

2020年度編入学者・転入学者選抜学力検査
専門試験問題

生命・応用化学科

2019年6月21日（金）午前10時00分～12時00分

注意事項

- (1) 生命・物質化学、ソフトマテリアル、環境セラミックスに関する問題10問（A～J）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～J）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204B室
集合場所 1号館2階203B室
集合時間 午後2時15分

2020年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

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) KCl および Na_3PO_4 が、それぞれ 0.20 mol L^{-1} および 0.30 mol L^{-1} の濃度で溶解している水溶液の、イオン強度を求めよ。
- (2) PbCl_2 の純水への溶解度は $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ である。 PbCl_2 の溶解度積を求めよ。
- (3) $\text{pH} = 4.0$ における AgCN 溶液中の Ag^+ イオンの濃度を求めよ。ただし、 Ag^+ イオンは CN^- イオンとのみ平衡にあり、 AgCN の溶解度積は 1.0×10^{-14} 、 HCN の酸解離定数は 1.0×10^{-10} として計算せよ。

問題 2 以下の問いに答えよ。

- (1) MnO_4^- が $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ 、 Mn^{2+} が $4.0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ である溶液の pH が 3.0 のときの半反応の電位を求めよ。ただしこの半反応の標準電位を 1.51 V とする。
- (2) $1.0 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ 中の $0.10 \text{ mol L}^{-1} \text{ Fe}^{2+}$ 溶液 100 mL に $0.02 \text{ mol L}^{-1} \text{ MnO}_4^-$ 溶液を 20 mL 加えたときのこの溶液の電位を求めよ。ただし Fe^{2+} を含む半反応の標準電位を 0.771 V とする。

問 3 以下の語句・事象について説明せよ。

- (1) 分析値の精度と確度
- (2) ランベルト・ベールの法則
- (3) 両性電解質

2020年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —
(生命・応用化学科)

問題 B

問題 1 次の(1)~(3)の問いについて解答に至る導出過程も記して答えよ。ただし、計算では $\ln X = \log_e X$ であるので、 $\ln 2 = 0.693$, $\ln 3 = 1.099$ を利用してよい。 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ J/m}^3$ とする。

(1) 理想気体, 300K の等温下で, 圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $72.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるまで, 増加させた時のモルギブズエネルギー変化 ΔG_m はいくらか気体定数 R を単位として求めよ。

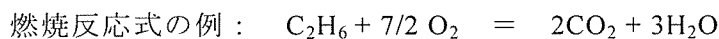
(2) 理想気体, $1.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ の体積で, 圧力を $1.50 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $54.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるまで, 等温でかつ体積変化なく増加させた時のギブズエネルギー変化 ΔG を kJ 単位で求めよ。

(3) 鉄で出来た同じ質量 (各 40.0 mol) の塊が温度 T_h (900K) と T_c (300K) に保存されていた。これを熱接触させて平衡にした時の温度 T_f (final) と全エントロピー差 ΔS_f (JK^{-1}) を求めよ。ただし、式 $\Delta S = n C \ln(T_2/T_1)$ において定数 $C = 25.00 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ を利用してよい。

問題 2 次の文章を読み, (1)~(3)の問いについて解答に至る導出過程も記して答えよ。

常温常圧の同一条件下, 1m^3 の体積変化のない容器に入った2つの燃料が部屋A (CH_4) と部屋B (C_3H_8) に用意され, それぞれの部屋AとB内で開封して穏やかに完全燃焼させる。ただし, 燃焼によって発生した水の体積は無視する。解答は部屋ごとに分けて書くこと。

(1) 部屋AとBにおける燃焼反応式を例にならって書け。



(2) 理想気体として, 部屋AとBでの必要な理論酸素量は常温常圧で何 m^3 かそれぞれ計算して予測せよ。

(3) 部屋AとBで燃焼させた場合の残存酸素量, 部屋の最終的な全圧が当初の何%となるか, 各部屋について予測せよ。部屋は6畳 25m^3 の空間で, 空気中の酸素量は $20 \text{ vol}\%$ とする。部屋AとBの計算結果を元に化合物の性質について比較してコメントせよ。

2020年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 C

問題 1 内径 D [m] の円管にポンプ所要動力 P [W] のポンプを用いて密度 ρ [kg/m³] および粘度 μ [Pa·s] の液体が流量 Q [m³/s] で流れている。以下の問いに答えよ。

- (1) SI 誘導単位であるワット W およびパスカル Pa を SI 基本単位であるメートル m、キログラム kg、秒 s で表せ。

例：吸収線量の SI 誘導単位グレイ Gy の場合：[Gy] = [m²/s²]

- (2) 管内壁面に摩擦応力 τ_w [Pa] が生じた。 τ_w は内径 D [m]、流量 Q [m³/s]、密度 ρ [kg/m³]、粘度 μ [Pa·s] および無次元定数 k [-] を用いて次式のように表現できると仮定した時、この式を質量 M、長さ L、時間 T を用いた次元式の形で表せ。

$$\tau_w = kD^a Q^b \rho^c \mu^d$$

- (3) (2) で得られた次元式をもとに次元解析を行い、無次元項を記せ。

問題 2 混合槽で食塩水 (原液) に水を加えて、濃度を調整している。通常、混合槽へは 15.0wt% の食塩水、水がそれぞれ流量 $W_s=10.0$ kg/s、 $W_w=20.0$ kg/s で流入し、均一に混合され、希釈食塩水となって流出している。加える水には食塩が含まれないとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 前述の通常の場合で得られる希釈食塩水の濃度 (wt%) を求め、有効数字 2 桁で答えよ。

- (2) 水の流量調整を誤ったため、希釈食塩水の濃度が 6.0wt% となった。食塩水 (原液) の流量が変わらないとして、この時の水の流量 (kg/s) を求め、有効数字 2 桁で答えよ。

- (3) (1) の濃度の希釈食塩水の流量を 40.0 kg/s に増加したいとき、必要となる食塩水 (原液) と水の流量 (kg/s) をそれぞれ求め、有効数字 3 桁で答えよ。

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 D

問題 以下の文章を読み、小問全てに解答せよ。

(I) H_2CO_3 , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 などは身の回りでよく見られるオキシ酸である。これらの酸の強度は次に示す経験則 ((a) の規則) で概算することができ、一般化されている。

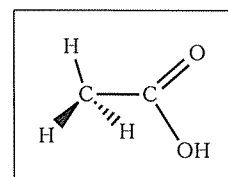
① 多塩基酸の酸解離定数 ($\text{p}K_{a_n} = -\log K_{a_n}$) とそれに引き続いて生じる酸解離定数との比 ($K_{a_n}/K_{a_{n-1}}$) は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ である。

② $\text{O}_n\text{A}(\text{OH})_m$ (n , m はそれぞれオキシ基、ヒドロキシ基の数) の $\text{p}K_{a_1}$ は $8-5n$ で表される。

またこれらオキシ酸には (II) 平面構造をとるものが多く知られている。

(1) (a) に当てはまる語を記せ。

(2) H_3PO_4 の構造を例にならって描け。



(3) H_3PO_4 の酸解離定数を (a) の規則に従って計算せよ。ただしここでは $K_{a_n}/K_{a_{n-1}} = 10^{-5}$ とする。

(4) 水溶液中に溶解した CO_2 の酸解離定数は、(a) の規則を用いて H_2CO_3 で予想される酸解離定数よりも極端に小さい。その理由を述べよ。

(5) 下線部 (I) のオキシ酸を構成する陰イオンの中で、下線部 (II) の平面構造を有するものを全て選べ。

(6) HClO_4 もオキシ酸に分類される。この酸の名称を記すとともに、酸性度の強弱について H_2CO_3 , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 と比較しながら述べよ。

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 E

問題1 設問すべてについて解答すること。

タンパク質についての文章をよみ、(1)～(5)の問いについて答えよ。

タンパク質は、 α -アミノ酸が脱水縮合して形成されるペプチド結合で構成される線状高分子化合物である。タンパク質を構成するアミノ酸は主に20種類あり、タンパク質はこれらのアミノ酸の共重合体とみなせる。また、(ア)を除くアミノ酸は1つの(イ)を含み光学活性であるが、天然のタンパク質のほとんどは、(ウ)-体のアミノ酸で構成される。各アミノ酸は、(イ)と結合した側鎖によって特有の性質を示し、タンパク質中においても、その性質に応じてそれぞれ異なった役割を果たしている。

最も身近なタンパク質の機能として、生化学反応を(エ)する酵素がある。酵素反応の特徴は、温和な条件での高い反応性と高い反応特異性がある。反応特異性とは、酵素が特定の(オ)としか反応しないことを意味する。例として、①タンパク質分解酵素であるキモトリプシンは、タンパク質中にある複数のペプチド結合をどれでも同じように加水分解せず、ある特定のアミノ酸残基のカルボキシ基側のペプチド結合を切断しやすい。また、酵素活性の発現のためには②適切な立体構造(高次構造)をとることが重要であり、③化学物質の添加やおかれた環境によっては、高次構造が破壊され、活性を失うことがある。一方で④酵素によっては条件を整えることで破壊された高次構造が巻き戻され、失われた酵素活性が回復されることも知られている。

- (1) 空欄(ア)から(オ)に当てはまる適当な語を記せ。
- (2) 下線①に関して、ある特定のアミノ酸残基とは、芳香族アミノ酸である。まず天然タンパク質にみられる芳香族アミノ酸名を2つ記せ。また、キモトリプシンの反応において高い(オ)特異性が生じるのはなぜか、その理由を100文字以内で記せ。
- (3) 下線②に関して、適切な立体構造(高次構造)は複数の非共有結合性の相互作用が連携することで形成される。これらの相互作用名もしくは結合名を2つ記せ。
- (4) 下線③に関して、この現象名を記せ。また、身の回りのタンパク質で見られるこの現象例を1つ記せ。ただし、この現象が可逆的なもの不可逆的なものどちらでも可とする。
- (5) 下線④に関して、ある酵素では、酵素活性を失ったタンパク質を高濃度の尿素で処理し、その後尿素を段階的に取り除くことで、酵素活性が回復される。これはなぜか、その理由を100文字以内で記せ。

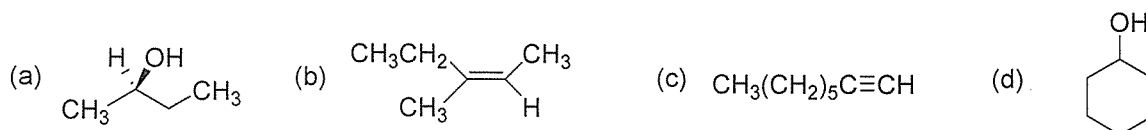
— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

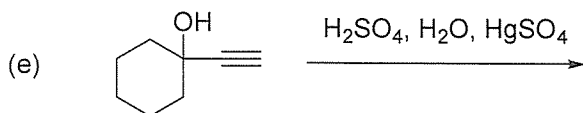
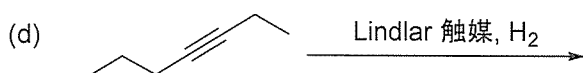
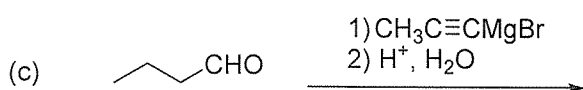
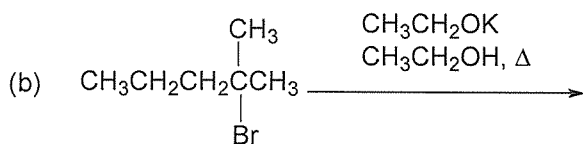
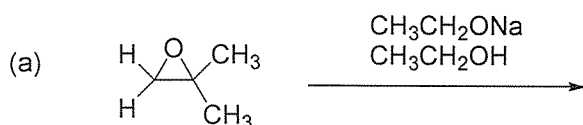
問題 F

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 命名法に従って命名せよ。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の構造式を示せ。



— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 G

問題1 次の文章を読み、(1)～(7)の問いについて答えよ。

工業材料として、金属をはじめ、セラミックス、高分子とそれらの複合材料が様々な産業で使用されている。金属やセラミックスは、それを構成する原子が金属結合やイオン結合などで結ばれ、外力に対する変形を受けにくいいため、大きな弾性率を有している。高分子物質の場合、高分子間を化学的に結合する場合を除き、高分子の分子鎖間に働く分子間力は、ア、イ、ウなどである。①高分子は分子量が大きく長いヒモのようなものであるから、分子間力の一つひとつは弱い力でもまとまると分子間には大きな力が働き、様々な材料に活用される。②物質の外力に対する変形は、弾性、粘性、および両者の性質を備えた粘弾性に分類でき、高分子物質の特徴は、③一定応力で変形が増大する現象と④外力を除くと徐々に変形が戻る現象を示す点にあり、粘弾性体と呼ばれる。また高分子物質は、一般に⑤高分子鎖が配列した結晶領域と鎖の相対配置がばらばらになっている非晶領域からなる。

(1) 空欄 ア から ウ に当てはまる適当な語を記せ。なお、金属結合とイオン結合は除く。

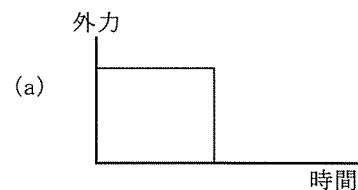
(2) 下線①について、高分子が溶融した状態では、高分子鎖が互いに絡み合い、その絡み合いが特有な固体物性として現れる。高分子鎖が絡み合っていることを示す実験例を示し、その現象名を記せ。

(3) 下線①について、分子量測定方法は種々あるが、分子量が5万の高分子の分子量測定として使用できない方法は次のうちどれか。また選んだ理由を記せ。

(a) 超遠心法 (b) 浸透圧法 (c) 光散乱法 (d) 凝固点降下法

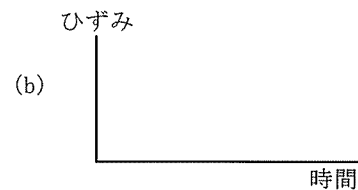
(4) 下線①について、分子量10,000の高分子30個、20,000の高分子40個、50,000の高分子30個からなる高分子の数平均分子量および重量平均分子量を有効数字2桁で求めよ。なお、途中の導出過程も示すこと。

(5) 下線②について、弾性体、粘性体および粘弾性体のそれぞれに外力をかけた時間(a)に対する変形(ひずみ)の経時変化(b)を右図の例にならって個別に記せ。



(6) 下線③および④について、各現象は何と呼ばれるか記せ。

(7) 下線⑤について、高分子物質の密度を測定して、結晶化度 X を見積もることができる。いま実測の密度を d とし、結晶部分の密度を d_c 、非晶部分の密度を d_a とした時、 X とこれら密度との関係を式で示せ。



一 専門試験 一

(生命・応用化学科)

問題H

I 天然由来高分子に関する以下の文章を読み、設問全てについて解答すること。

自然界には多くの高分子が存在する。①セルロースとデンプンは、いずれも D-グルコースを繰り返し単位とするが、そのつながり方により異なった性質を示す。セルロースは、繊維としてだけでなく、②ヒドロキシ基を化学修飾することでフィルムとして利用されてきた。この他、天然に存在する高分子を利用している例として、パラゴムノキから採取した③ラテックスの橋架け反応がある。

問1 下線部①について、次の括弧内 [ア] から [オ] に当てはまる語句を記せ。

セルロースは、2分子の D-グルコースが [ア] グリコシド結合を、デンプンは、[イ] グリコシド結合を作っている。セルロースは、[ウ] 水素結合によってシート状の構造をとることで結晶性を示す。デンプン中の分岐構造をもたない [エ] は [オ] 構造をとるため、内部空間にヨウ素を取り込み青紫色を呈する。

問2 下線部②について、8.10 g のセルロースに含まれる全てのヒドロキシ基をアセチル化した。理論上は何 g の高分子が得られるか。有効数字 3 桁で答えよ。原子量は次の値を用いるものとし、高分子の末端構造は無視すること。H: 1.0, C: 12, O: 16

問3 下線部③について、次の括弧内 [カ] から [ケ] に当てはまる語句を記せ。

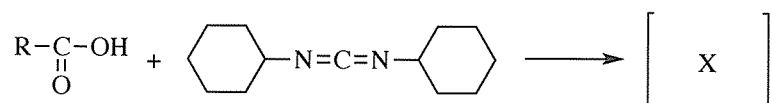
天然ゴムの主成分であるシス-1,4-[カ] と硫黄を加熱すると、硫黄から生じた [キ] が二重結合の隣の炭素から [ク] を引き抜き、炭素間に硫黄が挿入される。この操作を [ケ] と呼び、これによりゴム弾性を示すようになる。

II 合成高分子に関する以下の文章を読み、設問全てについて解答すること。

シュタウディングーによる高分子説が認められつつある頃、カロザースは、ジカルボン酸とジアミンの縮合反応により①ナイロン 66 の合成に成功した。カルボン酸とアミンの反応は高温で起こるが、②縮合剤を加えると低い温度でも行うことができる。同様なアミド結合を繰り返し単位に有する高分子として③ナイロン 6 が知られている。

問1 下線部①について、ナイロン 66 の原料となる 2 種類のモノマーの構造式を書け。また、高分子量体にするためには両モノマーを等モル加え、反応時間を十分とることが重要である。モノマーの等モル性を保つため、どのような工夫がなされるか。

問2 下線部②について、次の反応式で生成する活性エステル X の構造式を書け。



問3 下線部③について、ナイロン 6 の繰り返し単位の構造式を書け。

2020年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 I

問題 1 設問すべてについて解答すること。

I 吸着に関する次の文章を読み、(1)～(4)の問いについて答えよ。

吸着とは、気相または液相にあって三次元運動していた物質（吸着質）が、その相と接触する固体（または液体）との界面に束縛、濃縮される現象であり、①が減少する過程である。また吸着は自発的に起こることから、定圧下における吸着過程のギブズ自由エネルギー変化 ΔG の式から吸着による②変化は負となる。つまり、吸着過程は③である。吸着する分子 1 mol あたりの発熱量を④という。

(1) ①、②には異なる状態量が入る。適切な状態量を答えよ。

(2) 定圧下における吸着過程のギブズ自由エネルギー変化 ΔG を表す式を記せ。

(3) ③には「発熱過程」もしくは「吸熱過程」のいずれかが入る。正しい方を選択し、ギブズ自由エネルギー変化 ΔG の式を用いて、その理由を説明せよ。

(4) ④にあてはまる適切な語を記せ。

II 次の文章を読み、(1)～(3)の問いについて答えよ。

化学工業において触媒は欠かすことのできない機能材料である。様々な成分が触媒として利用されるが、中でも白金などの貴金属は触媒活性が非常に高く、少量でも十分な性能を発現する。効果的に貴金属を利用するため、アルミナなどの高い比表面積を有する材料（担体）表面に分散担持して利用されることが多い。

化学反応は触媒表面で起こることから、活性点として作用する貴金属粒子の表面積が重要となる。貴金属粒子の表面積は分子の化学吸着を利用して評価される。吸着分子としては一酸化炭素（CO）を利用することが多く、これは金属原子 1 個に 1 分子の CO が不可逆的に吸着するためである。CO 吸着量から貴金属の表面積を算出することができる。

(1) 触媒として利用される白金は面心立方構造をもつ。xyzの座標軸を解答用紙に記入し、面心立方構造を図示せよ。

- (2) 貴金属粒子の表面積を算出するにおいて、貴金属原子の断面積を求めることが必要である。白金について、指数100においては白金原子が互いに接していると考えて白金原子の直径 (nm) を求め、さらに白金原子の断面積 (m^2) を算出せよ。白金の格子定数を 0.39 nm 、円周率 π を 3.14 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ とし、必要に応じて適宜使用せよ。解答は導出過程も記載すること。
- (3) 25°C 、1気圧の条件において、白金にCO分子を吸着させたところ、白金1gあたりの吸着量は 4.48 cm^3 となった。白金1gあたりの比表面積 (m^2/g) を算出せよ。なお、アボガドロ定数 N_A は 6.02×10^{23} 個/mol、気体分子1molの体積は $2.24 \times 10^4 \text{ cm}^3$ とし、白金原子1個の断面積は上記(2)で求めた数値を用いること。解答は導出過程も記載すること。

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 J

問題 次の半導体に関する兄妹の会話に関して、以下の設問に答えよ。

兄 図1は真空準位(0 eV)を基準に半導体のバンドギャップなどの位置関係を示したもので、光触媒やセンサ、透明電極や電池など様々な新規材料の設計に重要な指針を与えるよ。

妹 半導体はキャリアが [ア] か [イ] によってそれぞれ [ウ] 型と [エ] 型に分類され、また斜線//と黒塗り部分 (■) は [オ] 帯と [カ] 帯、そして白色部分がバンドギャップね。5 eV 以上の大きなバンドギャップを持つ材料は電気が流れず一般に絶縁体に分類されるよね。

兄 それは誤解だよ。例えば CdF_2 はバンドギャップが 7eV 以上だけど半導体だよ。 CdF_2 の [オ] 帯下端は約 -5eV と低く、[キ] ドープによって [ク] 型伝導性が発現するよ。

妹 バンドギャップの大きさと半導体や絶縁体と判断してはだめなのね。それにしても CdF_2 の [カ] 帯上端は他の材料と比べて -12 eV 程度とかなり低いのね。

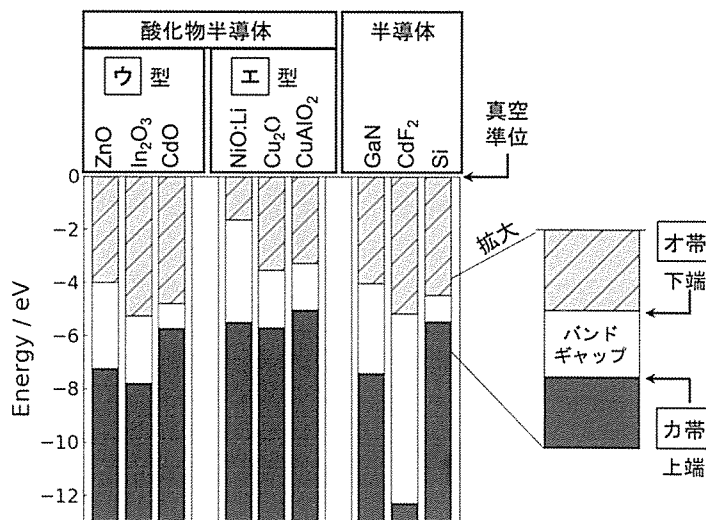


図1 半導体のバンド構造

兄 それは F(フッ素)の性質が関係しているよ。F は全元素の中で [ケ] の値が最大でアニオンになりやすいよね。逆にいえば F から電子を引き抜いてカチオンにするためにはとても大きな [コ] が必要だよ。

妹 [カ] 帯上端の電子を真空準位まで引き出すのに相当するエネルギーが [コ] と習ったわ。このエネルギーが大きいから CdF_2 は [カ] 帯上端がこれほど低いのね。

兄 バンドギャップがおおよそ 3 eV を超えると可視光を吸収しないため窓ガラスのように透明に見えるよ。透明でかつ半導体としての性質を併せ持つ材料はスマートフォンや有機 EL ディスプレイに不可欠だよ。セラミックス(酸化物)の [カ] 帯は主に酸素の [サ] 軌道で構成され、酸素の一部を窒素などに置き換えてもバンドギャップなどが変化するんだ。

妹 セラミックスのバンド構造の制御ってなんだかおもしろそうね。

(1) ア ~ サに入る語句を次の語群から選んで答えよ。なお同じ語句を複数回選んでも良い。

語群 $\left(\begin{array}{l} \cdot \text{光子} \quad \cdot \text{電子} \quad \cdot \text{正孔} \quad \cdot \text{価電子} \quad \cdot \text{イオン} \quad \cdot \text{フェルミエネルギー} \\ \cdot \text{伝導} \quad \cdot \text{イオン化傾向} \quad \cdot \text{イオン化エネルギー} \quad \cdot \text{電気陰性度} \\ \cdot \text{電気伝導度} \quad \cdot 2s \quad \cdot 2p \quad \cdot 3d \quad \cdot n \quad \cdot p \end{array} \right)$

(2) 次の文章①~④の文章のうち、正しいものを全て選びなさい

- ① 図 1 で電子は下にいく(マイナスの値が大きい)ほど安定化し、逆に正孔は上に位置するほど安定化する。
- ② GaN は n 型に比べて p 型になりやすい傾向がある。
- ③ 電子の占有と非占有状態の境界のエネルギーをフェルミ準位と呼ぶが、このフェルミ準位はそれぞれの物質に固有の値で変化しない。
- ④ 半導体の電気導電率はつねに一定で温度が変わっても変化しない。

(3) 図 1 の縦軸(エネルギー)は[eV]の単位で表されている。電圧 V の前の e は A と呼ばれ、ここでは $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。1 eV は 1 V の電圧を印加したときの電子 1 個あたりのエネルギーに対応し、1 eV = B J である。(J はジュール)

- ① A と B に入る言葉、数値を答えなさい。
- ② アボガドロ数を 6.0×10^{23} とすると、1 モルの電子に 1 V を加えたときのエネルギーを kJ/mol の単位で答えよ。またボルツマン定数を $1.4 \times 10^{-23} \text{ [J/K]}$ とすると、1 eV のエネルギーは温度に換算して何 [K] に相当するか答えよ (有効数字 2 桁)。

(4) 会話中の二重下線部分について、 CdF_2 のバンドギャップの値をあまり変化させずに キ をドーピングする方法を次の 2 つの用語①、②を用いて説明せよ。

(用語① Cd の価数 用語② 同形置換)

(5) 電気導電率(σ)は $\sigma = ne\mu$ と定義され、 n はキャリア濃度、 μ は移動度と呼ばれる。電子の濃度と移動度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、および $1 \times 10^3 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ のとき、導電率を求めよ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とし、単位をつけて回答すること)。