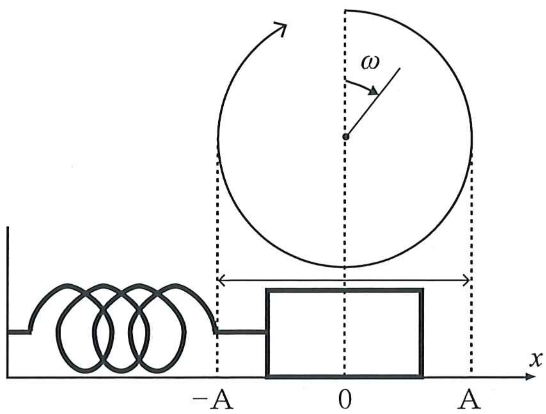
2　問題は全部で７問（物理４問，化学３問）あります。７問全部に解答してください。

防衛省

受験番号		大学名	
		学　部	
受 験 地		学　科	
氏　　名		学　年	

〔 物 理 〕

【No. 1】 質量が m〔kg〕である小物体が，ばね定数が k〔N/kg〕であるばねにつながれて，x 軸に沿って下図のように単振動している。これを水平ばね振り子という。ばねののびが x〔m〕のときの小物体の速さを v〔m/s〕とする。これについて以下の各問いに答えなさい。



（1）上図の水平ばね振り子が単振動しているときの小物体とばねが持つ力学的エネルギー E〔J〕を表す式を，m，v，k，x の各文字を用いて答えなさい。

（2）上図の水平ばね振り子が，時刻 0 のときの位置 $x=0$〔m〕から x 軸の正の向きに運動したとする。単振動の振幅を A〔m〕，角振動数を ω〔rad/s〕として，t〔s〕後の小物体の変位 x〔m〕を表す式を，A，ω，t および正弦関数を用いて答えなさい。

（3）(2) の位置 x〔m〕における小物体の速さ v〔m/s〕，および加速度 a〔m/s^2〕を表す式を (2) で得た式を 1 階微分，あるいは，2 階微分して，A，ω，t および正弦関数または余弦関数を用いて答えなさい。

（4）加速度を a〔m/s^2〕と略記すると単振動する小物体の運動方程式は $ma=-kx$ と表せる。この a に (1) から (3) までに得た式のうち必要なものを，k，m を用いて，角振動数 ω〔rad/s〕を表す式を答えなさい。

（5）周期 T〔s〕を，円周率 π と角振動数 ω〔rad/s〕とを用いた式で表しなさい。また，角振動数 ω〔rad/s〕を，円周率 π と単振動の振動数 f〔s^{-1}〕とを用いた式で表しなさい。

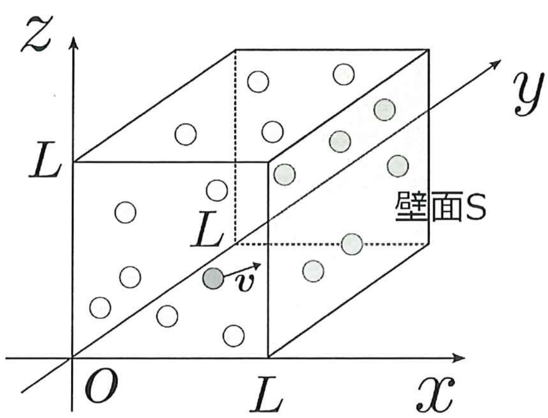
（6）(1) で得た式に，(2) から (5) までに得た式のうち必要なものを代入すると，単振動をしている物体とばねが持つ力学的エネルギー E〔J〕は常に一定で，時間 t〔s〕には依存せず，振幅 A〔m〕の 2 乗と振動数 f〔s^{-1}〕の 2 乗に比例し，$E=c\,A^2f^2$ (c は比例定数)と表すことができる。

このときの比例定数 c を表す式を π と m を用いて答えなさい。

〔解　答　欄〕

No.　1	（1）	
	（2）	
	（3）	
	（4）	
	（5）	
	（6）	

【No. 2】 気体の分子運動について説明した次の文章の空欄に当てはまる式や文字，言葉，数値を答えなさい。



1辺の長さが L〔m〕で，体積が V〔m^3〕（$=L^3$）である立方体の容器に，質量が m〔kg〕である分子が N〔個〕だけ集まって構成される理想気体を入れる。

上図のように x, y, z 軸を設定し，x 軸に垂直な壁面 S が受ける圧力を考える。分子は，他の分子とは衝突せず，容器の壁に衝突するまでは等速直線運動をしていると仮定する。また，分子と壁との衝突は，はねかえり係数が1である完全弾性衝突で，衝突の前後で分子の速度の大きさは変わらないものとする。

壁面 S に衝突する直前の分子の速度を $\vec{v_1}=(v_x, v_y, v_z)$とベクトル表示すると，衝突の前後で分子の速度の大きさは変わらず，その向きは壁面 S に垂直な成分だけが変わるので，衝突直後の分子の速度のベクトル表示は $\vec{v_2}=$ $\boxed{\text{ア}}$ となる。したがって，壁面 S との衝突による分子の運動量の変化，すなわち，分子が壁面 S から受ける力積をベクトルで表示すると $m\vec{v_2}-m\vec{v_1}=$ $\boxed{\text{イ}}$ となる。

ここで，$\boxed{\text{ウ}}$ の法則より，壁面 S は分子から反対向きの力積を受けるので，その大きさは $\boxed{\text{エ}}$〔N・s〕，その向きは壁と垂直な向き，つまり，x 軸の正の向きである。

壁面 S と衝突した分子は，他の壁と衝突した後，再び，壁面 S と衝突する。x 軸方向にだけ着目すると，分子はこの間に $\boxed{\text{オ}}$〔m〕という距離を v_x〔m/s〕という速さで進む。そこで，分子が同じ壁に再び衝突するまでに要する時間を壁に衝突する周期と考えれば，それは $\boxed{\text{カ}}$〔s〕となる。すなわち，壁面 S は1つの分子から $\boxed{\text{カ}}$〔s〕という周期で，大きさが $\boxed{\text{エ}}$

〔N・s〕となる力積を受ける。そして，時間 t〔s〕の間に１つの分子が壁面 S に衝突する回数は，$\boxed{\text{キ}}$〔回〕である。したがって，壁面 S が時間 t の間に１つの分子から受ける力積の合計は $\boxed{\text{ク}}$〔N・s〕となる。この間に，壁面 S が１つの分子から受ける平均の力の大きさを $\overline{f}$〔N〕とすると $\boxed{\text{ク}}=\overline{f}t$ である。よって，$\overline{f}$〔N〕$=\boxed{\text{ケ}}$ と表せる。

さて，壁面 S が N 個の分子から受ける平均の力の大きさを F〔N〕，気体分子全体の ${v_x}^2$ の平均を $\overline{{v_x}^2}$ とすると $F=\boxed{\text{コ}}$ となる。また，気体の圧力 p〔Pa〕は，F を壁 S の面積で割れば求められる。ここで $V=L^3$ を用いれば，p は m，$\overline{{v_x}^2}$，N，V を用いて $p=\boxed{\text{サ}}$ と表せる。

ここで改めて $\overline{{v_x}^2}$ について考える。１つの分子の速度に対して $v^2={v_x}^2+{v_y}^2+{v_z}^2$ が成り立つ。したがって，それぞれの平均の速度に対しても同様の式が成り立つ。また，分子の個数 N は非常に大きく，すべての分子は特定の方向には偏らず，かつ，不規則に運動していると考えて差し支えない。よって，x 軸方向，y 軸方向，z 軸方向のいずれの方向においても，速度の 2 乗の平均値は等しい。つまり $\overline{{v_x}^2}=\overline{{v_y}^2}=\overline{{v_z}^2}$ と考えられる。したがって $\overline{{v_x}^2}$ と $\overline{v^2}$ の間には $\overline{{v_x}^2}=\boxed{\text{シ}}$ という関係がある。これを $\boxed{\text{サ}}$ に代入すると $p=\boxed{\text{ス}}$ となる。

この $p=\boxed{\text{ス}}$ を変形して $pV=\boxed{\text{セ}}$ とすると，気体の状態方程式 $pV=nRT$ と同じ形になる。$\boxed{\text{セ}}=nRT$ からは気体分子の平均運動エネルギーが求められる。気体分子の個数 N は，気体の物質量 n〔mol〕と $\boxed{\text{ソ}}$ 定数（$N_A=6.02\times10^{23}\text{mol}^{-1}$）の積であるから $\boxed{\text{セ}}=nRT$ という式は，$\frac{1}{2}m\overline{v^2}=\boxed{\text{タ}}$ と変形できる。この式は，さらに，$\boxed{\text{チ}}$ 定数 k_B を用いると $\frac{1}{2}m\overline{v^2}=\frac{3}{2}k_BT$ と表すこともできる。

以上より，理想気体では平均運動エネルギーは気体の種類によらず，温度だけで決まり，絶対温度に比例することがわかるので，気体のモル質量を M〔g/mol〕，$\boxed{\text{ソ}}$ 定数を N_A とする

と，$mN_A = \boxed{\text{ツ}}$ なので，$\dfrac{1}{2}m\overline{v^2} = \boxed{\text{タ}}$ の式から，気体定数 R，温度 T，モル質量 M という文字を用いて気体分子の２乗平均速度を表す式 $\sqrt{\overline{v^2}} = \boxed{\text{テ}}$ が得られる。

〔解　答　欄〕

<table>
<tr><td rowspan="7">No.　2</td><td colspan="6">ア</td><td colspan="6">イ</td></tr>
<tr><td colspan="4">ウ</td><td colspan="4">エ</td><td colspan="4">オ</td></tr>
<tr><td colspan="6">カ</td><td colspan="6">キ</td></tr>
<tr><td colspan="3">ク</td><td colspan="3">ケ</td><td colspan="3">コ</td><td colspan="3">サ</td></tr>
<tr><td colspan="4">シ</td><td colspan="4">ス</td><td colspan="4">セ</td></tr>
<tr><td colspan="4">ソ</td><td colspan="4">タ</td><td colspan="4">チ</td></tr>
<tr><td colspan="6">ツ</td><td colspan="6">テ</td></tr>
</table>

【No. 3】 光波に関する以下の各問いに答えなさい。

（1）平面鏡と凹面鏡，凸面鏡について説明した次の文章のⅠ～Ⅶに当てはまる言葉を，下のア～シから選び，記号で答えなさい。

平面鏡による像は$\boxed{\text{Ⅰ}}$の$\boxed{\text{Ⅱ}}$である。また倍率は$\boxed{\text{Ⅲ}}$。
凹面鏡は$\boxed{\text{Ⅳ}}$に利用され，凸面鏡は$\boxed{\text{Ⅴ}}$に利用されていることが広く知られていれる。また，顕微鏡の反射鏡には$\boxed{\text{Ⅵ}}$（高倍率用）と$\boxed{\text{Ⅶ}}$（低倍率用）が利用されている。

ア：正立　イ：倒立　ウ：実像　エ：虚像　オ：平面鏡　カ：凹面鏡　キ：凸面鏡　ク：１より小さくなる　ケ：１倍である　コ：１より大きくなる
サ：道路のカーブミラーや車のサイドミラー　シ：オリンピックにおける聖火の採火

（2）レンズにおける写像公式は次のように表される。

$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$　a：レンズと物体との距離　b：レンズと像との距離　f：焦点距離

a の値は常に $a>0$ として，凸レンズか凹レンズか，実像ができるか虚像ができるか応じて $b>0$，$b<0$，$f>0$，$f<0$ と変わる。なお，以下の問いにおいては，光の入射側を前方，その反対側を後方とする。

① 大きさが 6.0cm の物体を，焦点距離が 60cm のレンズの前方 30cm のところにおくと，レンズの前方 20cm のところに，大きさが 4.0cm の正立虚像ができた。このレンズは，凸レンズか，凹レンズかを答えなさい。また，このときに成り立つ写像公式 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$（$a>0$）について b，f の正負を答えなさい。

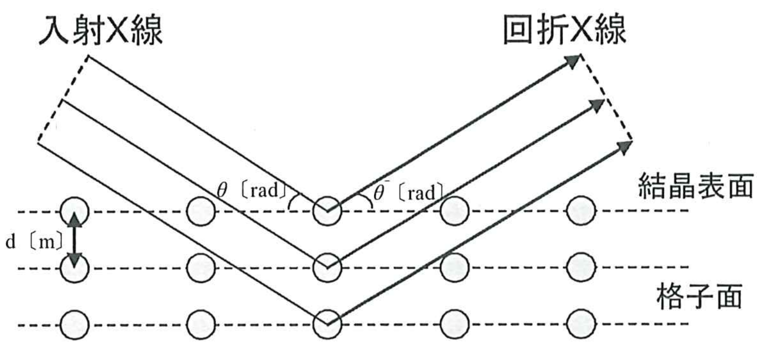
② 大きさが 6.0 cm の物体を，焦点距離が 60cm のレンズの前方 30cm のところにおくと，レンズの前方 60cm のところに，大きさが 12.0 cmの正立虚像ができた。このレンズは，凸レンズか，凹レンズかを答えなさい。また，このときに成り立つ写像公式 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$（$a>0$）について b，f の正負を答えなさい。

③ ①②を参考にして球面鏡における写像公式を考える。球面の半径を R とすると球面鏡の焦点距離は $f=\frac{R}{2}$ となる。凹面鏡によって倒立実像ができるときの写像公式 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$（$a>0$）について b，f の正負を答えなさい。

（3） X線の散乱と反射に関する次の問いに答えなさい。

W. L. ブラッグは散乱されたX線が干渉して強め合う条件を見出し，これはブラッグの条件として広く知られている。その条件を満たす方向にはラウエ$\boxed{\quad\quad}$が生じる。ラウエ$\boxed{\quad\quad}$がたくさんあるのは，物質の結晶内に原子が作る平行平面が何種類もあるからである。

結晶内では，規則正しく並んだ原子を含む互いに平行な平面が何組も考えられる。その1組の平行平面に波長が λ〔m〕であるX線を，平面と角度 θ〔rad〕をなす方向から下図のように入射させると，X線は多くの平行平面内の原子によって散乱されて，いろいろな方向に進む。散乱されたX線が干渉して強め合うのは反射の法則を満たす方向だけ，しかも，隣接する2つの平面で反射されたX線が同位相になる場合だけである。



① 上の文章の空欄に当てはまる言葉を答えなさい。

② 上の文章ならびに図を参照して，X線の波長を λ〔m〕，任意の自然数を n として，ブラッグの条件を表す式を答えなさい。

〔解　答　欄〕

<table>
<tr><td rowspan="6">No.　3</td><td rowspan="2">（1）</td><td>Ⅰ</td><td>Ⅱ</td><td>Ⅲ</td><td>Ⅳ</td></tr>
<tr><td>Ⅴ</td><td>Ⅵ</td><td colspan="2">Ⅶ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">（2）</td><td colspan="4">①</td></tr>
<tr><td colspan="4">②</td></tr>
<tr><td colspan="4">③</td></tr>
<tr><td>（3）</td><td colspan="2">①</td><td colspan="2">②</td></tr>
</table>

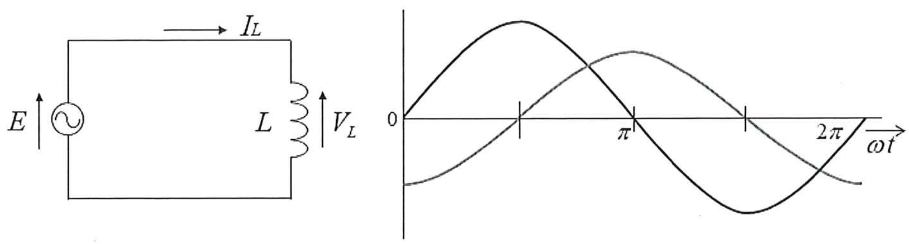
【No. 4】　交流回路に関する以下の各問いに答えなさい。

（1）交流回路では，抵抗に加わる電圧 V_R と抵抗を流れる電流 I_R とは同位相であるが，コイルやコンデンサにおいては位相のずれが生じる。下の文章の，$\boxed{\phantom{\text{ア}}}$には当てはまる数値や式を答え，｛　　｝からは適当なものを選んで答えなさい。

① 角周波数を ω〔rad/s〕，時間を t〔s〕，回路に流れる電流の最大値を I_m〔A〕としてコイルを流れる電流の瞬時値を表すと　$I_L = I_m \sin\omega t$〔A〕となる。これに対して，コイルに加わる電圧 V_L の変化は，下図を参照すると，電流 I_L に比較して $\boxed{\text{ア}}$ 周期だけ イ｛遅れて／進んで｝いて，位相差を φ〔rad〕とすれば $\varphi=\boxed{\text{ウ}}$であることが分かる。

これより，コイルに加わる電圧の最大値を V_m〔V〕とすると，コイルに加わる電圧の瞬時値は $V_L = V_m\boxed{\quad\text{エ}\quad}$と表せる。

交流電源にコイルを接続した回路

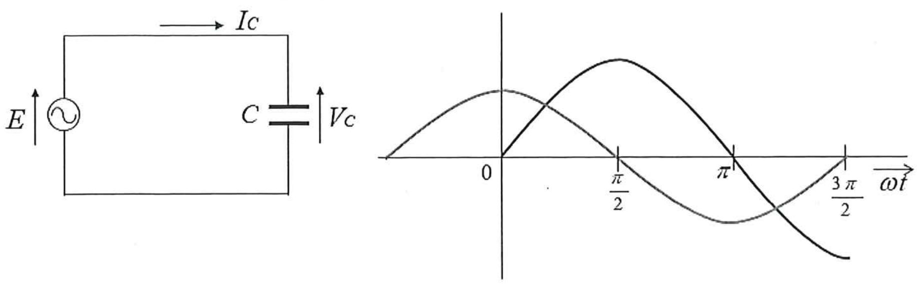


また，インダクタンス が 100 mH であるコイルに，50Hz で 100V の交流電圧を加えたときのリアクタンスの大きさ は$\boxed{\text{オ}}$で，電流の大きさは$\boxed{\text{カ}}$である（π=3.14 として，有効数字３桁で答えよ）。

② 角周波数を ω〔rad/s〕，時間を t〔s〕としてコンデンサを流れる電流の瞬時値を表すと，$I_C = I_m \sin\omega t$〔A〕となる。これに対して，コンデンサに加わる電圧 V_C の変化は，下図を参照すると，電流 I_C に比較して$\boxed{\text{キ}}$周期だけ ク｛遅れて／進んで｝いて，位相差を φ〔rad〕とすれば $\varphi=\boxed{\text{ケ}}$であることが分かる。

これより，コンデンサに加わる電圧の瞬時値は $V_C = V_m\boxed{\quad\text{コ}\quad}$と表せる。

交流電源にコンデンサを接続した回路

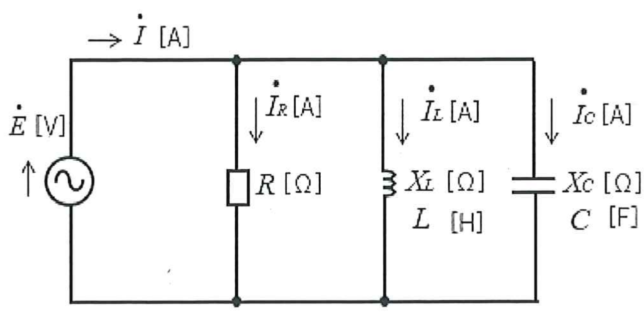


また，コンデンサのリアクタンスは，コンデンサの電気容量 C〔F〕が サ｛小さい／大

きい｝ほど，また，交流の周波数が ^{シ}｛小さい／大きい｝ほど，大きくなる。これは，コイルのリアクタンスは交流の周波数が ^{ス}｛小さい／大きい｝ほど大きくなることと ^{セ}｛同じ／正反対｝である。

（2）電気容量が C〔F〕のコンデンサ，自己インダクタンスが L〔H〕のコイル，抵抗値が R〔Ω〕の抵抗からなる RLC 並列回路において，誘導性リアクタンス X_L のほうが容量性リアクタンス X_C よりも大きい場合のインピーダンス Z の大きさ $|Z|$ を表す式を，下図を参照し，角周波数を ω〔rad/s〕として答えなさい。

図のような、RLC並列回路に交流電源 $\dot{E}$ を接続したとき、RLC並列回路に流れる電流を $\dot{I}$ とする。



抵抗を流れる電流 $\dot{I}_R = \dfrac{\dot{E}}{R}$ [A]

コイルを流れる電流 $\dot{I}_L = \dfrac{\dot{E}}{X_L}$ [A]

コンデンサを流れる電流 $\dot{I}_C = \dfrac{\dot{E}}{X_C}$ [A]

※「•」は複素ベクトルを表す

〔解　答　欄〕

<table>
<tr><td rowspan="5">No.　4</td><td rowspan="4">（1）</td><td rowspan="2">①</td><td colspan="2">ア</td><td>イ</td><td colspan="2">ウ</td></tr>
<tr><td colspan="2">エ</td><td>オ</td><td colspan="2">カ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">②</td><td>キ</td><td>ク</td><td>ケ</td><td colspan="2">コ</td></tr>
<tr><td>サ</td><td>シ</td><td>ス</td><td colspan="2">セ</td></tr>
<tr><td>（2）</td><td colspan="6"></td></tr>
</table>

〔 化　学 〕

【No.　1】　化学平衡に関する以下の各問いに答えなさい。

（1）化学平衡に関して定義されるさまざまな平衡定数である濃度平衡定数 K_c，圧平衡定数 K_p，電離定数 K_a，K_b などに加えて，水のイオン積 K_w，加水分解定数 K_h，溶解度積 K_{sp} の性質を説明した次の文の空欄に当てはまる言葉を答えなさい。

いずれの定数も$\boxed{}$が一定である限りにおいて，その値は常に一定に保たれる。

（2）窒素 N_2 と水素 H_2 からアンモニア NH_3 が生成される反応を例として，濃度平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p の関係を考える。反応容器の容積が V〔L〕，反応時の温度が T〔K〕という条件のもと，$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 + 92kJ$ という平衡状態を保つことができる。この状態における各成分気体のモル濃度を［N_2］〔mol/L〕，［H_2］〔mol/L〕，［NH_3］〔mol/L〕と表す。また，各成分気体の分圧を P_{N2}〔Pa〕，P_{H2}〔Pa〕，P_{NH3}〔Pa〕，物質量を n_{N2}〔mol〕，n_{H2}〔mol〕，n_{NH3}〔mol〕として気体の状態方程式 PV＝nRT（P：圧力　V：体積（容積）　n：物質量　R：気体定数　T：温度）を用いると，各成分気体の分圧も，モル濃度で表せる。

①濃度平衡定数 K_c を表す式を，上記のうち必要なものを用いて，答えなさい。

②圧平衡定数 K_p を表す式を，上記のうち必要なものを用いて，答えなさい。

③①と②の式から K_c と K_p の関係は次のように表せる。空欄に当てはまる式を答えなさい。

$K_p = K_c \times \boxed{}$.

（3）無色である四酸化窒素 N_2O_4 と赤褐色である二酸化窒素 NO_2 の間に成り立つ化学平衡を例として，平衡移動の原理（ルシャトリエの原理）を考える。

$$N_2O_4 \rightleftarrows 2\,NO_2 - 57.2KJ$$

①　温度と体積を一定に保ったまま，この反応に関与しないアルゴン Ar を加えると，どのように平衡移動するか。最も適切なものを，あとのア～カから選び，記号で答えなさい。

②　温度と全圧を一定に保ちながら，この反応に関与しないアルゴン Ar を加えると，どのように平衡移動するか。最も適切なものを，あとのア～カから選び，記号で答えなさい。

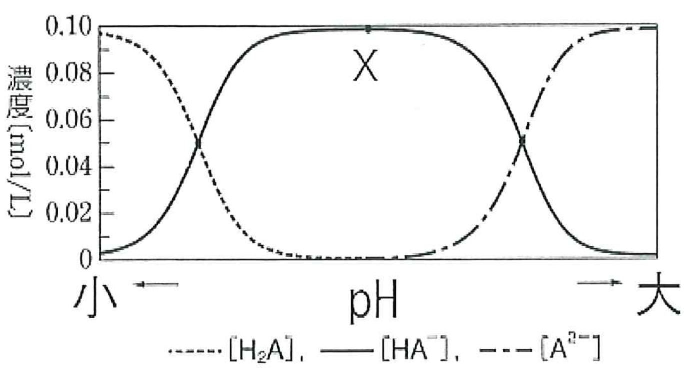
③　平衡状態を保っている容器全体を温水に浸して反応系の温度を上げると，どのように平衡移動するか。最も適切なものを，あとのア～カから選び，記号で答えなさい。

ア　N_2O_4 を生成する方向に平衡移動する
イ　NO_2 を生成する方向に平衡移動する
ウ　平衡移動しない
エ　平衡が破れて新たに窒素 N_2 が生成する
オ　平衡が破れて新たに一酸化窒素 NO が生成する
カ　平衡が破れて新たに五酸化二窒素 N_2O_5 が生成する

④　ルシャトリエの原理を利用したアンモニア NH_3 の工業的製法（前問 (2) の化学式を参

照）はハーバー・ボッシュ法として広く知られている。その合成効率を高めるため，四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とした触媒を用いて，400～600℃の温度，1×10^7~3×10^7Pa の圧力という条件下で操業する。この四酸化三鉄 Fe_3O_4 における鉄の酸化数を，酸化数は整数でなければならないことに注意して，算用数字で答えなさい。

（4）硫化水素 H_2S のような二価の弱酸を H_2A と表すことにする。これを水に溶かすと，2段階で電離し，水溶液中には H_2A，HA^-，A^{2-}が平衡状態で共存する。各物質のモル濃度を［H_2A］〔mol/L〕，［HA^-］〔mol/L〕，［A^{2-}］〔mol/L〕と表し，［H_2A］＋［HA^-］＋［A^{2-}］＝0.10mol/L とする。このとき各物質のモル濃度は水溶液の pH に応じて変化する。その様子を下図に模式的に示す。



X 点より右では［H_2A］＝0mol/L
X 点より左では［A^{2-}］＝0mol/L

第一電離定数を K_1，第二電離定数を K_2，水素イオン H^+のモル濃度を［H^+］〔mol/L〕とすると，K_1 と K_2 と［H^+］の間にどのような関係式が成り立つか。X 点では［HA^-］〔mol/L〕が極大となることを考慮して，答えなさい。

〔解　答　欄〕

No. 1	（1）			
	（2）	①	②	③
	（3）	①	②	③
		④		
	（4）			

【No. 2】　中和滴定に関する以下の各問いに答えなさい。

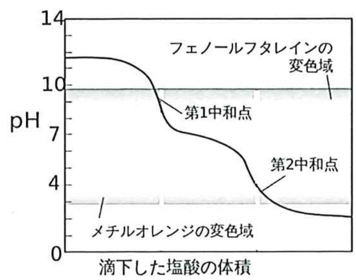
（1）酸と塩基が反応して水になり，酸と塩基の性質が互いに打ち消される反応が中和反応である。その量的な関係は，酸から生じる水素イオン H^+の物質量と塩基から生じる水酸化物イオン OH^-の物質量が等しいということである。下線部は次の文のようにも表現できる。この文の空欄に共通して当てはまる漢字二字の言葉を答えなさい。

酸の（$\boxed{}$）×（物質量）＝塩基の（$\boxed{}$）×（物質量）

（2）強い塩基性を示す炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の水溶液に，強い酸性を示す塩酸 HCl を加えていくと，次の二段階の中和反応が起こる。その様子を下図に模式的に示す。

$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaCl + NaHCO_3$　…①

$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$　…②



これら２式から考えられる量的関係に関する正しい説明を，
ア～キ，あ～きから，それぞれ一つずつ選んで，答えなさい。

ア：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で反応した塩酸 HCl の物質量と，②式で反応した塩酸 HCl の物質量の和に等しい。

イ：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で反応した塩酸 HCl の物質量と，②式で反応した塩酸 HCl の物質量の差に等しい。

ウ：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で生成した塩化ナトリウム NaCl の物質量と，②式で生成した塩化ナトリウム NaCl の物質量の和に等しい。

エ：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で生成した塩化ナトリウム NaCl の物質量と，②式で生成した塩化ナトリウム NaCl の物質量の差に等しい。

オ：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で反応した塩酸 HCl の物質量に等しいと同時に，②式で反応した塩酸 HCl の物質量にも等しい。

カ：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で反応した塩酸 HCl の物質量に等しいと同時に，②式で反応した塩酸 HCl の物質量の２倍にも等しい。

キ：炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の物質量は，①式で反応した塩酸 HCl の物質量の半分に等しいと同時に，①式で生成した炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$ の物質量にも等しい。

あ：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量と，第１中和点から第２中和点までの滴下量は，等しい。

い：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量の半分と，第１中和点から第２中和点までの滴下量は，等しい。

う：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量と，第１中和点から第２中和

点までの滴下量の半分は，等しい。

え：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量の２倍と，第１中和点から第２中和点までの滴下量は，等しい。

お：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量と，第１中和点から第２中和点までの滴下量の２倍は，等しい。

か：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量の半分と，第１中和点から第２中和点までの滴下量の２倍は，等しい。

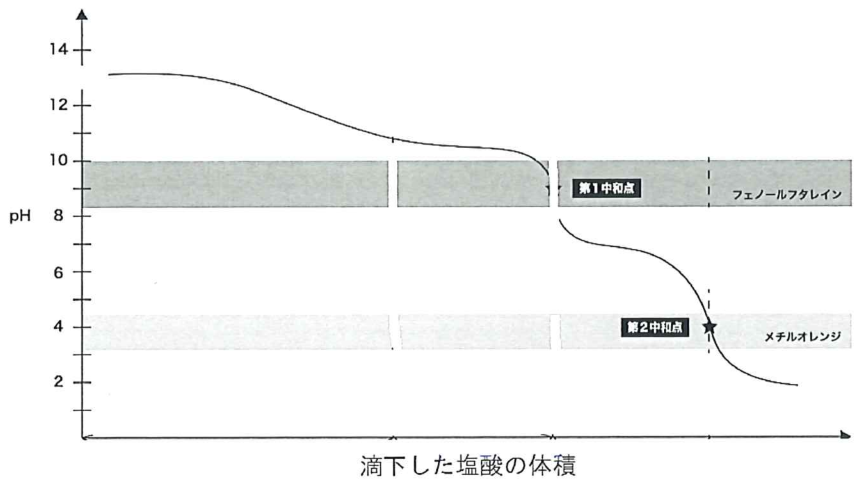
き：塩酸 HCl の滴下量について，第１中和点までの滴下量の２倍と，第１中和点から第２中和点までの滴下量の半分，等しい。

（３）いずれも強い塩基性を示す水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の混合物の水溶液に，強い酸性を示す塩酸 HCl を加えていくと，次の３つの式で表される反応が起こる。その様子を下図に模式的に示す。

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaCl + NaHCO_3$

$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$



水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 の混合物の水溶液を 10mL とり，0.050mol/L の塩酸 HCl を滴下したとき，第１中和点までに 22mL，第２中和点までにはさらに 10mL を要したとする。このときの水酸化ナトリウム NaOH のモル濃度と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 のモル濃度を答えなさい。

（４）ある量の二酸化炭素 CO_2 を 0.10mol/L の水酸化バリウム $Ba(OH)_2$ 水溶液 50mL に完全に吸収させた。この溶液を十分に静置すると生成した固体が沈殿した。ここから，固体ではない上澄み液を 10mL だけ取り，二酸化炭素 CO_2 と反応しきらずに残っている水酸化バリウム $Ba(OH)_2$ を 0.10mol/L の塩酸で滴定したところ，12 mL を要した。このとき，最初にあった二酸化炭素 CO_2 の物質量を答えなさい。

（5）ある量の二酸化硫黄 SO_2 を，ヨウ化カリウムを含む 0.10mol/L のヨウ素溶液 50mL に完全に吸収させた。この吸収液中に残ったヨウ素を，デンプンを指示薬として，0.050mol/L のチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 水溶液で滴定したところ，20mL を要した。

①下線部に関して，デンプンが指示薬としてどのように働くかを説明した次の文の空欄にあてはまる言葉を答えなさい。

デンプンを加えた直後は $\boxed{\text{Ⅰ}}$ 色であるが，滴定が終了すると $\boxed{\text{Ⅱ}}$ 色へ変化する。

②最初にあった二酸化硫黄 SO_2 の物質量を答えなさい。なお，ヨウ素 I_2 とチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ との間には次のような酸化還元反応が起こる。

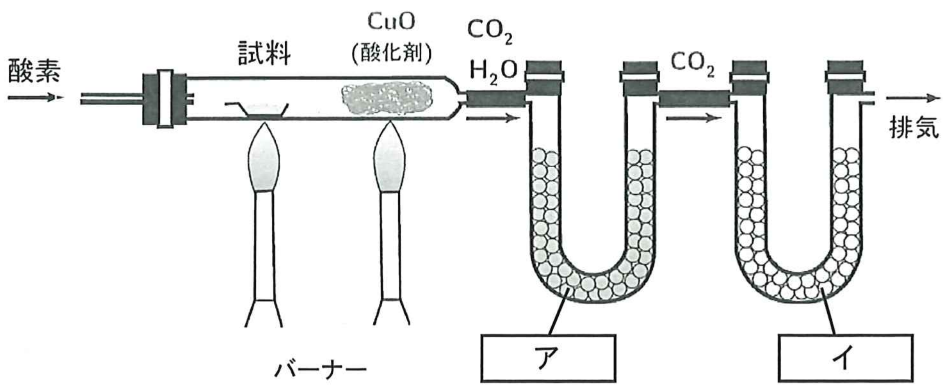
$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$$

〔解　答　欄〕

<table>
<tr><td rowspan="8">No. 2</td><td>（1）</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>（2）</td><td colspan="2">ア～キ</td><td>あ～き</td></tr>
<tr><td>（3）</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>（4）</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">（5）</td><td rowspan="2">①</td><td colspan="2">Ⅰ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ⅱ</td></tr>
<tr><td colspan="3">②</td></tr>
</table>

【No.　3】　有機化合物に関する以下の各問いに答えなさい。

（1）炭素 C，水素 H，酸素 O から構成される有機化合物の組成式を決定するためには，下図に示すような元素分析装置を用いる。



まず，質量を精密に測定した試料を完全燃焼させる。このとき生じる 2 種類の物質のうち，$\boxed{\text{　A　}}$は$\boxed{\text{　ア　}}$に，$\boxed{\text{　B　}}$は$\boxed{\text{　イ　}}$に吸収させる。$\boxed{\text{　A　}}$と$\boxed{\text{　B　}}$の質量を求めることで，組成式が決定される。

①$\boxed{\text{　A　}}$，$\boxed{\text{　B　}}$，$\boxed{\text{　ア　}}$，$\boxed{\text{　イ　}}$に当てはまる　物質名を答えなさい。

②炭素 C，水素 H，酸素 O から構成される分子量が 44 である有機化合物 4.40mg を完全燃焼させたところ，$\boxed{\text{　A　}}$を 3.60mg，$\boxed{\text{　B　}}$を 8.80mg 得た。この化合物の分子式を答えなさい。なお，原子量は C＝12　H＝1.0　O＝16 とする。

③有機化合物に含まれる炭素 C，水素 H，酸素 O 以外の物質の検出法の説明として，正しいものには○，誤っているものには×を答えなさい。

Ⅰ：窒素Nは，試料を加熱分解してアンモニア NH_3 を発生させ，そこに濃塩酸 HCl をつけたガラス棒を近づけると，白煙を生じることから検出できる。

Ⅱ：硫黄 S は，試料に過酸化水素 H_2O_2 を加えると褐色溶液になることから検出できる。

Ⅲ：塩素は，焼いた銅線の先に試料をつけて燃焼させ，炎色反応によって青緑色の炎を生じることから検出できる。

（2）すべて単結合でできていて，自然数 n を用いた分子式が一般式として C_nH_{2n+2} と表される鎖式飽和炭化水素がアルカンであるが，アルカンにおいて 2 種類以上の構造異性体が存在する自然数 n の最小値を答えなさい。さらに，その n における構造異性体の構造式をすべて示しなさい。

（3）植物や動物の体内に存在する油脂は高級脂肪酸とグリセリンとのエステルで，任意のアルキル基を R^1，R^2，R^3 とすると次のように表せる。

$$
\begin{array}{lclcll}
R^1COOH & & CH_2\text{—}OH & & R^1COO\text{—}CH_2 & \\
 & & | & \text{エステル化} & | & \\
R^2COOH & + & CH-OH & \rightleftarrows & R^2COO\text{—}CH & + \quad 3\,H_2O \\
 & & | & \text{加水分解} & | & \\
R^3COOH & & CH_2-OH & & R^3COO\text{—}CH_2 &
\end{array}
$$

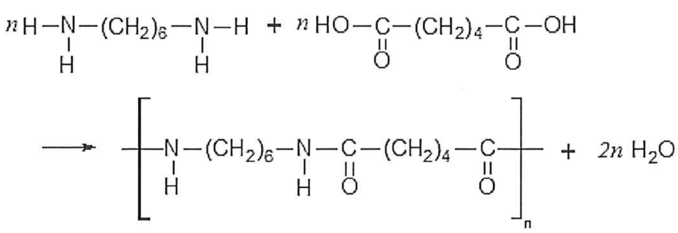
①塩基によるエステルの加水分解がけん化であるが，油脂 1 g をけん化するために必要な水酸化カリウム KOH の質量〔mg〕の数値をけん化価といい，油脂の分子量の目安となる。水酸化カリウム KOH の分子量が 56 であることを用いて，平均分子量が M である油脂のけん化価 s を求める次の式の空欄に当てはまる数値や文字を入れ，式を完成させなさい。

$$s=\frac{1}{(\text{ア})}\times(\text{イ})\times(\text{ウ})\times(\text{エ})$$

②油脂 100 g に付加するヨウ素 I_2 の質量〔g〕の数値をヨウ素価といい，油脂に含まれる C＝C 結合の数を知る目安となる。ヨウ素 I_2 の分子量が 254 であることを用いて，油脂 1 分子中に含まれる C＝C 結合の数を n として，平均分子量が M である油脂のヨウ素価 i を求める次の式の空欄に当てはまる数値や文字を入れ，式を完成させなさい。

$$\mathrm{i}=\frac{(\text{ア})}{(\text{イ})}\times(\text{ウ})\times(\text{エ})$$

（4）アメリカのカロザースが開発した世界最初の合成繊維がナイロン 66 で，$\boxed{}$とアジピン酸を次のように縮合重合してつくられる。n は任意の自然数を表している。



①上の文章の空欄に当てはまる物質名を答えなさい。

②分子量が 3.6×10^4 のナイロン 66 を 1 分子つくるために必要なアジピン酸分子の数を有効数字 2 桁で答えなさい。なお，ナイロン 66 の構成単位である —NH－$(CH_2)_6$－NHCO—$(CH_2)_4$—CO—の式量は 226 である。

③分子量が 3.6×10^4 のナイロン 66 の 1.0g に含まれるアミド結合の数を答えなさい。なお，アボガドロ定数は 6.0×10^{23} とする。アミド結合とは —COOH と—NH_2 から水分子がとれた—CO－NH－という構造である。

〔解　答　欄〕

<table>
<tr><td rowspan="12">No.　3</td><td rowspan="4">（1）</td><td rowspan="2">①</td><td colspan="2">A</td><td colspan="2">B</td></tr>
<tr><td colspan="2">ア</td><td colspan="2">イ</td></tr>
<tr><td>②</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>③</td><td>Ⅰ</td><td>Ⅱ</td><td colspan="2">Ⅲ</td></tr>
<tr><td>（2）</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">（3）</td><td>①</td><td>ア</td><td>イ</td><td>ウ</td><td>エ</td></tr>
<tr><td>②</td><td>ア</td><td>イ</td><td>ウ</td><td>エ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">（4）</td><td>①</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>②</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>③</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>