

平成30年度入学試験問題(後期)

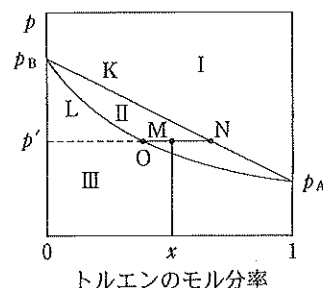
理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は1冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机上に出しておくこと。

[注意] 必要な場合には、次の値を用いよ。原子量 H:1.0, C:12.0, O:16.0, N:14.0, Na:23.0 $\log_{10} 2.0 = 0.30$, $\log_{10} 3.0 = 0.48$

I トルエンとベンゼンの混合物が温度 T 、圧力 p のもとで気液平衡にある。液体中のトルエンのモル分率を x_l 、気体中のトルエンのモル分率を x_g とする。また、温度 T におけるトルエンとベンゼンの飽和蒸気圧をそれぞれ p_A 、 p_B とする。気体は理想気体の法則に従うものとして問いに答えよ。



問 1 ラウールの法則によれば、気体中のトルエンの分圧は $x_l p_A$ となる。このことから導かれる x_l 、 x_g 、 p 、 p_A の関係式①を示せ。

問 2 同様にラウールの法則によれば、ベンゼンの分圧は $(1-x_l)p_B$ となる。このことから導かれる x_l 、 x_g 、 p 、 p_B の関係式②を示せ。

問 3 式①と式②から x_g を消去して $p =$ の形にした式③を示せ。

問 4 式①と式②から x_l を消去して $p =$ の形にした式④を示せ。

問 5 横軸に x_l 、縦軸に p を取って式③を描くと図の線 K が得られた。また、横軸に x_g 、縦軸に p を取って式④を描くと図の線 L が得られた。図はこれら 2 つのグラフを重ね合わせたものである。一般に、トルエンのモル分率が x のトルエンとベンゼンの混合物を温度 T 、圧力 p' に保ったとき、点 $M(x, p')$ は図の領域 I、II および III のいずれかに存在する。点 M が領域 I および III に存在するとき、トルエンとベンゼンの混合物はどのような状態をとるか。下記から選び、記号で答えよ。ただし、領域 I は線 K を含まず、領域 III は線 L を含まないものとする。

ア: 固体 イ: 液体 ウ: 気体 エ: 固体と液体 オ: 液体と気体 カ: 気体と固体 キ: 固体と液体と気体

問 6 点 M が領域 II に存在するとき、液体の総物質量は n_l 、気体の総物質量は n_g であった。M を通り横軸に平行な直線と線 K および線 L との交点をそれぞれ N および O とする。 \overline{MN} と \overline{MO} の比 $\frac{MN}{MO}$ を n_l 、 n_g を用いて表せ。

II 化合物 A と化合物 B はともに分子量 106 の芳香族炭化水素であり、構造異性体の関係にある。過マンガン酸カリウムで酸化すると、A は化合物 C に、B は化合物 D になった。C と D をそれぞれ加熱すると、D のみが脱水されて化合物 E になった。また、C と D それぞれに対し、芳香環に結合した水素原子 1 個を臭素原子で置換すると、C からは 1 種類の化合物のみが得られ、D からは 2 種類の異性体得られた。化合物 F は炭素、水素、酸素からなる直鎖状の化合物であり、全ての炭素原子には水素原子が 2 個結合している。4.5 g の F を完全燃焼させると、二酸化炭素が 8.8 g、水が 4.5 g 生じた。また、F を酸化したところ、化合物 G となった。1 mol の G を炭酸水素ナトリウムと反応させたところ、二酸化炭素が 88 g 生じた。C と F の縮合重合反応によって分子式 $H-(C_{12}H_{12}O_4)_n-OH$ (n は重合度) で表される高分子化合物 H が得られる。一方、化合物 I は、炭素、水素、酸素からなる化合物であり、不斉炭素を 1 つ持つ。I のヒドロキシ基をアミノ基に変えた化合物 J は天然に存在するアミノ酸の 1 つである。I の元素分析の結果は、炭素が 40.0%、水素が 6.7% であった。I の水溶液は弱酸性で、炭酸水素ナトリウムと反応して水溶性の塩を生じる。I を脱水縮合すると、分子式 $C_8H_8O_4$ の化合物 K が得られ、さらに K を重合すると高分子化合物 L が得られた。

問 1 化合物 A, B, C, G, J の名称を記せ。

問 2 化合物 D, E, H, I, K, L の構造式を次の例にならって記せ。なお、幾何異性体は区別し、光学異性体は区別しないものとする。



問 3 F から G を生じる反応の過程においては、ある官能基を持つ中間体が生じる。この官能基を検出する反応の名称を記せ。

Ⅲ 弱酸は弱電解質であり水溶液中ではその一部が電離し、電離していない弱酸と電離してできた弱酸イオンが平衡状態となる。一般的な弱酸を HA で表すと、 $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ と書くことができる。この反応が平衡状態にあるとき、電離していない弱酸の濃度 [HA] (mol/L) と電離した弱酸イオンの濃度 $[A^-]$ (mol/L)、および水素イオンの濃度 $[H^+]$ (mol/L) を用いると、電離定数 K_a (mol/L) は次式で表される。

$$K_a = \frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}} \quad \text{①}$$

この K_a は酸の種類によって一定である。式①の両辺の常用対数をとって変形し、 $pK_a = -\log_{10} K_a$ と定義すると、以下の関係式が得られる。

$$pH = \boxed{\text{ウ}} + \log_{10} \boxed{\text{エ}} \quad \text{②}$$

以下の問いに答えよ。ただし、酢酸の電離度は 1 より十分に小さく、酢酸の $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L、 $pK_a = 4.6$ とする。また、酢酸ナトリウムは水に溶解したとき完全に電離するものとする。数値を解答するときは有効数字 2 桁で答えよ。

問 1 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{エ}}$ を埋めよ。

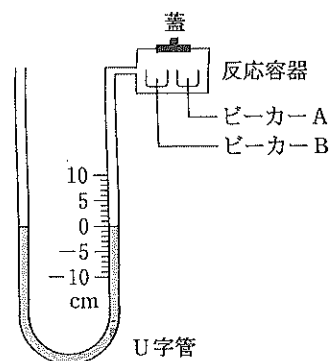
問 2 0.10 mol/L の酢酸水溶液 1.0 L に 17.2 g の酢酸ナトリウム五水和物を溶かした水溶液の pH を求めよ。ただし、溶解による体積変化はないものとする。

問 3 酢酸と酢酸ナトリウム五水和物を用いて 0.10 mol/L の酢酸ナトリウム緩衝液 1.0 L を作りたい。pH 3.6 の緩衝液を作るのに必要な酢酸と酢酸ナトリウムの物質量を求めよ。また、必要な酢酸の体積 (mL) と酢酸ナトリウム五水和物の質量 (g) を答えよ。ただし、酢酸ナトリウム緩衝液の濃度は酢酸と酢酸イオンの濃度の和とし、酢酸の密度は 1.05 g/cm³ とする。

問 4 問 3 の酢酸ナトリウム緩衝液 1.0 L に水酸化ナトリウム 0.031 mol を混合すると pH はいくらになるか答えよ。ただし、混合による体積変化はないものとする。

Ⅳ 酵母は、呼吸によりグルコースを完全に酸化して、二酸化炭素と水にすることができる。

この酵母の呼吸を測定するために、図に示したような装置を作製した。装置は、反応容器に、開口した U 字管が取り付けられている。U 字管の内空の断面積は 2.0 cm² で、反応容器に近い方の直線部分の中央部には目盛りが刻まれている。また反応容器には密閉できる頑丈な蓋があり、この蓋を介して容器内にビーカー A と B を出し入れすることができる。反応容器の蓋を開けた状態で U 字管の 0.0 cm の目盛りまで水銀を注ぎ入れた。この状態を実験の基本の状態と名付ける。



【実験 1】 基本の状態では、ビーカー A に十分量の脱酸素剤を入れて反応容器を密閉した。U 字管及び反応容器内の酸素が完全になくなったとき、水銀柱はちょうど 3.8 cm の目盛りに達していた。

【実験 2】 基本の状態では、ビーカー A に塩化カルシウム、ビーカー B にソーダ石灰を入れて、反応容器を密閉した。長い時間放置したが、水銀柱の目盛りは 0.0 cm にとどまったままだった。

【実験 3】 基本の状態では、ビーカー A には塩化カルシウム、ビーカー B には、0.018 g のグルコースと酵母を少量の水に懸濁したものを入れ、反応容器を密閉し、グルコースが消失するまで放置した。

【実験 4】 基本の状態では、ビーカー A にはソーダ石灰、ビーカー B にグルコースと酵母を少量の水に懸濁したものを入れ、反応容器を密閉し、グルコースが消失するまで放置したところ、水銀柱の目盛りは 1.9 cm を示した。

以下の問いに有効数字 2 桁で答えよ。ただし、この実験は大気圧 1.00×10^5 Pa、酸素の分圧 2.0×10^4 Pa、27 °C で行われ、反応容器内に入れたビーカー、試薬、酵母及び水の体積は無視できるものとする。また気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、気体定数は 8.3×10^3 Pa·L/(mol·K) であり、 1.00×10^5 Pa の大気圧は 76 cm の水銀柱の高さに相当するものとする。

問 1 実験 1 において水銀柱の目盛りが 3.8 cm になったときの反応容器内の圧力はいくらか。Pa を単位として答えよ。

問 2 U 字管の 0.0 cm の目盛から反応容器までの体積はいくらか。cm³ の単位で答えよ。

問 3 実験 3 において、グルコースが消失したときの水銀柱の目盛りの読みはいくらか。cm の単位で答えよ。ただし、水銀柱の目盛りが 0.0 cm よりも上にあるときは正の値で、下にあるときは負の値で答えよ。

問 4 実験 4 において、何 mol の酸素が消費されたか。

問 5 実験 4 において、何 g のグルコースが加えられたか。