

1 混合物の分離② [2007 愛媛大]

以下の文章の (ア)~(カ) に適当な語句を入れよ。

混合物から純物質を分別するために個々の物質の性質の違いを利用したさまざまな分離法が知られている。水などの液体中に混入している固体の物質はろ紙と漏斗(ろうと)を用いた (ア) の操作により分離することが可能で、(イ) 法では固体から直接気体になる性質を利用している。不純物の混合した固体または液体の場合、温度による溶解度の差を利用する (ウ) や沸点の違いを利用する (エ) の操作が有効である。また、混合溶液の溶媒とは混じらない液体を使って特定の成分を (オ) とよばれる操作により分離することができる。クロマトグラフィーは物質に対する (カ) 力(りよく)の違いを利用して微量な成分の分離や物質の精製に適用されている。これらの分離技術は物質の性質を理解することがその出発点になっている。

2 蒸留装置 [2013 千葉大]

以下の実験 1~3 に関する問いに答えよ。

(H=1.0, O=16.0, S=32.1, Zn=65.4, R=8.31×10³ Pa·L/(mol·K))

実験 1 混合物中の各成分の性質の違いを利用すると、混合物を純物質に分離することができる。海水は水と塩化ナトリウムなどの塩類との混合物である。海水を用いて、次のように蒸留の操作を行った。

枝付きフラスコに、その体積の 3 分の 1 程度の海水を入れ、スタンドで固定した。

① 海水中には多孔質の素焼きの小片を入れた。枝付きフラスコの最上部には温度計を取り付けた。枝付きフラスコの枝の部分にスタンドを用いてリービッヒ冷却器とアダプターを順に取り付けた。ここまでの操作において、それぞれの器具間の接合部はゴム製の接合管を用いて、すきまのないようにつないだ。アダプターの先には受け器として三角フラスコを置いた。冷却水をリービッヒ冷却器に通した後、枝付きフラスコ中の海水をバーナーにより加熱し、アダプターから出てくる透明な液体を三角フラスコで受けた。

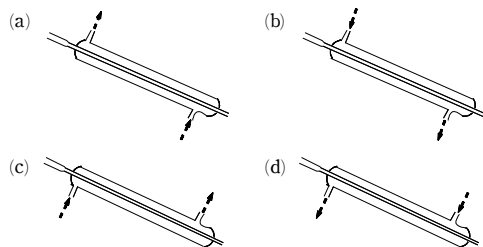
実験 2 もとの海水と、実験 1 で得られた液体のそれぞれに、硝酸鉛(II)水溶液を数滴加えた。

実験 3 実験 1 で得られた液体 178.9 g を用いて 96.0% の濃硫酸 51.1 g を希釈したところ、密度 1.15 g/cm³ の ② 液体が得られた。③ この希釈後の液体に亜鉛の小片を加えたら気体を発生して、亜鉛の小片はすべて溶解した。④ 得られた気体の体積を求めたところ 27°C、1.00×10⁵ Pa で 2.40 L であった。

問 1 下線部 ① の、海水中に多孔質の素焼きの小片を加えた理由を、15 字以内で答えよ。

問 2 リービッヒ冷却器を枝付きフラスコに取り付ける配置について、冷却水を通す方向を含めて、横から見た状態で図の (a)~(d) の 4 種類の配置を考えた。図はスタンドに取り付けた状態を構造がわかるように示したものである。左側に枝付きフラスコが、右側にアダプターがつけられる。スタンドは省略されている。破線の矢印は冷却水を通す方向を示す。冷却水を通す向きを含めたリービッヒ冷却器の取り付け方でもっとも適切なものを選び。またその理由を 30 字以内で答えよ。

理由 []



問 3 実験 2 で、硝酸鉛(II)水溶液を加えたときに起こる変化の一つ選べ。 []

- (ア) 海水と蒸留で得られた液体の両方に白い沈殿が生じた。
- (イ) 海水と蒸留で得られた液体の両方に黒い沈殿が生じた。
- (ウ) 海水には白い沈殿が生じたが、蒸留で得られた液体は無色透明のままであった。
- (エ) 海水には黒い沈殿が生じたが、蒸留で得られた液体は無色透明のままであった。
- (オ) 蒸留で得られた液体には白い沈殿が生じたが、海水は無色透明のままであった。
- (カ) 蒸留で得られた液体には黒い沈殿が生じたが、海水は無色透明のままであった。
- (キ) 海水も蒸留で得られた液体も、無色透明のままであった。

問 4 下線部 ② で得られた硫酸溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。 [] mol/L

問 5 下線部 ③ で起こった反応の反応式を書け。

[]

問 6 下線部 ④ の結果より、加えた亜鉛の小片の質量を有効数字 2 桁で求めよ。気体は理想気体としてふるまうものとする。 [] g

3 炭素と炭素の酸化物 [2014 大阪市立大]

ダイヤモンドと黒鉛は炭素の (ア) である。ダイヤモンドの結晶は、1 個の炭素原子を中心に A () 個の炭素原子が正四面体の頂点方向に次々と (イ) した巨大な分子で、きわめて硬い。黒鉛では、1 個の炭素原子が B () 個の炭素原子と (イ) している。それにより、正六角形が平面的につながった構造をつくり、それらが何層にも積み重なっている。層と層の間には、弱い (ウ) が働いており、黒鉛は、はがれやすく柔らかい。また、黒鉛の炭素原子の (エ) のうち 1 個は、平面内を動くことができるので、黒鉛は電気をよく通す。

炭素の酸化物である一酸化炭素と二酸化炭素は、常温、常圧で、無色無臭の気体である。一酸化炭素は、赤熱した炭素と二酸化炭素から得られる。一酸化炭素には還元作用があり、①一酸化炭素を酸化鉄(III)と高温で反応させると、単体の鉄が得られる。②二酸化炭素は、二酸化ケイ素と炭酸ナトリウムの混合物を加熱すると生じる。二酸化炭素は水に少し溶ける。その溶液は (フ) を示す。水酸化カルシウム水溶液(石灰水)に二酸化炭素を通じると、白色沈殿が生じる。③この白色沈殿を含む水溶液に二酸化炭素をさらに通じると、沈殿が溶ける。その溶液を熱すると、再び白色沈殿が生じる。

(1) (ア)~(オ) に当てはまる最も適当なものを、次の (a)~(m) の中から選び、記号で答えよ。

- (a) イオン結合 (b) 共有結合 (c) 同族体 (d) 配位結合
- (e) 電子親和力 (f) ファンデルワールス力 (g) 同素体 (h) 価電子
- (i) 金属結合 (j) 水素結合 (k) 塩基性 (l) 中性 (m) 酸性

(2) (A) と (B) に当てはまる整数を記せ。

(3) 下線部 ① と ② の反応をそれぞれ化学反応式で記せ。

① []
② []

(4) 下線部 ③ の可逆反応を反応式で記せ。

[]

4 フラーレン [2009 立教大]

次の文を読み、(1)~(5) に答えよ。ただし、C=12、√2=1.4、アボガドロ定数：6.0×10²³/mol とする。

サッカーボールのような球状の形態をしたフラーレン(C₆₀)と呼ばれる分子は 1970 年に日本人によって予見され、1985年にその存在が確認された。この C₆₀分子からなる結晶の単位格子は、面心立方格子である。C₆₀分子結晶の中で、もっとも近い二つの C₆₀分子の中心間を結ぶ距離は 1.0 nm である。

フラーレン、黒鉛、ダイヤモンドは炭素の同素体であり、ダイヤモンドは (イ) 結合の結晶である。C₆₀分子結晶は塩化ナトリウムなどと異なり、単一の成分で出来ているので、分子間に (ロ) 結合は形成しない。C₆₀分子結晶は電氣的に絶縁体であるために、ナトリウムや銀などでみられるような (ハ) 電子は存在せず、この電子を介した (ニ) 結合も存在しない。また、C₆₀分子結晶はすべて炭素で出来ているので、氷の結晶などでみられる (ヘ) 結合も存在しない。これらのことから、C₆₀分子結晶を形成する結合は分子間力の中の (ホ) 力によるものと考えられる。この力によって出来ている結晶は融点や沸点が低いものが多い。(ト) 結合を含まない (セ) 力のみでできた結晶の例として、物質 (チ) の結晶が挙げられる。

- (1) 文中の空所 (イ)~(セ) それぞれにあてはまるもっとも適当な語句を記せ。
- (2) 文中の空所 (ト) にあてはまるもっとも適当な物質を、次の (a)~(e) から一つ選べ。 []
- (a) アンモニア (b) 石英 (c) ヨウ素 (d) ケイ素 (e) メタノール
- (3) C₆₀からなる結晶の単位格子の一辺の長さ [nm] を有効数字 2 桁で記せ。 [] nm

(4) C₆₀からなる結晶の単位格子中に含まれる C₆₀分子の数を求めよ。 [] 個

(5) C₆₀からなる結晶の密度は何 g/cm³ か。有効数字 2 桁で記せ。 [] g/cm³

5] 同素体① [2000 徳島大]

次の文中の空欄 (a)~(g) にあてはまる適当な語句を記せ。
 同じ元素の単体でも構造や性質の異なる単体を互いに^(a)()とよぶ。(a)の例として、リンにおける無毒な P^(b)()と有毒な P₄^(c)()、硫黄における^(d)()、^(e)()、^(f)()が挙げられる。これらのうち、(d)、(e)は S₈ で表される結晶であるが、(f)は鎖状高分子 S_n からなるため弾性を有する。また、(d)と(e)では結晶中の S₈ の配列が異なるため性質がやや異なり、室温で安定なのは(d)である。その他の(a)として、酸素と^(g)()の例などがある。

6] 原子の構造と同位体 [2007 東北薬科大]

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。
 各元素には固有の基本的粒子が存在し、これを原子とよぶ。原子は原子核と電子から成り立ち、このうち原子核は正電荷をもつ^(ア)()と電荷をもたない^(イ)()からできている。同一元素の原子の中で、(ア)の数は同じで(イ)の数が異なる原子どうしを^(ウ)()という。(ウ)の原子どうしは、質量数が異なる。たとえば、自然界の物質中に含まれる炭素には¹²Cのほか¹³Cがあり、その存在比は、各々 98.90% と 1.100% である。また、^(オ)このほかに極微量の¹⁴Cが存在する。大気中の二酸化炭素中には極微量の¹⁴Cが含まれている。生物は生きている限り、大気中と同じ存在比で¹⁴Cを保持しているが、死滅すると外界からの¹⁴Cの取り込みがなくなる。¹⁴Cは、放射性(ウ)であり、β 粒子を放出して¹⁴Nに崩壊(β 崩壊)する。この崩壊過程の半減期(物質が最初に存在した量の半分になるのに要する時間)は、およそ 5730 年である。

一方、電子は電子殻とよばれるいくつかの層に分かれて存在する。電子殻は、原子核に近い方から順に K 殻、L 殻、M 殻…とよばれ、このうち M 殻には最大で^(カ)()個の電子を収容できる。最大数の電子が収容された電子殻を^(キ)()といい、このとき電子配置は安定である。

- 文章中の(ア)に入る語句はどれか。 []
- 文章中の(イ)に入る語句はどれか。 []
- 文章中の(ウ)に入る語句はどれか。 []
- 文章中の(オ)に入る語句はどれか。 []

[(1)~(4)の解答群]

- 同素体 ② 中性子 ③ 最外殻 ④ 陽子 ⑤ 電子
⑥ 閉殻 ⑦ 同位体 ⑧ 価電子 ⑨ 単体
- 文章中の(エ)に入る数字はどれか。 []
① 2 ② 8 ③ 18 ④ 32 ⑤ 50
- 下線 a) について、自然界の物質中の炭素は¹²C と ¹³C のみとした場合、有効数字 4 桁で炭素の原子量を求めると小数第二位の数字として正しいものはどれか。ただし、¹³C の相対質量を 13.003 とする。 []
① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7 ⑨ 8 ⑩ 9

- 下線 b) に関する次の問いに答えよ。
 (A) ¹⁴C の陽子の数と中性子の数の正しい組合せはどれか。 []

	陽子の数	中性子の数	陽子の数	中性子の数
①	4	10	⑤	8
②	5	9	⑥	9
③	6	8	⑦	10
④	7	7		

- ある地層から木片が出土した。この木片に含まれる炭素の¹⁴C の存在比は、現在の 8 分の 1 (1/8) であった。この木は、およそ何年前まで生存していたと推定されるか。ただし、現在から過去の間、大気中の¹⁴C の存在比は一定であり、¹⁴C の崩壊は、β 崩壊のみとする。 []
 ① 716 年前 ② 1433 年前 ③ 2865 年前 ④ 5730 年前
 ⑤ 11460 年前 ⑥ 14325 年前 ⑦ 17190 年前

7] イオン半径 [2010 立教大]

イオン半径の大小の比較として、正しいものは下の(ア)~(オ)のうちどれか。 []
 (ア) Na⁺ < Mg²⁺ (イ) Na⁺ < Al³⁺ (ウ) O²⁻ < Al³⁺ (エ) F⁻ < O²⁻
 (オ) K⁺ < Ca²⁺

8] イオン化エネルギー [2017 横浜国立大]

原子核を取り巻く電子が存在できる空間の層は、電子殻とよばれる。電子殻はエネルギーの低い順から K 殻、^(ア)()殻、M 殻、N 殻とよばれる。それぞれの殻には、電子が入ることのできる軌道とよばれる場所が 1 つ以上あり、1 つの軌道は、電子を 2 個まで収容することができる。図 1 に示すように、元素記号に最外殻電子を点で書き添えたものは電子式とよばれる。電子はなるべく対にならないように軌道に収容される。対になっていない電子は^(イ)()電子とよばれ、その数は^(ウ)()に等しい。



① K 殻では 2 個、^(ア)()殻では 8 個、M 殻では^(エ)()個、N 殻では 32 個まで電子が収容される。例えば、第 1~第 3 周期の元素で最外殻に電子が 7 個入るのは^(オ)()族元素である。最外殻に 1 から 7 個までの電子がある場合、これらの電子は^(カ)()電子とよばれる。18 族に属する元素は^(イ)()電子がなく、最外殻が^(キ)()殻となり、他の原子と化学結合を形成することなく安定となる。このことから、18 族に属する元素は^(ク)()原子分子として存在する。

また、周期表の 2 族元素の原子はいずれも^(ケ)()個の^(カ)()電子をもつ。同じ周期の 1 族元素の原子と比べると、2 族元素の原子では、原子核の正の電荷が^(コ)(増大・減少)し、原子核が最外殻電子を引きつける力が強くなる。原子から 1 個の電子を取り去って、一価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを第一イオン化エネルギー(図 2)とよぶが、1 族元素の原子と比べて原子核が最外殻電子を引き寄せる力が強くなる結果、2 族元素の原子の第一イオン化エネルギーは^(カ)(大きく・小さく)なり、原子の大きさは^(カ)(大きく・小さく)なる。また、同じ周期の 1 族元素の原子と比べて、1 原子当たりの自由電子の数が^(カ)(多く・少なく)なるため、金属結合の強さは^(カ)(強く・弱く)なる。

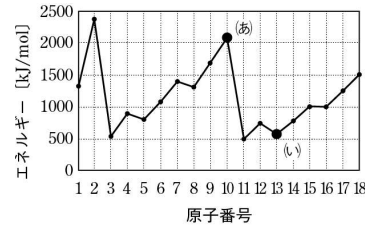
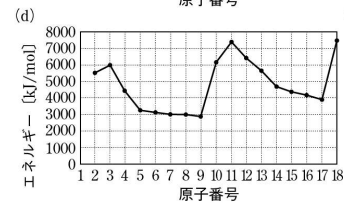
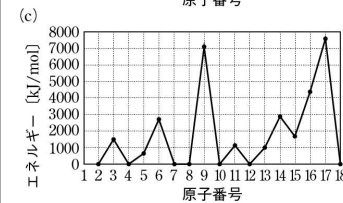
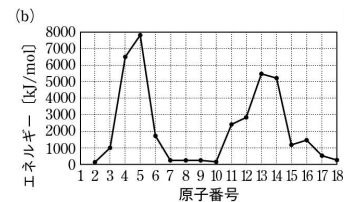
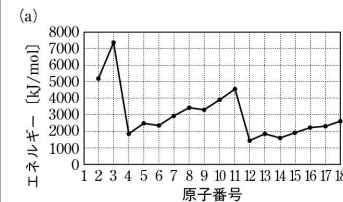


図 2 第一イオン化エネルギー

- 分子も電子式を用いて表すことができる。水素、炭素、窒素各 1 原子からなる分子の電子式を書け。 []
- 一価の陽イオンを二価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを第二イオン化エネルギーとよぶ。第二イオン化エネルギーを表す図として適切なものを選び。 []
- 下線 ① を参考にして、n 番目にエネルギーの低い電子殻の軌道の数を n を用いて表せ。 []
- 下線 ②~⑥ に示した選択肢のうち適切な語句を選べ。 []
- 図 2 中の(あ)、(い)で示された元素の最外殻電子数を答えよ。 []



9] 第2周期と第3周期の元素 [2006 昭和薬科大]

次の(a)~(j)に記述した各文中の(ア)~(コ)は、周期表第2周期と第3周期のそれぞれ異なる元素に関するものである。(1)~(10)に適切な化学式を書け。

- (a) (ア)の単体は黄色のもろい固体として産出する。(ア)の固体を空气中で燃焼させると刺激臭のある気体¹()となる。
- (b) (イ)は金属元素で、(イ)を含む化合物は黄色の炎色反応を示す。(イ)の単体は反応性が高く、空气中ですばやく酸化されて²()となる。
- (c) (ウ)は岩石、鉱物の成分元素として地殻中に酸素に次いで多く存在している。その酸化物は安定で一般に薬品に侵されにくいがフッ化水素酸には³()となって溶ける。
- (d) (エ)は地殻中に化合物として約8%含まれる。(エ)の単体は冷水とは反応しないが、高温水蒸気と反応する。また、酸とも強塩基とも反応する。(エ)が水酸化ナトリウムと反応すると⁴()となって溶ける。
- (e) (オ)は動物の骨や歯に多く含まれ、生体の物質代謝に重要なはたらきをもつ元素である。(オ)の固体を空气中で燃焼させて生成する酸化物は酸性酸化物で吸湿性が高く、水を加えて熱すると⁵()となる。
- (f) (カ)は金属元素で、その単体は冷水とは反応しないが熱水とは反応して、水素を発生する。また、その単体を加熱すると、強い光を放って燃えて、白色の⁶()が生成する。
- (g) (キ)の単体は二原子分子からなる無色、無臭の気体である。この気体は化学的に不活性で室温では安定であるが、空气中で火花放電を行うと⁷()を生成する。
- (h) (ク)の単体は二原子分子からなり、室温では刺激臭のある黄緑色の気体である。この気体は水に少し溶け、強い酸性を示す化合物と酸化作用のあるオキソ酸⁸()を生じる。
- (i) (ケ)の単体で二原子分子からなる気体に紫外線を当てると特異臭のある、かすかに青みを帯びた気体⁹()を生じる。
- (j) (コ)は空气中に1%存在し、その単体は単原子分子からなる無色、無臭の気体¹⁰()で融点、沸点ともに低い。(コ)は反応性が低く他の元素と化合しにくいいため、電球などに封入されて使用される。

10] 周期表 [2002 静岡大]

次の表は周期表の一部である。第4周期までの元素について下の問いに答えよ。

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

- (1) 原子量の基準となっている原子の元素記号を記せ。 []
- (2) 表中の元素の単体のうち、常温・常圧で液体であるものの分子式を記せ。 []
- (3) 表中の元素のうち、両性元素の元素記号を二つ記せ。また、それらが両性元素とよばれる理由を説明せよ。
[], []
- (4) 以下の文中の□に元素記号または化学式を、{ }には最も適当な語を記入し、また下線(a)~(c)の反応を化学反応式で記せ。
(a) { }
(b) { }
(c) { }
- (A) 第3周期元素の酸化物のうち、^a□の酸化物は水に溶け、その水溶液は強い塩基性を示す。また、この元素は希ガス元素をのぞく第3周期元素の中で最小の電気陰性度をもつ。したがって、同じ周期で最大の電気陰性度をもつ^b□との結合は、静電気力による^c{ }結合によって行われる。
- (B) ^bCaOは水と反応して^c□となり、その水溶液は^d{ }性を示す。これにCO₂を通じると白色沈殿^e□ができる。^c{ }の沈殿は塩酸に溶解し、水溶性の塩化物となる。

11] 化学結合 [2014 上智大]

次の各問いに答えよ。

- 問1 □に当てはまる語句をそれぞれ一つ選べ。該当する選択肢が一つでない場合にはzと答えよ。また、下線(あ)の性質に当てはまる文章をすべて選べ。

原子あるいはイオンは、化学結合によって互いが結合することでさまざまな物質を形成する。

金属結合は金属元素の原子同士の結合であり、各原子が近接する際にそれぞれの^(A)□の一部が重なり合うことで連結し、各原子の^(B)□がその^(A)□を通じて自由に移動する。金属結合によりつくられた結晶では、^(あ)この^(B)□のはたらきによりさまざまな性質があらわれる。

イオン結合は正負の異なる電荷をもったイオンの間の結合であり、正負イオン間での静電的な力、すなわち^(C)□によって互いが結びつけられる。イオンには、1個の原子が電子を放出あるいは受け取ることでできる^(D)□のほか、2個以上の原子からなる原子団が電子を放出あるいは受け取ることでできる^(E)□がある。

非金属元素の原子が互いの^(B)□を共有することで生じる結合を共有結合という。共有結合により複数の原子が結びつけられることで分子が形成され、その結果、各構成原子は^(F)□原子と同じ安定な電子配置をとることが多い。

□(A)~□(F)に当てはまる語句：

- a) アルカリ金属 b) 陰イオン c) 価電子 d) 希ガス e) 貴金属
- f) クーロン力 g) 原子核 h) 最外電子殻 i) 自由電子
- j) 多原子イオン k) 単原子イオン l) 単原子分子 m) 電気陰性度
- n) 電子親和力 o) 電子対 p) 二原子分子 q) ハロゲン
- r) ファンデルワールス力 s) 閉殻 t) 陽イオン
- u) N殻

下線(あ)の性質に当てはまる文章：

- v) 電気や熱をよく伝えることができる。
- w) 展性や延性をもつため非常にろく砕けやすい。
- x) 独特の光沢を有する。
- y) 常圧下では加熱により固体から気体へと昇華しやすい。

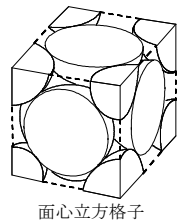
問2 原子番号1~20の元素について、正しい記述をすべて選べ。 []

- a) すべての1族元素の原子は17族元素の原子とイオン結晶を形成する。
- b) 2族元素の原子は金属結合により単体の物質を形成する。
- c) 14~17族元素は共有結合により単体の物質を形成する。
- d) 14族元素の単体は半導体あるいは導体であるため電気を伝導する。
- e) 17族元素の単体はいずれも標準状態(0℃, 1.00×10⁵ Pa)で気体である。
- f) 18族元素は原子間の結合が乏しく凝縮することがない。

問3 銅の結晶構造は単位格子の一辺の長さが3.61×10⁻⁸ cm

の面心立方格子である。この金属結晶について、答えよ。

- 1) 単位格子中に含まれる銅原子の数は何個か。 []個
- 2) 銅原子を球とみなしたとき、その半径は何cmか。有効数字2桁で答えよ。(√2=1.41, √3=1.73)
[]cm
- 3) 金属結晶の密度は何g/cm³か。有効数字2桁で答えよ。(Cu=64.0, (3.61)³=4.70×10¹, N_A=6.00×10²³/mol)
[]g/cm³



問4 分子結晶およびイオン結晶に関連した記述から、正しいものをすべて選べ。 []

- a) すべての分子結晶は化合物からできている。
- b) すべての分子結晶の水溶液は電気を通す。
- c) すべての分子結晶は1.00×10⁵ Paで加熱すると昇華する。
- d) 分子結晶は、固体でも、融解した液体状態でも、電気を通さないものが多い。
- e) イオン結晶が融解した液体状態では、自由電子が移動できるため電気を通す。
- f) すべてのイオン結晶で、単位格子中の陽イオンと陰イオンの個数は等しい。

問5 第一イオン化エネルギーの高い順に並んでいるものを選べ。 []

- a) H>He>Li b) He>Ne>Ar c) F>C>Be
- d) K>Na>Li e) Al>P>Cl f) C>N>O

12] 水素結合 [2016 明治薬科大]

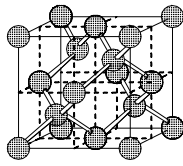
水素結合に関する次の記述のうち、正しいものを2つ選べ。 []

- ① 水素分子における水素原子間の共有結合のことである。
- ② 水素分子間にはたらく弱い相互作用のことである。
- ③ 水素結合はイオン結合より弱い、ファンデルワールス力より強い。
- ④ 水分子の水素原子間にはたらく結合である。
- ⑤ メタンの分子間において強くはたらく相互作用である。
- ⑥ 水が硫化水素よりも沸点が高いのは、水素結合に起因する。
- ⑦ エタンがメタンよりも沸点が高いのは、水素結合に起因する。
- ⑧ ドライアイスでは、二酸化炭素分子が互いに水素結合している。

13 価電子の密度と物性 [2014 関西大]

次の文の [] および () に入れるのに最も適当なものを、それぞれ a 群および (b 群) から選べ。また、{ (6) } には有効数字 2 桁 (けた) の数値を、[(7)] には最も適当な化学用語を記せ。

ケイ素 Si は単体として自然界に存在せず、化合物として岩石や土壌を形成し、地殻中で⁽¹⁾[]の次に多く存在する。Si は周期表の⁽²⁾()族に属するので、Si 原子は⁽³⁾()個の価電子をもつ。また、Si の結晶はダイヤモンドと同様に⁽⁴⁾[]結合からなっている。



ここで、Si 結晶の 1 cm^3 あたりの価電子の数を求めてみる。Si の結晶は図に示す立方体の単位格子をもつ。したがって、この単位格子内に⁽⁵⁾()個の Si 原子が含まれている。この立方体の体積を $1.6 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ とすると、 1 cm^3 あたりの価電子の数は、⁽⁶⁾{ }個となる。この価電子のうち、室温で 1 cm^3 あたり約 1.5×10^{10} 個の電子が電気をわずかに導くので、Si は⁽⁷⁾[]の性質を示す。

a 群

- (ア) 水素 (イ) 酸素 (ウ) 窒素 (エ) 鉄 (オ) アルミニウム
(カ) イオン (キ) 配位 (ク) 金属 (ケ) 共有

(b 群)

- (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 6 (カ) 8
(キ) 10 (ク) 12 (ケ) 13 (コ) 14 (サ) 15 (シ) 16

14 共有結合と極性 [2011 三重大]

次の文章を読み、(1)~(4)に答えよ。

二つの原子間で共有結合ができるとき、それぞれの原子が共有電子対を引きつける強さの程度を数値で表したものを^(ア)[]という。^(ア)の値は、陰性の強い元素ほど大きい。周期表上で比べてみると、同一周期の元素では右へいくほど増加し、^(イ)[]で最大となる。また、^(ウ)[]元素では上に行くほど大きくなる。

同種の原子間の共有結合では、共有電子対はどちらの原子にもかたよらずに存在する。一方、異種の原子間の共有結合では、共有電子対は、^(ア)の大きい原子の方にかたよって存在する。このように、結合に電荷のかたよりのあることを、結合に極性があるという。多くの分子は結合の極性、分子の形などから、極性分子と無極性分子に分けられる。

極性分子は水に溶解しやすいものが多い。例えば、エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ の分子には極性が大きい^(イ)[]基と極性が小さい^(ウ)[]基が存在するが、水分子と水素結合をつくり水合している。また、グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ などの糖類も分子中に複数の

[エ]基をもち、水に溶解しやすい。一般に[エ]基のように水合しやすい部分を

^(イ)[]基、^(ウ)基のように水合しにくい部分を^(オ)[]基という。

- (1) 文章中の [ア]~[キ] に適切な語句を記せ。
(2) 極性が最大の結合と最小の結合を、次の ①~⑤ からそれぞれ選べ。

- 最大の結合{ }, 最小の結合{ }
① O-H ② N-H ③ C-H ④ F-H ⑤ F-F

- (3) 窒素、塩化水素、水、二酸化炭素、アンモニア、メタンの中から極性分子を三つ選び、それぞれの電子式および分子の形を記せ。また、残りの無極性分子三つについても、それぞれの電子式および分子の形を記せ。

極性分子 : { }, [], []
{ }, [], []
{ }, [], []
無極性分子 : { }, [], []
{ }, [], []
{ }, [], []

- (4) 下線部を参考にして、水にエタノールを溶解させたとき、水分子とエタノール分子を構成する原子間でどのように水素結合を形成するか、60 字以内で述べよ。

[]

15 分子の形 [2014 甲南大]

2つの原子が価電子を出し合い、原子間で電子対を共有し、形の上で原子それぞれが希ガスと同じ電子配置になってできる結合を^(a)[]結合という。水素分子や塩素分子では、共有電子対はどちらかの原子にかたよることなく、同等に共有されている。一方、塩化水素分子では、共有電子対は片方の原子により強く引き寄せられ、電荷のかたよりを生じている。このことを、結合に極性があるという。化学結合を形成したときに、原子が電子を引き寄せる強さを表す尺度を^(b)[]という。2つの原子の [b] の差が大きいほど、その結合の極性は大きくなり、^(c)[]結合はこの極性が極めて大きい場合と考えることができる。

結合に極性があるために、分子全体として極性がある分子を極性分子という。結合に極性がないか、あるいはあっても分子の形から極性がうち消された分子は

^(d)[]という。[d] であっても、分子と分子の間には^(e)[]と呼ばれる弱い分子間力がはたらく。分子が分子間力によって規則正しく配列し、結晶を形成したものを^(f)[]という。

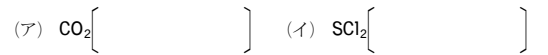
- 問 1 文中の [a]~[f] に当てはまる最も適当な語句を記せ。
問 2 次の分子中の指定した原子の電子配置は、それぞれどの希ガスのものと同じになっているか。元素記号で記せ。

- (ア) NH_3 中の N []
(イ) CS_2 中の S []

- 問 3 次の結合で、共有電子対をより強く引き寄せているのは、それぞれいずれの原子であるか。元素記号で記せ。

- (ア) HCl の H と Cl の間の結合 []
(イ) CH_3F 中の C と F の間の結合 []

- 問 4 次の分子の電子式を記せ。その際、非共有電子対があれば必ず記すこと。



- 問 5 次の分子の形として最も適当なものを【解答群】の中から選び、記号を記せ。ただし、すべての分子は気体状態にあるものとし、同じ記号を繰り返し用いてもよい。

- (ア) CS_2 [] (イ) NH_3 [] (ウ) H_2S []

- 【解答群】 ① 直線形 ② 折れ線形 ③ 正三角形 ④ 三角すい形
⑤ 正四面体形

- 問 6 問 5 の分子の中で極性分子をすべて選び、記号を記せ。 []

- 問 7 文中の [f] に見られる一般的な性質を 15 字程度で記せ。 []

16 金属イオンの反応、錯イオンの形状 [2016 東京理科大]

文中の [] にあてはまる最も適切なものを解答群より選べ。

^(ア)[] の各イオンは、常温で希塩酸を加えると、白色の沈殿を生成する。一方、^(イ)[] の各イオンは、水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿を生じ、過剰に加えると、その沈殿が溶ける。また、錯イオンの形状としては、ヘキサシアニド鉄(III)酸イオンは^(ウ)[]、テトラアンミン亜鉛(II)イオンは^(エ)[]、テトラアンミン銅(II)イオンは^(オ)[]である。

(ア) の解答群

- 0 Fe^{3+} , Zn^{2+} 1 Ag^+ , Pb^{2+} 2 Pb^{2+} , Na^+
3 Ag^+ , Fe^{3+} 4 Zn^{2+} , Pb^{2+} 5 Ca^{2+} , Ag^+
6 Ca^{2+} , Fe^{3+}

(イ) の解答群

- 0 Ag^+ , Cu^{2+} 1 Ag^+ , Fe^{3+} 2 Cu^{2+} , Al^{3+}
3 Zn^{2+} , Al^{3+} 4 Zn^{2+} , Fe^{3+} 5 Ag^+ , Zn^{2+}
6 Cu^{2+} , Zn^{2+}

(ウ), (エ), (オ) の解答群

- 0 直線形 1 正三角形 2 正方形 3 正四面体
4 正六面体 5 正六角形 6 正八面体

17 錯イオン [2011 神戸薬科大]

錯イオンに関する記述 (a)~(d) のうち、正しいもののみをすべて含む組合せはどれか。

- (a) 錯イオンには、中心金属イオンが典型元素のイオンのものがある。
 (b) 錯イオンには、配位数 2 のものがある。
 (c) 錯イオンには、水分子が配位子であるものがある。
 (d) ヘキサシアニド鉄(III)酸イオン(ヘキサシアノ鉄(III)酸イオン)は、四価の陰イオンである。
- ① (a), (b) ② (a), (c) ③ (a), (d) ④ (b), (c)
 ⑤ (b), (d) ⑥ (c), (d) ⑦ (a), (b), (c) ⑧ (a), (b), (d)
 ⑨ (a), (c), (d) ⑩ (b), (c), (d)

18 イオン結晶 [2017 秋田大]

- (1) イオン結晶を構成する陽イオンと陰イオン間の結合力を何とよぶか。
 (2) イオン結晶の一般的な性質としてふさわしくないものを1つ選べ。
 (3) イオン結晶に強い力を加えたとき、特定の面に沿って割れやすい性質を何とよぶか。

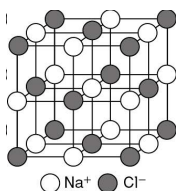
(4) 塩化ナトリウム結晶の単位格子におけるイオンの配置を図に示す。

(i) 単位格子中には、ナトリウムイオンと塩化物イオンはそれぞれ何個含まれるか。

ナトリウムイオン : [] 個
 塩化物イオン : [] 個

(ii) ナトリウムイオンの配位数はいくつか。

(iii) 単位格子の一边を 0.564 nm、塩化物イオンの半径を 0.167 nm としたとき、ナトリウムイオンの半径は何 nm になるか。ただし、結晶内ではナトリウムイオンと塩化物イオンは互いに接しているものとする。



- (5) 次の物質の結晶のうち、イオン結晶であるものを2つ選べ。
 (6) 次に示すハロゲン化ナトリウムの中で、融点が最も高いものを組成式で答えよ。

塩化ナトリウム、臭化ナトリウム、フッ化ナトリウム、ヨウ化ナトリウム

19 黒鉛の結晶 [2014 近畿大]

黒鉛は正六角形にならんだ炭素原子の平面が積み重なった図1のような結晶構造をもつ。平面内の炭素原子は^A[]結合で結ばれている。一方、原子面同士はファンデルワールス力で結合している。黒鉛の単位格子は、図2に示すように、面間隔 d の2倍の高さをもつ四角柱であり、底面に位置するひし形の面積は $5.23 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ である。

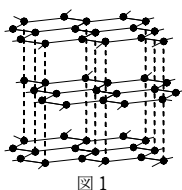


図1

($C=12.0$, $N_A=6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$)

- (a) [A] に当てはまる最も適切な語句を答えよ。
 (b) 次のうち、黒鉛の性質として正しいものをすべて選べ。
 (c) (b) で選んだ性質のうち、下線部の説明と最も関係が深いものを1つ選べ。
 (d) 黒鉛の単位格子には、何個分の炭素原子が含まれるか、その数を答えよ。
 (e) 黒鉛の密度は 2.27 g/cm^3 である。面間隔 d を有効数字3桁で求めよ。

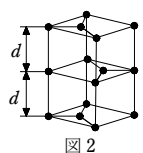


図2

20 体心立方格子 [2008 近畿大]

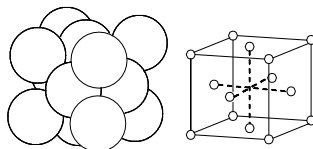
次の文章中の空欄 [] にあてはまる数値を答えよ。ただし、(2)~(4) は有効数字2桁で示せ。 $Fe=56$, $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$
 金属である鉄の結晶は体心立方格子をつくっており、その単位格子中には⁽¹⁾[] 個の鉄原子が含まれる。鉄の単位格子の一边の長さを $2.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、 1 cm^3 中にはおよそ⁽²⁾[] 個の鉄原子が含まれることになり、その密度はおよそ⁽³⁾[] g/cm^3 と求められる。また、最近接原子間距離はおよそ⁽⁴⁾[] cm

である。

21 面心立方格子の構造 [1996 センター化学 (1992~1996)]

銀は図に示すように、面心立方格子(最密構造)からなる結晶をつくる。図の立方体の一边の長さは原子の半径の何倍になるか。最も適当なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{2}{\sqrt{3}}$ ② $\sqrt{2}$ ③ 2 ④ $\frac{4}{\sqrt{3}}$ ⑤ $2\sqrt{2}$ ⑥ $2\sqrt{3}$



22 原子量・分子量・式量と物質量 [2007 京都薬科大]

次の記述を読み、(1)~(3)に答えよ。

原子の質量は、「炭素原子 ^{12}C 1 個の質量を^a()とする」という基準をもとにした原子の相対質量で扱う。各元素の原子量は、その原子の^r()の相対質量に^l()をかけて求めた平均値で表される。原子量と同じ基準に従って表した分子の相対質量の平均値を分子量という。イオンやイオンでできた物質では、分子量のかわりにイオン式や^p()式中の全構成原子の原子量の総和で表したⁿ()を用いる。

^{12}C の炭素原子^b() g 中に含まれる原子の数をアボガドロ数という。アボガドロ数個の同一種類の粒子集団を 1 mol とし、 mol を単位として表した粒子集団の量を物質量という。また、同一種類の粒子 1 mol あたりの質量を^q()という。アボガドロの法則により「すべての気体は、^z()のもとでは、同体積中に同数の分子を含む」ということがわかっている。実際の測定において、標準状態では窒素や酸素など、ほとんどの気体の 1 mol の体積は 22.4 L である。

- (1) (a) と (b) には整数値を、(r)~(q) には適当な語句を入れ文章を完成せよ。
 (2) 標準状態で、空気 1.0 L の質量は何 g か。ただし、空気は窒素と酸素が体積比 4 : 1 の割合で混合した気体とし、 $N=14$, $O=16$ とする。答えは四捨五入して小数第1位まで求めよ。
 (3) もし、原子量の基準を $^{12}\text{C}=6$ に、 6 g の ^{12}C を 1 mol とすれば、次の①~④の値は現在の値の何倍になるか。

23 酸化物の式量の計算 [2002 センター化学 I B (1997~2005)]

ある金属の臭化物 (MBr_3) の式量を X とする。この金属の酸化物 (M_2O_3) の式量として正しいものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。

- ① $X-432$ ② $X-216$ ③ $X-192$
 ④ $2X-432$ ⑤ $2X-216$ ⑥ $2X-192$

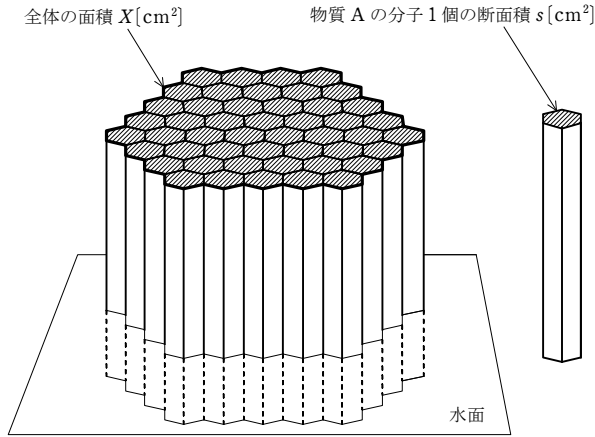
24 相対質量と同位体存在比① [2011 順天堂大]

ある元素 X の原子量は 24.31 であり、質量数 24, 25, 26 の三種の同位体が存在する。そのうち ^{25}X の存在比は 10.0 % である。 ^{24}X の存在比は何 % になるか。最も近い値を次の①~⑧の中から一つ選べ。ただし、それぞれの同位体の相対質量は質量数に等しいと仮定する。

- ① 70.5 ② 72.5 ③ 75.5 ④ 77.5 ⑤ 79.5 ⑥ 81.5
 ⑦ 83.5 ⑧ 85.5

25 単分子膜 [2017 センター化学基礎 (2015~)]

物質 A は、下図に示すように、棒状の分子が水面に直立してすき間なく並び、一層の膜 (単分子膜) を形成する。物質 A の質量が w [g] のとき、この膜の全体の面積は X [cm²] であった。物質 A のモル質量を M [g/mol]、アボガドロ定数を N_A [/mol] としたとき、分子 1 個の断面積 s [cm²] を表す式として正しいものを、下の ①~⑥ のうちから一つ選べ。



- ① $\frac{XN_A}{wM}$ ② $\frac{XM}{wN_A}$ ③ $\frac{Xw}{MN_A}$
 ④ $\frac{XwM}{N_A}$ ⑤ $\frac{XwN_A}{M}$ ⑥ $\frac{XMN_A}{w}$

26 濃度と溶解度 [2008 東北学院大]

次の (1)~(3) の問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群 ①~⑤ のうちから一つずつ選べ。H=1.0, C=12.0, O=16.0, Na=23.0, S=32.0

- (1) 20℃ で水 50.0 g に $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶は 17.6 g まで溶ける。20℃ で水 100 g に対する CuSO_4 の溶解度はいくらか。ただし、 CuSO_4 の式量を 160 とする。 []
 ① 18.6 ② 20.0 ③ 22.6 ④ 29.0 ⑤ 35.2
- (2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の結晶 14.3 g を水 35.7 g に溶解した。この溶液の質量パーセント濃度 (%) はいくらか。 []
 ① 10.6% ② 14.8% ③ 28.6% ④ 40.1% ⑤ 42.5%
- (3) 酸素と窒素をそれぞれ 21%, 79% の体積比で混合した 0℃, 1.0×10^5 Pa (標準状態) の気体がある。この混合気体と接している水 1 L に溶けている酸素の体積は標準状態で何 mL か。ただし、標準状態で 1 L の水に酸素は 49 mL, 窒素は 23 mL 溶けるものとする。 []
 ① 4 mL ② 10 mL ③ 15 mL ④ 20 mL ⑤ 25 mL

27 化学の基礎法則 [2000 昭和最科大]

A 欄の記述に関係ある法則と人名を B 欄、C 欄からそれぞれ 1 つずつ選び記号で答えよ。なお、選択項目は何度選択してもよい。

- [A 欄] (1) 2.000 g の水素と 15.873 g の酸素から 17.873 g の水ができる。 [], []
 (2) 酸化銅 (II) 中の銅と酸素の質量比は常に 1 : 0.252 である。 [], []
 (3) 水素の 2.000 g と化合する酸素の質量は水では 15.873 g, 過酸化水素では 31.746 g となる。 [], []
 (4) 水素と酸素が反応して水蒸気が生成するとき、反応に関与したそれらの体積比は、同温、同圧で 2 : 1 : 2 である。 [], []
- [B 欄] (a) アボガドロの法則 (b) 気体反応の法則 (c) 質量作用の法則
 (d) 質量保存の法則 (e) 総熱量保存の法則 (f) 定比例の法則
 (g) 倍数比例の法則 (h) 分圧の法則
- [C 欄] (ア) ボイル (イ) シュタール (ウ) ラボアジエ
 (エ) プルースト (オ) ドルトン (カ) ヘンリー
 (キ) ゲーリュサック (ク) アボガドロ (ケ) ヘス
 (コ) グルバル

28 反応式を用いた計算 [2001 中央大]

メタンと一酸化炭素とが体積比 3 : 2 の混合気体がある。この混合気体 52 g を酸素で完全燃焼させたとき、混合気体中のメタンと一酸化炭素の質量および燃焼に用いられた

酸素の質量を求めよ。ただし、原子量は H=1, C=12, O=16 を用いよ。

- メタン [] g
 一酸化炭素 [] g
 酸素 [] g

29 化学反応の量的関係 [2010 福井大]

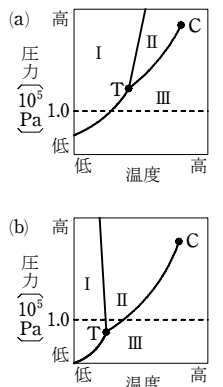
炭酸カルシウムを 15.0 g 取り、1.00 mol/L 塩酸 30.0 mL を加えると、二酸化炭素が発生した。次の問いに答えよ。原子量は H=1.0, C=12, O=16, Ca=40 とする。

- (1) この反応を化学反応式で記せ。 []
 (2) 発生した二酸化炭素は、標準状態で何 L か。(ただし、二酸化炭素は、理想気体の状態方程式に従うものとする。) [] L
 (3) 反応せずに残った炭酸カルシウムは、何 g か。 [] g
 (4) 残った炭酸カルシウムをすべて反応させるには、1.00 mol/L 塩酸があつて何 L 以上必要か。 [] L

30 状態図 [2013 東京理科大]

次の記述の () に最も適当なものを語群から選び、記号を記入せよ。

純物質は、一般に温度や圧力が変化することにより状態が変化する。横軸に温度、縦軸に圧力を取ったグラフで物質の状態を示すと、図 (a)、図 (b) のようになる。図 (a) は二酸化炭素、図 (b) は水の場合である。ただし、グラフは正確ではなく特徴を少し誇張してある。どちらも、領域 I は、ア() 状態、領域 II はイ() 状態、領域 III はウ() 状態である。(イ) 状態と(ウ) 状態を区切る曲線はエ() 圧曲線という。三本の曲線の交点 T の温度と圧力は物質固有の値で、この点のことを三重点という。ここでは、(ア)、(イ)、(ウ) が共存する。(エ) 圧曲線は温度あるいは圧力を上げていくと物質固有の温度、圧力の C 点で突然消失する。そのとき、それまで存在した(イ) と(ウ) の界面が消失する。この点を臨界点という。



- 1 気圧 (1.0×10^5 Pa) の下で加熱すると図 (a) の (ア) はア() して(ウ) になるのに対して、図 (b) の (ア) はまずカ() して(イ) になる。また、T 点から圧力を上げていくとキ() は二酸化炭素も水も上昇するが、ク() は二酸化炭素の場合上昇し、水の場合低下する。
 (1) 液体 (2) 気圧 (3) 気体 (4) 固体 (5) 凝固
 (6) 凝縮 (7) 昇華 (8) 蒸気 (9) 蒸発 (10) 沸点
 (11) 融解 (12) 融点 (13) 溶解

31 状態変化とエネルギー [2011 昭和薬科大]

次の文章を読み、(1)~(5)に答えよ。ただし、 $H=1.00$ 、 $O=16.0$ 、気体定数 $=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

物質は温度や ア ()を変化させると、気体、液体、固体の間で状態が変化する。氷は分子が イ ()によって結合し、規則正しく配列した結晶である。固体中の分子の熱運動は、分子相互の位置を変えない振動である。温度が上昇すると、分子の熱運動が活発になり、(イ)の一部が切断されて結晶がくずれ始める。この現象が ウ ()であり、氷は液体の水となる。液体の水の温度が上昇するにつれて、熱運動をしている液体分子の中で大きな運動エネルギーをもった分子は、(イ)や他の分子間力を振り切って液面から飛び出す。この現象が エ ()である。ある温度で、液体が同温度の気体になるとき吸収する熱量を オ ()という。空間に飛び出した気体分子の中には液面に衝突して液体にもどるものもある。この現象が カ ()である。

一方、ドライアイス(固体の二酸化炭素)を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、室温で放置すると、液体にならずに直接気体に変化する キ ()という現象が起こる。

- (1) (ア)~(キ)に適切な語句を答えよ。
 (2) 下線部の温度では熱を加えても状態変化が完了するまで温度が上昇しない。その理由を40字以内で答えよ。

[]

- (3) 下線部の現象が観察された後、さらに熱エネルギーを加え、完全に液体とした。そこへ不揮発性物質を少量溶かした。この溶液に熱エネルギーを加えていくと、沸点は純粋な水のとときと比べて高くなるか、低くなるか、もしくは変わらないかを答えよ。

[]

- (4) 温度 400 K 、圧力 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで 1 mol の水蒸気の体積を求めよ。

[]L

- (5) (4)の水蒸気を冷却していくと、水蒸気が液体の水に変化した。その液体の密度は $0.960 \text{ g}/\text{cm}^3$ であった。このときの水 1 mol の体積を求めよ。 [] mL

32 水銀柱と圧力 [2010 明治大]

次の文章中の空欄 [] にあてはまる数値をそれぞれ有効数字3桁で答えよ。ただし、 ア の数値は(380, 760, 1013, 1030)のうちから選べ。

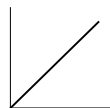
$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気圧下、温度 293 K の条件で、ガラス管に水銀を満たした後に、水銀の入った容器に倒立させたとこ、管内の液面の高さは ア [] mm になった。

次に、倒立させたガラス管の下から、管内に少量のジエチルエーテルを注入した。このとき、管内に存在するジエチルエーテルの一部が気体となり、管内の水銀の液面の高さは 312 mm になった。このことから、温度 293 K におけるジエチルエーテルの飽和蒸気圧は、 イ [] Pa であることがわかる。ただし、管内に液体として存在するジエチルエーテルの質量は、無視できるものとする。

さらに、温度を 303 K に上昇させたとこ、管内の水銀の液面の高さは ウ [] mm になった。ただし、このとき、管内のジエチルエーテルは、気体と液体の両方の状態で存在する。また、温度による水銀の密度の変化は無視できるものとし、 303 K のジエチルエーテルの飽和蒸気圧を $8.63 \times 10^4 \text{ Pa}$ とする。

33 理想気体の性質 [2001 神戸学院大]

次のグラフはある理想気体を一定量として、圧力、体積、絶対温度に関する関係を調べたグラフである。このグラフが示す関係にあてはまるものを下の(a)~(e)のうちから2つ選べ。 []、[]



- (a) 圧力を一定としたときの、体積と絶対温度との関係
 (b) 圧力を一定としたときの、絶対温度と体積の比の値と、絶対温度との関係
 (c) 体積を一定としたときの、圧力と絶対温度との関係
 (d) 温度を一定としたときの、圧力と体積との関係
 (e) 温度を一定としたときの、圧力と体積の積の値と、圧力との関係

34 気体の溶解 [2015 名古屋大]

設問(1)~(3)に答えよ。ただし、蒸発にともなう水(液体)の体積減少は無視せよ。また水蒸気と窒素は理想気体とする。

ある温度 $T_1 \text{ [K]}$ において、水 10 L と窒素 $x \text{ [mol]}$ を容積 11 L の密閉容器に入れて放置したところ、一部の窒素は水に溶解し容器内は平衡状態に達した。このときの気体の全

圧は $P \text{ [Pa]}$ 、溶解した窒素の物質量は $y \text{ [mol]}$ であった。

設問(1): $T_1 \text{ [K]}$ における飽和水蒸気圧が $P_{\text{H}_2\text{O}} \text{ [Pa]}$ であるとき、この容器内に気体として存在する窒素についての状態方程式を、 $x \text{ [mol]}$ 、 $y \text{ [mol]}$ 、気体定数 $R \text{ [Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})]$ を用いて記せ。

[]

設問(2): ヘンリーの法則が成立しているとき、以下の [] 内に当てはまる数値を有効数字2桁で求めよ。ただし、 $T_1 \text{ [K]}$ において $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素は、水 1.0 L に $4.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 溶解する。

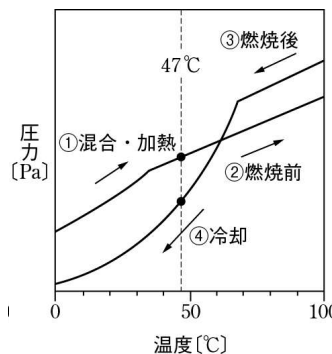
$$y = (P - P_{\text{H}_2\text{O}}) \times []$$

設問(3): 最初に容器に入れた窒素の物質量 $x = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ 、温度 $T_1 = 330 \text{ K}$ であるとき、溶解した窒素の物質量 $y \text{ [mol]}$ を有効数字1桁で求めよ。

ただし、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ であり、窒素の溶解によって飽和水蒸気圧は影響を受けないものとする。 [] mol

35 化学反応と気体の分圧 [2016 近畿大]

体積が 10 L の容器に、トルエン 0.025 mol と酸素 0.275 mol を混合して密閉し、容器の中の圧力を測定しながら、温度を室温から徐々に上げていった。 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ を越えたところで、トルエンを完全燃焼させた。容器全体の温度が一定になるまで待ってから容器の中の圧力の測定を再開し、温度が室温に下がるまで冷却した。図は、その一連の過程における圧力変化の様子を気体の温度に対してグラフに表したものである。



気体は理想気体として振舞うものとする。

燃焼により生じた二酸化炭素の水への溶解、および、液体の体積は無視し、 $47 \text{ }^\circ\text{C}$ における

トルエンの蒸気圧を $1.1 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、水の蒸気圧を $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ として、有効数字2桁で答えよ。 $(R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}))$

- (a) 燃焼前、 $47 \text{ }^\circ\text{C}$ における容器の中の圧力はいくらか。 [] Pa
 (b) トルエンの燃焼の化学反応式を書け。

[]

- (c) 燃焼後、容器の中に含まれる酸素、二酸化炭素、水の物質量はそれぞれいくらか。
 酸素:[] mol 二酸化炭素:[] mol 水:[] mol

- (d) 燃焼後、 $47 \text{ }^\circ\text{C}$ における水蒸気分圧はいくらか。 [] Pa

- (e) 燃焼後、 $47 \text{ }^\circ\text{C}$ における容器の中の圧力はいくらか。 [] Pa

36 混合気体 [2015 明治大]

次の文章を読み、空欄に最も適するものをそれぞれ解答群の中から一つずつ選べ。
 容積 V_1 の容器 A とピストン付き容器 B がコックで連結され、容器全体の絶対温度は T に保たれている。コックを閉じた状態で、容器 A には水を入れ、容器 B には気体 X を入れて気体の体積が $5V_1$ になるようにピストンを固定した。ただし、容器中に存在する液体の体積、コックの部分の容積、気体 X の溶解に伴う水の蒸気圧の変化は、十分に小さいため無視できるものとする。また、容器中の物質が気体として存在する場合は理想気体とみなし、気体定数は R とする。

コックを閉じたまま、容器 A と容器 B それぞれの内部の圧力を調べたところ、 P_1 と $8P_1$ だった。このとき、容器 A 中の水は液体と気体の両方の状態で存在し、液体として存在する水の物質量は、気体として存在する水の物質量の 89 倍だった。容器 A 内部に存在する水の物質量の総量は ア [] である。また、容器 B 内部に存在する気体 X の物質量は イ [] である。

容器 B 中の気体の体積が $5V_1$ の状態でピストンを固定したまま、コックを開いた。このとき、気体 X が水に溶けないと仮定すると、容器内部の圧力は ウ [] になるはずである。しかし実際には、気体 X が水に溶解し、容器内部の圧力は $7P_1$ になった。このことから、この実験条件で、1 mol の水に溶ける気体 X の物質量は エ [] mol と求められる。

次に、コックを開いたまま、容器 B 中の気体の体積が $9V_1$ になるようにピストンを移動した。ヘンリーの法則が成り立つ場合、容器内部の気体 X の分圧は P_1 の オ [] 倍となる。

- ア ① $\frac{P_1V_1}{RT}$ ② $\frac{2P_1V_1}{RT}$ ③ $\frac{9P_1V_1}{RT}$ ④ $\frac{89P_1V_1}{2RT}$
 ⑤ $\frac{90P_1V_1}{RT}$ ⑥ $\frac{91P_1V_1}{RT}$ ⑦ $\frac{178P_1V_1}{RT}$ ⑧ $\frac{180P_1V_1}{RT}$
 ⑨ $\frac{182P_1V_1}{RT}$
- イ ① $\frac{P_1V_1}{RT}$ ② $\frac{4P_1V_1}{RT}$ ③ $\frac{7P_1V_1}{RT}$ ④ $\frac{10P_1V_1}{RT}$
 ⑤ $\frac{14P_1V_1}{RT}$ ⑥ $\frac{20P_1V_1}{RT}$ ⑦ $\frac{40P_1V_1}{RT}$ ⑧ $\frac{78P_1V_1}{RT}$
 ⑨ $\frac{80P_1V_1}{RT}$
- ウ ① $\frac{20P_1}{3}$ ② $\frac{41P_1}{6}$ ③ $\frac{43P_1}{6}$ ④ $\frac{23P_1}{3}$ ⑤ $8P_1$
 ⑥ $\frac{49P_1}{6}$ ⑦ $9P_1$ ⑧ $\frac{53P_1}{5}$ ⑨ $\frac{78P_1}{5}$
- エ ① $\frac{1}{90}$ ② $\frac{1}{89}$ ③ $\frac{1}{84}$ ④ $\frac{1}{45}$ ⑤ $\frac{1}{42}$ ⑥ $\frac{3}{89}$
 ⑦ $\frac{4}{89}$ ⑧ $\frac{1}{21}$ ⑨ $\frac{1}{14}$
- オ ① 1.7 ② 2.2 ③ 2.5 ④ 2.9 ⑤ 3.3 ⑥ 3.8
 ⑦ 4.1 ⑧ 4.5 ⑨ 4.9

37 蒸気圧曲線 [2014 弘前大]

以下の文章を読み、物質 X の蒸気圧曲線を利用して、各問に答えよ。ただし、気体状態の物質 X とヘリウムは理想気体の状態方程式にしたがうものとする。

- 操作 1 質量や摩擦を無視できるピストン付き容器に、ヘリウムと物質 X を 1.00×10^{-1} mol ずつ加え、8.31 L、380 K に保った。
 操作 2 操作 1 の後、ピストンを固定し、内容積を 8.31 L に保ったまま、ゆっくり 300 K まで冷却した。
 操作 3 操作 1 の後、ピストンを可動の状態にし、外圧 100 kPa の下で容器全体を 380 K から 300 K までゆっくりと冷却した。ただし、 $1 \text{ kPa} = 1 \times 10^3 \text{ Pa}$ である。

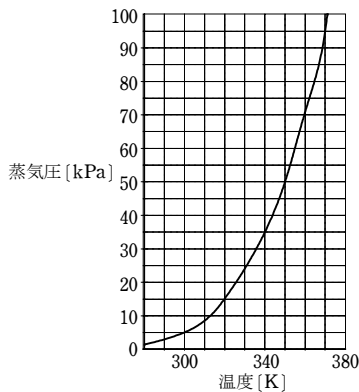


図 物質 X の蒸気圧曲線

- 問 1 操作 1 で容器内の物質 X はすべて気体として存在する。物質 X の分圧は何 kPa か求めよ。 $(R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}))$ [] kPa
 問 2 操作 2 で冷却したとき、物質 X の液滴が生じ始める温度として最も適当なものを選べ。 []
 (ア) 320 K (イ) 330 K (ウ) 340 K (エ) 350 K (オ) 360 K

(カ) 370 K

- 問 3 操作 2 で 300 K において、容器内では物質 X が何 mol 液化しているか。 [] mol
 問 4 操作 3 で冷却したとき、物質 X の液滴が生じ始める温度として最も適当なものを選べ。 []
 (ア) 320 K (イ) 330 K (ウ) 340 K (エ) 350 K (オ) 360 K (カ) 370 K
 問 5 操作 3 で 300 K において、容器内では物質 X が何 mol 液化しているか。 [] mol

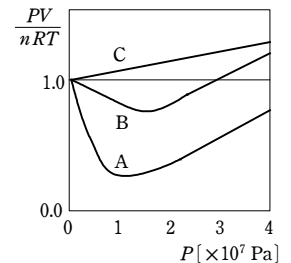
38 実在気体 [2011 高知大]

次の文章を読み、各問に答えよ。

図は、ある温度における 3 種類の気体 A、B、C について、物質量を n [mol]、圧力を P [Pa]、体積を V [L]、温度を T [K]、気体定数を R [$\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$] として、 $Z = PV/(nRT)$ の値と圧力 P の関係を示したものである。圧力が 0 Pa に近いときは、いずれの気体でも Z は 1 に近い値になり、 ウ [] のようにふるまう。気体 A と B では、圧力の増加とともに Z はいったん減少するが、圧力がさらに増加すると Z は増加するようになる。

低圧側でのこのような Z の減少は イ [] が無視できないためであり、高圧側での Z の増加は ウ [] が無視できないためである。一方、気体 C では、圧力の増加とともに Z は単調に増加する。これは、気体 A と B に比べて、気体 C の イ [] が非常に小さいためである。

高圧側で圧力が十分に高いとき、 Z の値は圧力の増加とともにほぼ直線的に増加するようになる。このような Z の圧力依存性は以下のようなモデルで考えることができる。実在気体の体積 V は、物質量 n の分子自身が占める体積 V_M とそれ以外の空間の体積 V_R に分けることができる。



- すなわち、 $V = V_M + V_R$ ①
 である。実在気体の分子 1 個の体積を V_1 [L]、アボガドロ数を N_A [/mol] とすると、 $V_M = \text{ウ}$ [] ②
 である。また、 V_R については、 $PV_R = nRT$ ③
 が成り立っている。①式～③式より、 Z は次式のようになる。
 $Z = \text{イ}$ [] $\times P + 1$ ④

- (1) 文中の ア []～ ウ [] に最も適切な語句を次の中から選べ。
 (a) 純粋気体 (b) 混合気体 (c) 理想気体 (d) 実在気体
 (e) 分子の質量 (f) 分子の体積 (g) 分子の分圧 (h) 分子の熱運動
 (i) 分子間の反応 (j) 分子間の結合 (k) 分子間の引力 (l) 分子間の反発力
 (2) 文中の X [] と Y [] に適切な式を記せ。
 (3) 圧力が十分に高いとき、気体 C の 300 K における ④ 式の イ の値は $1.07 \times 10^{-8} / \text{Pa}$ であった。この気体分子 1 個の体積 V_1 [L] を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ 、 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。 [] L
 (4) 図中に示した 3 種類の気体が H_2 、 CH_4 、 CO_2 のいずれかであるとすると、 CO_2 に相当するのはどの気体か、A～C の記号で記せ。また、その理由を 50 字以内で簡潔に記せ。

理由 []