

平成29年度編入学者・転入学者選抜学力検査  
専門試験問題

生命・物質工学科

平成28年6月17日（金）午前10時00分～12時00分

注意事項

- (1) 物質化学、生物生命、生体材料に関する問題8問（A～H）のうち、  
4問を選択解答すること。
- (2) 選択した問題の解答を、解答冊子中の各問題に対応する解答用紙（A～H）に記入すること。
- (3) 解答冊子1冊を提出すること（問題用紙は持ち帰ること）。
- (4) 面接試験は、午後 2時 30分から下記にて行う。

試験場 1号館2階203B室(ゼミ室)  
集合場所 1号館2階204B室(会議室)  
集合時間 午後 2時 15分

平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 A

以下の設問すべてについて解答すること。計算問題は導出過程も記し、有効数字2桁で解答すること。必要であれば、下記の値を用いよ。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 5 = 0.70$$

問題1 以下の問いに答えよ。

- (1) 有機溶媒 S との間の分配比が 10 である化合物 5 g を含む水溶液 100 mL を、80 mL の S を用いて抽出した場合に、水溶液に残る溶質の質量を求めよ。また、40 mL の S を用いて 2 回抽出した場合についても、同様に水溶液に残る溶質の質量を求めよ。
- (2) 水溶液中に含まれる 1 価の金属イオン  $M^+$  を有機溶媒中のキレート試薬 HL によりキレート抽出を行った。HL の分配係数を  $K_{D1}$ 、水溶液中での HL の解離定数を  $K_a$ 、キレート錯体 ML の生成定数を  $K_f$ 、ML の分配係数を  $K_{D2}$  としたとき、これらを用いて金属イオンの抽出定数  $K_{ex}$  を表せ。また、金属イオンの分配比  $D$  をこれらの定数と有機溶媒中のキレート試薬濃度  $[HL]$ 、および水溶液中の水素イオン濃度  $[H^+]$  を用いて表せ。なお有機溶媒中ではキレート錯体は解離しないものとする。

問題2 以下の問いに答えよ。

- (1)  $Ce^{4+}$  が  $5.0 \times 10^{-4}$  M および  $Ce^{3+}$  が  $1.0 \times 10^{-3}$  M 含まれる溶液について、この溶液に浸けられた白金電極の電位を求めよ。ただし、 $Ce^{4+}/Ce^{3+}$  反応の標準電位を 1.61 V とする。
- (2) (1) で示した溶液と  $Fe^{3+}$  が  $1.4 \times 10^{-3}$  M および  $Fe^{2+}$  が  $1.0 \times 10^{-2}$  M 含まれる溶液を塩橋でつなげ、さらにそれぞれの溶液に白金電極を浸け、両電極間を銅線でつないだ。反応が平衡に達した際の各電極の電位を求めよ。ただし、 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  反応の標準電位を 0.771 V とする。

問題3 以下の語句・事象について説明せよ。

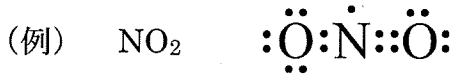
- (1) pH 緩衝溶液
- (2) 共沈
- (3) 検出限界と定量限界

平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]  
 -専門試験-  
 (生命・物質工学科)

問題 B

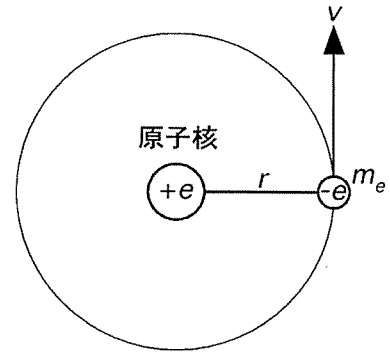
問題1 次の(1)~(3)に示した分子およびイオンのルイス式(電子式)を、例にならって記せ。共鳴混成体が考えられる場合には、その全てを記せ。

(1)  $C_2H_4$     (2)  $CO_3^{2-}$     (3)  $N_2O$



問題2 Bohrの水素原子模型に関する次の文章を読み、空欄(ア)~(キ)に入る最も適切な数式を記せ。なお、単位はSI基本単位とする。

質量  $m_e$ 、電荷  $-e$  を持つ電子が、図のように電荷  $+e$  の原子核のまわりを半径  $r$ 、速さ  $v$  で等速円運動を行なう場合、この電子には(ア)の大きさの遠心力と(イ)の大きさのクーロン力が働く。Bohrは、もし電子が電磁波の形でエネルギーを失わないと仮定すると、この2つの力が釣り合った状態が水素原子の内部構造であると考えた。水素原子の全エネルギー  $E$  は、電子の運動エネルギー(ウ)とクーロンの位置(ポテンシャル)エネルギー(エ)の和なので( $E = (ウ) + (エ)$ )、釣り合いの式より速さ  $v$  を消去し回転半径  $r$  を用いて全エネルギーを表すと、 $E = (オ)$  となる。



更に Bohr は、電子の運動量( $p$ )が以下の量子化条件を満たす場合のみ許されることを仮定した。

$$2\pi r \cdot p = nh \quad (n=1,2,3 \dots) \quad (h: \text{プランク定数})$$

これより電子の許される回転半径  $r$  は(カ)と表すことができ、この  $r$  を全エネルギーの式に代入することにより、水素原子の不連続化したエネルギーの式  $E = (キ)$  ( $n=1,2,3 \dots$ ) を得る。

問題3 水素原子に高電圧をかけた時に得られる発光スペクトルの放射電磁波の波数  $\tilde{\nu}$  は、次のリュードベリの式に従う。これについて、次の問いに答えよ

$$\tilde{\nu} = R_{\infty} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad \tilde{\nu} : \text{波数 (nm}^{-1}\text{)}$$

$n$  と  $m$  は整数、ただし  $n < m$   
 $R_{\infty}$  : リュードベリ定数

発光スペクトルの中には、波数が  $\tilde{\nu}_1 = 1.53 \times 10^3 \text{ nm}^{-1}$ 、 $\tilde{\nu}_2 = 2.06 \times 10^3 \text{ nm}^{-1}$  の系列がある。この系列で、この次に現れるスペクトルの波数( $\text{nm}^{-1}$ )について、導出過程も含めて有効数字3桁で求めよ。ただし、リュードベリ定数 ( $R_{\infty}$ ) は  $R_{\infty} = 1.10 \times 10^2$  (単位:  $\text{nm}^{-1}$ ) とせよ。

平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 C

**問題 1** 内径 2 cm の平滑円管内を粘度  $1.25 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、密度  $1000 \text{ kg/m}^3$  の流体が体積流量  $11,300 \text{ L/h}$  で流れている。管内摩擦係数  $f$  を計算し、有効数字 2 桁で記せ。ただし、摩擦係数  $f$  は流れが層流であれば  $f=16/Re$ 、乱流であれば  $f=0.079Re^{-0.25}$  を用いて計算できるものとする。

**問題 2** 熱伝導度、境膜伝熱係数および熱拡散係数について、その単位と物理的意味をそれぞれ違いがわかるように説明せよ。

**問題 3** 温度  $T_1$  の液体を温度  $T_2$  まで冷却したい。このとき二重管式熱交換器を使用し、温度  $t$  の大量の冷却水を使用できるものとする。総括伝熱係数を  $U$ 、伝熱面積を  $A$  とするとき、伝熱量  $Q$  を求める式を導け。また、 $T_1=50 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $T_2=30 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $t=10 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $U=200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $A=5 \text{ m}^2$  とするとき、 $Q$  の数値を計算し、有効数字 2 桁で記せ。必要ならば次の数値を使用せよ。 $\ln 2 = 0.69$ 、 $\ln 3 = 1.1$ 、 $\ln 5 = 1.6$

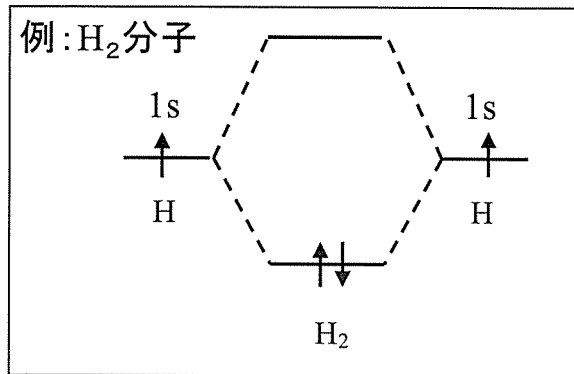
平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 D

- 問題 1 仮想的にヘリウムの2原子分子  $\text{He}_2$  分子を考える。例にならって  $\text{He}_2$  分子の分子軌道を書き、その化学的安定性について記せ。また、この2原子分子  $\text{He}_2$  分子と  $\text{He}_2^+$  イオンの安定性についても比較して述べよ。



- 問題 2  $\text{Li}^+$  のイオン半径を  $\text{Na}^+$  および  $\text{Be}^{2+}$  のイオン半径と比較して大小関係を示せ。また、そのように考えた理由を記すこと。

- 問題 3 イオン化エネルギーについて次の問いに答えよ。

- (1) 第一イオン化エネルギーとはどういうものか説明せよ。
- (2) 1族元素において原子番号が増加すると第一イオン化エネルギーはどのような変化を示すか記せ。また、そのように考えた理由を記すこと。

- 問題 4 周期表の第二周期の元素のいくつかは、隣の族の第三周期の元素と類似した化学的性質を示すことが知られている。例えば原子番号3の元素と原子番号12の元素の組み合わせや原子番号5の元素と原子番号14の元素の組み合わせである。これらの組み合わせの元素の関係は「対角の関係」と呼ばれる。この対角の関係について次の問いに答えよ。

- (1) 対角の関係にある元素の組み合わせとして例に挙げた2組について、それぞれの組の元素を元素記号と元素名の両方で答えよ。
- (2) 対角の関係が現れる理由として考えられることを述べよ。

— 専門試験 —

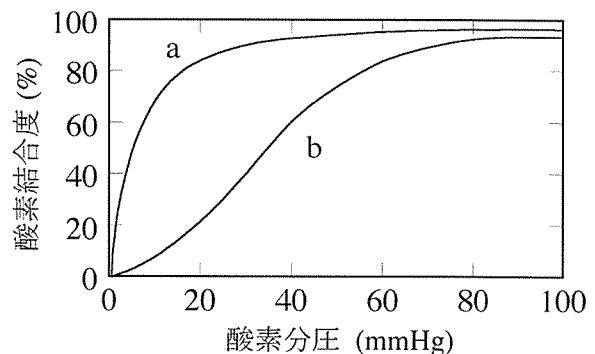
(生命・物質工学科)

問題 E

以下の設問すべてについて解答すること。

**問題 1** 酸素結合性のタンパク質についての文章を読み、(1)-(5)の問いに答えよ。

酸素結合性タンパク質のミオグロビンとヘモグロビンとともに酸素結合部位としてヘムを有している。これらのタンパク質は8本程度の①α-ヘリックスが折りたたまれた球状構造を有し、ヘモグロビンでは二種類の球状構造(αとβ)が2つずつ寄り集まった4量体を形成する。これらのタンパク質はともに水溶性で、②球状構造の内部には(ア:親水性/疎水性)アミノ酸、表面には(イ:親水性/疎水性)アミノ酸が多く含まれる。1つの球状構造あたり1つのヘムが結合している。これらのタンパク質は構造的には類似しているが、生体内では酸素の貯蔵と運搬という異なる役割を担っている。酸素分圧に対する酸素結合量を表す曲線(下図)からその役割の違いが読み取れる。曲線 a では低酸素分圧で酸素と結合し(ウ:やすい/にくい)。曲線 b では低酸素分圧では酸素と顕著に結合し(エ:やすく/にくく)、高酸素分圧では結合し(オ:やすい/にくい)。③この曲線 b ように酸素結合性が酸素分圧により変化する S 字型の酸素結合性は4量体構造に由来し、低分圧下で酸素が4つのヘムのどれかに結合すると、他のヘムに結合し(カ:やすく/にくく)なる性質を反映しており、これはタンパク質の立体構造の変化が原因となっている。



- (1) (ア) から (カ) のかっこ内の適切な語を選び、文章を完成させよ。
- (2) タンパク質は下線部①のように、階層構造を持つ。アミノ酸配列、α-ヘリックス、折りたたまれた球状構造、4量体構造などをそれぞれ何次構造と呼ぶか。
- (3) 下線部②のような構造は尿素などの変性剤により壊される。タンパク質でのどのような相互作用に尿素が関与してタンパク質を変性させるのか、簡潔に述べよ。
- (4) 下線部③のような性質を表す効果をなんといいか。
- (5) 酸素運搬体(ヘモグロビン)の酸素結合曲線は図中 a と b のどちらであるか、その理由とともに述べよ。

平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

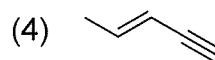
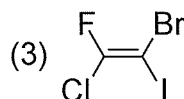
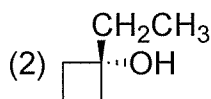
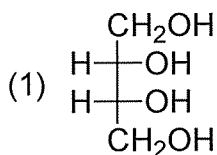
— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

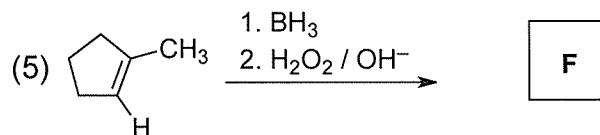
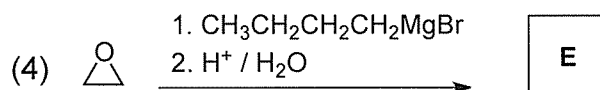
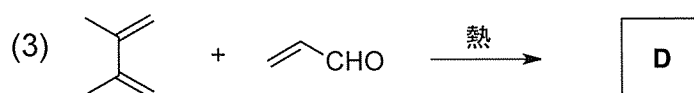
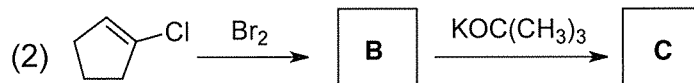
問題 F

設問すべてについて解答すること。

問題 1 次の化合物を IUPAC 命名法にしたがって命名せよ。必要に応じて立体化学も示せ。



問題 2 以下の反応の主生成物 A から H の構造を示せ。



平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 G

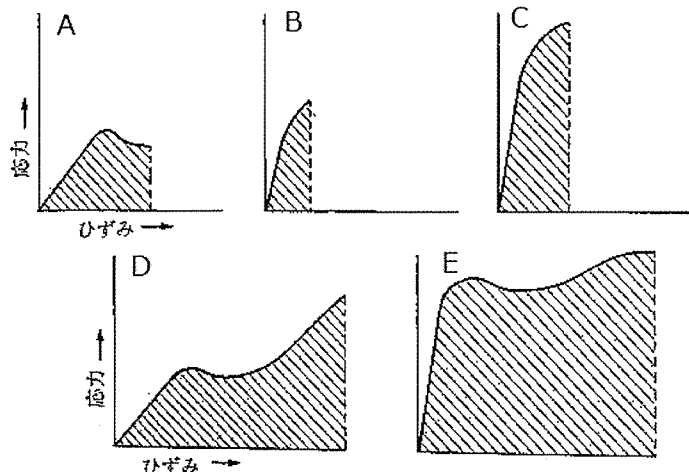
[I] 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。ただし、高分子化合物の末端については考慮する必要はない。必要に応じて、原子量は次の値を用いよ。H:1.0 C:12 O:16

一般に、高分子化合物は、ほとんど電気を通さないが、日本の白川らは、アセチレンの<sup>ア</sup>重合により得られる<sup>①</sup>ポリアセチレン(トランス型)に<sup>イ</sup>を加えると、金属に近い電気伝導性を示すことを発見した。このような<sup>ウ</sup>高分子は、軽量で成形が容易であり、コンデンサーや電池に応用されている。また、<sup>②</sup>ポリフェニレンビニレンなどの<sup>ウ</sup>高分子に電気を通すと光を発することを利用し、<sup>エ</sup>ディスプレイが製造されている。上述のように多くの高分子は、ほとんど電気を通さない<sup>オ</sup>に属する。<sup>オ</sup>とは、電界を加えたとき物質が<sup>カ</sup>し、電気エネルギーを蓄積する性質をいう。また、光を当てた部分が硬化し溶媒に溶けなくなったり、逆に溶けるようになる性質を持つ樹脂を<sup>キ</sup>樹脂と呼び、プリント配線や集積回路に応用されている。最近では、成形後にその形を変形しても、ある温度以上に熱すると元の形にもどる高分子を<sup>ク</sup>高分子と呼び、注目されている。<sup>ク</sup>高分子には、<sup>③</sup>ポリノルボルネンや<sup>④</sup>1,4-トランス-ポリイソプレンなどがある。

- (1) 空欄 <sup>ア</sup> から <sup>ク</sup> に当てはまる適当な語を記せ。
- (2) 下線①から④に関して、その構造式をモノマーの繰り返しができるように記せ。
- (3) 下線④で示された高分子に十分な量の水素を触媒とともに加えて完全に反応させると8gの水素が消費された。使われた高分子は何gだったのかを整数値で求めよ。ただし、途中の計算式も必ず記せ。

[II] 次の(1)～(2)の問いに答えよ。

- (1) 高分子材料だけに限らず、種々の材料に対して最も広く使われている力学的試験は、応力-ひずみ試験である。Carswellらは、高分子の応力-ひずみ曲線を五つの型に分類している(下図A-E)。どの図が、軟らかくて弱い、軟らかくて強い、硬くてもろい、硬くて強い、および硬くて粘り強い材料の曲線かを記せ。



[図出典：化学同人 “高分子化学序論” (1988)]

- (2) 高分子材料に特徴的な熱的性質であるガラス転移温度をコントロールする手法を3つ挙げよ。

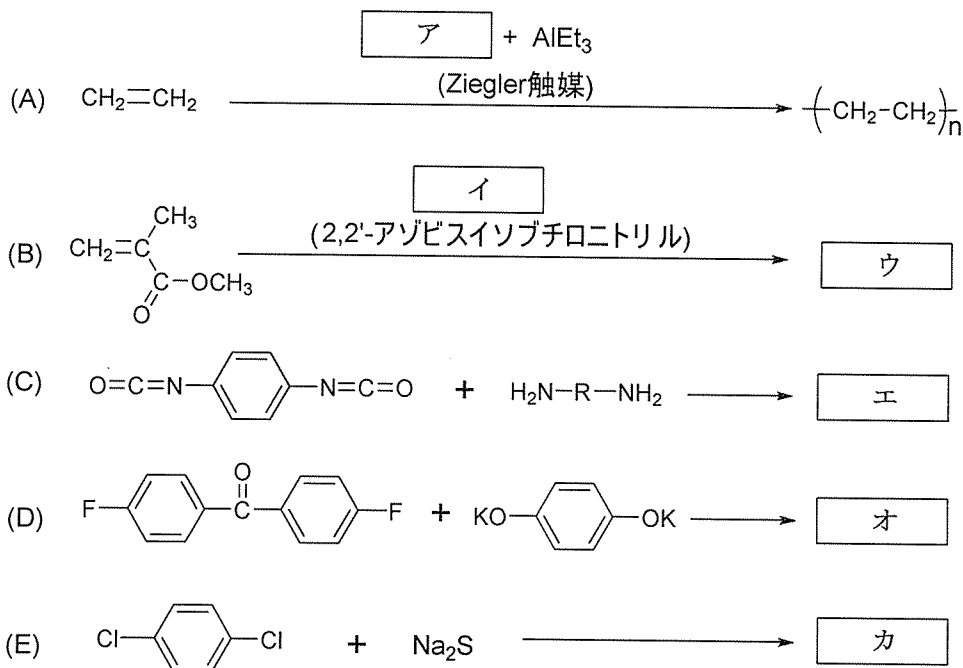


平成29年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

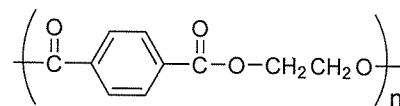
(生命・物質工学科)

問題 H



問題1 [ア]の組成式と[イ]~[カ]に当てまる化学構造式を記せ。構造式は右の例にならって記すこと。また、ポリマー[エ]~[カ]について官能基に由来する名称(例:ポリエステル)を答えよ。

例



問題2 (A)などの配位重合により得られるポリエチレンと高圧ラジカル重合により得られるポリエチレンとの違いについて述べよ。

問題3 (B)の重合に関して、開始剤である2,2'-アゾビスイソブチロニトリル(AIBN)から生じるラジカルの構造式を記せ。また、成長ラジカルの2種類の二分子停止反応を、化学構造式を用いて説明せよ。

問題4 アニオン重合によりスチレンとメタクリル酸メチルとのブロック共重合体を合成する場合、どちらのモノマーを先に重合させる必要があるか。その理由を述べよ。

問題5 *n*-ブチルリチウムを開始剤に用いてスチレンをリビングアニオン重合させ、そこにポリマー鎖と等モルのエチレンオキシドを反応させた。得られた末端官能基化ポリマーとメタクリル酸塩化物との反応から、マクロモノマーを合成した。このマクロモノマーの重合から得られるグラフトポリマーの化学構造式を示せ。