

令和3年度学力検査問題

理 科 (4枚のうち その1)

受験番号	番
------	---

解答をするにあたっての注意：答えはすべて解答欄に記入し、計算結果は有効数字3桁で答えよ。必要があれば次の値を用いよ。
 原子量：H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0 S = 32.0 Cl = 35.5 K = 39.0 Ti = 47.9
 Mn = 54.9 Fe = 58.8 Cu = 63.5 Zn = 65.4 I = 127 $\sqrt{2} = 1.41$ $\sqrt{3} = 1.73$ $\sqrt{5} = 2.24$ $\pi = 3.14$
 気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1 ベンゼンの一置換体A~Cについて、以下の実験I~IXを行った。問1~(6)に答えよ。化合物の構造は構造式の例にならって記せ。不斉炭素原子には*を付けること。



- I A~Cに塩酸を加え加熱するとAのみが加水分解され、分子量102のDと129.5の塩酸塩が生成し、この塩酸塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えるとEが遊離した。Dには不斉炭素原子が1個存在した。
- II D 10.2 mgを完全燃焼させると、水と二酸化炭素のみが生じた。この時、発生した二酸化炭素の質量は22.0 mgであった。
- III Eに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えると [ア] 色の沈殿が生じた。
- IV Eに、冷やしながらか希塩酸と亜硝酸ナトリウムを加えるとFが生成し、これを温めるとGが生じた。
- V Bは炭素を9つ持つ炭化水素で、これを酸素で酸化すると中間体Hが生じ、さらに硫酸で分解すると、GとIが生成した。
- VI Gに水酸化ナトリウム水溶液を反応させ、これとFの水溶液を反応させると、 [イ] 色のKが生じた。
- VII Iにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、 [ウ] 色沈殿Jが生じた。
- VIII Cの化学式はC₇H₈Oであり、金属ナトリウムと気体を発生しながら反応した。
- IX Cを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると酸性化合物Lが生成した。

- (1) A~Lの構造式を記せ。また、G~Lは化合物の名称も記せ。
- (2) [ア] ~ [ウ] に入る色を答えよ。
- (3) CとGを区別する呈色反応を一つ挙げ、それぞれの呈色の違いを述べよ。
- (4) Cの構造異性体のうち、ベンゼン環を持つ化合物の構造を全て記せ。また、その中で最も沸点の低いものを四角で囲め。
- (5) 実験IIの完全燃焼の化学反応式を記せ。また、生じる水の質量を計算せよ。計算過程も記せ。
- (6) Lの $1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 水溶液の水素イオン濃度を求めよ。電離定数は $K_a = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ とし、計算過程も記せ。

〔解答欄〕

(1)	A		B		C		D		E		F	
	G		H		I		J		K		L	
(2)	ア	イ	ウ	(3)								
				(4)								
(4)				(5)								
				(6)								

令和3年度学力検査問題

理 科 (4枚のうち その2)

受験番号	番
------	---

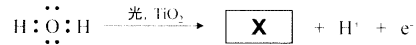
2 次の文章を読み、問(1)~(6)に答えよ。問(5)と(6)は計算過程も記せ。

チタン原子の価電子は **ア** となって原子間を移動できるため、 **イ** 結合が形成される。チタンの結晶構造は、常温では単位格子中に含まれる原子数2、配位数12の **ウ** で、900℃以上では配位数8の **エ** に変化する。また、①チタンはアルミニウムと同様に高い耐食性を示す。一方、酸化チタン(IV)TiO₂は、ビルの外壁や窓ガラスの汚れ防止に使われる。②酸化チタン(IV)に紫外線が当たると、空気中の水から強力な酸化力を持つ活性種**X**が生じ、汚れを分解する。このとき、酸化チタン(IV)は **オ** として働く。

(1) **ア** ~ **オ** に入る適切な語句を記入せよ。

(2) 下線①に関して、チタンの表面で起きる現象を説明せよ。

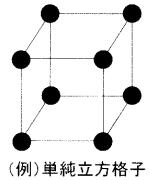
(3) 下線②は次の反応式で示される。**X**を電子式で示せ。



(4) 原子の中心を●として、 **エ** の結晶構造を右側の例にならって示せ。

(5) **エ** の充填率を示せ。原子は球とみなし、近接する原子は互いに密着しているとする。

(6) **ウ** から **エ** に変化した場合、密度は何倍に変化するか示せ。原子半径は加熱しても変わらないとする。



(解答欄)

	ア	イ			
(1)	ウ	エ	オ	(3)	(4)
(2)					
(5)	(計算過程)		(計算過程)		
(6)					
	答 充填率: %			答 密度の変化: 倍	

3 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。

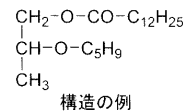
油脂は、グリセリン1分子と高級脂肪酸3分子とが **ア** 結合した化合物である。この油脂1gをけん化するのに必要な水酸化カリウムのミリグラム数をけん化価という。油脂には、パルミチン酸やステアリン酸のような **イ** やリノール酸やリノレン酸のような **ウ** が含まれる。 **ウ** の **エ** 結合にはハロゲンが付加し、油脂100gに付加するヨウ素のグラム数をヨウ素価という。2種類の脂肪酸とグリセリンからなる油脂 **A** xgを完全にけん化するのに、2.0 mol/Lの水酸化カリウム75 mLを要した。油脂 **A** xgに触媒を用いて水素を完全に付加すると、油脂 **A** を構成するいずれの脂肪酸にも水素が付加し、ygの油脂 **B**に変化した。この時、標準状態で4.48 Lの水素が付加した。また、生成されたygの油脂 **B**を完全にけん化した後、反応液を酸性にし、ジエチルエーテルで抽出すると、1種類の脂肪酸 **C** 42.6gが得られた。

(1) **ア** ~ **エ** に当てはまる語句を記せ。

(2) 脂肪酸 **C** の示性式を計算過程と共に示し、 **C** の名称も答えよ。

(3) 油脂 **A** のけん化価およびヨウ素価を計算過程と共に示せ。

(4) 油脂 **A** として可能な構造を例にならって記せ。立体異性体および **エ** 結合の位置の違いは考慮しないものとする。



(解答欄)

	(1) ア	イ	ウ	エ
(2)	(計算過程)			
	答 示性式		名称	
(3)	(計算過程)			
	答 けん化価		ヨウ素価	
		(4)		

令和3年度学力検査問題

理 科 (4枚のうち その3)

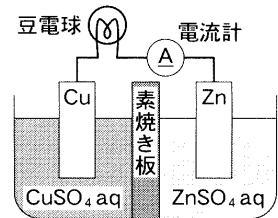
受験番号	番
------	---

- 4 水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを含む混合水溶液Aがある。A 20 mLをはかり取り、コニカルビーカーに入れ、0.1 mol/Lの塩酸を用いて滴定を行ったところ、2つの中和点をもつ滴定曲線が得られた。滴定開始から第一中和点までに加えた塩酸の体積は23 mLであり、第一中和点から第二中和点までに加えた塩酸の体積は7.5 mLであった。
- 滴定開始から第一中和点までに起こった2種類の中和反応を、順番に化学反応式で記せ。
 - 第一中和点から第二中和点までに起こった変化を化学反応式で記せ。
 - 混合水溶液Aに含まれる水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの濃度を求めよ。計算過程も記せ。
 - 第一中和点と第二中和点の判定に用いた指示薬と水溶液の色の変化をそれぞれ記せ。
 - この実験で塩酸を滴下するときに用いる適切な器具の名称を答えよ。この器具の内部が水で濡れたまま使用する場合の対処法とその目的を記せ。

〔解答欄〕

(1)	1番目:			
	2番目:			
(2)	(計算過程)	(4)	(第一中和点) 指示薬: 色の変化:	(第二中和点) 指示薬: 色の変化:
(3)		(5)	器具名: 対処法と目的:	
			水酸化ナトリウム mol/L 炭酸ナトリウム mol/L	

- 5 図のように銅板を浸した硫酸銅(II)水溶液と、亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液を素焼き板で仕切り、金属板どうしを導線でつなぐと豆電球が点灯した。問(1)~(5)に答えよ。問(2)と(5)は計算過程も示せ。



- この装置が放電する際の装置全体の反応を化学反応式で示せ。
- 200 mAの一定電流が2時間8分40秒間流れたとき、負極の質量はどれだけ増減するか。
- この装置の素焼き板を引き抜き、硫酸銅(II)水溶液と硫酸亜鉛水溶液を混合させると豆電球の明かりは消えた。このとき装置では、どのような反応が起きているか説明せよ。
- 解答欄の図のように、この装置を複数個直列に接続して鉛蓄電池の充電を試みた。充電される際の鉛蓄電池全体の化学反応式と、電極A、Bの活物質の化学式を書け。
- 鉛蓄電池に(2)と同じ電気量を充電したとき、硫酸水溶液の質量パーセント濃度はどれだけ増減するか。充電前の鉛蓄電池中の硫酸水溶液は質量パーセント濃度10%、比重1.07 g/cm³、体積100 mLとする。

〔解答欄〕

(1)		(4)	(充電時の鉛蓄電池全体の化学反応式)
(2)	(計算過程)		
(3)			電極Aの活物質: 電極Bの活物質:
(5)	(計算過程)		

令和3年度学力検査問題

理 科 (4枚のうち その4)

受験番号	番
------	---

6

物質A～Jに関する実験I～Vを行った。問(1)～(6)に答えよ。問(4)と(6)は計算過程も記せ。

- I Aは質量数40であり、20個の中性子を持つ単体である。Aは常温で水と反応し、気体の発生を伴いBとなった。Bと塩化アンモニウムの混合物を加熱すると、気体Cが発生した。Bの水溶液を [ア] といい、二酸化炭素を通じると [イ] 色沈殿が生じた。
- II 過マンガン酸カリウムの水溶液は [ウ] 色であり、塩基性～中性溶液中でDになった。Dに濃塩酸を加え加熱すると、¹ 気体Eが発生した。
- III 塩化鉄(II)の水溶液にEを通じると、Fの水溶液となった。Fの水溶液は [エ] 色であり、Cの水溶液を加えると、 [オ] 色の沈殿が生じた。また、Fを含む塩基性～中性の水溶液に硫化水素を通じると、 [カ] 色の沈殿が生じた。² 一方、鉄の単体は希硫酸と反応させると、気体の発生を伴いGとなった。一方、濃硝酸とは [キ] をつくった。
- IV 過酸化水素水にFの水溶液を加えると、Fは [ク] として働き、水とHに分解された。H中で [ケ] を行うと、同素体であるIが生じた。Iを、³ 湿ったヨウ化カリウムでんぶん紙に吹きかけると青変した。
- V 沸騰させた純水にFの水溶液を加えると、Jの [コ] 溶液が得られた。この溶液に横から光束を当てると、 [サ] 現象が観測された。また、セロハンに包んで水に浸すと、混在する [シ] がセロハンの袋の外に出て、 [コ] 粒子が精製された。⁴
- (1) 物質A～Jの化学式と、 [ア] ～ [シ] に適する語句を記せ。
- (2) 下線①の反応で、過マンガン酸イオンがDになる過程を電子e⁻を含む反応式で示し、マンガンの酸化数の変化を記せ。
- (3) 下線②の反応を、化学反応式で記せ。
- (4) 下線③の反応で、質量パーセント濃度が6.80%の過酸化水素水200gを用いて反応させたところ、標準状態で1.12LのHが発生した。もともとあった過酸化水素の何%が反応したか。この時、Fの代わりにDを加えても同様の反応が進行する。 [ク] としての役割を説明せよ。また、反応混合物中のFとDの状態の違いと、その違いにより分類される [ク] の種類の名称を述べよ。
- (5) 実験I～IIIで発生する気体で、下線④の変化を示す物質名を記せ。この物質で、Iと同様の変化が起きる理由を説明せよ。
- (6) 下線⑤の反応で、純水395mLと0.80mol/LのFの水溶液を5.00mLを用いた。下線⑥の精製後、27℃で浸透圧を測定したところ、83.1Paを示した。この [コ] 粒子1個には、平均何個の鉄イオンが含まれるか。なお、下線⑤ならびに⑥の過程で、鉄イオンの損失はなかったものとする。

(解答欄)

		A	B	C	D	E	
		F	G	H	I	J	
(1)		ア	イ	ウ	エ	オ	カ
		キ	ク	ケ	コ	サ	シ
(2)				(3)			
(4)	(計算過程)	[ク] の役割：					
		FとDの違いと名称：					
答 _____ %							
(5)	気体：	(6)					
	理由：						
答 _____ 個							