

化 学

学 部	学 科(クラス)	配 点
理工学部	理工学科(化学クラス)	550 点
	理工学科(数理・物理クラス, 材料科学クラス, 電気電子・情報通信クラス, 機械知能航空クラス, 社会基盤・環境工学クラス, データサイエンス応用オープンクラス)	300 点
	理工学科(情報系クラス)	200 点
農 学 部	食料農学科, 生命科学科, 地域環境科学科, 動物科学・水産科学科	300 点
獣医学部	共同獣医学科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は, ① から ⑤ までの計 5 問です。
2. ① から ⑤ までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は, (6 の 1) から (6 の 6) までの計 6 枚です。解答は, すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに, 本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後, 問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

H : 1.00 C : 12.0 O : 16.0

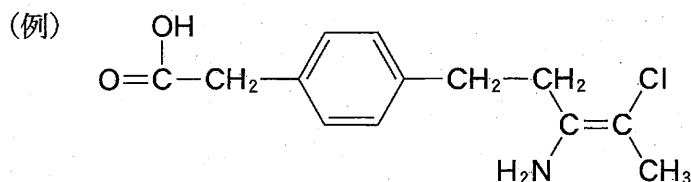
アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

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 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\sqrt{2} = 1.41$ $\sqrt{3} = 1.73$ $\log_{10} 2 = 0.30$ $\log_{10} 3 = 0.48$

2) 構造式は例にならって書け。



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問8に答えよ。

[I] 塩化水素分子では、水素原子と塩素原子がそれぞれ1個の不対電子を出し合うことで (ア) 電子対をつくり、 (ア) 結合している。一方、塩素原子の残りの価電子は、もともと対になっていて原子間で (ア) ^① されない。このような電子対を (イ) 電子対という。

またアンモニア分子においては、窒素原子の (イ) 電子対が水素イオン ^② に供与されて (ア) 結合を形成することにより、アンモニウムイオンが生成する。このようにしてできる結合を特に (ウ) 結合という。

気体の塩化水素と気体のアンモニアが反応すると、白煙を生じる。この反 ^③ 応は酸と塩基の反応であるが、水溶液の反応ではないため (エ) の定義では説明しづらい。しかし、 (オ) の授受という視点で酸と塩基の定義を拡張することにより、酸と塩基の反応としての説明が可能になる。

問 1. 空欄 (ア) ～空欄 (オ) に入る最も適切な語句を書け。

問 2. 下線部①について、塩素原子にもともと対になっている価電子が何組存在するかを答えよ。

問 3. 下線部②について、アンモニウムイオンの電子式を書け。

問 4. 下線部③について、この化学反応式を書け。

[II] 一般に、高級脂肪酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱することで が得られる。 は、水になじみやすい親水基と、水になじみにくい疎水基からなり、^④ 水の表面では親水基を水中、疎水基を空気中に向けて並び、水の を小さくするはたらきを持つ。また の水溶液はある濃度以上になると を形成し、その中に汚れ成分である油脂などが取り込まれることにより洗浄力が現れる。しかしカルシウムイオン Ca^{2+} やマグネシウムイオン Mg^{2+} が多く含まれる 水中で使用すると、 ため、洗浄力を失う。

高級脂肪酸の1種であるオレイン酸 $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ には、C原子間の二重結合が 個含まれる。オレイン酸を蒸発しやすいシクロヘキサンに溶かし、^⑤ この溶液を清浄な水面に所定量滴下すると、シクロヘキサンが蒸発してオレイン酸のみが水面上に広がる。このとき、親水基を水中に、疎水基を空気側に向けて隙間なく一層に並ぶ。このような膜を単分子膜という。

問 5. 空欄 ～空欄 に入る最も適切な語句を書け。

問 6. 空欄 に入る適切な説明を書け。

問 7. 下線部④について、オレイン酸から得られた において、親水基と疎水基になる部分の、それぞれの構造を示性式で答えよ。

問 8. 下線部⑤について、アボガドロ定数を求めるため次の実験を行った。

【実験】 オレイン酸 m [g] をシクロヘキサンに溶かして全体を V_0 [mL] とし、その溶液を水面に v [mL] 滴下した。その結果生成した単分子膜の面積は S [cm²] であった。

水面上でオレイン酸 1 分子が占める面積を a [cm²] とするとき、次の設問(1)～設問(4)に答えよ。

- (1) 単分子膜中のオレイン酸分子の数を a を用いた文字式で示せ。
- (2) 単分子膜を形成したオレイン酸の物質量 [mol] を文字式で示せ。
- (3) アボガドロ定数を N_A [/mol] とするとき、単分子膜中のオレイン酸分子の数を、 N_A を用いて文字式で示せ。
- (4) この実験より求められるアボガドロ定数 N_A [/mol] を文字式で示せ。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

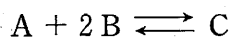
以下の化学反応式により、物質Aと物質Bから、生成物Cができる。



反応開始直後の反応速度 v は、反応速度定数を k とする以下の反応速度式で表せることが、実験によって分かっている。 a と b は実験で求められる値である。

$$v = k[A]^a[B]^b$$

さらに、この反応が進行し、十分に反応時間が経った後、以下の化学反応式で表せる平衡状態に達した。



まず、反応速度定数 k を調べるために、反応温度が一定の条件下で物質Aと物質Bの初期濃度を何通りか設定し、反応開始直後の反応速度 v を調べた。その実験結果を以下の表に示した。

表 物質Aと物質Bの初期濃度と反応速度の関係

実験	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
実験Ⅰ	0.50	0.60	1.5×10^{-3}
実験Ⅱ	1.00	0.60	3.0×10^{-3}
実験Ⅲ	0.50	1.60	(ア)
実験Ⅳ	0.60	1.00	3.0×10^{-3}
実験Ⅴ	0.60	1.50	4.5×10^{-3}
実験Ⅵ	1.00	(イ)	4.0×10^{-3}

次に、一定温度下で十分な反応時間を経て平衡状態となった後、実験Ⅰにおける生成物Cの濃度を測定した。

問 1. この実験において触媒を添加したところ、反応速度が大きくなった。また、反応温度を上昇させた場合にも、反応速度が大きくなった。次の(1)~(4)の値について、触媒の添加により、変化するものに「○」、変化しないものに「×」を書け。また、反応温度の上昇により、変化するものに「○」、変化しないものに「×」を書け。

- (1) 反応速度定数 k
- (2) 活性化エネルギー
- (3) 平衡状態の生成物 C の濃度
- (4) 平衡定数 K_c

問 2. 実験 I と実験 II の実験結果を用いて反応速度式の a の値を、実験 IV と実験 V の実験結果を用いて反応速度式の b の値を、それぞれ有効数字 1 桁^{けた}で求めよ。

問 3. 表中の空欄

(ア)

 と空欄

(イ)

 に入る値を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。

問 4. 反応速度定数 k を有効数字 2 桁^{けた}で、単位を付けて答えよ。計算過程も示せ。

問 5. 下線部①の実験 I における化合物 C の濃度を測定した結果、 $[C] = 0.25 \text{ mol/L}$ であった。平衡定数 K_c を有効数字 2 桁^{けた}で、単位を付けて答えよ。計算過程も示せ。

問 6. 平衡状態における正反応の反応速度を v_1 、逆反応の反応速度を v_2 とする。ここに触媒を添加することで、平衡状態における正反応の反応速度が v_1' 、逆反応の反応速度が v_2' に変化した。これらの反応速度の関係を表す数式として最も適切なものを、次の(1)~(4)から選べ。また、その数式となる理由を簡潔に説明せよ。

(1) $v_1 = v_2 < v_1' < v_2'$

(2) $v_1 = v_2 = v_1' = v_2'$

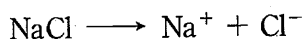
(3) $v_1 = v_2 > v_1' = v_2'$

(4) $v_1 = v_2 < v_1' = v_2'$

3 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] ハロゲンの単体は二原子分子であり、いずれも有色で高い化学反応性と強い毒性をもつ。特に (ア) は低温、暗所でも水素と爆発的に反応する気体である。また、(イ) は常温で赤褐色の液体であり、(ウ) は昇華性のある黒紫色の固体である。塩素は常温では黄緑色で刺激臭のある気体であり、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することにより得られる。
① 塩素は水にわずかに溶解し、その一部は可逆的に水と反応して (エ) を
② 生成する。 (エ) には、強い (オ) 力があるため、そのナトリウム塩は、漂白や殺菌消毒に利用されている。

アルカリ金属のハロゲン化物の一種である塩化ナトリウムは水溶液中では完全に電離する。



塩化ナトリウム水溶液の電気分解では、単体のナトリウムは得られない。そのため、単体のナトリウムを得るためには、塩化ナトリウムの熔融塩電解を行う必要がある。いま、外部電源の正極につないだ電極を (カ) 極、
③ 負極につないだ電極を (キ) 極とし、それぞれの電極を、高温で融解した塩化ナトリウムに入れて、電気分解を行った。

問 1. 空欄 (ア) ～空欄 (オ) に入る最も適切な語句を書け。

問 2. 下線部①と下線部②の化学反応の反応式を書け。

問 3. 下線部③について、空欄 (カ) と空欄 (キ) に入る最も適切な語句を書け。また、(カ) 極と (キ) 極の、それぞれの電極上で起こる化学反応を、電子 e^- を用いた反応式で書け。

問 4. 下線部③について, (カ) 極に黒鉛, (キ) 極に鉄を用いて

5.00 A の電流を 19 分 18 秒間流して電気分解を行ったところ, (カ)

極で気体が発生した。次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) 流れた電子 e^- の物質量[mol]を有効数字 3 桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。

(2) (カ) 極で発生した気体の体積[L]を有効数字 3 桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。なお、温度は 27 °C、圧力は 1.00×10^5 Pa とし、発生した気体は理想気体としてふるまうものとする。

[Ⅱ] 単体の窒素は、空気の約 78 % を占める気体で、常温、常圧の条件下では化学反応は起こりにくい。しかし、窒素は高温、高圧の条件下、鉄を主成分とする触媒を用いて水素と反応し、アンモニアを生成する。この方法は (ク) 法と呼ばれ、アンモニアの工業的製法として用いられる。得られたアンモニアは、硝酸やアンモニウム塩、尿素などの原料として幅広く利用される。

(ク) 法の化学反応式は式(1)で表される可逆反応である。



(式(1)は次の熱化学方程式で表されることもある。)

$$\text{N}_2(\text{気}) + 3 \text{H}_2(\text{気}) = 2 \text{NH}_3(\text{気}) + 91.8 \text{ kJ}$$

ある温度 $T[\text{K}]$ のもとで、この反応が平衡状態に達しているとき、ルシャトリエの原理から考えると、反応温度は (ク) いほど、圧力は (コ) いほど、平衡混合物中のアンモニアの比率が高まる。

気体の反応では、反応の平衡定数を、平衡状態での各気体成分の分圧 $[\text{Pa}]$ を用いて表すことができる。この平衡定数を圧平衡定数 K_p といい、式(1)の反応については式(2)のように表される。

$$K_p = \text{ (サ) } \quad (2)$$

また、容積 $V[\text{L}]$ の反応容器において、式(1)の反応の平衡定数を、平衡状態での各気体成分のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ で表すことができる。これを濃度平衡定数 K_c という。

問 5. 空欄 (ク) ~ 空欄 (コ) に入る最も適切な語句を書け。

問 6. 実験室における窒素とアンモニアの発生に関する次の化学反応①と化学反応②について、それぞれの反応式を書け。

① 亜硝酸アンモニウムを熱分解すると窒素が生成する。

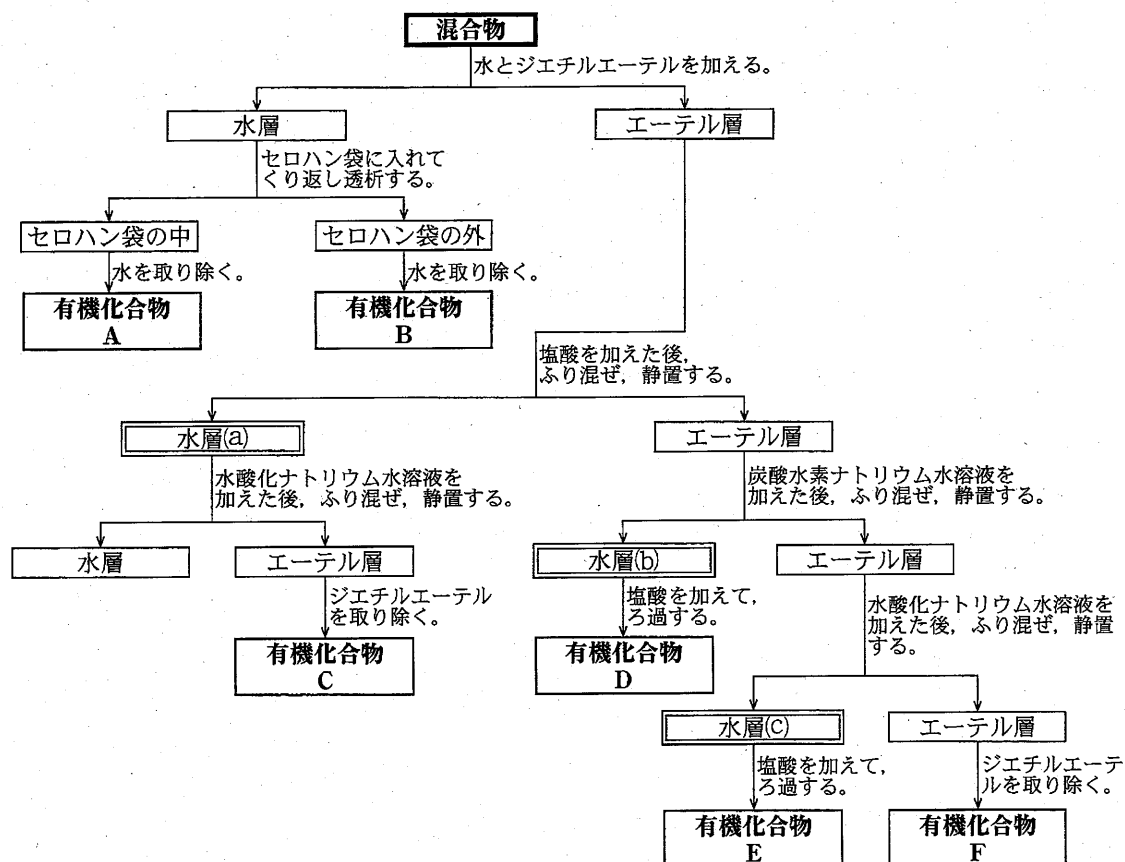
② 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱するとアンモニアが生成する。

問 7. 式(2)の空欄 (サ) に入る、圧平衡定数 K_p を窒素、水素、アンモニアの分圧 [Pa] を用いて表せ。各成分の分圧は、それぞれ P_{N_2} [Pa], P_{H_2} [Pa], P_{NH_3} [Pa] とする。

問 8. 下線部④について、理想気体の状態方程式を用いて、濃度平衡定数 K_c を、圧平衡定数 K_p 、気体定数 R [Pa・L/(K・mol)], 温度 T [K] で表せ。各成分のモル濃度は、それぞれ、 N_2 の濃度 $[N_2]$ [mol/L], H_2 の濃度 $[H_2]$ [mol/L], NH_3 の濃度 $[NH_3]$ [mol/L] とする。計算過程も示せ。

問 9. 容積 V [L] が一定の反応容器に窒素を 7.00×10^6 Pa、水素を 2.10×10^7 Pa となるように入れ、ある温度に保ったところ、窒素の分圧が y [Pa] 低下して平衡状態に達した。このときの全圧は 2.00×10^7 Pa であった。圧平衡定数 K_p を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。

- 4 6種類の有機化合物(アニリン, 安息香酸, グルコース, デキストリン, ナフタレンおよびフェノール)からなる混合物がある。これらの混合物を分離するために, 下図のような実験操作をおこなった。問1～問5に答えよ。



問 1. 混合物に含まれる 6 種類の有機化合物の中で, 次の(1)～(6)の文章の記述内容にあてはまるものをすべて選び, その化合物名を書け。

- (1) 成分元素は, 炭素, 水素および酸素の 3 種類である。
- (2) 官能基として, ヒドロキシ基を有する。
- (3) 昇華性があり, 防虫剤や染料の原料として利用される。
- (4) 酵母のもつ酵素群チマーゼの作用により, エタノールと二酸化炭素になる。
- (5) さらし粉水溶液を加えると, 赤紫色を呈する。
- (6) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると, 青～紫色に呈色する。

問 2. 有機化合物の分離操作には、しばしば分液ろうとが用いられる。これについて、次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) 分液ろうとに水とジエチルエーテルを入れてよくふり混ぜて静置すると、分液ろうと内では上層と下層の2層に分かれる。このうち、ジエチルエーテルによく溶ける化合物は、上層と下層のどちらに含まれるかを答えよ。

(2) 分液ロートを用いる分離操作では、分液ろうとを逆さにして振り混ぜたのち、コックを開く操作を繰り返す。コックを開く操作を行う理由を簡潔に述べよ。

問 3. 図中の水層(a)、水層(b)、および水層(c)には、有機化合物の塩1種類が含まれる。水層(a)、水層(b)、および水層(c)に含まれる塩の名称を書け。

問 4. 次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) 水層(a)に水酸化ナトリウム水溶液を加えたときに、水層(a)に含まれる有機化合物に生じる化学反応の反応式を書け。

(2) 水層(b)に希塩酸を加えたときに、水層(b)に含まれる有機化合物に生じる化学反応の反応式を書け。

問 5. 図中の A から F に含まれる有機化合物の名称を書け。

5 次の文章を読み、問 1 ～問 7 に答えよ。

ポリエチレンテレフタレート (PET) はテレフタル酸とエチレングリコールの^①
(ア) 重合により合成され、(イ) 結合により重合された高分子化合物
である。PET は耐熱性や耐摩耗性に優れ、紫外線にも強いので、ペットボトル
の原料や繊維として幅広く用いられ、リサイクルも比較的容易である。また、
(ウ) 結合の形で重合した合成繊維^②は一般にナイロンとよばれ、主なものに
ナイロン 66 などがある。ナイロン 66 は、アジピン酸とヘキサメチレンジアミン^③
の(エ) 重合により合成され、分子構造の似ている絹に近い感触がある。さ
らに、ナイロン 66 は丈夫で軽く、弾力があるため、ナイロン 66 で織った布はし
わになりにくく、スポーツウェアなどで利用されている。これらの高分子化合物^④
は自然環境のもとでは環境中に長期間残留してしまうのが問題であった。しかし
近年、これらの高分子化合物が特殊な微生物由来の酵素^⑤によって分解できること
が発見され、これらの合成高分子化合物の処理への応用による環境負荷の低減が
期待されている。

問 1. 上記文章中の空欄 (ア) ～空欄 (エ) に入る適切な語句を書け。

なお、同じ語句を何度も使ってもよい。

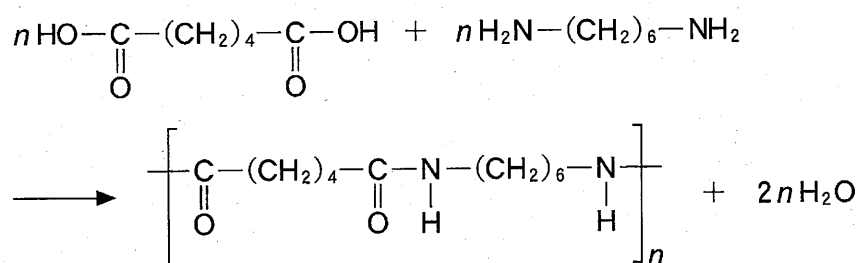
問 2. 下線部①の化学反応式を答えよ。

問 3. 下線部②について、高分子化合物のリサイクルには、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルがある。それぞれのリサイクル方法の特徴の記述について、次の(a)~(d)から適切なものを1つだけ選び、記号で答えよ。

- (a) 化学反応により分解して原料の単量体や有用な物質に変換し、資源として再利用する。
- (b) 燃焼により発生した熱をエネルギーとして利用する。
- (c) 使用済みの製品を洗浄した後、再度製品として利用する。
- (d) 回収した製品から異物を除き、粉碎してから融解し、成型加工して素材をそのまま再利用する。

問 4. 平均分子量 1.92×10^4 の PET には、(イ) 結合が何個含まれるか答えよ。計算過程も示せ。

問 5. 下線部③の化学反応式を次に示す。この化学反応式を参考に、平均分子量 4.52×10^4 のナイロン 66 を 1 mol 合成するのにアジピン酸は何 g 必要か有効数字 3 桁^{けた}で答えよ。計算過程も示せ。



問 6. 下線部④に対して、生体内や自然環境中で安全な物質に変換される合成高分子化合物を何というか答えよ。また、その化合物の例をひとつ挙げ、名称を答えよ。

問 7. 下線部⑤について、一般的な酵素の性質として正しいものを次の(1)～(5)より全て選べ。

- (1) 特定の基質にだけ作用する基質特異性を有する。
- (2) リパーゼは、タンパク質分解酵素(プロテアーゼ)に分類される。
- (3) 所定濃度の酵素の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると、赤紫色になる。
- (4) 所定濃度の酵素の水溶液にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると、銀鏡反応を示す。
- (5) 最適温度の範囲で高い活性を示し、それ以上の温度に加熱すると、触媒としての活性が失われる。