

习 题

1. 计算 pH=5.0 时 EDTA 的酸效应系数 $\alpha_{Y(H)}$ 。若此时 EDTA 各种存在形式的总浓度为 $0.0200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $[Y^{4-}]$ 为多少?

$$\begin{aligned}\text{解: } \alpha_{Y(H)} &= 1 + {}_1[H^+] + {}_2[H^+]^2 + {}_3[H^+]^3 + {}_4[H^+]^4 + {}_5[H^+]^5 + {}_6[H^+]^6 \\ &= 1 + 10^{10.26} \times 10^{-5} + 10^{10.26+6.16} \times (10^{-5.0})^2 + \cdots + 10^{10.26+6.16+2.67+2.0+1.6+0.9} \times (10^{-5.0})^6 \\ &= 2.8 \times 10^6\end{aligned}$$

$$[Y^{4-}] = \frac{[Y]}{\alpha_{Y(H)}} = \frac{0.0200}{2.8 \times 10^6} = 7 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad (7.1 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

2. pH=5 时, Zn^{2+} 和 EDTA 配合物的条件稳定常数是多少? 假设 Zn^{2+} 和 EDTA 的浓度皆为 $2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (不考虑羟基配位等副反应)。pH=5 时, 能否用 EDTA 标准溶液滴定 Zn^{2+} ?

$$\text{解: } \log K_{\text{ZnY}} = 16.50 \quad \text{pH}=5 \text{ 时, } \log \alpha_{Y(H)} = 6.45$$

$$\log K'_{\text{ZnY}} = 16.50 - 6.45 = 10.05$$

$$\therefore K_{\text{ZnY}}' = 10^{10.05}$$

$$\log cK'_{\text{ZnY}} = \log 10^{-2} \times 10^{10.05} = 8.05 > 6 \quad \therefore \text{能用 EDTA 标准溶液滴定 } \text{Zn}^{2+}$$

$$(K_{\text{ZnY}}' = 10^{10.05})$$

3. 假设 Mg^{2+} 和 EDTA 的浓度皆为 $2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在 pH=6 时, Mg^{2+} 与 EDTA 配合物的条件稳定常数是多少 (不考虑羟基配位等副反应)? 并说明在此 pH 下能否用 EDTA 标准溶液滴定 Mg^{2+} 。如不能滴定, 求其允许的最小 pH。

$$\text{解: } \log K_{\text{MgY}} = 8.69 \quad \text{pH}=6 \text{ 时, } \log \alpha_{Y(H)} = 4.65$$

$$\log K'_{\text{MgY}} = 8.69 - 4.65 = 4.04$$

$$\therefore K_{\text{MgY}}' = 10^{4.04}$$

$$\log cK'_{\text{MgY}} = \log 2 \times 10^{-2} \times 10^{4.04} = 2.04 < 6 \quad \therefore \text{不能用 EDTA 标准溶液滴定 } \text{Mg}^{2+}$$

$$\log \alpha_{Y(H)} = \log K_{\text{MgY}} - 8 = 8.69 - 8 = 0.69$$

$$\text{查得 } \log \alpha_{Y(H)} \text{—pH 曲线, } \log \alpha_{Y(H)} = 0.69 \text{ 对应 pH}=9.6$$

$$(10^{4.04}, 9.6)$$

4. 试求以 EDTA 滴定浓度各为 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 溶液时所允许的最小 pH。

$$\text{解: } \text{Fe}^{3+}: \log \alpha_{Y(H)} = \log K_{\text{FeY}} - 8 = 25.1 - 8 = 17.1$$

$$\text{查得 } \log \alpha_{Y(H)} \text{—pH 曲线, } \log \alpha_{Y(H)} = 17.1, \text{ 对应 pH}=1.2$$

$$\text{同理得: 对于 } \text{Fe}^{2+}: \log \alpha_{Y(H)} = 14.3 - 8 = 6.3, \text{ 对应 pH}=5.1$$

$$(1.2, 5.1)$$

5. 计算用 $0.0200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液滴定同浓度的 Cu^{2+} 离子溶液时的适宜酸度范围。

$$\text{解: 最低 pH: } \log \alpha_{Y(H)} = \log K_{\text{CuY}} - 8 = 18.8 - 8 = 10.80$$

$$\text{查表得: pH}=2.9$$

$$\text{最高 pH: } [OH^-] = \sqrt{\frac{K_{SP, Cu(OH)_2}}{[Cu^{2+}]}} = \sqrt{\frac{2.2 \times 10^{-20}}{0.0200}}$$

$$\therefore \text{pOH}=8.98 \quad \text{pH}=14-8.98=5.0$$

$$\text{适宜酸度范围: } 2.9 \sim 5.0$$

$$(2.9 \sim 5.1)$$

6. 在 pH=10 的 $\text{NH}_3\text{—NH}_4\text{Cl}$ 的缓冲溶液中, 游离的 NH_3 浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 用 0.01

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 滴定 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Zn}^{2+}$ 。计算：(1) $\lg \alpha_{\text{Zn}(\text{NH}_3)}$ ； (2) $\lg K'_{\text{ZnY}}$ ； (3) 化学计量点时 pZn 。

已知： $\text{pH}=10.0$ ， Zn^{2+} 的 NH_3 配合物的各累积常数为： $\lg \beta_1=2.27$ ； $\lg \beta_2=4.61$ ； $\lg \beta_3=7.01$ ； $\lg \beta_4=9.06$ ； $\lg \alpha_{\text{Zn}(\text{OH})}=2.4$ ； $\lg \alpha_{\text{Y}(\text{H})}=0.45$

$$\begin{aligned} \text{解: (1) } \alpha_{\text{Zn}(\text{NH}_3)} &= 1 + [\text{NH}_3]\beta_1 + [\text{NH}_3]^2\beta_2 + [\text{NH}_3]^3\beta_3 + [\text{NH}_3]^4\beta_4 \\ &= 1 + 0.1 \times 10^{2.27} + (0.1)^2 \times 10^{4.61} + (0.1)^3 \times 10^{7.01} + (0.1)^4 \times 10^{9.06} \\ &= 10^{5.10} \end{aligned}$$

$$\lg \alpha_{\text{Zn}(\text{NH}_3)} = 5.10$$

$$(2) \text{ pH}=10.0 \text{ 时} \quad \alpha_{\text{Zn}} = \alpha_{\text{Zn}(\text{NH}_3)} + \alpha_{\text{Zn}(\text{OH})} - 1 = 10^{5.10} + 10^{2.4} - 1 = 10^{5.1}$$

$$\text{所以} \quad \lg K'_{\text{ZnY}} = \lg K_{\text{ZnY}} - \lg \alpha_{\text{Y}(\text{H})} - \lg \alpha_{\text{Zn}} = 16.50 - 0.45 - 5.1 = 10.95$$

(3) 计量点时： Zn^{2+} 几乎与 EDTA 完全配位， $[\text{ZnY}] = 5.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$K'_{\text{稳}} = \frac{[\text{ZnY}]}{[\text{Zn}^{2+}][\text{Y}']} \quad [\text{Zn}^{2+}] = \sqrt{\frac{[\text{ZnY}]}{K'_{\text{稳}}}} = \sqrt{\frac{5.00 \times 10^{-3}}{10^{10.95}}} = 2.37 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{pZn}=6.62$$

(5.25, 8.40, 5.20)

7. 在含有 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Zn}^{2+}$ 和 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Al}^{3+}$ 的试液中，用 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 能否选择性的滴定 Zn^{2+} ？若加入 NH_4F ，使 $[\text{F}^-]$ 为 $0.27 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，调节溶液 pH 为 5.5，以二甲酚橙作指示剂，用 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 滴定 Zn^{2+} ，能否准确滴定？终点误差为多少？

已知 Al^{3+} 的氟配合物的各累积常数 $\lg \beta_1 \sim \lg \beta_6$ 为：6.1、11.15、15.0、17.7、19.4、19.7；
 $\lg K'_{\text{ZnIn}}=5.7$

解：查附录知， $\lg K_{\text{ZnY}}=16.50$ ， $\lg K_{\text{AlY}}=16.30$ ， $\Delta \lg K=0.20 < 5$ 。因此，不能分别滴定，即不能选择性滴定 Zn^{2+} 。
加入 NH_4F 后， $\alpha_{\text{AlF}} = 1 + 10^{6.1} \times [0.27] + 10^{11.15} \times [0.27]^2 + 10^{15.0} \times [0.27]^3 + 10^{17.7} \times [0.27]^4 + 10^{19.4} \times [0.27]^5 + 10^{19.7} \times [0.27]^6 = 5.81 \times 10^{16}$ ， $\lg K'_{\text{AlY}} = \lg K_{\text{AlY}} - \lg \alpha_{\text{AlF}} = 16.30 - 16.76 = -0.46$ ， $\Delta \lg K = 16.96 > 5$ ，能分别滴定，即能选择性滴定 Zn^{2+} 。

$$\text{pH 为 } 5.5, \lg \alpha_{\text{Y}(\text{H})} = 5.69, \lg K'_{\text{ZnY}} = \lg K_{\text{ZnY}} - \lg \alpha_{\text{Y}(\text{H})} = 16.50 - 5.69 = 10.81,$$

$$[\text{M}']_{\text{sp}} = [\text{Y}']_{\text{sp}} = \sqrt{\frac{c_{\text{M}}^{\text{sp}}}{K'_{\text{MY}}}} = 2.78 \times 10^{-7}, \text{pM}_{\text{sp}} = 6.56, \text{pM}_{\text{ep}} = 5.70, \Delta \text{pM} = \text{pM}_{\text{ep}} - \text{pM}_{\text{sp}} = -0.86$$

$$E_t = \frac{10^{\text{pM}} - 10^{-\text{pM}}}{\sqrt{c_{\text{M}}^{\text{sp}} K'_{\text{MY}}}} = -0.04\%。$$

答：

(-0.02%)

8. 计算在 $\text{pH} = 10.0$ 时, 用 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 滴定 20.00 mL 同浓度的 Ca^{2+} 时, 滴定百分数为 50%、100%、200% 时的 pCa ?

解: pH , $\lg \alpha_{\text{Y(H)}} = 0.45$, $\lg K_{\text{CaY}} = 10.69$, $\lg K'_{\text{CaY}} = 10.69 - 0.45 = 10.24$

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{[\text{CaY}]}{[\text{Y}] * K'},$$

滴定百分数为 50%, $[\text{Ca}^{2+}] = 0.500 * 0.0100 * 20.00 / 30.00 = 0.0033$, $\text{pM} = 2.48$;

滴定百分数为 100%, $[\text{Ca}^{2+}] = \sqrt{\frac{C'_{\text{CaYsp}}}{K'_{\text{CaY}}}} = \sqrt{\frac{0.005}{10^{10.24}}} = 5.36 * 10^{-7}$, $\text{pM} = 6.27$;

滴定百分数为 200%, $[\text{Ca}^{2+}] = \frac{[\text{CaY}]}{[\text{Y}] * K'} = \frac{0.0100 * 20.00 / 60.00}{0.0100 * 10^{10.24} * 20.00 / 60.00} = 5.75 * 10^{-11}$,

$\text{pM} = 10.24$ 。

答:

(2.48, 6.7, 10.36)

9. 用纯 Zn 标定 EDTA 溶液, 若称取的纯 Zn 粒为 0.1712 克, 用 HCl 溶液溶解后转移入 250mL 容量瓶中, 稀释至标线。吸取该锌标准溶液 25.00mL, 用 EDTA 溶液滴定, 消耗 24.05mL, 计算 EDTA 溶液的准确浓度。

解: $c_{\text{EDTA}} = \frac{n}{v} = \frac{w_{\text{Zn}} / M_{\text{rZn}} * 25.00 / 250.0}{25.00 / 1000} = \frac{0.1712 / 65.409 * 25.00 / 250.0}{24.05 / 1000} = 0.01088 \text{ (mol/L)}$

答:

(0.01088 mol · L⁻¹)

10. 称取 0.1005g 纯 CaCO_3 , 溶解后, 用容量瓶配成 100mL 溶液。吸取 25mL, 在 $\text{pH} > 12$ 时, 用钙指示剂指示终点, 用 EDTA 标准溶液滴定, 用去 24.90mL。试计算:

(1) EDTA 溶液的浓度;

(2) 每毫升 EDTA 溶液相当于多少克 ZnO 、 Fe_2O_3 。

解: (1) $C_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} \times 1000$

代入数据得: $C_{\text{EDTA}} = 0.01008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(2) $T_{\text{ZnO/EDTA}} = C_{\text{EDTA}} \times M_{\text{ZnO}} \times 10^{-3} = 0.01008 \times 81.39 \times 10^{-3}$
 $= 0.0008205 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

$T_{\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{EDTA}} = 1/2 \times C_{\text{EDTA}} \times M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \times 10^{-3} = (0.01008 \times 159.7 \times 10^{-3}) / 2$
 $= 0.0008048 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

每毫升 EDTA 溶液相当于 0.0008205g ZnO 和 0.0008048g Fe_2O_3

(0.1008; 0.008204g ZnO , 0.008048g Fe_2O_3)

11. 用配位滴定法测定氯化锌 (ZnCl_2) 的含量。称取 0.2500g 试样, 溶于水后, 稀释至 250 mL, 吸取 25.00mL, 在 $\text{pH} = 5 \sim 6$ 时, 用二甲酚橙作指示剂, 用 $0.01024 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA

标准溶液滴定，用去 17.61mL。计算试样中含 ZnCl_2 的质量分数。

解：

$$\omega_{\text{ZnCl}_2} = \frac{0.01024 \times 17.61 \times 136.30}{0.2500 \times 1000 \times \frac{25.00}{250}} \times 100\% = 98.31\% \quad (98.31\%)$$

12. 称取 1.032g 氧化铝试样，溶解后，移入 250mL 容量瓶，稀释至刻度。吸取 25.00mL，加入 $T_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1.505 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 EDTA 标准溶液 10.00mL，以二甲酚橙为指示剂，用 $\text{Zn}(\text{Ac})_2$ 标准溶液进行返滴定，至红紫色终点，消耗 $\text{Zn}(\text{Ac})_2$ 标准溶液 12.20mL。已知 1mL $\text{Zn}(\text{Ac})_2$ 溶液相当于 0.6812mL EDTA 溶液。求试样中 Al_2O_3 的质量分数。

解：

$$\omega_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{(10.00 - 12.20 \times 0.6812) \times 1.505}{1.032 \times 1000 \times \frac{25.00}{250}} \times 100\% = 2.46\% \quad (2.46\%)$$

13. 用 $0.01060 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液滴定水中钙和镁的含量，取 100.0mL 水样，以铬黑 T 为指示剂，在 pH=10 时滴定，消耗 EDTA 31.30mL。另取一份 100.0mL 水样，加 NaOH 使呈强碱性，使 Mg^{2+} 成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀，用钙指示剂指示终点，继续用 EDTA 滴定，消耗 19.20mL。计算：

(1) 水的总硬度（以 $\text{CaCO}_3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示）；

(2) 水中钙和镁的含量（以 $\text{CaCO}_3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\text{MgCO}_3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示）。

解：(1) 总硬度 = $\frac{31.30 \times 0.01060 \times 100.09}{100.0 \times 10^{-3}} = 332.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

(2) $\omega_{\text{Ca}} = \frac{19.2 \times 0.01060 \times 100.09}{100.0 \times 10^{-3}} = 203.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$\omega_{\text{Mg}} = \frac{(31.30 - 19.20) \times 0.01060 \times 84.30}{100.0 \times 10^{-3}} = 108.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

(332.1 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 203.7 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 108.1 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

14. 分析含铜、锌、镁合金时，称取 0.5000g 试样，溶解后用容量瓶配成 100mL 试液。吸取 25.00mL，调至 pH=6，用 PAN 作指示剂，用 $0.05000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 标准溶液滴定铜和锌，用去 37.30mL。另外又吸取 25.00mL 试液，调至 pH=10，加 KCN 以掩蔽铜和锌，用同浓度 EDTA 溶液滴定 Mg^{2+} ，用去 4.10mL，然后再滴加甲醛以解蔽锌，又用同浓度 EDTA 溶液滴定，用去 13.40mL。计算试样中铜、锌、镁的质量分数。

解：

$$\omega_{\text{Cu}} = \frac{0.05000 \times 13.40 \times 63.55}{0.5000 \times 1000 \times \frac{25.00}{100}} \times 100\% = 60.75\%$$

$$\omega_{\text{Zn}} = \frac{0.05000 \times 13.40 \times 65.39}{0.5000 \times 1000 \times \frac{25.00}{100}} \times 100\% = 35.05\%$$

$$\omega_{\text{Mg}} = \frac{0.05000 \times 4.10 \times 24.30}{0.5000 \times 1000 \times \frac{25.00}{100}} \times 100\% = 3.99\%$$

(60.75%, 35.05%, 3.99%)

15. 称取含 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 试样 0.2015g, 溶解后, 在 $\text{pH}=2.0$ 时以磺基水杨酸为指示剂, 加热至 50°C 左右, 以 $0.02008\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 EDTA 滴定至红色消失, 消耗 EDTA 15.20mL。然后加入上述 EDTA 标准溶液 25.00mL, 加热煮沸, 调节 $\text{pH}=4.5$, 以 PAN 为指示剂, 趁热用 $0.02112\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{Cu}^{2+}$ 标准溶液返滴定, 用去 8.16mL。计算试样中 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 的质量分数。

$$\text{解: } \omega_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{0.02008 \times 15.20 \times 159.69}{2 \times 0.2015 \times 1000} \times 100\% = 12.09\%$$

$$\omega_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{(0.02008 \times 25.00 - 0.02112 \times 8.16) \times 101.96}{2 \times 0.2015 \times 1000} \times 100\% = 8.34\%$$

(12.09%, 8.34%)

16. 分析含铅、铋和镉的合金试样时, 称取试样 1.936g, 溶于 HNO_3 溶液后, 用容量瓶配成 100.0mL 试液。吸取该试液 25.00mL, 调至 pH 为 1, 以二甲酚橙为指示剂, 用 $0.02479\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 溶液滴定, 消耗 25.67mL, 然后加六次甲基四胺缓冲溶液调节 $\text{pH}=5$, 继续用上述 EDTA 滴定, 又消耗 EDTA 24.76mL。加入邻二氮菲, 置换出 EDTA 配合物中的 Cd^{2+} , 然后用 $0.02174\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 标准溶液滴定游离 EDTA, 消耗 6.76mL。计算合金中铅、铋和镉的质量分数。

$$\text{解: } \omega_{\text{Pb}} = \frac{(0.02479 \times 24.76 - 0.02174 \times 6.76) \times 207.2}{1.936 \times 1000 \times \frac{25.00}{100}} \times 100\% = 19.99\%$$

$$\omega_{\text{Bi}} = \frac{0.02479 \times 25.67 \times 208.98}{1.936 \times 1000 \times \frac{25.00}{100}} \times 100\% = 27.48\%$$

$$\omega_{\text{Cd}} = \frac{0.02174 \times 6.76 \times 112.4}{1.936 \times 1000 \times \frac{25.00}{100}} \times 100\% = 3.41\%$$

(19.98%, 27.48%, 3.41%)

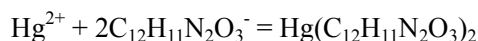
17. 称取含锌、铝的试样 0.1200g, 溶解后, 调至 pH 为 3.5, 加入 50.00 mL $0.02500\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 溶液, 加热煮沸, 冷却后, 加醋酸缓冲溶液, 此时 pH 为 5.5, 以二甲酚橙为指示剂, 用 $0.02000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 标准锌溶液滴定至红色, 用去 5.08mL。加足量 NH_4F , 煮沸, 再用上述锌标准溶液滴定, 用去 20.70mL。计算试样中锌、铝的质量分数。

$$\text{解: } \omega_{\text{Zn}} = \frac{(50.00 \times 0.02500 - 0.02000 \times 5.08 - 0.02000 \times 20.70) \times 10^{-3} \times 65.39}{0.1200} \times 100\% = 40.02\%$$

$$\omega_{\text{Al}} = \frac{0.02000 \times 20.70 \times 10^{-3} \times 26.98}{0.1200} \times 100\% = 9.31\%$$

(9.31%, 40.02%)

18. 称取苯巴比妥钠 ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}_3\text{Na}$, 摩尔质量为 $254.2\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) 试样 0.2014g, 溶于稀碱溶液中并加热 (60°C) 使之溶解, 冷却后, 加醋酸酸化并移入 250mL 容量瓶中, 加入 $0.03000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$ 标准溶液 25.00mL, 稀释至刻度, 放置待下述反应发生:



干过滤弃去沉淀, 滤液用干烧杯接收。吸取 25.00mL 滤液, 加入 10mL $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{MgY}$ 溶

液，释放出的 Mg^{2+} 在 $\text{pH}=10$ 时以铬黑 T 为指示剂，用 $0.0100\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA 滴定至终点，消耗 3.60mL。计算试样中苯巴比妥钠的质量分数。

解：

$$\begin{aligned}\omega_{\text{苯巴比妥钠}} &= \frac{2[(CV)_{\text{Hg}^{2+}} - (CV)_{\text{EDTA}} \times \frac{250}{25}] \times \frac{1}{1000} \times M_{\text{苯巴比妥钠}}}{m_s} \times 100\% \\ &= \frac{2[0.03000 \times 25.00 - 0.01000 \times 3.60 \times \frac{250}{25}] \times \frac{1}{1000} \times 254.2}{0.2014} \times 100\% \\ &= 98.45\end{aligned}$$

(98.41%)