

平成 17 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

化 学

[理学部, 薬学部, 工学部]

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 14 ページであり, 答案用紙は 3 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

解答にあたり、必要なら以下の数値を用いよ。

原子量 H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Al 27.0, Cl 35.5

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

I 次の文章を読み、問1～問10に答えよ。

アルミニウムは原子番号が13で、13族に属する元素であり、3価の陽イオン^(a)になりやすい。その結晶格子では、単位格子となる立方体の各頂点と各面中央に原子^(b)が存在している。単体は冷水とは反応しないが、高温の水蒸気とは反応する^(c)。

アルミニウムの単体を得るためには、まず**鉍石**であるボーキサイトから純粋な酸化アルミニウムを分離することから始まる。これには、酸化アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶けるが^(d)、不純物として含まれる酸化鉄やケイ酸塩は溶けない、という化学的性質を利用する。次に、融解した氷晶石(Na_3AlF_6)に酸化アルミニウムを溶かして電気分解する。アルミニウムの製錬には多大な電気エネルギーが費やされる。アルミニウムが電気の缶詰と言われるゆえんである。

アルミニウムは軽く、腐食しにくいと、日用品や建築材料、航空機材料などに利用される。アルミニウムの合金であるジュラルミンは、約5%の を含む。 は11族に属する元素で、単体は赤みをおびた軟らかい金属である。ふつう、実験室で一酸化窒素を製造するときには^(e)、 とある希酸との反応を利用する。アルミ缶もアルミニウムの合金であり、他の金属を数%含んでいる。アルミ缶の胴体部分には との合金が使われており、軟らかく粘りがある。 は7族に属する元素で、化合物は酸化数で、+2、+4、+7といろいろの状態をとる。また、その酸化物の一つは酸化剤として乾電池に用いられている^(f)。一方、アルミ缶のふたの部分には、胴体部分よりも硬くするために との合金が使われている。 はアルカリ土類金属とは性質が異なるが、2族に属する元素である。空气中で強熱すると、まばゆい光を出して燃える。また、還元力が強く、二酸化炭素中でも燃焼し、 の酸化物と黒色の生成物を与える^(g)。

アルミニウム製品のリサイクルは、原材料から生産するのに比べて、電気エネルギー

ギーの大きな節約になるという利点もある。ただし、アルミ缶のリサイクルの工程では、イ や ウ を除去する必要がある、ウ の除去には多量の エ が使われる。エ はハロゲンの単体であり、常温では黄緑色の気体で、刺激臭がある。微量の エ を検出する方法として、ヨウ化カリウムデンプン紙を用いる方法がある。

問 1 下線部(a)のイオンの電子数を記せ。

問 2 下線部(b)のような単位格子の名称を記せ。

問 3 下線部(c)を反応式で記せ。

問 4 下線部(d)を反応式で記せ。

問 5 ア ~ エ に適切な単体の化学式を記せ。

問 6 下線部(e)を反応式で記せ。

問 7 下線部(f)は何か。化学式で記せ。

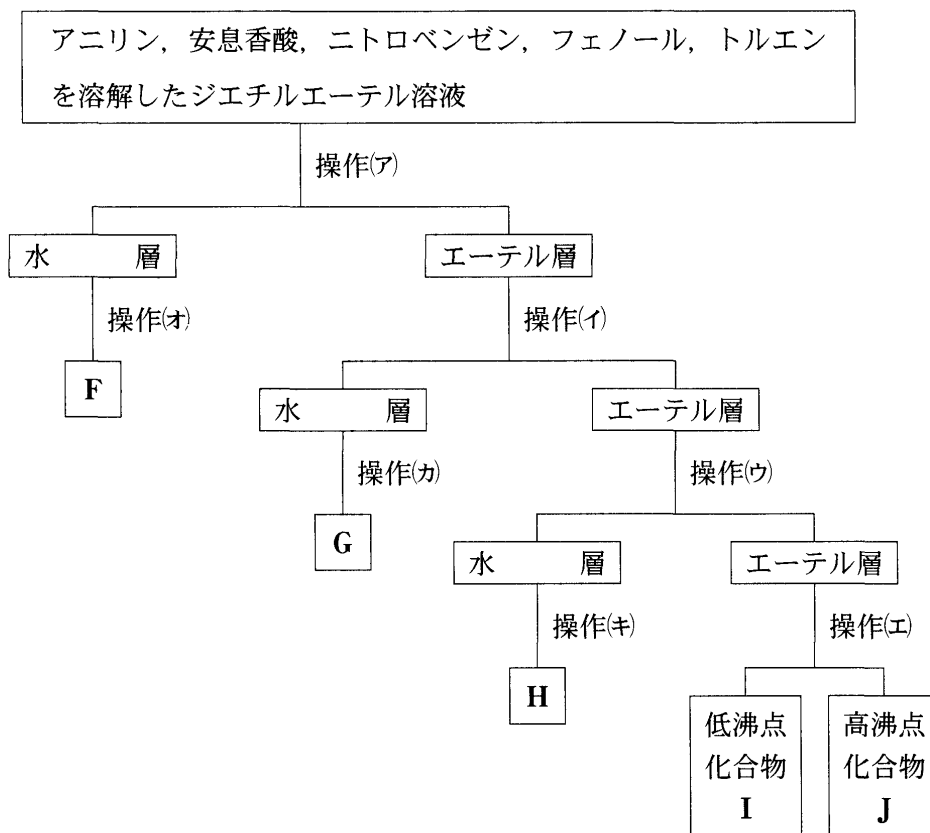
問 8 下線部(g)を反応式で記せ。

問 9 集気ビンに捕集した エ に少量の蒸留水を入れて、よく振って溶かした後、これに赤色と青色のリトマス紙を入れた。それぞれのリトマス紙の色の变化について述べよ。

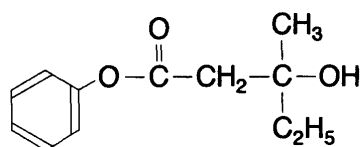
問10 家庭用品として使われているアルミニウムはくの1巻の質量を測ったところ、270 gであった。この量のアルミニウムを酸化アルミニウムから電気分解で得る場合、必要な電気量は何Cか。答えは四捨五入により、有効数字3桁で求めよ。

II 芳香族化合物の反応と分離に関する次の(1)~(3)の文章を読み、問1~問4に答えよ。

- (1) o -キシレンを酸性条件下で過マンガン酸カリウムと穏やかに反応させると、⁽ⁱ⁾ 2価カルボン酸である化合物Aが生成した。 Aを230℃付近で加熱したところ⁽ⁱⁱ⁾ 酸無水物である化合物Bが得られた。
- (2) ナトリウムフェノキシドの結晶に高温・高圧の条件で二酸化炭素を反応させたのち、希硫酸を加えて酸性にすると化合物Cが生成した。Cに無水酢酸を反応させると、解熱剤・鎮痛剤として用いられている化合物Dが生成し、Cに硫酸酸性⁽ⁱⁱⁱ⁾ 下でメタノールを反応させると化合物Eが生成した。
- (3) アニリン、安息香酸、ニトロベンゼン、フェノール、トルエンをジエチルエーテルに溶解した混合溶液がある。この混合溶液から下の図に示す操作により、各化合物を分離した。



問 1 化合物 A～E の構造式を下図の例にならって記せ。



問 2 下線部(i)～(iii)の反応として最も適切なものを、以下の(a)～(g)の中から1つ
選び記号で記せ。

- (a) 還元 (b) エステル化 (c) 加水分解 (d) 重合
(e) 酸化 (f) アセチル化 (g) 分子内での脱水

問 3 (ア)～(キ)の操作として最も適切なものを、以下の(a)～(j)の中から1つ選び記
号で記せ。ただし、各記号の使用は一度のみとする。

- (a) 水酸化ナトリウム水溶液を加え、よく振ったのち静置する。
(b) 希塩酸を加え、よく振ったのち静置する。
(c) 塩化ナトリウム水溶液を加え、よく振ったのち静置する。
(d) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、よく振ったのち静置する。
(e) 蒸留する。
(f) 昇華させる。
(g) 水酸化ナトリウム水溶液を加え、遊離してくる化合物を単離する。
(h) 希塩酸を加え、遊離してくる化合物を単離する。
(i) 塩化ナトリウム水溶液を加え、遊離してくる化合物を単離する。
(j) 二酸化炭素を吹き込み、遊離してくる化合物を単離する。

問 4 アニリン、安息香酸、ニトロベンゼン、フェノール、トルエンの中から、
化合物 F～J にあてはまるものを1つ選び、その構造式を問 1 の例にならっ
て記せ。

Ⅲ 次の文章はボルタ電池と鉛蓄電池に関するものである。□に適切な語句を、[]には化学式または反応式を記せ。さらに【 】では、最も適したものを一つだけ選んで、その語句または化学式を記せ。

A. ボルタ電池の構造は次のようになっている。ここでaqは水溶液を表す。



この電池の正極は【ア 亜鉛，銅】である。放電が始まると【イ 正極，負極】から気体 □ウ□が発生する。正極および負極で起こっている変化を e^- を用いた反応式で表せば、それぞれ[エ]，[オ]のようになる。

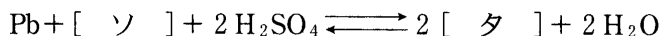
この電池をしばらく使っていると起電力が落ちてくる。それは【カ 正極，負極】の表面に □キ□が付着して電気が流れにくくなり、同時に □キ□がイオン化するからである。これを電池の □ク□という。これを防ぐには希硫酸中に少量の【ケ CH_3COOH ， NaOH ， H_2O_2 ， ZnSO_4 ， CuSO_4 ， H_2SO_4 】の水溶液を加えればよい。このような物質を電池の □コ□という。

B. 鉛蓄電池では、 Pb と PbO_2 が両極を構成し、希硫酸の中にひたっている。これを上記ボルタ電池と同様の表現で記せば[サ]のようになる。このうち正極は【シ Pb ， PbO_2 】である。

鉛蓄電池は充電可能で、その酸化還元反応式は以下のとおりである。ただし、

□ス□， □セ□には放電または充電の語句が入る。

□ス□

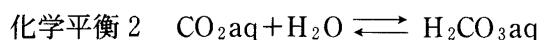


□セ□

C. 鉛蓄電池は充電が可能だが，ボルタ電池は不可能である。前者を ，
後者を という。

Ⅳ 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

人間の血液の pH は、ほぼ 7.4 に保たれている。肺における CO₂ の排出が、血液の pH を一定に維持するために重要な役割を果たしている。CO₂ 排出の影響は、平衡移動の原理(ルシャトリエの原理)にもとづいて考察することができる。血液の pH と CO₂ 排出との関係を考察するために必要な化学平衡は、以下の化学反応式で表される。



なお、上の化学反応式の中で化合物を表す化学式の後の aq は化合物が水中に溶けていることを表し、化学平衡 1 を表す化学反応式の左辺にある aq は大量の水を表す。また、血液の pH が正常の値である 7.4 に近いときは CO₃²⁻ の濃度が低く、化学平衡 4 の影響はほとんど無視できる。

激しい運動をおこなうと筋肉で乳酸が生じる。乳酸から電離した H⁺ が血液に加えられることによって、化学平衡 3 の反応は 。同様のことが化学平衡 2 と化学平衡 1 でもおこり、肺の中の空気に含まれる CO₂ の割合は 。この空気は、呼気として肺からはき出される。これらのことがおこることにより、血液中の H⁺ の濃度は 、血液の pH は 。また、肺の機能障害などがおこると呼気の排出が妨げられ、肺の中の空気に含まれる CO₂ の割合が増加する。この結果、化学平衡 1 の反応は 。同様のことが化学平衡 2 と化学平衡 3 でもおこることによって、血液中の H⁺ の濃度は 、血液の pH は 。

問 1 化学平衡 1～化学平衡 3 は、それぞれどのようなことに対応しているか、次の(a)～(f)の中から 1 つ選び、その記号を記せ。

- (a) 体内でグルコースから生成した二酸化炭素が、血液に溶解する。
- (b) 血液に溶解していた二酸化炭素が、肺で呼気中に排出される。
- (c) 炭酸が、水和した二酸化炭素と水とに分解される。
- (d) 二酸化炭素が加水分解し、炭酸が生成する。
- (e) 炭酸水素イオンが、酸として働く。
- (f) 炭酸水素イオンが、塩基として働く。

問 2 CO_2 は非極性分子である。この原因として適切なものを次の(a)～(e)の中から 2 つ選び、その記号を記せ。

- (a) 炭素と酸素の電気陰性度が、ほぼ等しい。
- (b) 炭素の電気陰性度が、酸素の電気陰性度より小さい。
- (c) 分子のなかで原子が、酸素、炭素、酸素の順番で結合している。
- (d) 炭素と酸素とが二重結合で結合している。
- (e) 分子の形が直線状である。

問 3 化学平衡 2 の化学反応式で表される反応には、赤血球の中にある炭酸脱水酵素が触媒として働いている。この酵素の触媒としての作用について述べた次の文章のうち、正しいものに○、誤っているものに×をつけよ。

- (a) 酵素の作用で、化学平衡 2 の正反応が吸熱反応から発熱反応に変わるため、 H_2CO_3 の生成量が増加する。
- (b) CO_2 と H_2O が酵素に結合し、これらの熱運動が抑えられるため、反応速度が低下する。
- (c) 酵素の作用で反応の経路が変わるため、反応の活性化エネルギーが低下し、反応速度が増加する。
- (d) 酵素の作用で別の反応がおこるため、平衡定数が変化し、 H_2CO_3 の生成量が増加する。

問 4 血液の pH が 7.4 であるとき H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} がどのような比率で存在しているかを知るため, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を基準にした 2 種類の比率, $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ と $[\text{CO}_3^{2-}]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ とを求め, 有効数字 2 けたで記せ。ただし, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$ は, それぞれ H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} の濃度を表す。化学平衡 3, 化学平衡 4 の平衡定数は, それぞれ $4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$, $4.7 \times 10^{-11} \text{ mol/l}$ とする。必要があれば $10^{0.2} = 1.58$, $10^{0.3} = 2.00$ を使うこと。

問 5 文章中の ア ~ キ にあてはまる言葉を, 次の(a)~(c)の中からそれぞれ選び, その記号を記せ。

ア : (a) 正反応の向きに進む (b) 逆反応の向きに進む
(c) どちらにも進まない

イ : (a) 増加する (b) 減少する (c) ほとんど変化しない

ウ : (a) 増加し (b) 減少し (c) ほとんど変化せず

エ : (a) 増加する (b) 減少する (c) ほとんど変化しない

オ : (a) 正反応の向きに進む (b) 逆反応の向きに進む
(c) どちらにも進まない

カ : (a) 増加し (b) 減少し (c) ほとんど変化せず

キ : (a) 増加する (b) 減少する (c) ほとんど変化しない

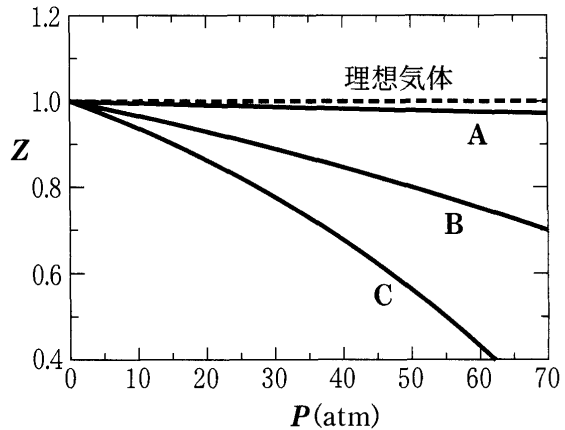
V 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

1 mol の気体の状態方程式は、圧力 P 、体積 V 、絶対温度 T のとき、気体定数を R とすると、理想気体ならば $PV/RT = 1$ である。それに対して実際に存在する気体(実在気体)は $PV/RT = Z$ とすると Z は以下のように表すことができる。

$$Z = 1 - k_1 + k_2$$

ここで、 k_1 、 k_2 は P 、 T および気体分子の種類によって変化する正の値で、前者は Z を減らす効果を、後者は Z を増やす効果を与える項である。

右の図の A、B、C の曲線は、異なる種類または条件の実在気体の Z と P の関係を示したものである。A と B は同じ温度である



が気体分子の種類が異なっている。また、A と C は気体の種類は同じだが温度が異なっており、200 K と 400 K のどちらかの温度である。

これら3つの曲線の違いはおもに の項の寄与による。A と B の違いは、気体分子の が大きいと、 の値が大きくなるためである。この比較から の分子の沸点の方が高いと考えられる。また、A と C の違いは、温度が上がることで気体分子の が激しくなり、そのため の寄与が小さくなることで の値が小さくなるためである。この比較によって の温度が高いと考えられる。

これらの気体はともに1000気圧を超えるような超高压では Z が1を超える。これは Z の式の の項の寄与による。これは超高压下では気体の体積が小さくなり、実在の気体分子の が分子の自由に動き回れる空間の大きさに影響するようになるためである。

問1 文中の空欄に入る記号または語句を記せ。なお、、 には k_1 または k_2 の記号、、 には A～C の記号のどれか、 ～ には語句が入る。

問 2 理想気体からのずれがあまり大きくない実在気体の性質について、以下に示した文の正誤を判断し、(a)~(c)のそれぞれの①、②の正誤の組み合わせとして適切なものを、(あ)~(え)の選択肢から選び記号で記せ。

- (a) ① k_1 は T が一定のとき P が大きいほど大きくなる。
② k_1 は P が一定のとき V が大きいほど大きくなる。
- (b) ① k_1 は単位体積あたりの分子の数が多いほど小さい。
② k_1 は P 、 T が同じ条件でメタンとアンモニアの場合を比べるとアンモニアの方が小さい。
- (c) ① k_2 は P が一定のとき T が大きいほど大きくなる。
② k_2 は P 、 T が同じ条件でメタンとエタンの場合を比べるとエタンの方が大きい。

[選択肢]

- (あ) ①正②正 (い) ①正②誤 (う) ①誤②正 (え) ①誤②誤

問 3 実在気体の式 $Z = PV/RT$ を利用して、ある状態の理想気体の体積を v とすると、実在気体の体積は Z を用いてどのように表せるか。式を記せ。

問 4 ある気体 1 mol をピストン付きの容器の中で温度 400 K、圧力 20 atm の状態にすると、その体積は 1.5 l になり、気体の液化はなかった。このときの Z の値を計算して記せ。求める値の有効数字は 2 桁とする。必要ならば 1 mol の気体に対する気体定数 $R = 0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/\text{K}$ を使用せよ。

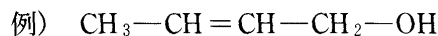
VI 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

石炭から得られるコークスを1000℃以上に熱して水蒸気と反応させると、
[A] と [B] を主成分とする水性ガスが得られる。[A] は、常温常圧で最も密度の低い気体で、水に対する溶解度は低い。[B] は酸素が不足する中でプラスチックを燃焼すると発生する気体で、[ア] を脱水しても生成する。水性ガスから精製した [B] に対して更に水蒸気を反応させると、
[A] と [C] が生成し、わずかに熱が生じる(反応1)。
[C] は無色無臭で、石灰岩を強熱すると発生する気体である。反応1は、正反応と逆反応が同時にすすむ [イ] 反応である。平衡移動の原理(ルシャトリエの原理)から考えて、温度が [ウ] ほど [B] よりも [C] の割合が高くなる。

25℃、1 atm の条件下で、Ni、Pd、Pt 等を [エ] に用いて1 mol のベンゼンに対して十分な量の [A] を添加すると [D] が生成し、206 kJ の熱が発生した(反応2)。
[D] に対して更に [A] を添加しても変化は生じなかった。反応2のように熱を発生しながら進む反応を [オ] 反応という。また、反応2を酸化還元反応ととらえると、ベンゼンは [カ] され、[A] は [キ] されたことになる。
[D] と同じ分子式をもつ化合物で、二重結合を1つ含む構造異性体は [あ] 種類存在し、その中で幾何異性体が存在する化合物は [い] 種類、光学異性体が存在する化合物は [う] 種類である。

問1 [A] , [B] , [C] に最も適した化学式を記せ。

問2 [D] の構造式を下の例にならって示せ。



問 3 ~ に最も適した用語を次の(a)~(s)の中から選び、記号で記せ。

- | | | |
|--------------|-----------|-----------|
| (a) 過酸化水素 | (b) ギ酸 | (c) 酢酸 |
| (d) 2-プロパノール | (e) マレイン酸 | (f) エタノール |
| (g) 高い | (h) 低い | (i) 発熱 |
| (j) 吸熱 | (k) 酸化 | (l) 還元 |
| (m) 中和 | (n) 炎色 | (o) 付加 |
| (p) 分解 | (q) 可逆 | (r) 不可逆 |
| (s) 触媒 | | |

問 4 ~ に最も適した数字を解答欄に記せ。ただし、, では幾何異性体または光学異性体の関係にある 1 組の化合物を 1 種類として数えること。

問 5 および の燃焼熱は、それぞれ 286 kJ/mol および 3920 kJ/mol である。ベンゼンの燃焼熱 (kJ/mol) を求めよ。