

令和 3・4 年度 神戸大学大学院理学研究科 化学専攻 入学試験問題

化学 I

試験時間 10 : 30 - 11 : 30 (60分)

表紙を除いて 6 ページあります。

問題 [I] ~ 問題 [VI] の中から 4 題を選択して、解答しなさい。

各ページ下端にある「選択する・選択しない」のうち、

該当する方を丸で囲みなさい。

各ページに氏名（用紙上端）と受験番号（用紙下端）を記入しなさい。

受験番号を誤って記入すると採点の対象とならないことがあります。

必要ならば以下の数値を使いなさい。

気体定数	$R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
ボルツマン定数	$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
プランク定数	$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
光速	$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
アボガドロ定数	$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
電子の質量	$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
陽子の質量	$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
電気素量	$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

この線より下に氏名を書いてはいけません

[I] 以下の問いに答えなさい。

問 1. 主量子数が 5 の電子殻が収容できる最大電子数を答えなさい。

問 2. 同周期の元素では、原子番号が大きい元素ほどイオン化エネルギーが増加する傾向があるが、Cr (原子番号 24) の第 2 イオン化エネルギーは Mn (原子番号 25) のそれより大きい。理由を説明しなさい。

問 3. VSEPR モデルを用いて SO_3^{2-} イオンの構造を予測し、立体構造がわかるように図示しなさい。結合は線で描き、硫黄原子上に孤立電子対があればそれも表示しなさい。さらに、この分子が属する点群を答えなさい。

問 4. 窒素分子 (N_2) の化学反応性が低い理由を説明しなさい。

問 5. ボルン・ハーバーサイクルを用いると、各種の実験値を用いて、実験で直接測定困難な物理量を間接的に求めることができる。このサイクルを用いて目的の物理量を求める方法について説明しなさい。

この線より下に氏名を書いてはいけません

[II] 熱力学に関する以下の問いに答えなさい。

問 1. n モルの単原子分子気体を一定の温度 T_1 で体積 V_1 から V_2 まで可逆的に膨張させた後、体積を変えずに温度 T_2 まで加熱した。このときの全エントロピー変化 ΔS は以下の式で表される。空欄に当てはまる数式を T_1, T_2, V_1, V_2 を用いて答えなさい。導出過程も記述しなさい。気体は理想気体として扱うものとする。

$$\Delta S = nR \ln \boxed{}$$

数式：

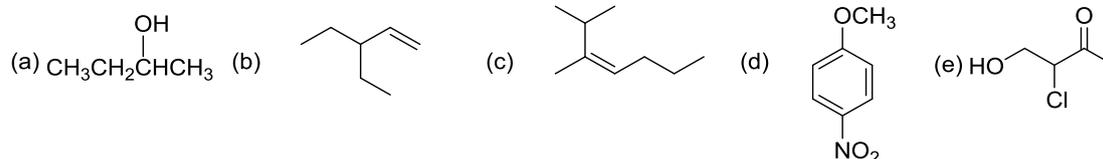
導出過程：

問 2. 温度が一定の場合、理想気体の定積熱容量は圧力に依存しないことを、式を用いて示しなさい。解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号を各自で定義すること。

この線より下に氏名を書いてはいけません

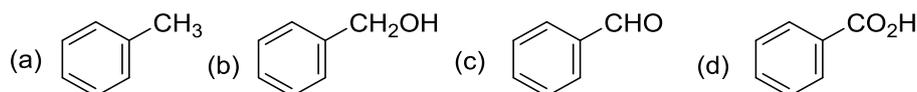
[III] 以下の問いに答えなさい。

問 1. 次の化合物(a)~(e)の IUPAC 名を書きなさい。日本語でも英語でもどちらでもよい。



(a)	(b)	(c)
(d)	(e)	

問 2. 次の化合物(a)~(d)を沸点の高い方から低い方に順に書きなさい。理由も書きなさい。

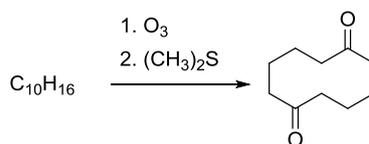


沸点の高い順	>	>	>
理由			

問 3. オゾン分解に関する以下の問いに答えなさい。

(a) 分子式 $\text{C}_{12}\text{H}_{20}$ をもつ未知の炭化水素があり、以下の ^{13}C NMR 測定値を与える。 $\delta = 27.5, 28.4, 30.3, 129.5$ ppm。この化合物をオゾン分解すると 2 当量のシクロヘキサノンを与える。未知化合物の構造を書きなさい。

(b) 分子式 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ をもつ、以下の反応における出発物質の構造を書きなさい。



(a)		(b)	
-----	--	-----	--

この線より下に氏名を書いてはいけません

[IV] 問1～3に答えなさい。ただし、溶質の活量係数は1とし、濃度を用いて計算してよい。また、容量モル濃度の単位は $M = \text{mol dm}^{-3}$ であり、溶液の温度は $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ である。

問1. 1.00 M の硫酸溶液 100 cm^3 を 98.0 w/w \% 硫酸（密度 1.84 g cm^{-3} ）から調製したい。何 cm^3 の 98.0 w/w \% 硫酸が必要か。硫酸の分子量は 98.1 とする。

問2. 0.025 M の酢酸水溶液 50 cm^3 と 0.025 M の酢酸ナトリウム水溶液 20 cm^3 を混合して調製した緩衝液の pH を求めなさい。酢酸の $\text{p}K_{\text{a}}$ は 4.77 とする。

問3. 無限希釈での H^+ , Li^+ , Cs^+ の水中のモル電気伝導率 λ^{∞} ($10^{-4}\text{ S m}^2\text{ mol}^{-1}$) は $350, 39, 77$ であり、 $\text{H}^+ \gg \text{Cs}^+ > \text{Li}^+$ の順に小さくなる。この理由を図を描いて説明しなさい。ただし、 Li^+ と Cs^+ の結晶イオン半径 r_{c} は、それぞれ 73 pm および 181 pm とする。

この線より下に氏名を書いてはいけません

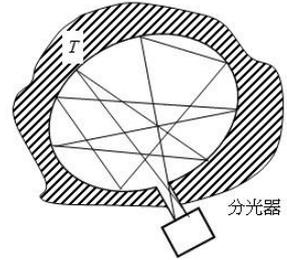
[V] 以下の問いに答えなさい。

問1. 古典物理学で説明できない現象の一つとして図のような空洞輻射がある。絶対温度 T で一定に保たれている壁から放射される光のエネルギーと、壁に吸収される光エネルギーが等しくなり平衡状態となっているとき、空洞内の光のエネルギーと振動数 ν の関係について、

$\nu \sim \nu + d\nu$ 間の単位体積当たりの輻射エネルギーは、古典物理学では、

$$E(\nu)d\nu = \frac{8\pi k_B T}{c^3} \nu^2 d\nu \quad \text{となる。この式の問題点を簡潔に説明しなさい。}$$

光速を c 、ボルツマン定数を k_B とする。

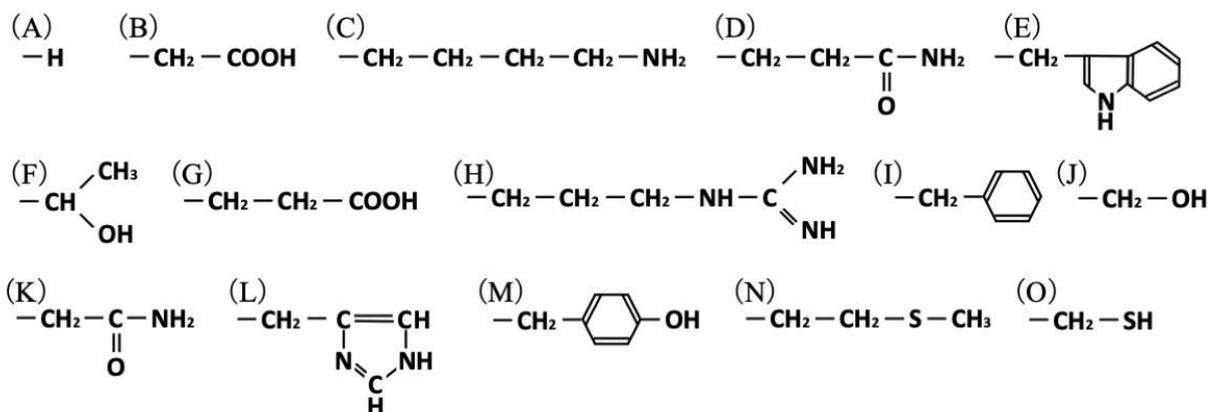


問2. 電子、原子などの微視的粒子では、その波としての性質が顕著に現れる。巨視的物体の例として、 30 km h^{-1} で走る質量 1000 kg の自動車の波長を計算し、その値が自動車のサイズに対して十分小さいことを説明しなさい。

この線より下に氏名を書いてはいけません

[VI] 以下の問いに答えなさい。

問1. (A) ~ (O) は、タンパク質を構成する α -アミノ酸 15 種類の側鎖の構造を表したものである。次の ① ~ ④ に答えなさい。



① (A) ~ (O) の中で 280 nm におけるモル吸光係数が最も大きいアミノ酸の側鎖を上から選び、右欄に記号で答えなさい。

② 酸性アミノ酸の側鎖を上から選び、すべて右欄に記号で答えなさい。

③ 酵素の活性中心で求核剤として働くほか、タンパク質分子内での共有結合を形成するアミノ酸の側鎖を 1 つ上から選び、右欄に記号で答えなさい。

④ (A) と (B) の側鎖を持つ 2 種類のアミノ酸を両方含んだジペプチドの pH 7 における構造式をすべて示しなさい。ただし環状構造は省き、立体化学は考慮しなくて良い。

問2. 筋肉が激しく動き、酸素の供給が十分でない状態におけるピルビン酸の代謝経路は、クエン酸サイクルと酸化的リン酸化よりも、ホモ乳酸発酵による乳酸への還元が支配的になる。その理由について説明しなさい。