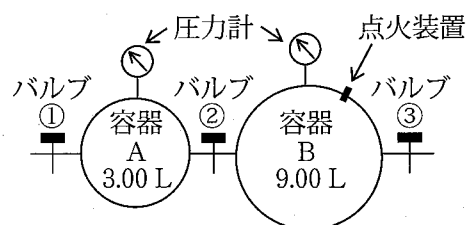


化学

(注意) 必要であれば次の原子量と数値を用いなさい。なお、気体はすべて理想気体とする。H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5, Fe = 55.8, Ni = 58.7, Cu = 63.0, Cd = 112, Ba = 137
 気体定数: $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$, ファラデー定数: $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$,
 アボガドロ数: $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

1. 次の文章を読み、(ア) (イ) (ウ) (オ) (カ) (ケ) (コ) (サ) には有効数字 3 桁の数値、(エ) には化学反応式、(キ) (ク) には適切な語句を入れなさい。

- (1) 容器 A と容器 B が、図のようにバルブ ② をはさんで接続された装置がある。容器 A と容器 B の容積は、それぞれ、3.00 L と 9.00 L である。初期状態では、3 つのバルブはすべて閉じてあり、また容器 A と容器 B の中は真空である。この装置を使って以下の操作 (i) から操作 (iii) を行った。容器 A と容器 B 以外の部分の容積は、無視できるものとする。また、容器 A と容器 B の容積は、以下の各操作において変化しないものとする。



- 操作 (i) バルブ ① を開き、アルゴンとプロパンを体積比 1 : 1 で容器 A に充填し、バルブ ① を閉じた。27 °C における容器 A 内の圧力は、 $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。容器 A 内のプロパンの物質量は、(ア) mol である。
- 操作 (ii) 操作 (i) を行ったのちに、バルブ ③ を開き、アルゴンと酸素を体積比 1 : 1 で容器 B に充填し、バルブ ③ を閉じた。そののち両容器を 27 °C に保ちながら、バルブ ② を開き、容器 A と容器 B の気体を完全に混合した。そのとき、両容器内の圧力は、 $5.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。よって、混合前の容器 B 内の圧力は、(イ) Pa であり、容器 B 内に充填されていたアルゴンの物質量は、(ウ) mol である。
- 操作 (iii) 操作 (ii) を行ったのちに、バルブ ② を開いた状態で容器 A と容器 B を 327 °C に加熱し、点火装置を用いて容器 A と容器 B 内の混合気体中のプロパンを完全に燃焼させた。プロパンの燃焼を化学反応式で表すと (エ) となる。燃焼後、両容器内に残った酸素の物質量は、(オ) mol である。燃焼によって生成した水は、すべて水蒸気として存在しているとすると、327 °C における両容器内の圧力は、(カ) Pa である。

- (2) 直径が $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$ 程度の大きさの粒子が液体中に分散していると、物質の種類によらず液体はわずかに濁る。この溶液に強い光を当てると、光の進路が輝いて見える。これを (キ) 現象という。硫酸銅 (II) 五水和物 $2.74 \times 10^{-1} \text{ g}$ を水に溶かし、適切な量の水酸化ナトリウム水溶液を加え、100 mL の溶液とした。このとき、銅 (II) イオンはすべて粒子 C に変化し、(キ) 現象を示す青白色の液体 D ができた。液体 D 20.0 mL を円筒状のセロハンに移し、蒸留水 1.00 L の入ったビーカーに浸し長時間放置した。下線部の実験操作を (ク) という。ただし、(ク) を行ったのちもビーカー内の溶液の体積は変化しないものとする。セロハンを引き上げたのち、ビーカー内の溶液を 10.0 mL とった。ここに $2.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ の塩化バリウム水溶液を 10.0 mL 滴下すると、硫酸バリウムの沈殿が析出しはじめた。このときの硫酸バリウムの溶解度積を $1.00 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とすると、ビーカー内に存在する硫酸イオンの濃度は、(ケ) mol/L である。また、27 °C で (ク) を行ったのちのセロハン内の液体 E の浸透圧をはかったところ、99.7 Pa であった。液体 E は粒子 C のみを含むと仮定すると、粒子 C の物質量は、(コ) mol と求まる。したがって、液体 E に含まれる粒子 C の 1 個あたりには、平均 (サ) 個の銅イオンが含まれている。

2. 次の文章を読み、(ア)(カ)(キ)には適切な語句、(イ)(ウ)(ク)にはイオン式、(エ)には化学式、(オ)(コ)(サ)には有効数字3桁の数値、(ケ)には化学反応式を入れなさい。

(1) 赤鉄鉱などの鉄鉱石から製錬によって取り出された鉄は、鋼とよばれ、炭素などを含んでいる。この鋼を用いて鉄板を作り、その表面の汚れを落としてよく磨き、均等に分割して鉄板 A～E を得た。

鉄板 A の上に、ヘキサシアノ鉄(III) 酸カリウムとフェノールフタレインをそれぞれ少量含む、3.00 % の塩化ナトリウム NaCl 水溶液を 0.100 mL 滴下した(実験 1)。このとき、滴下した水溶液はすべて鉄板 A の上に広がり、(ア)とよばれる濃青色の化合物が生成した。このことより、鉄板 A の鉄が酸化されて、(イ)が生成したことがわかる。時間経過とともに、鉄板 A 上の水溶液は徐々に赤みを帯びてきた。これは、水溶液中の溶存酸素が、鉄の酸化にともなって放出された電子を受け取ることで、(ウ)が生成したことを示している。このとき、鉄板 A の上では、(エ)の生成が起こる。その後(エ)は、水溶液中の溶存酸素により酸化されて赤褐色に変化し、徐々に赤さびが生成した。

次に、鉄板 B の上に、3.00 % の NaCl 水溶液を 0.100 mL 滴下したのち、長時間静置し、(エ)をすべて赤さびへと変化させた(実験 2)。赤さびが流れないように注意して水溶液をすべて洗い流したのち、鉄板 B の質量を測定したところ、滴下前にくらべて 2.40×10^{-3} g 増加していた。赤さびは、すべて酸化鉄(III) Fe_2O_3 であると仮定すると、このときに流れた電気量は(オ)C である。ただし、ここでは、鋼に含まれる炭素が正極、鉄が負極、滴下した水溶液に含まれる NaCl が電解質である電池としての反応が起こっているものとする。また、(エ)から赤さびに変化する際に電流は流れず、気体は発生しないものとする。

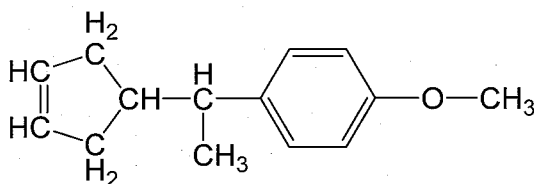
さらに、鉄板 C の上に、1.00 % の NaCl 水溶液を 0.100 mL 滴下して、赤さびの生成を観察した(実験 3)。その結果、赤さびの生成は実験 2 にくらべて遅いことがわかった。これは、滴下した水溶液中の NaCl 濃度が低くなったことにより、水溶液の(カ)が小さくなったことが原因である。次に、鉄板 D の上に、5.00 % の NaCl 水溶液を 0.100 mL 滴下して、赤さびの生成を観察した(実験 4)。この場合も、実験 2 に比べて赤さびの生成は遅くなることがわかった。これは、水溶液中の(キ)濃度が低いため、(エ)が酸化されにくくなることが原因であると考えられる。

次に、鉄板 E に亜鉛をめっきし、トタン板を作製した。この板に傷をつけて部分的に鉄を露出させ、同様に 3.00 % の NaCl 水溶液を 0.100 mL 滴下したところ、赤さびの生成は見られなかった(実験 5)。このことは、トタン板の表面では(ク)が生成し、(イ)が生成しなかったことが原因であると考えられる。

(2) 電極として、9.20 g のオキシ水酸化ニッケル(III) $\text{NiO}(\text{OH})$ と 11.2 g のカドミウム Cd を用い、5.00 mol/L の水酸化カリウム KOH 水溶液 80.0 mL を電解液として用いた蓄電池を作製した。この蓄電池では、放電の過程で、 $\text{NiO}(\text{OH})$ 電極が水と反応して水酸化ニッケル(II) と水酸化物イオンが生成し、Cd 電極が水酸化物イオンと反応して水酸化カドミウム(II) となる。この放電の過程を、一つの化学反応式でまとめて表すと(ケ)となる。この蓄電池にモーターをつないで、0.600 A の電流を 8 時間 2 分 30 秒流したとき、電解液の質量は(コ) g、正極の質量は(サ) g となった。ただし、5.00 mol/L の KOH 水溶液の密度は 1.21 g/mL とする。また、この過程で気体は発生せず、 $\text{NiO}(\text{OH})$ 、Cd、水酸化ニッケル(II)、水酸化カドミウム(II) は、それぞれ溶液中に溶解しないものとし、電解液の蒸発は考えないものとする。

3. 次の文章を読み、(ア)(ケ)(コ)には分子式、(イ)(ウ)(エ)(オ)には構造式、(カ)には整数、(ク)には有効数字3桁の数値、(キ)(サ)(シ)には化合物名または適切な語句を入れなさい。なお、構造式は例にならって書きなさい。

構造式の例：



- (1) 不斉炭素原子をもっている鎖式炭化水素化合物 A の少量を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 13.2 mg と水 3.60 mg が生成した。また、化合物 A の 0.366 g を完全に気化させたところ、127℃、 1.52×10^5 Pa で、体積は 100 mL となった。これらのことから、化合物 A の分子式は (ア) であり、構造式は (イ) である。また、化合物 A の構造異性体には、6 員環構造をもつ環式炭化水素化合物 B と、5 員環構造をもつ環式炭化水素化合物 C がある。1 mol の化合物 B をオゾン分解すると、カルボニル基をもつ化合物 D のみが 2 mol 生成した。したがって、化合物 B の構造式は (ウ) である。化合物 D を完全に還元して、水酸基をもつ化合物 E を得た。1 mol の化合物 D と 2 mol の化合物 E を、酸触媒を用いて反応させた。その結果、6 員環構造を 2 つもつ化合物 F と水が生成した。したがって、化合物 F の構造式は (エ) である。つぎに、1 mol の化合物 C をオゾン分解すると、カルボニル基をもつ化合物 G とホルムアルデヒドが、それぞれ 1 mol 生成した。化合物 G を完全に還元して得られる化合物 H は、不斉炭素原子をもたないアルコールであった。したがって、化合物 C の構造式は (オ) である。

- (2) グルコース 2 分子が、(カ) 位の炭素原子間でグリコシド結合によりつながった二糖は、(キ) 基をもたないため、銀鏡反応を示さない。

化合物 I は、トリアセチルセルロースの構造とセルロースの構造を、2:1 の割合で含む鎖状高分子である。化合物 I の元素分析を行うと、炭素原子と水素原子の重量比は (ク):1.00 である。ただし、化合物 I の両端に存在するトリアセチルセルロースおよびセルロースの構造は考慮しないものとする。

アミロースのすべての水酸基の水素をメチル基に変換（メチル化）したのち、すべてのグリコシド結合を、酸触媒を用いて加水分解したところ、2 種類のメチル化された単糖が得られた。一方、アミロペクチンのすべての水酸基をメチル化したのち、すべてのグリコシド結合を、酸触媒を用いて加水分解したところ、3 種類のメチル化された単糖が得られた。これらの中で、分子式 (ケ) をもつメチル化された単糖からは、メチル化された多糖を合成することができない。また、アミロペクチンの場合にのみ生成するメチル化された単糖の分子式は (コ) である。

生命体のエネルギー通貨ともよばれるアデノシン三リン酸（ATP）を構成する糖は (サ) である。ATP の加水分解により、リン酸 $\text{PO}(\text{OH})_3$ と (シ) が生成し、その過程でエネルギーが生産される。