

(注意) 必要があれば、次の原子量と定数を用いなさい。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Ca = 40.1, R = 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

[1] 以下の文章を読み設問に答えなさい。

- ・ ① 密閉容器に閉じ込められた [語句 1] 分子は、常に乱雑できまった方向性を持たない「(あ)」運動をしており、ときおり容器の壁に衝突してはね返される。分子は「(い)」を持っているのでこのとき壁は力を受けるが、この力が原因となって [語句 1] の B が生み出される。A が高くなるほど [語句 1] 分子の平均「(う)」は大きくなり、それに従って B も大きくなる。一方で、A が一定の下で C が半分になると分子が単位面積あたりに壁と衝突する回数は [数字 1] 倍になるため B も [数字 1] 倍になる。
- ・ 周期表の [数字 2] 族に属する元素は「(え)」と呼ばれる。「(え)」原子は [数字 3] 価の陰 [語句 2] になりやすく、単体はすべて [数字 1] 原子分子である。特に、「(お)」は黄緑色の有毒な [語句 1] であり、空気より重く、強い刺激臭を持つ。② 「(お)」を実験室で作るときは、「(か)」に「(き)」を加えて加熱する。一方、「(く)」は黒紫色の「(け)」しやすい [語句 3] で、[語句 1] は紫色となる。また、「(お)」より穏やかな「(こ)」作用があり、殺菌消毒剤として使用される。
- ・ ③ [語句 4] の塊として存在する「(さ)」は空気中で比較的安定で、穏やかに「(こ)」される。一方で、乾いた試験管に「(し)」を葉さじ 2 杯ほど入れ、バーナーで強熱すると [化合物 1] を発生しながら「(あ)」分解して「(さ)」が主成分の黒色粉末を生じる。④ この微粉末を勢よく空気中に振りまくと、粉末が激しく反応して自然に発火する。このように、化学反応が進む「(う)」は条件によって様々である。特に「(す)」が存在すると、反応の「(せ)」エネルギーを小さくすることができるため反応「(う)」は大きくなる。例えば、自動車の排ガスに含まれる有害物質を無害な窒素、[化合物 1]、[化合物 2] に同時に分解できる三元「(す)」には、「(そ)」やロジウムなどの [語句 4] が含まれている。
- ・ 結晶には、「(た)」、「(そ)」、「(さ)」の様に、同種の原子が規則正しく並んで出来ている [語句 4] 結晶や、「(ち)」の様な [語句 2] 結晶、[語句 3] の [化合物 1] である「(つ)」などの分子結晶がある。⑤ [語句 2] 結晶は衝撃に対してもろく、一定の方向に割れやすい「(て)」と呼ばれる性質をもつものがある。一方、[語句 4] 結晶は、外力による変形を柔軟に受け入れる性質があり、特に平面方向に薄く変形しやすい性質を「(と)」と呼ぶ。

- ・「(つ)」は、B0の条件下ではA0で直接[語句3]から[語句1]へと「(け)」する。A1で[語句5]の[化合物1]を得るためには、B1以上の条件が必要である。一方、[語句3]の[化合物2]はB0でAを上げていくとA2で[語句3]から[語句5]に変化する。
⑥ A2で[語句3]の[化合物2]に対してBを大きくすると[語句5]に変化する。一方
で、B0で、AをA3まで下げて[語句3]にした[化合物2]に対して、^⑦ BをB2に下げ
ると、[化合物2]は「(け)」して直接[語句1]になる。

設問1 「(あ)」～「(と)」に当てはまる語句を以下の選択肢から選び答えなさい。

(注：同じ選択肢を2回使用しないこと。)

- | | | | |
|--------|--------|---------|----------------|
| 1. 鉄 | 2. 酸化 | 3. 濃塩酸 | 4. アルカリ |
| 5. 電荷 | 6. 凝固 | 7. ヘキ開 | 8. 飽和蒸気圧 |
| 9. 比重 | 10. 展性 | 11. 伝導度 | 12. シュウ酸鉄 |
| 13. 速度 | 14. 硝酸 | 15. 生成熱 | 16. 塩化ナトリウム |
| 17. 還元 | 18. 延性 | 19. 濃硫酸 | 20. アルカリ土類 |
| 21. 昇華 | 22. 塩素 | 23. 希土類 | 24. ドライアイス |
| 25. 白金 | 26. 触媒 | 27. 活性化 | 28. 酸化マンガン(IV) |
| 29. 熱 | 30. 質量 | 31. 希ガス | 32. ハロゲン |
| 33. 水素 | 34. 蒸発 | 35. ヨウ素 | 36. ナトリウム |

設問2 [語句1] ～ [語句5] にあてはまる語句，[数字1] ～ [数字3] にあてはまる数字を答えなさい。また，[化合物1]，[化合物2] に該当する物質を化学式で答えなさい。

設問 3 文中の A, B, C はそれぞれ, 温度, 圧力, 体積のいずれかに対応している。また, A0 ~ A3, B0 ~ B2 はそれぞれ異なる値の A, B を示しており, A1, B0 が標準状態における値であるとする。

設問 3-1 下線部 ① の状態に以下の操作を加えて, 【状態 X】, 【状態 Y】, 【状態 Z】を定義する。

【状態 X】: A が一定の条件下で C を小さくしていき凝縮が起きた状態

【状態 Y】: B が一定の条件の下で A を下げていき凝縮が起きた状態

【状態 Z】: C が一定の条件の下で A を下げていき凝縮が起きた状態

以下の選択肢から正しい記述を全て選び記号で答えなさい。

- (a) 【状態 X】から, さらに C を減少させた場合, B は増加する。
- (b) 【状態 Y】から, さらに冷却すると A が下がり徐々に凝縮が進む。
- (c) 【状態 X】から, さらに C を減少させた場合, B は一定のままである。
- (d) 【状態 Z】から, さらに冷却すると徐々に凝縮が進み, その時の B は一定のままである。
- (e) 【状態 Y】から, さらに冷却すると A は一定のままで凝縮が進む。
- (f) 【状態 Z】から, さらに冷却すると徐々に凝縮が進み, その時の B は減少する。

設問 3-2 A0 ~ A3, B0 ~ B2 の大小関係を表すものとして適切な組み合わせを以下の選択肢から選び記号で答えなさい。

- (g) $A_0 < A_1 < A_2 < A_3$, $B_1 < B_2 < B_0$
- (h) $A_1 < A_2 < A_3 < A_0$, $B_2 < B_0 < B_1$
- (i) $A_2 < A_1$, $A_0 < A_2$, $A_3 < A_2$, $B_2 < B_0 < B_1$
- (j) $A_1 < A_2$, $A_2 < A_0$, $A_2 < A_3$, $B_0 < B_1 < B_2$
- (k) $A_2 < A_1$, $A_0 < A_2$, $A_3 < A_2$, $B_1 < B_0 < B_2$
- (l) $A_1 < A_2$, $A_3 < A_2$, $A_2 < A_1$, $B_2 < B_0 < B_1$

設問 4 下線部 ② の反応について化学反応式を書きなさい。

設問 5 下線部 ③ と ④ の振る舞いが違う理由を60字以内で述べなさい。

設問 6 下線部 ⑤ の性質をもつ理由を60字以内で述べなさい。

設問 7 下線部 ⑥, ⑦ の現象ともっとも関連が深い項目をそれぞれ以下の選択肢から一つずつ
選び答えなさい。

- | | |
|------------------|---------------------|
| (A) ヘンリーの法則 | (B) アイススケートが可能である理由 |
| (C) 過冷却現象 | (D) 過飽和状態 |
| (E) フリーズドライ食品の製法 | (F) 浸透圧と透析 |
| (G) 圧力鍋による調理 | (H) ルシャトリエの原理 |
| (I) ヘスの法則 | (J) 高地における水の沸点の低下 |

設問 8 標準状態において1モルの「(ち)」の[語句 2] 結晶の全ての結合を切断し、各
[語句 2] を互いに遠く離して力を及ぼし合わない状態にするのに必要なエネルギーを
 Q とする。

標準状態における、

1 モルあたりの「(た)」原子の[語句 2] 化エネルギーを x ,

1 モルあたりの「(ち)」の生成熱を y ,

1 モルあたりの「(た)」の「(け)」熱を z ,

1 モルあたりの「(お)」分子の結合エネルギーを w ,

1 モルあたりの「(お)」原子の電子親和力を v ,

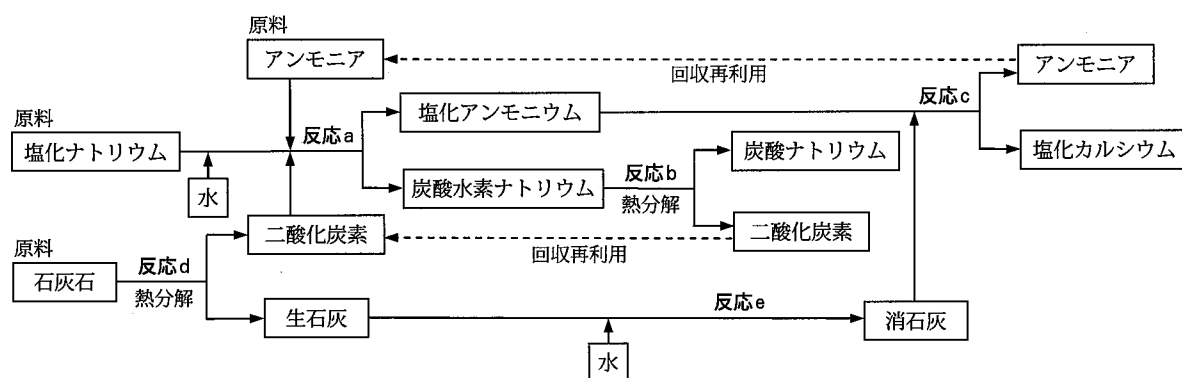
としたとき、 Q を x, y, z, w, v を用いた式で表しなさい。

〔 2 〕 次の文章を読み設問に答えなさい。

窒素原子は、最外殻に 5 個の〔 ア 〕をもっている。窒素と水素からアンモニアが合成される反応の熱化学方程式は、 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + 92 \text{ kJ}$ である。したがって、平衡状態でアンモニアの割合を高くするためには、温度を〔 イ 〕く、圧力を〔 ウ 〕くすればよい。また、 N_2 と H_2 の結合エネルギーをそれぞれ 945 kJ/mol および 436 kJ/mol とすると、 N-H の結合エネルギーは、〔 1 〕 kJ/mol となる。この反応が完全に進むと仮定して、標準状態で 100 m^3 のアンモニアをつくるには、 $1.01 \times 10^7 \text{ Pa}$ 、 527°C の水素を〔 2 〕 m^3 必要とする。

アンモニアの窒素原子の〔 ア 〕で結合に関与していないものを〔 エ 〕という。アンモニアは、〔 エ 〕を有するので、金属イオンに配位結合する。 Cu^{2+} を含む水溶液は青色であるが、これに少量のアンモニア水を加えると青白色の沈殿 A を生じる。さらにアンモニア水を加えると、沈殿が溶けて深青色の溶液になる。この溶液の色は、陽イオン B による。

塩化ナトリウムの飽和水溶液に、アンモニアを十分に吸収させてから二酸化炭素を吹き込むと、比較的水に溶けにくい炭酸水素ナトリウムが沈殿する。この沈殿を分離して、加熱すると、炭酸ナトリウムが得られる。アンモニア、石灰石および塩化ナトリウムを原料として、炭酸ナトリウムを工業的に製造する工程の概略は図のようになる。



図

この工程で 100 % の効率で炭酸ナトリウムが得られると仮定すると、 11.7 kg の塩化ナトリウムを用いた場合、必要な炭酸カルシウムは〔 3 〕 kg であり、このとき炭酸ナトリウムは〔 4 〕 kg 得られる。また、反応 b で発生する二酸化炭素は 100 % 回収して再利用するものとする、反応 a で使用する二酸化炭素のうち、反応 b で発生する二酸化炭素は〔 5 〕 % を占める。

炭酸ナトリウムを水溶液から再結晶させると、無色透明の結晶が生成する。これを空气中で放置すると白色の粉末に変化する。このような現象は、〔 オ 〕と呼ばれる。

設問 1 [ア] から [オ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

設問 2 化合物 A および B を化学式で示しなさい。

設問 3 図中の反応 a ～ e をそれぞれ反応式で示しなさい。

設問 4 [1] から [5] にあてはまる数値を有効数字 3 桁でもとめなさい。

[3] 次の文章を読み、設問に答えなさい。

生物は、生命活動を行ううえでさまざまな化学反応を行い、物質の変化にともなうエネルギーの代謝などを行っている。しかも、この反応は (a) という物質により基質と温和な条件で反応する。一般に、(a) は (b) を主体とした物質で、一つの (a) は穏やかな条件の下に特定の基質のみと反応する。これを (c) という。たとえば、二糖類であるショ糖とマルトースを (a) の一種である (d) で加水分解すると、ショ糖は (e) と (f) に加水分解されるがマルトースは分解を受けない。マルトースは、(a) の一つである (g) を使うと (e) に分解される。

有機化合物のうち分子量が1万を超えるような化合物を有機高分子化合物と呼ぶ。通常、有機高分子化合物は、単量体が付加重合あるいは (h) してできている。特に、生体と関連する高分子化合物であるデンプン、セルロース、(b)、(i) などは (h) してできている。デンプンおよびセルロースは、(e) を単量体として構成されている。

(i) は、(j) ーチミン、グアニンー (k) がそれぞれ (l) によって塩基対をつくって (m) を形成している。その構成単位は (n) であり、その糖部分についたリン酸を介して (o) をつくり、(h) して (i) となる。

(b) の構成単位であるアミノ酸が3個ペプチド結合で連なる化合物について、その化学構造の研究を行った。この化合物は同一の炭素にアミノ基とカルボキシル基がついた (p) アミノ酸からなることがわかっている。アミノ酸がペプチド結合で鎖状に連なったとき、アミノ基のある側をN末端、カルボキシル基の方をC末端とよぶ。このC末端は、アルコールと反応させると (o) 結合をつくることができる。さらに、(o) は温和な加水分解によりペプチド結合に影響なくカルボン酸とアルコールに加水分解することができる。酵素によりペプチド結合の1個を加水分解してN末端のアミノ酸のみを切り出したところ、 $C_9H_{11}NO_2$ のアミノ酸が得られた。この化合物は、(i) 濃硝酸と反応して特徴的な黄色を呈することから (q) の存在が確認された。この化合物は光学異性体も含めて A 個の異性体が存在する。その中の二つは、(r) というアミノ酸の2種類の光学異性体として知られている。つづいて残る2個のアミノ酸からなる $C_7H_{14}N_2O_3$ の分子式を持つ化合物について、以下に示す3種類の結果が得られた。

1. 強い条件で加水分解すると $C_3H_7NO_2$ と $C_4H_9NO_2$ が得られたので、このアミノ酸2個から構成される化合物は光学異性体も含めて B 種類の異性体が存在する。

2. $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ と $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ の分子式を持つアミノ酸が得られたので、光学異性体も含めて C 種類の異性体が存在する。
3. 分子式 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ のアミノ酸 1 種類と _(u) アルコール が得られた。

設問 1 (a) ～ (r) について適切な語句, A ～ C については適切な数字を答えなさい。

設問 2 下線部分 (I) の反応名を答えなさい。

設問 3 下線部分 (II) について可能な構造式を答えなさい。