

令和5年度入学試験問題

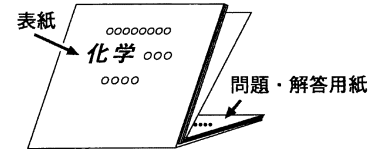
化学 401

(前期日程)

表紙も問題・解答用紙もすべて
表面のみに印刷している。

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、問題用紙は6枚(その1～6)、解答用紙は4枚(その1～4)である。
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
計算が必要な場合は、表紙、問題・解答用紙の裏面を利用すること。
- 3 解答は、解答用紙の指定された解答箇所を書くこと。指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。また、裏面に解答したのも採点しない。
- 4 解答開始後、各解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。
- 5 配付した用紙はすべて回収する。

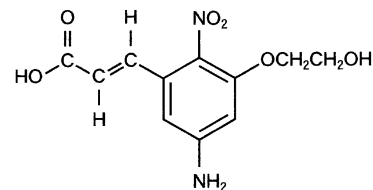


化学 401 問題用紙 (その1)

(注意) 第1問から第4問の解答にあたっては、以下の注意事項に従うこと。

1. 有機化合物の構造式は、特に指示のない限り右図に示す例にならって表すこと。
2. 原子量は、次の値を用いること。

H: 1.00, C: 12.0, N: 14.0, O: 16.0



構造式の例

第1問 下の問い(問1～6)に答えよ。

問1 元素の周期表の3～11族に属する金属元素には、単体もしくは酸化物が触媒としてはたらくものが多い。下線部(a)の名称を記せ。

問2 触媒は化学工業の要であり、燃料、汎用化学製品、医薬品の製造など、化学工業プロセスの90%以上は触媒反応に依存している。触媒のはたらきについて、「活性化エネルギー」および「反応速度」という語句を含めて50字程度で記せ。

問3 アンモニアを原料とする硝酸の工業的製法には、原子番号78の を触媒とする酸化反応が含まれる。酸素でエチレンを酸化してアセトアルデヒドを合成する手法は、原子番号46の と、原子番号29のCuの協働的な触媒作用により実現する。 と はいずれも、有機化合物の不飽和結合に水素を付加させる還元反応の触媒としても有用であり、同様の触媒作用をもつ原子番号28の は、脂肪油への水素付加による硬化油製造に広く用いられる。

から にあてはまる元素を、元素記号で記せ。また、下線部(b)と下線部(c)の名称を、以下の選択肢の中から、一つずつ選んで記せ。

(選択肢) ソルベー法 接触法 オストワルト法 ハーパー・ボッシュ法 ワッカー法

(その2に続く)

化学 401 問題用紙 (その2)

(その1より続く)

問4 炭素、水素、酸素原子のみからなる分子量100以下の化合物Aと水素をそれぞれ1.00 molずつ、適切な触媒を用いて反応させたところ、化合物Bが得られた。不純物を含まない2.40 gの化合物Bを完全燃焼させたところ、二酸化炭素が5.28 gと水が2.90 g発生した。化合物Aと化合物Bはどちらも、金属ナトリウムと反応して水素を発生した。化合物Aに臭素を加えると臭素の赤褐色が消えたが、化合物Bに臭素を加えても臭素の赤褐色は消えなかった。化合物Aと化合物Bの構造式を記せ。また、解答に至るみちすじも記せ。

問5 臭素はヨウ化カリウムと反応してヨウ素を遊離させる。一方、ヨウ素と臭化カリウムは反応しない。下線部(d)の化学反応式を記せ。また、下線部(e)の反応が進行しない理由を簡潔に記せ。

問6 メタノールを酸化すると、化合物Cを経て、ギ酸を生じる。化合物Cの構造式を記せ。また、化合物Cの性質について、正しく述べられているものを(a)~(c)のうちから全てを選び、記号で記せ。

- (a) 水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素を加えると、ヨードホルムを生じる。
- (i) アンモニア性硝酸銀溶液に加えて加熱すると、銀が析出する。
- (u) 常温で液体である。
- (e) 水溶液中では弱塩基性を示す。
- (o) フェーリング液とともに加熱すると、酸化銅(I)が沈殿する。
- (c) 三量化すると、トリオキサンとなる。

化学 401 問題用紙 (その3)

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

ベンゼンを反応物として濃硝酸と濃硫酸を加えて反応させ、生成物である化合物Aを^(a)単離収率60%で得た。次に得られた化合物Aの全量にスズと濃塩酸を加えて反応させ、生じた化合物Bを^(b)単離収率80%で得た。化合物Bの全量に1.00 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと、ちょうど480 mL加えた時点で強塩基性になったので、ジエチルエーテルで抽出して化合物Cを^(c)単離収率100%で得た。化合物Cの全量に酢酸と濃硫酸を加えて加熱して反応させ、アセトアニリドを^(d)単離収率30%で得た。ただし、各反応において反応物以外の試薬は理論上必要な量を加えたものとする。

*単離収率：化学反応において、反応物から生成物が理論的に生じる最大の量に対して、実際に得られた純粋な生成物の量の割合をパーセントで表した値。以下の式で表される： $(\text{実際に得られた純粋な生成物の量}) \div (\text{理論的に生じる生成物の最大の量}) \times 100$ 。

問1 下線部(a)～(d)の化学反応の反応式を記せ。ただし、化学反応式に含まれる有機化合物は構造式で示すこと。

問2 下線部(b)において、単体のスズ1.00 molと塩酸2.00 molだけを混ぜても反応して気体が発生する。その反応式を記せ。

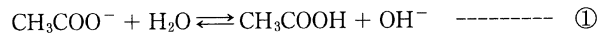
問3 最初に用いたベンゼンの体積[mL]と最後に得られたアセトアニリドの質量[g]を有効数字2桁で記せ。

また、解答に至るみちすじも記せ。ただし、ベンゼンの密度は0.88 g/mLとする。

化 学 401 問題用紙 (その4)

第3問 化学平衡に関する次の文章< I >と< II >を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。

< I > 塩の水溶液の性質は、その塩のもとになった酸と塩基の組み合わせによって異なる。酢酸ナトリウムは、弱酸と強塩基からなる塩であり、水に溶かすとほぼ完全に電離する。この電離によって生じる酢酸イオンの一部は、加水分解によって、酢酸と水酸化物イオンを生じ、以下の①式に示すような化学平衡の状態になる。



水溶液中では、酢酸イオンに比べて水分子は多量にあり、水の濃度は一定とみなせるので、①式に示す反応の平衡定数(加水分解定数) K_h は、以下の②式で表すことができる。②式において、酢酸イオン、酢酸、および水酸化物イオンのモル濃度を、それぞれ、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、および $[\text{OH}^-]$ とする。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad \text{-----} \quad \text{②}$$

いま、酢酸ナトリウム水溶液の pH (水素イオン指数) を求めたい。この水溶液中における酢酸ナトリウムのモル濃度を c [mol/L]、①式に従って酢酸イオンが加水分解される割合を h とすると、 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-] = ch$ となり、 c 、 h を用いて、 $K_h = \boxed{\text{ア}}$ と表される。ここで、 h は 1 に比べて著しく小さく、 $1 - h \approx 1$ ($h > 0$) とみなせるから、 $K_h = ch^2$ と近似することができる。一方、 K_h は、酢酸を水に溶かしたときの電離定数を K_a [mol/L]、水のイオン積を K_w [(mol/L)²] とすると、 K_a 、 K_w を用いて、 $K_h = \boxed{\text{イ}}$ と表すことができる。ここで、 K_h を表す式 ($K_h = ch^2$ と $K_h = \boxed{\text{イ}}$) を統合して考えると、この水溶液中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 K_a 、 K_w 、 c を用いて、 $[\text{H}^+] = \boxed{\text{ウ}}$ と表される。ここから、酢酸ナトリウム水溶液の pH は、 K_a 、 K_w 、 c を用いて、 $\text{pH} = \boxed{\text{エ}}$ と求められる。

< II > 気体 A と気体 B を、容積 1.00 L の密閉容器に入れて、ある一定の温度 T [K] に保つと、気体 C が生じ、以下の③式のような可逆反応で表される化学平衡の状態になった。



③式中の A、B、C は、それぞれ気体 A、B、C 分子の化学式、 α 、 β 、 γ は、係数を表す。ただし、気体 A、B、C は、理想気体であるとし、それらの気体の分子のふるまいは、気体の状態方程式に従うものとする。いま、③式の反応が化学平衡の状態になっているとき、容器内の気体 A、B、C の物質質量 [mol] はそれぞれ n_A 、 n_B 、 n_C 、気体 A、B、C の分圧 [kPa] はそれぞれ p_A 、 p_B 、 p_C であった。この反応における、圧平衡定数 K_p は、 n_A 、 n_B 、 n_C 、 α 、 β 、 γ 、温度 T [K] および気体定数 R [Pa·L/(K·mol)] を全て用いて、 $K_p = \boxed{\text{オ}}$ と表される。また、③式における右向き(正反応)の反応速度を v_1 [mol/(L·s)]、左向き(逆反応)の反応速度を v_2 [mol/(L·s)] とするとき、化学平衡の状態では、 $v_1 = v_2$ が成り立つ。

化 学 401 問題用紙 (その5)

(その4より続く)

問1 文章中の ア ~ オ にあてはまる式を記せ。また、オ については、理論式を用いて解答に至るみちすじも記せ。

問2 下線部(a)について、次の(1)~(3)に示す塩の水溶液は、酸性・中性・塩基性のいずれの性質を示すか、それぞれ記せ。

- (1) 硫酸ナトリウム (2) 硫酸水素ナトリウム (3) 塩化アンモニウム

問3 下線部(b)について、③式の反応において温度を上昇させたとき、平衡が左へ移動した。この反応における反応熱の絶対値が Q [kJ] であるとき、 Q の正負を表す符号を明らかにして、③式の反応についての熱化学方程式を記せ。

問4 下線部(c)について、表1の条件1~3に示された初期濃度となるように気体A、Bを密閉容器に入れ、各条件において、③式における右向き反応(正反応)の初期速度を求める実験を行った。表1では、 $2 \times [X]$ 、 $2 \times [Y]$ は、それぞれ $[X]$ 、 $[Y]$ の2倍であることを表し、 $4 \times v_0$ 、 $8 \times v_0$ は、 v_0 のそれぞれ4倍、8倍であることを表している。気体Aのモル濃度を $[A]$ [mol/L]、気体Bのモル濃度を $[B]$ [mol/L]、反応速度定数を k とするとき、表1の実験結果から決定される、 v_1 を表す反応速度式を記せ。

表1 気体Aおよび気体Bの初期濃度と反応の初期速度の関係

	気体Aの初期濃度 [mol/L]	気体Bの初期濃度 [mol/L]	右向き反応(正反応)の 初期速度 [mol/(L·s)]
条件1	$[X]$	$[Y]$	v_0
条件2	$[X]$	$2 \times [Y]$	$4 \times v_0$
条件3	$2 \times [X]$	$2 \times [Y]$	$8 \times v_0$

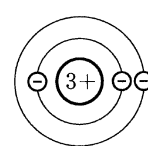
化学 401 問題用紙 (その6)

第4問 物質の構成粒子に関する次の文章< I >と< II >を読み、下の問い(問1~5)に答えよ。

< I > 原子は、中心にある原子核と、原子核の周りを取り巻く電子で構成されている。電子は、電子殻とよばれるいくつかの層に分かれて存在しており、電子殻は、原子核に近いものから順にK殻、L殻、M殻、N殻、…とよばれる。原子や分子の中で、2個ずつ対になった電子を、電子対とよぶ。共有結合を形成する電子対を共有電子対といい、共有結合に使われない電子対を非共有電子対という。シアン化物イオンは、非共有電子対を持ち、金属イオンに配位結合して、錯イオンを形成する。

< II > 空気を構成する窒素や酸素などの気体の分子は、熱運動によって空間を飛び回っている。空気中のある気体に着目すると、その気体の分子はすべて同じ速さで運動しているわけではなく、速く動くものから、ゆっくり動くものまでさまざまである。

問1 下線部(a)について、電子殻への電子の入り方を電子配置という。右の図は、リチウム原子の電子配置を、同心円で平面的に表したボーアモデルを用いて、模式的に示している。



・原子核は、 $\textcircled{3+}$ で表し、数字は陽子の数を示す。
 ・電子殻は、原子核の外側に同心円を書き、電子殻に入っている電子を \ominus で表す。

この例にならい、ナトリウムイオンの電子配置を記せ。

問2 下線部(b)について、共有結合している2原子間の共有電子対は、どちらか一方の原子にかたよって存在する場合があります。フッ化水素分子はその一例である。

解答欄に記載されているフッ化水素分子の模式図において、共有電子対のかたよりによって、いくらか正の電荷を帯びている原子の 内に $\delta+$ 、いくらか負の電荷を帯びている原子の 内に $\delta-$ を記せ。

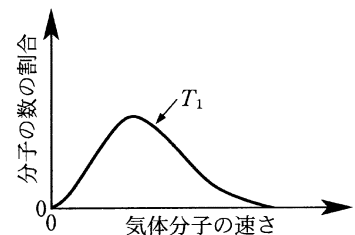
問3 下線部(c)について、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸イオンは、鉄(Ⅲ)イオンに、シアン化物イオンが配位結合した錯イオンである。この錯イオンの形を、以下の選択肢の中から、一つ選んで記せ。また、鉄イオンを●、シアン化物イオンを○、配位結合を→で表すとき、鉄イオンとシアン化物イオンの立体的な配置が分かるように、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸イオンの立体構造を図示せよ。

(形の選択肢) 直線形 正方形 正四面体形 正八面体形

問4 下線部(c)について、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸イオンを含む水溶液の色として最も適切なものを、以下の選択肢の中から、一つ選んで記せ。

(色の選択肢) 無色 深青色 黄色 白色 淡緑色 赤色

問5 下線部(d)について、右の図は温度 T_1 における、ある気体分子の運動の速さと、その速さを持つ分子の数の割合(気体分子の速さの分布)を模式的に示したグラフである。いま、温度を下げて T_2 としたとき、右のグラフはどのように変化するか、そのグラフを解答欄に実線で記せ。



化 学 401 解答用紙（その1）

第1問

問 1																																	
問 2																																	
	50										60																						
問 3	ア											イ											ウ										
	下線部 (b)											下線部 (c)																					
問 4	化合物 A											化合物 B																					
	(みちすじ)																																
問 5	反応式																																
	理由																																
問 6	構造式																																
	記号																																

小 計	点
-----	---

化 学 401 解答用紙 (その2)

第2問

問1	(a)			
	(b)			
	(c)			
	(d)			
問2				
問3	ベンゼンの 体積		アセトアニリド の質量	
	(みちすじ)	mL		g

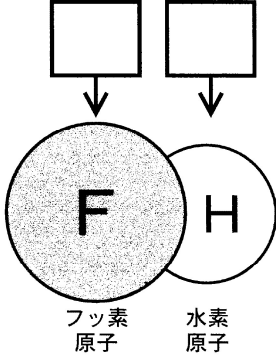
化 学 401 解答用紙 (その3)

第3問

問1	ア		イ			
	ウ		エ			
	オ					
	(<input type="checkbox"/> オ の解答に至るみちすじ)					
問2	(1)		(2)		(3)	
問3						
問4						

化学 401 解答用紙 (その4)

第4問

問1		問2	
問3	形	問4	
	立体構造	問5	