

2020年度入学試験問題（後期日程）

化 学

出題意図及び正答

問題 1

出題意図

化学反応とエネルギー，また光の関係について問い，化学発光や炎色反応，光化学反応に関する理解度を問うた。はじめに，各波長の電磁波の名称を問うた。一酸化窒素の酸化反応を題材に波長とエネルギーの関係を問い，熱化学方程式による反応の表記ができることを試した。次に，ルミノール反応，光合成，連鎖反応，および光触媒に関する理解度を問うた。

正答

(1)	い： 紫外線	ろ： 可視光線	は： 赤外線		
(2)	(a)	200 kJ/mol			
	(b)	$\text{NO (気)} + \text{O}_3 \text{(気)} = \text{NO}_2 \text{(気)} + \text{O}_2 \text{(気)} + 200 \text{ kJ}$			
(3)	ア： 過酸化水素	イ： 化学	ウ： 化学発光		
	エ： 熱（熱エネルギー）	オ： 励起（高エネルギー）	カ： 光化学		
	キ： 水	ク： 二酸化炭素	ケ： 連鎖		
	コ： 光触媒				
(4)	A： 生成物	B： 反応物			
(5)	(a)	名称： 炎色 反応			
	(b)	リチウムの色： 赤	バリウムの色： 黄緑		
(6)	(I) ○	(II) ×	(III) ○	(IV) ○	(V) ×

※記述問題の正答例は開示していません

2020年度入学試験問題（後期日程）

化 学

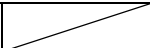
出題意図及び正答

問題 2

出題意図

周期表は各元素の性質を大雑把に把握するために役立つ。また、周期表を原子番号や原子量と関連付けて眺めることも、周期表を理解するための一つの有効な方法である。そのため、周期表に関する基礎的知識を問うた。また、化学において物質の量的な関係を考える際には、原子量、分子量（またはモル質量）を用いることが多いので、これらの意味を理解することや、これらを使った計算に習熟しておくことが大切である。そのため、モル質量および濃度を求める計算力を試した。

正答

(1)	ア：	陽子	イ：	周期表				
(2)	③							
(3)	(I)		(II)	×	(III)	×	(IV)	○
(4)	5							
(5)	計算過程	略			答	74 g/mol		
(6)	(a)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	(b)	278 g/mol	(c)	45 %		
(7)	①	$a \cdot \frac{100}{100+d}$	②	$c \cdot \frac{18n}{M+18n}$	③	$\frac{bd(M+18n)}{100M-18nd}$		

※記述問題の正答例は開示していません

2020年度入学試験問題（後期日程）

化 学

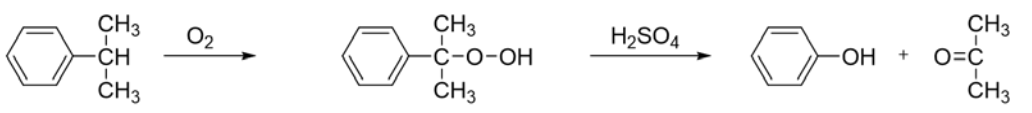
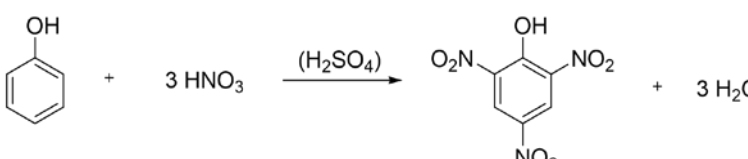
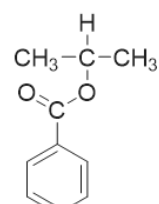
出題意図及び正答

問題 3

出題意図

ヒドロキシ基が置換した炭化水素であるアルコールとフェノールを中心に，有機化合物の合成法と反応性，構造決定法に関する理解を問うた。

正答

(1)	ア： 芳香族	イ： 付加	ウ： 置換	エ： ヒドロキシ (ヒドロキシル，水酸)
	オ： エチレン	カ： ジエチルエーテル	キ： 縮合（反応）	ク： ヨードホルム
(2)	化学反応式： $2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{Na} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2$			捕集方法：水上置換（法）
(3)				
(4)				
(5)	計算過程	略	分子式： $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$	
			構造式： 	

※記述問題の正答例は開示していません

2020年度入学試験問題（後期日程）

化 学

出題意図及び正答

問題 4

出題意図

高分子化合物の性質や反応の理解度を問うた。特に、天然高分子化合物である多糖類、タンパク質に関して、または合成高分子化合物であるアラムド繊維、フェノール樹脂に関して、基本的な用語と化学反応、化学構造的な観点から理解しているかを問うた。

正答

(1)	ア： α -ヘリックス	イ： β -シート	ウ： 付加	エ： 開環
	オ： 熱硬化性	カ： 付加縮合	キ： ノボラック	ク： レゾール
(2)	(a) 化合物 X： ニトロセルロース（硝化綿）	(b)	化学反応式： $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nHONO_2 \rightarrow [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n + 3nH_2O$	
	(c) 計算過程	略		答 生成量： 30 g
(3)	(a) アミノ酸 Y：システイン	結合 Z の名称：ジスルフィド結合		結合 Z の構造：-S-S-
	(b)	略		
(4)	現象：(タンパク質の)変性	要因： 酸，塩基，アルコール（有機溶媒） （圧力，超音波，界面活性剤，攪拌等）		
(5)	化学反応の名称：	色の変化：	構造上の特徴：	
	キサントプロテイン反応	無色 \rightarrow 黄色 \rightarrow 橙黄色	ベンゼン環をもつこと	
(6)	$n \text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2 + n \text{ClOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COCl} \rightarrow \left[\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO} \right]_n + 2n\text{HCl}$ <p style="text-align: center;">p-フェニレンジアミン テレフタル酸ジクロリド</p> <p style="text-align: center;">または $\text{H} \left[\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO} \right]_n \text{Cl} + (2n-1)\text{HCl}$</p>			

※記述問題の正答例は開示していません

2020年度 入学試験問題（後期日程）
問題訂正等
「化学」

【問題冊子】

■ 6 ページ 2 (3) (I)

問題2(3)(I)に出題ミスがありました。当該出題ミスのあった設問の取り扱いについて、慎重に検討した結果、当該科目受験者全員を正解とすることとしました。

■ 11 ページ 4 (5) 1-2行目

(誤) 「タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると色が変化する。」

(正) 「タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると呈色し、次にアンモニア水を加えて塩基性になるとさらに色が変化する。」

2020年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入下さい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入下さい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出下さい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰り下さい。

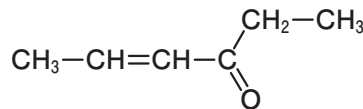
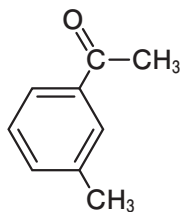
問題の解答に必要なならば、以下の数値を用い下さい。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 S : 32 Fe : 56

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示して下さい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

光は電磁波の一種であり、^①波長の違いにより固有の名称が与えられている。また、光は粒子でもあり、これを光子という。光子のもつエネルギーはその光の波長に反比例する。図には波長と名称の関係、およびそれらとエネルギーの関係を示す。人間の目で観察できる波長の光は、化学反応においても観測することができる。たとえば、^②一酸化窒素はオゾンと反応して二酸化窒素と酸素になるときに光を放つ。また、ルミノールは血液が存在する環境で(ア)と反応して発光する。この化学反応はルミノール反応とよばれ、科学捜査などで用いられている。すべての物質は、それぞれに固有の(イ)エネルギーをもっている。そのため、(A)が(B)よりも安定であれば、化学反応の過程でエネルギーを放出しなければならない。ルミノール反応などで観測される光は、反応で余剰となったエネルギーの放出に伴うものであり、化学反応において光を放つ現象を(ウ)という。なお、発熱反応では、余剰となったエネルギーが(エ)として放出される。

原子や分子などを構成する電子が最も安定な状態を基底状態という。基底状態にある原子や分子にエネルギーを与えると電子の状態が不安定な(オ)状態となる。たとえば、^③洗淨した白金線の先に塩化ナトリウム水溶液をつけ、ガスバーナーの外炎に入れると、炎は黄色になる。これは、ナトリウムの電子の状態が加熱により(オ)状態に移ったあと、光を放って基底状態に戻るためである。

原子や分子が光エネルギーにより(オ)状態となった場合、そこから化学反応が起こることがある。このように光によって促進される化学反応を(カ)反応という。光エネルギーにより、植物中で(キ)と(ク)から糖類と酸素が生成する反応を光合成という。葉緑体が光を吸収し、光エネルギーにより(キ)を酸化するが、この過程で生じた電子を(ク)の還元を用いることで、グルコースやデンプンなどの糖類が合成され、植物の成長につながる。

水素と塩素を混合させて光を当てると、爆発的に反応が進行して塩化水素が生成する。この反応は以下のように表される。



この反応の過程では、塩素分子 Cl_2 が光エネルギーにより分解し、不対電子をもつ塩素原子 $\text{Cl}\cdot$ となって下記の(ii)と(iii)の反応を繰り返す。



このように、反応によって生じた生成物が再び反応物となって繰り返される反応は(ケ)反応とよばれる。

酸化チタン(IV) TiO_2 をコーティングした面に油などの有機化合物が付着したとき、この面に光が当たると有機化合物が分解される。このように光が当たると^④触媒の効果を示すものを(コ)といい、近年ではビルのガラスや壁面などのコーティング剤として活用されている。

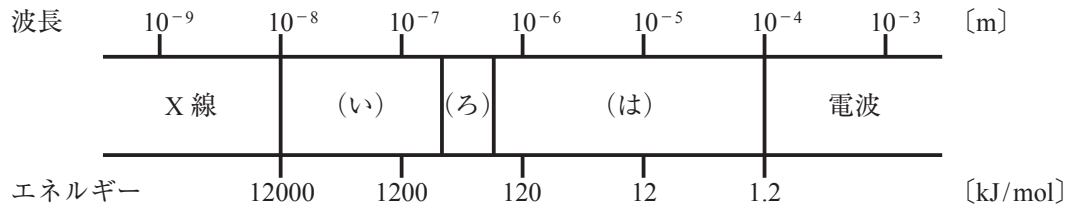


図. 光の種類と波長の関係

- (1) 下線部①について、図の(い)、(ろ)、(は)にあてはまる適切な名称を答えよ。
- (2) 下線部②で放出された光の波長が 600 nm であったとして、以下の(a)と(b)に答えよ。
 - (a) 図を参考にして、この光子のもつエネルギーを求め、整数で答えよ。単位は kJ/mol とする。
 - (b) この反応の熱化学方程式を示せ。ただし、物質はすべて気体であり、エネルギーはすべて光エネルギーとして放出されたものとする。
- (3) 空欄(ア)～(コ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (4) 空欄(A)と(B)に「生成物」と「反応物」のいずれかを記入して、適切な文にせよ。ただし、(A)と(B)に同じ語句を記入してはならない。
- (5) 下線部③に関連して、以下の(a)と(b)に答えよ。
 - (a) この反応の名称を答えよ。
 - (b) 同様の操作でリチウムとバリウムが放つ光はそれぞれ何色か。下記から適切な色を選んで記入せよ。
[赤, 橙, 黄, 黄緑, 青緑, 青, 紫]
- (6) 下線部④について、触媒の説明として、正しい場合は○を、誤りが含まれていれば×を記入せよ。
 - (I) 触媒を用いると、反応速度は変化する。
 - (II) 触媒を用いると、化学反応の平衡は移動する。
 - (III) 多くの場合、触媒自らは化学反応の前後で変化しない。
 - (IV) 化学反応の活性化エネルギーは触媒の有無で変化する。
 - (V) 化学反応で生じる反応熱は触媒の有無で変化する。

2

次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

原子は物質を構成する基本的な粒子であり、原子核と電子からできている。原子番号は原子核に含まれる(ア)の数と同じである。また、元素を原子番号の順に並べ、性質の似た元素が同じ縦の列に並ぶようにして組んだ表を、元素の(イ)という。原子の質量は非常に小さく、たとえば水素原子 ${}^1\text{H}$ の質量は約(A)しかない。このことは、私たちが通常取り扱う量の物質には膨大な数の原子が含まれていることを意味する。そのため、化学においては、物質の量的な関係はアボガドロ数個の粒子の集団を1単位(これを1 mol という)として扱い、モル質量を用いて考えることが多い。

- (1) 空欄(ア)と(イ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 空欄(A)にあてはまるものを、以下の①～⑤の中から一つ選べ。
- ① $1.66 \times 10^{-22} \text{ g}$ ② $1.66 \times 10^{-23} \text{ g}$ ③ $1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$ ④ $6.02 \times 10^{-23} \text{ g}$ ⑤ $6.02 \times 10^{-24} \text{ g}$
- (3) 次の(I)～(IV)の記述について、正しければ○を、誤りが含まれていれば×を記入せよ。
- (I) 水素原子に同位体は3種類あるので、水素分子1個の質量は6通り考えられる。
- (II) ナトリウムイオンの最外殻電子の数は1個である。
- (III) 地球上で天然に存在するすべての元素の原子量は、原子番号の2倍以上である。
- (IV) 遺跡の年代測定に利用される炭素の放射性同位体の中性子の数は8である。
- (4) 塩素、臭素、ヨウ素の単体の分子量は小数第1位を四捨五入すると、それぞれ71, 160, 254である。ある遷移元素の原子は小数第1位を四捨五入すると101となる原子量をもつ。この遷移元素は第何周期の元素か、数字で答えよ。
- (5) ある化合物の気体74 gの体積は、77°C, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で29 Lである。この気体を理想気体と仮定して、化合物のモル質量を、小数第1位を四捨五入して単位をつけて答えよ。なお、計算過程も簡潔に記入せよ。
- (6) 硫酸鉄(II)七水和物について、以下の(a)～(c)に答えよ。
- (a) 組成式を示せ。
- (b) モル質量を計算し、単位をつけて答えよ。
- (c) 水和物の質量に対して結晶水の質量は何%か。小数第1位を四捨五入し整数で答えよ。
- (7) ある塩の結晶は水和物であり、無水物に対し物質質量で n 倍の水和水をもつ。ある一定の温度で、この塩の飽和水溶液 $a[\text{g}]$ から水を $b[\text{g}]$ だけ蒸発させたところ、 $c[\text{g}]$ の水和物が析出した。この温度では、無水物は水100 gに最大で $d[\text{g}]$ 溶けるとして、以下の①～③に答えよ。ただし、この無水物の式量は M とする。
- ① この塩の飽和水溶液 $a[\text{g}]$ に含まれる水の質量は何グラムか、文字式で答えよ。
- ② この塩の水和物 $c[\text{g}]$ に含まれる水の質量は何グラムか、文字式で答えよ。
- ③ 蒸発操作を行った後は、飽和水溶液と結晶(水和物)が残る。この飽和水溶液中の塩(無水物)と水の質量比は以下の関係がある。
- $$(\text{塩の質量}) : (\text{水の質量}) = d : 100$$
- この関係に基づき、上述の c を文字式で答えよ。

3 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。

炭化水素は最も基本的な有機化合物である。ベンゼン環をもつ炭化水素は(ア)炭化水素に分類され、脂肪族炭化水素とは異なる性質を示す。たとえば、脂肪族不飽和炭化水素のエチレンに臭素を反応させると、(イ)反応により1,2-ジブromoエタンが生成する。一方、(ア)炭化水素であるベンゼンはハロゲンと(イ)反応を起こしにくいですが、鉄粉を触媒に塩素と反応させると、(ウ)反応によりクロロベンゼンが生成する。

脂肪族炭化水素の水素原子を(エ)基と入れかえた化合物は、アルコールに分類される。アルコールの一種であるエタノールは、(エ)基の性質を反映した様々な化学反応を起こす。たとえば、①エタノールにナトリウムを反応させると、気体が発生する。濃硫酸を160～170℃に加熱しながらエタノールを加えると、(オ)が生じる。一方、130℃程度で加熱すると、(カ)が生じる。このように、水分子が取れる反応を脱水反応とよぶ。また、2分子から水などの簡単な分子が取れて結合する反応は、一般に(キ)とよばれる。

ベンゼンの水素原子1個を(エ)基と入れかえた化合物は、フェノールとよばれる。②フェノールは工業的にはクメン法により製造される。フェノールは常温で無色の結晶で、水酸化ナトリウム水溶液によく溶ける。③フェノールに濃硫酸と濃硝酸の混合物を加えて加熱すると、ピクリン酸が生じる。

アルコールやフェノール類は、カルボン酸無水物と反応してエステルを生成する。エステルAは炭素、酸素、水素のみから構成される分子量164の化合物で、ベンゼンの水素原子1個を他の原子団と入れかえた構造をもつ。エステルA 82 mgを完全燃焼させると、54 mgの水と220 mgの二酸化炭素を生じた。また、エステルAを加水分解して得られるアルコールは、塩基性の条件下でヨウ素と反応した。この反応は(ク)反応とよばれる。

- (1) 空欄(ア)～(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①の反応の化学反応式を示せ。また、発生する気体を捕集する適切な方法を答えよ。
- (3) 下線部②について、クメン(別名：イソプロピルベンゼン)を酸素によって酸化し、これを希硫酸で分解するとフェノールとアセトンが生じる。一連の反応を、空欄に構造式を記入して完成させよ。
- (4) 下線部③について、この反応を化学反応式で示せ。
- (5) エステルAの分子式および構造式を答えよ。計算過程も記入せよ。

4 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

高分子化合物のうち、天然に由来するものを天然高分子化合物といい、人工的に合成されたものを合成高分子化合物という。天然高分子化合物には、セルロースやデンプンなどの多糖類や、アミノ酸が多数つながった、アルブミン、コラーゲンやケラチンなどのタンパク質が知られている。タンパク質の二次構造として、らせん状の(ア)や、ジグザグ状に折れ曲がった(イ)が知られている。また、合成高分子化合物には、単量体から(ウ)重合により得られるポリアクリロニトリルやポリ酢酸ビニル、(エ)重合により ϵ -カプロラクタムから得られるナイロン6などがある。合成高分子化合物のうち、加熱すると軟化し、冷却すると再び硬化する性質をもつものを熱可塑性樹脂といい、フェノール樹脂や尿素樹脂など加熱硬化により得られるものを(オ)樹脂という。フェノール樹脂は、(カ)とよばれる重合反応により得られる。酸触媒を用いて、フェノールとホルムアルデヒドを反応させると(キ)とよばれる柔らかい固体の中間生成物を生じる。一方、塩基触媒を用いて、フェノールとホルムアルデヒドを反応させると(ク)とよばれる液体の中間生成物を生じる。各中間生成物はフェノール樹脂の原料となる。

- (1) 空欄(ア)～(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させたところ、火薬の原料となる硝酸エステル化合物Xが得られた。この化学反応について、以下の(a)～(c)に答えよ。
 - (a) 化合物Xの名称を答えよ。
 - (b) セルロースから化合物Xが生成する化学反応式を示せ。ただし、重合度は n とし、硝酸エステル化は完全に進行したものとする。高分子化合物は次の例にならって答えよ。
例：アミロース $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$
 - (c) (b)でセルロース 16.2 g から化合物Xは何 g 生成するか。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。
- (3) 毛髪や爪、羊毛に多く含まれるタンパク質であるケラチンは、構成アミノ酸としてアミノ酸Yを多く含んでいるため、結合Zを形成することができる。これにより毛髪は一定の形を保っている。以下の(a)と(b)に答えよ。
 - (a) アミノ酸Yの名称を答えよ。また、結合Zについて名称とその構造を次の例にならって答えよ。
例：エーテル結合 $-\text{O}-$
 - (b) 毛髪のパーマメントウェーブのしくみについて、「結合Z」、「酸化剤」、「還元剤」の語句を用いて60字以内で説明せよ。
- (4) タンパク質は水素結合やその他の結合により立体構造が保たれている。熱や重金属イオンなどが、これらの結合に作用すると、タンパク質の立体構造が変化して、凝固・沈殿する。この現象の名称を答えよ。また、熱や重金属イオン以外に、この現象を生じさせる要因を3つ答えよ。

- (5) タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると色が変わる。この化学反応の名称と色の変化を答えよ。また、この呈色反応を示すタンパク質は、どのような構造上の特徴をもつか答えよ。
- (6) 代表的なアラミド繊維であるポリ(*p*-フェニレンテレフタルアミド)は高強度で、耐熱性、耐薬品性にも優れている。*p*-フェニレンジアミンとテレフタル酸ジクロリドからポリ(*p*-フェニレンテレフタルアミド)を合成する化学反応式を完成させよ。ただし、重合度は n とせよ。