



## การแข่งขันเคมีโอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 6

ณ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**เฉลยข้อสอบภาคปฏิบัติ**

วันพฤหัสบดีที่ 29 เมษายน 2553

เวลา 08:30 – 13:30 น.



## การทดลองที่ 1 เรื่อง การหาปริมาณสังกะสีและแมกนีเซียมในสารละลาย (25 คะแนน)

สารตัวอย่างหมายเลข

### ตอนที่ 3 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย EDTA (8.25 คะแนน)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน  $\text{MgSO}_4$  (2.25 คะแนน)

น้ำหนักสูตรของ  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  = 246.47 g/mol

น้ำหนักขวดชั่ง +  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  เริ่มต้น = 25.5748 g

น้ำหนักขวดชั่ง +  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ที่เหลือ = 25.3276 g

น้ำหนัก  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  = 0.2472 g

ลายเซ็นกรรมการคุมสอบ

เทคนิคการชั่ง 0.75 คะแนน  
SF (ถูกทุกที่) 0.25 คะแนน

แสดงวิธีคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน  $\text{MgSO}_4$  (0.5 คะแนน)

$$C_{\text{MgSO}_4} = 0.2472 \text{ g MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{246.47 \text{ g MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1}{100.00 \text{ mL sol}^n} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

<-----(0.25)-----> <-----(0.25)----->

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน  $\text{MgSO}_4$  =  $1.0030 \times 10^{-2}$  mol/L

คำตอบ 0.5 คะแนน, SF 0.25 คะแนน

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ  $\text{MgSO}_4 = 1.0030 \times 10^{-2}$  mol/L เนื่องจาก 0.2472 มีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์มากที่สุด คือ  $\frac{1}{2472}$  ผลลัพธ์มีความไม่แน่นอน  $2 \times \frac{1}{2472}$  ถึง  $0.2 \times \frac{1}{2472} = \frac{1}{1236}$  ถึง  $\frac{1}{12360}$  คำตอบจึงเป็น 0.010030 หรือ  $1.0030 \times 10^{-2}$  mol/L

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการคิดเลขนัยสำคัญตามวิธีการคูณหาร อาจมีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด ซึ่งมี 4 ตัว ดังนั้น คำตอบจึงเป็น 0.010030 หรือ  $1.003 \times 10^{-2}$  mol/L ได้

## ผลการไทเทรต (6 คะแนน)

|                                                                          | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย     |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| สเกลบนบิวเรตก่อนไทเทรต (mL)                                              | 0.00       | 0.00       | 0.00       |            |
| สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)                                              | 11.00      | 11.10      | 11.05      |            |
| ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)                                      | 11.00      | 11.10      | 11.05      | 11.05      |
| ไทเทรตครบ 3 ครั้ง 0.5 คะแนน (ถ้าไทเทรต 2 ครั้ง ได้ 0.25 คะแนน)           |            |            |            | คำตอบ 0.25 |
| เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)                              |            |            |            | SF 0.25    |
| Precision 1 คะแนน แบ่งเป็น 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก %RSD ของปริมาตร |            |            |            |            |

## แสดงวิธีคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย EDTA ในหน่วย mol/L (1 คะแนน)

$$C_{\text{EDTA}} = 10.00 \text{ mL Mg}^{2+} \text{ sol}^n \times \frac{1.0030 \times 10^{-2} \text{ mol Mg}^{2+}}{1000 \text{ mL Mg}^{2+} \text{ sol}^n} \times \frac{1 \text{ mol EDTA}}{1 \text{ mol Mg}^{2+}} \times \frac{1}{11.05 \text{ mL EDTA sol}^n} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

<-----(0.5)-----> <-----(0.5)----->

ความเข้มข้นของสารละลาย EDTA =  $9.08 \times 10^{-3}$  mol/L (2.75 คะแนน)

Accuracy 2.5 คะแนน แบ่งเป็น 2.5, 2, 1.5, 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก mean  $\pm$  xSD

SF 0.25 คะแนน

ความเข้มข้นของสารละลาย EDTA =  $9.08 \times 10^{-3}$  mol/L เนื่องจาก 10.00 มีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์มากที่สุด คือ  $\frac{1}{1000}$

ผลลัพธ์มีความไม่แน่นอน  $2 \times \frac{1}{1000}$  ถึง  $0.2 \times \frac{1}{1000} = \frac{1}{500}$  ถึง  $\frac{1}{5000}$  คำตอบจึงเป็น 0.00908 หรือ  $9.08 \times 10^{-3}$  mol/L

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการคิดเลขนัยสำคัญตามวิธีการคูณหาร อาจใช้เลขนัยสำคัญน้อยที่สุด ซึ่งมี 4 ตัว ดังนั้น คำตอบจึงเป็น 0.009082 หรือ  $9.082 \times 10^{-3}$  mol/L ได้

**ตอนที่ 4 การไทเทรตเพื่อหาปริมาณ  $Zn^{2+}$  และ  $Mg^{2+}$  (15 คะแนน)****4.1 การหาปริมาณไอออนโลหะชนิดที่หนึ่งในสารละลายตัวอย่าง (7.5 คะแนน)**

|                                                                                      | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| สเกลบนบิวเรตก่อนไทเทรต (mL)                                                          | 0.00       | 0.00       |
| สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)                                                          | 15.40      | 15.60      |
| ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)                                                  | 15.40      | 15.60      |
| ไทเทรต 2 ครั้ง 0.5 คะแนน (ถ้าไทเทรต 1 ครั้ง ได้ 0.25 คะแนน)                          |            |            |
| เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)                                          |            |            |
| Precision 1 คะแนน แบ่งเป็น 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก $Range = V_{max} - V_{min}$ |            |            |

ไอออนโลหะชนิดที่หนึ่งในสารละลายตัวอย่าง คือ



(0.5 คะแนน)

แสดงวิธีคำนวณปริมาณไอออนโลหะชนิดที่หนึ่งในสารละลายตัวอย่าง (mg/L) ของการทดลองครั้งที่ 1

(1.5 คะแนน)

$$15.40 \text{ mL EDTA} \times \frac{9.08 \times 10^{-3} \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol } Mg^{2+}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{24.3 \text{ g } Mg^{2+}}{1 \text{ mol } Mg^{2+}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1}{10.00 \text{ mL sample}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

<-----(0.5)-----> <-----(0.5)-----> <-----(0.5)----->

(ถ้าเขียน A แทน  $Mg^{2+}$  ไม่หักคะแนน)

ปริมาณไอออนโลหะชนิดที่หนึ่งในสารละลายตัวอย่างจากการทดลองครั้งที่ 1 = 340 mg/L

ปริมาณไอออนโลหะชนิดที่หนึ่งในสารละลายตัวอย่างจากการทดลองครั้งที่ 2 = 344 mg/L

ปริมาณไอออนโลหะชนิดที่หนึ่งในสารละลายตัวอย่าง เฉลี่ย = 342 mg/L

เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)

Accuracy (ค่าเฉลี่ย) 3.5 คะแนน แบ่งเป็น 3.5, 3, 2.5, 2, 1.5, 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก  $mean \pm xSD$ เนื่องจาก 24.3 มีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์มากที่สุด คือ  $\frac{1}{243}$ 

$$\text{ผลลัพธ์มีความไม่แน่นอน } 2 \times \frac{1}{243} \text{ ถึง } 0.2 \times \frac{1}{243} = \frac{1}{121.5} \text{ ถึง } \frac{1}{1215}$$

คำตอบจึงเป็น 340 mg/L ซึ่งตรงกับการคิดโดยใช้เลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

## 4.2 การหาปริมาณไอออนโลหะชนิดที่สองในสารละลายตัวอย่าง (7.5 คะแนน)

|                                                                                               | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| สเกลบนบิวเรตก่อนไทเทรต (mL)                                                                   | 0.00       | 0.00       |
| สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)                                                                   | 10.75      | 10.60      |
| ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (mL)                                                           | 10.75      | 10.60      |
| ไทเทรต 2 ครั้ง 0.5 คะแนน (ถ้าไทเทรต 1 ครั้ง ได้ 0.25 คะแนน)                                   |            |            |
| เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)                                                   |            |            |
| Precision 1 คะแนน แบ่งเป็น 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก $\text{Range} = V_{\max} - V_{\min}$ |            |            |

ไอออนโลหะชนิดที่สองในสารละลายตัวอย่าง คือ



(0.5 คะแนน)

แสดงวิธีคำนวณปริมาณไอออนโลหะชนิดที่สองในสารละลายตัวอย่าง (mg/L) ของการทดลองครั้งที่ 1

(1.5 คะแนน)

$$10.75 \text{ mL EDTA} \times \frac{9.08 \times 10^{-3} \text{ mol EDTA}}{1000 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1 \text{ mol Zn}^{2+}}{1 \text{ mol EDTA}} \times \frac{65.4 \text{ g Zn}^{2+}}{1 \text{ mol Zn}^{2+}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1}{10.00 \text{ mL sample}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

<-----(0.5)-----> <-----(0.5)-----> <-----(0.5)----->

(ถ้าเขียน B แทน  $\text{Zn}^{2+}$  ไม่หักคะแนน)

ปริมาณไอออนโลหะชนิดที่สองในสารละลายตัวอย่างจากการทดลองครั้งที่ 1 = 638 mg/L

ปริมาณไอออนโลหะชนิดที่สองในสารละลายตัวอย่างจากการทดลองครั้งที่ 2 = 629 mg/L

ปริมาณไอออนโลหะชนิดที่สองในสารละลายตัวอย่าง เฉลี่ย = 634 mg/L

เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)

Accuracy (ค่าเฉลี่ย) 3.5 คะแนน แบ่งเป็น 3.5, 3, 2.5, 2, 1.5, 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก  $\text{mean} \pm \text{xSD}$ เนื่องจาก 65.4 มีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์มากที่สุด คือ  $\frac{1}{654}$ ผลลัพธ์มีความไม่แน่นอน  $2 \times \frac{1}{654}$  ถึง  $0.2 \times \frac{1}{654} = \frac{1}{327}$  ถึง  $\frac{1}{3270}$ 

คำตอบจึงเป็น 638 mg/L ซึ่งตรงกับการคิดโดยใช้เลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

## คำถามท้ายการทดลองที่ 1 (1.75 คะแนน)

1. สารละลาย W ที่ใช้ในการทดลองตอนที่ 4 เป็นอินดิเคเตอร์ชนิดใด (0.25 คะแนน)

☐ โบรโมครีซอลกรีน☒ เมทิลเรด☐ ครีซอลกรีน☐ ฟีนอล์ฟทาลีน

2. สี X คือสี

แดง หรือ ชมพู

(0.25 คะแนน)

และสี Y คือสี

เหลือง

(0.25 คะแนน)

3. ถ้าไม่มีสารละลาย W สำหรับทำการทดลองตอนที่ 4.1 จงคำนวณปริมาตรของสารละลาย NaOH เข้มข้น 6.0 mol/L ที่ใช้สะเทินกรด

ปริมาตรสารละลาย NaOH เข้มข้น 6.0 mol/L ที่ต้องใช้ =

16.7

mL (0.5 คะแนน)

ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง

วิธีคิด (0.5 คะแนน)

$$V_{\text{NaOH}} = 50 \text{ mL HCl sol}^n \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl sol}^n} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol HCl}} \times \frac{1000 \text{ mL NaOH sol}^n}{6.0 \text{ mol NaOH}}$$

<-----(0.25)----->      <-----(0.25)----->

## การทดลองที่ 2 เรื่อง การหาความสามารถในการจับไอออนของเรซิน (15 คะแนน)

### ตอนที่ 1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย KSCN (6 คะแนน)

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน  $\text{AgNO}_3 = \dots\dots 0.0980 \dots\dots \text{mol/L}$

|                                                                          | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย     |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| สเกลบนบิวเรตก่อนไทเทรต (mL)                                              | 0.00       | 0.00       | 0.00       |            |
| สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)                                              | 10.90      | 10.80      | 10.85      |            |
| ปริมาตรของสารละลาย KSCN ที่ใช้ (mL)                                      | 10.90      | 10.80      | 10.85      | 10.85      |
| ไทเทรตครบ 3 ครั้ง 0.5 คะแนน (ถ้าไทเทรต 2 ครั้ง ได้ 0.25 คะแนน)           |            |            |            | คำตอบ 0.25 |
| เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)                              |            |            |            | SF 0.25    |
| Precision 1 คะแนน แบ่งเป็น 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก %RSD ของปริมาตร |            |            |            |            |

แสดงวิธีคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย KSCN ในหน่วย mol/L (1 คะแนน)

$$C_{\text{AgNO}_3} = 10.00 \text{ mL Ag}^+ \text{ sol}^n \times \frac{0.0980 \text{ mol Ag}^+}{1000 \text{ mL Ag}^+ \text{ sol}^n} \times \frac{1 \text{ mol SCN}^-}{1 \text{ mol Mg}^{2+}} \times \frac{1}{10.85 \text{ mL SCN}^- \text{ sol}^n} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

<-----(0.5)-----> <-----(0.5)----->

ความเข้มข้นของสารละลาย KSCN = 0.0903 mol/L (2.75 คะแนน)

Accuracy 2.5 คะแนน แบ่งเป็น 2.5, 2, 1.5, 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก  $\text{mean} \pm \text{xSD}$

SF 0.25 คะแนน

เนื่องจาก 0.0980 มีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์มากที่สุด คือ  $\frac{1}{980}$

ผลลัพธ์มีความไม่แน่นอน  $2 \times \frac{1}{980}$  ถึง  $0.2 \times \frac{1}{980} = \frac{1}{490}$  ถึง  $\frac{1}{4900}$

คำตอบจึงเป็น 0.0903 mol/L ซึ่งตรงกับการคิดโดยใช้เลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

**ตอนที่ 3 การไทเทรตเพื่อหาความสามารถในการจับไอออนของเรซิน (7 คะแนน)**

|                                                                                                                                                                                                                                | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| น้ำหนักเรซิน (g)                                                                                                                                                                                                               | 0.49       | 0.51       |
| สเกลบนบิวเรตก่อนไทเทรต (mL)                                                                                                                                                                                                    | 0.00       | 0.00       |
| สเกลบนบิวเรตที่จุดยุติ (mL)                                                                                                                                                                                                    | 14.60      | 15.00      |
| ปริมาตรของสารละลาย KSCN ที่ใช้ (mL)                                                                                                                                                                                            | 14.60      | 15.00      |
| ไทเทรต 2 ครั้ง      0.5 คะแนน (ถ้าไทเทรต 1 ครั้ง ได้ 0.25 คะแนน)<br>เลขนัยสำคัญ (SF)    0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)<br>Precision            1 คะแนน แบ่งเป็น 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก $\text{Range} = V_{\max} - V_{\min}$ |            |            |

แสดงวิธีคำนวณหาความสามารถในการจับไอออนของเรซินในหน่วย mmol Cl<sup>-</sup>/g resin **ของการทดลองครั้งที่ 1**  
(1.5 คะแนน)

$$\begin{aligned}
 \text{mmol Cl}^- &= \text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เติม} - \text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เหลือ} & (0.25) \\
 &= \text{mmol AgNO}_3 \text{ ที่เติม} - \text{mmol KSCN} & (0.25) \\
 &= \left( 20.00 \text{ mL Ag}^+ \text{ sol}^n \times \frac{0.0980 \text{ mmol Ag}^+}{1 \text{ mL Ag}^+ \text{ sol}^n} \right) - \left( 14.60 \text{ mL KSCN sol}^n \times \frac{0.0903 \text{ mmol KSCN}}{1 \text{ mL KSCN sol}^n} \right) \\
 &\quad \text{<-----(0.25)----->} \quad \text{<-----(0.25)----->} \\
 &= 1.96 - 1.32 = 0.64 \text{ mmol Cl}^- \\
 \text{ความสามารถในการจับไอออนของเรซิน} &= \frac{0.64 \text{ mmol Cl}^-}{0.49 \text{ g resin}} & (0.5) \\
 &= 1.31 \text{ mmol Cl}^-/\text{g resin}
 \end{aligned}$$

|                                                      |   |      |                               |
|------------------------------------------------------|---|------|-------------------------------|
| ความสามารถในการจับไอออนของเรซินของการทดลองครั้งที่ 1 | = | 1.31 | mmol Cl <sup>-</sup> /g resin |
| ความสามารถในการจับไอออนของเรซินของการทดลองครั้งที่ 2 | = | 1.19 | mmol Cl <sup>-</sup> /g resin |
| ความสามารถในการจับไอออนของเรซิน เฉลี่ย               | = | 1.25 | mmol Cl <sup>-</sup> /g resin |

เลขนัยสำคัญ (SF) 0.25 คะแนน (ต้องถูกทุกที่)

Accuracy (ค่าเฉลี่ย) 3.5 คะแนน แบ่งเป็น 3.5, 3, 2.5, 2, 1.5, 1, 0.5, 0 คะแนน โดยพิจารณาจาก  $\text{mean} \pm \text{xSD}$

เนื่องจาก 0.49 มีความไม่แน่นอนสัมพัทธ์มากที่สุด คือ  $\frac{1}{49}$  ผลลัพธ์มีความไม่แน่นอน  $2 \times \frac{1}{49}$  ถึง  $0.2 \times \frac{1}{49} = \frac{1}{24.5}$  ถึง  $\frac{1}{245}$

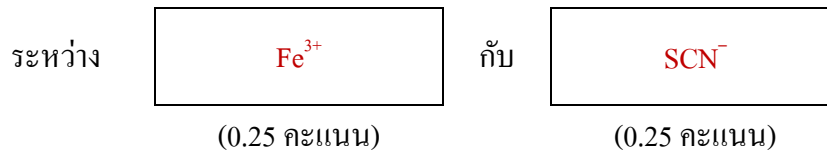
คำตอบจึงเป็น 1.31 mmol Cl<sup>-</sup>/g resin

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการคิดเลขนัยสำคัญตามวิธีการคูณ หาร อาจใช้เลขนัยสำคัญน้อยที่สุด ซึ่งมี 2 ตัว

ดังนั้น คำตอบจึงเป็น 1.3, 1.2 และ 1.2 mmol Cl<sup>-</sup>/g resin ได้

## คำถามท้ายการทดลองที่ 2 (2 คะแนน)

1. จากการทดลองตอนที่ 1 ที่จุดยุติของการไทเทรตจะได้สารละลายสีส้มอ่อนซึ่งเป็นสีของสารเชิงซ้อน



2. จากการทดลองตอนที่ 2 ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

- 2.1 สารละลาย  $\text{NaNO}_3$  เข้มข้น 0.25 mol/L ทำหน้าที่ (0.5 คะแนน)

$\text{NO}_3^-$  จะไปแลกเปลี่ยนกับ  $\text{Cl}^-$  ของเรซิน ทำให้  $\text{Cl}^-$  ถูกปลดปล่อยออกมาจากเรซิน

- 2.2 ถ้าไม่ล้างเรซินบนกระดวยกรองด้วยน้ำ DI จะมีผลทำให้ค่าความสามารถในการจับไอออนของเรซินที่คำนวณได้

☐ ไม่แตกต่าง    ☐ มากกว่าความเป็นจริง    ☒ น้อยกว่าความเป็นจริง    (0.25 คะแนน)

3. จากการทดลองตอนที่ 3 ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

- 3.1 เมื่อเปิดสารละลายมาตรฐาน  $\text{AgNO}_3$  ใส่ลงในสารละลายส่วนที่กรองได้ จะเกิดตะกอนสีขาว

สูตรเคมีของตะกอนสีขาวนี้คือ

$\text{AgCl}$

(0.25 คะแนน)

- 3.2 ขณะทำการไทเทรตจะเกิดตะกอนสีขาว

สูตรเคมีของตะกอนสีขาวนี้คือ

$\text{AgSCN}$

(0.25 คะแนน)

- 3.3 ถ้าไม่ล้างตะกอนด้วยสารละลายกรด  $\text{HNO}_3$  เจือจาง (1:100) จะมีผลทำให้ค่าความสามารถในการจับไอออนของเรซินที่คำนวณได้

☐ ไม่แตกต่าง    ☒ มากกว่าความเป็นจริง    ☐ น้อยกว่าความเป็นจริง    (0.25 คะแนน)