

平成 31 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 35 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙 8 枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

1950

1951

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	" 2	5 "
	" 3	7 "
	" 4	9 "

化 学	問題 1	11 ページ
	" 2	14 "
	" 3	17 "
	" 4	19 "

生 物	問題 1	21 ページ
	" 2	23 "
	" 3	29 "
	" 4	33 "

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	4 枚

化 学

化学問題 1

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。数値を解答する場合は、有効数字2桁まで求めよ。本問で扱う気体は理想気体とし、気体定数は $8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。必要があれば以下の数値を用いよ。 $\log_e 2 = 0.69$, $H = 1.0$, $O = 16$ 。

水溶液中における過酸化水素の分解反応は、 $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ という化学反応式で表される。この反応は発熱反応であり、反応前後における反応物と生成物のエネルギー状態は図1のように表される。この反応の初期の段階において、反応速度 v は以下の反応速度式に従う。

$$v = \frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = -k[\text{H}_2\text{O}_2]$$

t は時間、 k は速度定数である。この関係式から、時間 t 経過後の過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ は以下のように表される。

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 e^{-kt}$$

ただし、 $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ は過酸化水素の初濃度であり、 e は自然対数の底である。また、反応温度 T (絶対温度) が変化すると、速度定数 k は以下の関係式に従って変化することも知られている。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

E_a は過酸化水素の分解反応の活性化エネルギー、 R は気体定数、 A は他の定数を表す。

0.50 mol/L の過酸化水素水 5.0 mL と少量の酸化マンガン(IV)の粉末をふたまた
① 試験管にそれぞれ入れ、導管付きのゴム栓をした。水槽に入れた水の温度を一定に
保ちながら、ふたまた試験管を水槽に浸して水温を温度計で測定した。ふたまた試
験管を傾けて過酸化水素水と酸化マンガン(IV)を混合し、発生した酸素をメスシリ
ンダーに集め、その体積を測定した。この実験を水温 25 °C で行ったところ、速度
② 定数 k が 5.0×10^{-2} (/分) と求められた。

問 1. 図 1 において、過酸化水素の分解反応における反応熱(あ)および活性化エネルギー(い)の大きさを表すものを以下の選択肢からそれぞれ 1 つ選び、選択肢の番号を解答欄に記せ。

(1) a, (2) b, (3) c, (4) a + b, (5) b + c, (6) a + b + c

問 2. 過酸化水素は、反応条件によって酸化剤としても還元剤としてもはたらく。以下の 2 つの反応のうち、過酸化水素が酸化剤としてはたらいっているものを 1 つ選び、その化学反応式を記せ。

反応 1 : 硫酸酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液に過酸化水素水を加えて起こる反応

反応 2 : 硫酸酸性にしたヨウ化カリウム水溶液に過酸化水素水を加えて起こる反応

問 3. 下線部①の実験を行うための装置を作図せよ。反応開始前のふたまた試験管中に過酸化水素水と酸化マンガン(IV)の粉末を入れた場所をそれぞれ記し、ふたまた試験管の壁面にあるくびれの位置も記せ。ただし、器具を支えるための支持台やクランプ等の図示は省略して構わない。

問 4. 下線部②に関して、1 分経過後までに発生した酸素の体積(mL)を標準状態(1.013×10^5 Pa, 273 K)に換算して求めよ。ただし、酸化マンガン(IV)の添加や過酸化水素の分解によっても、反応液の体積は 5.0 mL で変わらないものとする。また、0 ~ 1 分までの間の $[\text{H}_2\text{O}_2]$ は、 $t = 0$ (分) と $t = 1$ (分) での $[\text{H}_2\text{O}_2]$ の平均値で近似できるものとする。

問 5. 下線部②に関して、 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ が初濃度の半分になるのに要する時間である半減期(分)を求めよ。

問 6. 下線部②の速度定数の測定を反応温度を変えて行い、図 2 に示すような結果を得た。図 2 において、各測定点は直線上にあるものと判断された。この過酸化水素の分解反応の活性化エネルギー(kJ/mol)を求めよ。

問 7. 下線部①に関して、酸化マンガン(IV)を用いずに同様の実験を行ったところ、1時間経過しても酸素の発生はほとんど見られなかった。酸化マンガン(IV)なしで過酸化水素の分解反応が進行しなかった理由を、図1に示すエネルギー状態に生じた変化に言及しつつ簡潔に記せ。

問 8. 下線部①の実験において、酸化マンガン(IV)の代わりにカタラーゼという酵素を用いたところ、ヒトの体温付近の反応温度では酸素の発生が見られたが、大幅に反応温度を高くすると酸素の生成速度が大きく低下した。この理由を簡潔に説明せよ。

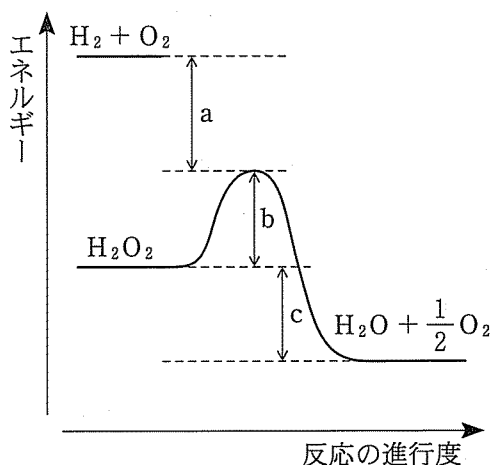


図1 過酸化水素の分解反応におけるエネルギー変化。単体の H_2 と O_2 の混合物の状態もあわせて示す

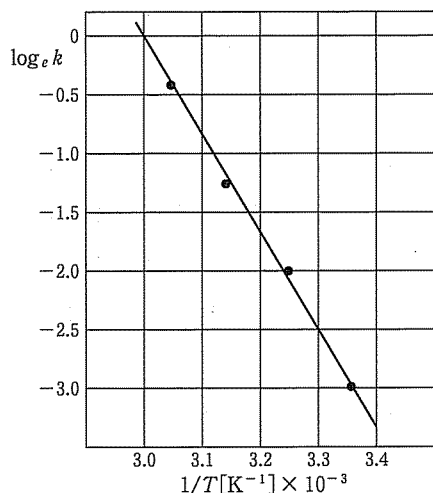


図2 絶対温度の逆数(横軸)と速度定数の自然対数(縦軸)との関係を表すグラフ

化学問題 2

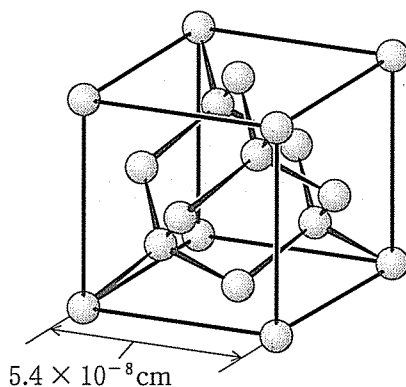
次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

周期表の14族に属する元素のケイ素は地殻に酸化物として多量に存在する。ケイ素の単体は暗灰色の金属光沢をもち、ア(語句) 結合結晶はダイヤモンドと^(a)同様の立方格子(図)であることが知られる。高純度のケイ素はわずかに電気伝導性がある イ(語句) としての性質をもち、電子部品の材料に用いられる。イ(語句) には あ(元素名) を少量加え、電子を1個余らせることにより伝導性を大きくしたn型 イ(語句) と、い(元素名) を少量加え、電子を1個不足させることにより伝導性を大きくしたp型 イ(語句) とがある。ケイ素の酸化物は天然には石英として産出し、六角柱状の結晶構造から成るものを特に水晶と呼んでいる。高純度の二酸化ケイ素を融解して繊維化し、光通信に利用されるものは ウ(語句) とよばれる。

石英(主成分 SiO_2)の粉末を炭酸ナトリウムと混合して強熱し、融解すると^(b)エ(物質名) が生成する。エ(物質名) の水溶液を長時間加熱すると、水ガラスとよばれる う(語句) の大きな液体が得られる。水ガラスの水溶液に塩酸を加^(c)えると、半透明ゲル状のケイ酸が沈殿してくる。ケイ酸をよく水洗いしたのち加熱乾燥するとシリカゲルが得られる。シリカゲルは水蒸気をよく吸着する^(d)ので乾燥剤に使われる。

ケイ素の単体を工業的に生成する場合にケイ砂(主成分 SiO_2)とコークス(主成分^(e)C)とを反応させ、一酸化炭素を発生させる。ケイ砂とコークスとを反応させる場合、コークスの含有量の違いによって異なった化学反応が起こり、コークス量が多いと オ(物質名) が生成される。また、ケイ砂と還元剤としてマグネシウム粉と^(f)を反応させ、ケイ素の単体と酸化マグネシウムとを生成させる方法もある。ケイ砂^(g)は化学的に安定であるが、フッ化水素やフッ化水素酸と反応する。

図



問 1. 文章中の括弧内の指示に従って ~ に最も適切な語句などを記入せよ。さらに, , の元素名, の語句については以下の選択肢から1つを選び, その番号を記せ。

- ① ホウ素, ② 炭素, ③ 窒素, ④ 酸素, ⑤ フッ素, ⑥ ナトリウム,
 ⑦ 硫黄, ⑧ 塩素, ⑨ カリウム, ⑩ ヒ素, ⑪ 潮解性, ⑫ 展性・延性,
 ⑬ 粘性, ⑭ 昇華性, ⑮ 弾性, ⑯ 感光性

問 2. 下線部(a)について, ケイ素単体の結晶の単位格子の一辺の長さは 0.54 nm である。ケイ素単体の結晶の原子間の結合距離(x)nmを求めよ。また, ケイ素単体の結晶の密度(y)g/cm³を求めよ。ただし, アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$, 原子量 Si = 28, $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$ とし, 有効数字は2桁とする。

問 3. 下線部(b), (c)の変化をそれぞれ化学反応式で記せ。

問 4. 下線部(d)についてその理由を40字以内で説明せよ。

問 5. 下線部(e)のコークス量が少ない場合(A)と多い場合(B)について, それぞれの化学反応式を記せ。

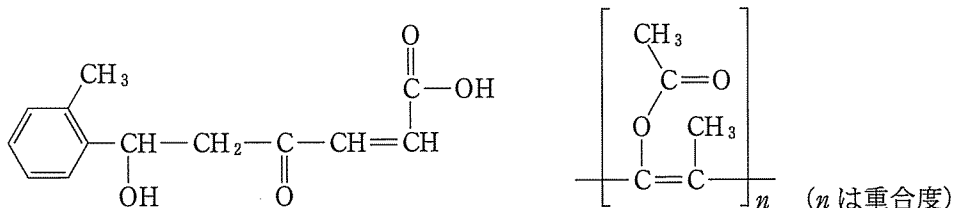
問 6. 下線部(f)を化学反応式で記せ。

問 7. 下線部(g)の SiO_2 とフッ化水素が反応して四フッ化ケイ素(SiF_4)が生成される場合(C)と、 SiO_2 とフッ化水素酸が反応してヘキサフルオロケイ酸(H_2SiF_6)が生成される場合(D)について、それぞれの化学反応式を記せ。

化学問題 3

次の[I]および[II]の文章を読み、問1～問7に答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。構造式は記入例に従って記せ。原子量はH = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Br = 80.0, I = 127とする。

[構造式の記入例]



[I] 化合物 A, B, C は、炭素と水素からなる同じ分子式 $C_mH_{2(m-1)}$ (m は 2 以上の整数) で表される有機化合物である。また、化合物 A, C はいずれも不斉炭素原子をもたないが、化合物 B は不斉炭素原子を 1 個もつ。これらの化合物について次の実験 1～5 を行った。

実験 1 化合物 A に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を作用させた後、ヒドロキシ基を塩素置換して得られた化合物を、^(a)ヘキサメチレンジアミンと水酸化ナトリウム水溶液中で縮重合させると、6,6-ナイロンが得られた。

実験 2 化合物 B に希硫酸中で触媒を用いて水を 1 分子付加した化合物 D は、分子式が $C_6H_{12}O$ であり、構造異性体である化合物 E に直ちに變化した。また、化合物 E は、ヨードホルム反応を呈し、フェーリング液を還元しなかった。

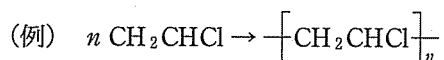
実験 3 メチル基を 2 個もつ化合物 C に白金触媒を用いて水素を 2 分子付加させると、メチル基を 4 個もつアルカンが得られた。また、化合物 C は付加重合反応により二重結合を主鎖に含む高分子化合物 F に變化した。

実験 4 化合物 A, B, C の混合物 123.0 g に十分な量の臭素分子を反応させたところ、その重量は 443.0 g になった。

実験5 実験4と同じ化合物A, B, Cの混合物123.0gから化合物Bのみを抽出し、実験2の手順ですべて化合物Eに変えた。次に、この化合物Eを完全にヨードホルム反応させたところ、118.2gのヨードホルムが得られた。

問1. 化合物A, B, Cの構造式をそれぞれ記せ。

問2. 実験1の下線部(a)で6,6-ナイロンを生成する反応式を、例にならって n を用いて記せ。また、水酸化ナトリウム水溶液中で反応させた理由を18字以内で説明せよ。



問3. 化合物D, Eの構造式をそれぞれ記せ。

問4. 実験3で生成した高分子化合物Fの構造式を記せ。また、高分子化合物Fの構造に由来する特徴的な物性を36字以内で説明せよ。

問5. 実験4および実験5より、化合物A, B, Cの物質量のモル百分率(%)をそれぞれ求め、有効数字3桁で記せ。

[II] 分子式 $\text{C}_{24}\text{H}_{38}\text{O}_4$ で表される1molの化合物Gのエステル結合を完全に加水分解したところ、1molの芳香族化合物Hと2molの2-エチル-1-ヘキサノールが得られた。芳香族化合物Hは、分子式 C_8H_{10} で表される化合物を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液中で完全に酸化することによって得られ、加熱により分子内脱水して化合物Iを生成する。

問6. 化合物Gの構造式を記せ。

問7. 化合物H, Iの構造式をそれぞれ記せ。

化学問題 4

次の文を読み、問1～問8に答えよ。必要であれば次の数値を使用せよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, N = 14.0, Na = 23.0, K = 39.0, I = 127, 気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

タンパク質はポリペプチド構造をもち、生物の細胞組織の主要成分である。タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち、薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると赤紫色を呈する。これを **あ(語句)** 反応という。タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて熱すると黄色になり、冷却後にアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。これを **い(語句)** 反応という。タンパク質水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると **う(化学式)** の黒色沈殿が生じる。

グリセリンと高級脂肪酸とのエステルを油脂(トリアシルグリセリド)という。油脂は動物や植物から得られ、エネルギー貯蔵物質として重要である。油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱するとセッケンとグリセリンが生じる。酸性酸化物と水との反応で生じる硝酸や硫酸などのように、分子中に酸素原子を含む酸を **え(語句)** という。 **え(語句)** とアルコールとの縮合で生じる化合物もエステルである。グリセリンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、硝酸エステルであるニトログリセリンができる。^{a)}

グルコースのように、それ以上加水分解されない糖類を単糖類という。血液中のグルコースは、動物のエネルギー源になる。一方、加水分解によって単糖類2分子を生じる糖類を二糖類、多数の単糖類の重合体を多糖類という。二糖類にはマルトースがある。デンプンはヒトの唾液に含まれる消化酵素 **お(語句)** により加水分解されてマルトースを生じる。^{b)} また、マルトースは、ヒトの腸液に含まれる酵素マルターゼまたは希硫酸によって加水分解されグルコースを生じる。多糖類にはデンプン、グリコーゲンやセルロースがある。デンプンはヒトの体内でエネルギー源になるが、セルロースはヒトの体内でエネルギー源にならない。^{c)}

問 1. あ ~ お に括弧内の指示に従いそれぞれ最も適切な語句等を記せ。

問 2. あるタンパク性食品に含まれるタンパク質を分離して、その 180 mg を水に溶かして全量を 10 mL とした。この水溶液の浸透圧を 27 °C で測定したところ 5.3×10^2 Pa であった。このタンパク性食品に含まれるタンパク質の平均分子量を求めよ。ただし、答えは四捨五入により有効数字 2 桁とし、 2.1×10^3 のように記せ。

問 3. セッケンを使うと油よごれを落とすことができる仕組みについて簡潔に説明せよ。ただし、「疎水」と「分散」の両方の言葉を説明文に使うこと。

問 4. 下線部 a) の化学反応式を書け。

問 5. 次のア～エの化合物のなかで、硝酸エステルを全て選び、ア～エで答えよ。

ア：ニトロベンゼン

イ：ニトロトルエン

ウ：2,4,6-トリニトロフェノール(ピクリン酸)

エ：トリニトロセルロース

問 6. グリセリン 1 分子と高級脂肪酸 3 分子からなる油脂 A のけん化価は 191 であった。また、油脂 A のヨウ素価は 174 であった。油脂 A の 1 分子に含まれる炭素原子間の二重結合はいくつあるか整数値で記せ。ただし、油脂 A は三重結合を含まないものとする。

問 7. 下線部 b) について、32.4 g のデンプンを加水分解することで何 g のマルトースが得られるか。有効数字 3 桁で答えよ。ただし、デンプン全量がマルトースに完全に加水分解されたとする。

問 8. 下線部 c) の理由を 40 字以内で説明せよ。