



การแข่งขันเคมีโอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ 5

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันพฤหัสบดีที่ 7 พฤษภาคม 2552

เวลา 08.30 – 13.30 น.

ข้อสอบภาคทฤษฎี

เลขประจำตัวสอบ

ศูนย์ สอวน. ม. จอนแก่น

คำชี้แจงการสอบภาคทฤษฎี

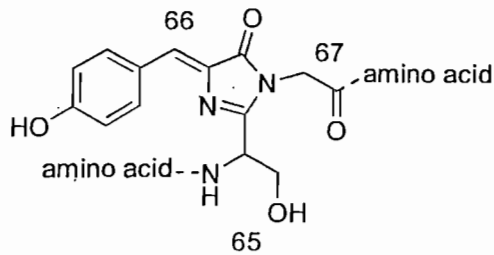
1. ข้อสอบมี 17 ข้อ คะแนนรวม 120 คะแนน คิดเป็น 60% เวลาสอบ 08.30-13.30 น. (5 ชั่วโมง) ประกอบด้วย
ข้อสอบภาคทฤษฎี 1 ชุด จำนวน 14 หน้า (ไม่รวมปก)
กระดาษคำตอบภาคทฤษฎี 1 ชุด จำนวน 32 หน้า (ไม่รวมปก)
2. เขียนเลขประจำตัวสอบและศูนย์ สอน. ลงหน้าปกข้อสอบภาคทฤษฎี และกระดาษคำตอบภาคทฤษฎีทุกหน้า
3. ลงมือทำข้อสอบได้เมื่อกรรมการคุมสอบประกาศให้ “ลงมือทำ” และเมื่อประกาศว่า “หมดเวลา” นักเรียนต้องหยุดทำข้อสอบทันที และรวบรวมกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบวางไว้บนโต๊ะก่อนออกจากห้องสอบ
4. ให้เขียนตอบในกระดาษคำตอบด้วยปากกาสีน้ำเงินหรือดำเท่านั้น โดยเขียนให้ตรงกับข้อและเขียนในกรอบที่กำหนดให้ กรณีเขียนผิดให้ขีดฆ่าและเขียนใหม่ให้ชัดเจน ห้ามลบด้วยน้ำยาลบคำผิด การทศหรือขีดเขียนอย่างอื่นให้ทำในกระดาษคำถามเท่านั้น
5. โจทย์คำนวณให้แสดงวิธีทำตามที่โจทย์กำหนด กรณีคำตอบที่เป็นตัวเลขต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญตามที่กำหนด
6. ห้ามยืมเครื่องเขียน และเครื่องคิดเลขผู้อื่นใช้โดยเด็ดขาด
7. ห้ามนักเรียนนำเอกสารใด ๆ เข้าหรือออกห้องสอบโดยเด็ดขาด
8. ในระหว่างการสอบ นักเรียนสามารถรับประทานอาหารว่างที่วางไว้บนโต๊ะได้
9. ห้ามคุย หรือปรึกษากันในช่วงเวลาสอบ หากฝ่าฝืนถือว่าทุจริตในการสอบ กรณีทุจริตใดๆ ก็ตาม นักเรียนจะหมดสิทธิ์ในการแข่งขันและจะถูกให้ออกจากห้องสอบทันที

กำหนดให้	เลขอาโวกาโดร (Avogadro number)	$N_a = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$
	ค่าคงที่ของแก๊ส (Gas constant)	$R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
		$\bar{v} = 0.082 \text{ L}\cdot\text{atm/mol}\cdot\text{K}$
	ค่าคงที่ของฟาราเดย์ (Faraday constant)	$F = 96,500 \text{ C/mol } e$
	ปริมาตรต่อโมลของแก๊สอุดมคติ (molar volume of gas) = 22.4 L	
	$K = ^\circ\text{C} + 273$	
	$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$	

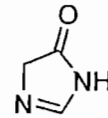
โจทย์ข้อที่ 1 (8 คะแนน)

Green fluorescent protein (GFP) เป็นโปรตีนเรืองแสงที่แยกได้จากแมงกะพรุน *Aequorea victoria* มีโครงสร้างดังแสดง (ส่วนที่เป็นเส้นประ หมายถึง ต่อกับกรดอะมิโนชนิดอื่น)

หน่วยสำคัญที่ทำให้โปรตีน GFP เรืองแสงได้ (โครโมฟอร์) เรียกว่าอิมิดาโซโลน (imidazolone)



Green fluorescent protein



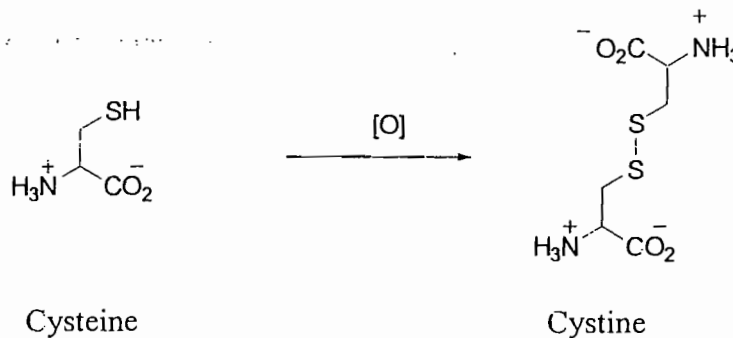
Imidazolone

โครโมฟอร์ดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโน 3 ชนิดที่อยู่ติดกันในโครงสร้างปฐมภูมิของ GFP ได้แก่ ซีรีนลำดับที่ 65 (Ser65) ไทโรซีนลำดับที่ 66 (Tyr66) และไกลซีนลำดับที่ 67 (Gly67)

- 1.1 ให้เขียน โครงสร้างของโครเพปไทด์ที่มีการเรียงตัวของ Ser, Tyr และ Gly ก่อนเกิดเป็น GFP (ไม่ต้องระบุสเตอริโอเคมี โดยที่ปลายด้านอะมิโนและคาร์บอกซิลให้แสดงด้วยเส้นประ) (2 คะแนน)
- 1.2 กระบวนการสร้างโครโมฟอร์เกิดจากปฏิกิริยาปิดวงแหวนซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเติมแบบนิวคลีโอฟิลิก โดยไนโตรเจนของ Gly67 เข้าไปเติมที่หมู่ C=O ของเอไมด์ระหว่าง Ser65 และ Tyr66 เกิดเป็นอินเทอร์มีเดียต 1 จากนั้นเกิดการกำจัดน้ำออกได้เป็นอินเทอร์มีเดียต 2 ให้เขียน โครงสร้างของอินเทอร์มีเดียต 1 และ 2 โดยไม่ต้องระบุสเตอริโอเคมี (2 คะแนน)
- 1.3 ปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายที่ทำให้อินเทอร์มีเดียต 2 เกิดเป็นโครโมฟอร์ เป็นการสูญเสียอะตอมของธาตุใดออกไป และปฏิกิริยาในขั้นนี้เรียกว่าปฏิกิริยาอะไร (1 คะแนน)
- 1.4 ระบุปัจจัยสำคัญที่ทำให้อินเทอร์มีเดียต 2 เปลี่ยนเป็นโครโมฟอร์ดังกล่าวได้ง่าย (1 คะแนน)
- 1.5 ถ้าเปลี่ยนกรดอะมิโนลำดับที่ 66 จากไทโรซีน (Tyr) เป็นลิวซีน (Leu) ซึ่งมีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน จะมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของอินเทอร์มีเดียต 2 ไปเป็นโครโมฟอร์อย่างไร เพราะเหตุใด (2 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 2 (7 คะแนน)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดอะมิโน Cysteine ให้ผลิตภัณฑ์เป็น Cystine ซึ่งเป็นไดเมอร์ของ Cysteine ที่ต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (S-S)



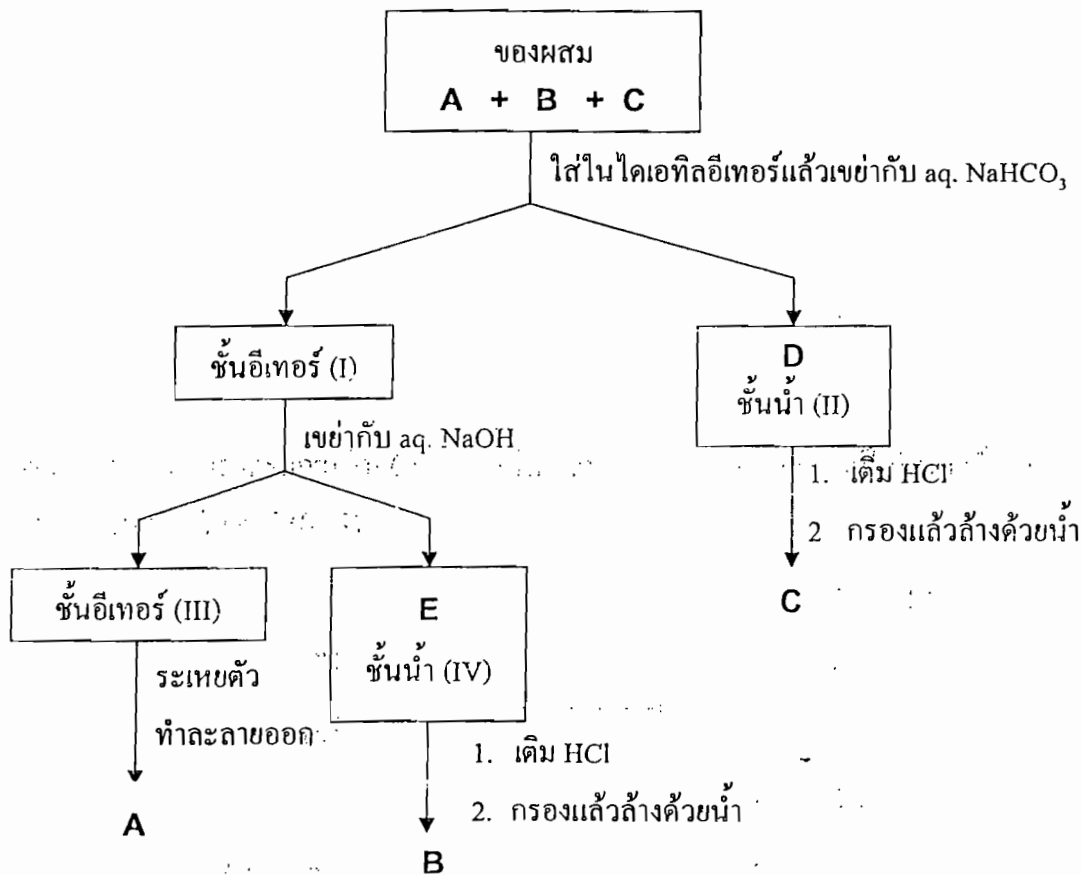
- 2.1 Cystine มีจำนวนไครัลคาร์บอนกี่ตัว (0.5 คะแนน)
- 2.2 Cystine มีจำนวนสเตอริโอไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดกี่ไอโซเมอร์ (1 คะแนน)
- 2.3 เขียนชนิดของสเตอริโอไอโซเมอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ Cystine โดยใช้สัญลักษณ์ *R/S* (ไม่ต้องแสดงโครงสร้าง) (2 คะแนน)
- 2.4 ผลิตภัณฑ์ Cystine จากปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ของของผสม racemic Cysteine มีกี่ชนิด และมีอัตราส่วนโดยโมลเป็นเท่าใด (ถือว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยา dimerization ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง (*R*)- และ (*S*)-Cysteine และ Cystine ทุกไอโซเมอร์มีความเสถียรใกล้เคียงกัน) (1.5 คะแนน)
- 2.5 ถ้านำของผสมจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ racemic Cysteine ในข้อ 2.4 ไปแยกด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีบนซิลิกาเจล จะสามารถแยกองค์ประกอบออกมาได้มากที่สุดกี่ชนิด และอัตราส่วนโดยมวลขององค์ประกอบแต่ละชนิดที่แยกได้จะเป็นเท่าใด (2 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 3 (12 คะแนน)

นักเรียนคนหนึ่งได้รับของผสมซึ่งประกอบด้วย สาร A สาร B และสาร C จึงได้นำของผสมนี้ไปแยกตามขั้นตอนในแผนภาพที่ 1 กล่าวคือนำไปละลายในไดเอทิลอีเทอร์ จากนั้นนำไปเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและเขย่า และแยกชั้นอีเทอร์ (I) กับชั้นน้ำ (II) ออกจากกัน

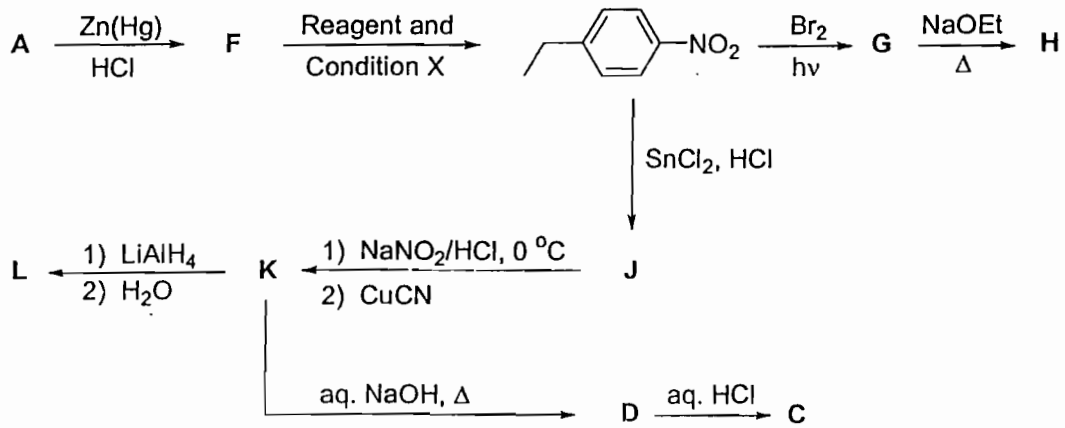
เมื่อนำชั้นอีเทอร์ (I) ไปเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วเขย่า จากนั้นแยกเอาชั้นอีเทอร์ (III) ไประเหยจนแห้งจะได้สาร A กลับมา ส่วนชั้นน้ำ (IV) มีสาร E ละลายอยู่ เมื่อเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นลงไปจนสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด ปรากฏว่าได้ของแข็ง B ตกตะกอนกลับขึ้นมา เมื่อตรวจหาราคูองค์ประกอบพบว่า B มีสูตร โมเลกุลเป็น $C_{10}H_8O$ ซึ่งทำปฏิกิริยากับ benzene diazonium salt ได้สีส้มสด

สำหรับชั้นน้ำ (II) ที่แยกได้ในตอนแรกนั้นเป็นสาร D เมื่อเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นลงไปจนสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด ปรากฏว่าได้ของแข็ง C เกิดขึ้น



แผนภาพที่ 1

เมื่อนำสาร A ไปทำปฏิกิริยาดังแผนภาพที่ 2 จะได้สาร C และสาร L โดยเกิดผ่านสาร F สาร J และสาร K นอกจากนั้นยังเปลี่ยนสาร A เป็นสาร G และสาร H ได้



แผนภาพที่ 2

3.1 เขียนสูตรโครงสร้างของสาร A – สาร L (11 คะแนน)

3.2 ระบุรีเอเจนต์ที่ใช้และสถานะ X (1 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 4 (9 คะแนน)

พิจารณาข้อมูลของสารประกอบเชิงซ้อน Co^{3+} 3 ชนิดดังนี้ CoX_6 , CoY_6 และ CoZ_6

สมบัติ	CoX_6	CoY_6	CoZ_6
สี	เกือบไม่มีสี4.4.....	เหลืองอมส้ม
การดูดกลืนแสง	ช่วงอุลตราไวโอเลต4.4.....	ดูดกลืนหลายช่วง ช่วงที่พลังงานต่ำสุดคือ 450 nm
สมบัติแม่เหล็ก4.3.....	paramagnetic	diamagnetic

ถ้า d-orbital ของ Co ในสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวแยกระดับพลังงานเป็น 2 ชุด มีระดับพลังงานต่างกันเท่ากับ Δ_0

- 4.1 ให้เรียงลำดับค่า Δ_0 ของสารประกอบเชิงซ้อนทั้งสามชนิดจากมากไปน้อย (2 คะแนน)
- 4.2 ให้เขียนแผนภาพระดับพลังงานของ d-orbital ของสารทั้งสามชนิดที่สอดคล้องกับข้อ 4.1 และบรรจุอิเล็กตรอนลงใน d-orbital (3 คะแนน)
- 4.3 สมบัติแม่เหล็กของ CoX_6 ควรเป็นอย่างไร มีวิธีคิดอย่างไร (1 คะแนน)
- 4.4 การดูดกลืนแสงของสาร CoY_6 ควรอยู่ในช่วงและความยาวคลื่นอย่างไร (คิดเฉพาะพลังงานต่ำสุดที่ดูดกลืน) (2 คะแนน)
- 4.5 ถ้า Co ใน CoX_6 จะทำไฮบริดเซชันเพื่อสร้างพันธะกับ X Co จะต้องใช้ออร์บิทัลอะไรบ้าง จงระบุให้ชัดเจน (1 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 5 (5 คะแนน)

พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

- ก. โคบอลต์-60 (Co-60) เป็นสารกัมมันตรังสีที่ปล่อยอนุภาคบีตา เมื่อเวลาผ่านไป 31.8 ปี ปริมาณของ Co-60 จะเหลืออยู่เท่ากับ $1/64$ ของสารเมื่อเวลาเริ่มต้น
- ข. โรงพยาบาลแห่งหนึ่งได้ซื้อชุดโคบอลต์-60 ซึ่งผลิตเมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2552 เพื่อนำมาใช้ในการฉายรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็ง และชุดโคบอลต์-60 นี้จะต้องเปลี่ยนใหม่เมื่อ Co-60 สลายตัวไปร้อยละ 75
- 5.1 เมื่อ Co-60 สลายตัวจะได้ธาตุ A ซึ่งธาตุ A จะปล่อยอนุภาคแอลฟา 1 อนุภาคต่อไปได้เป็นธาตุ B จงเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ A และ B (1 คะแนน)
- 5.2 หากครึ่งชีวิตของ Co-60 (2 คะแนน)
- 5.3 โรงพยาบาลควรเปลี่ยนชุดโคบอลต์-60 นี้ ในเดือนและปีใด (2 คะแนน)

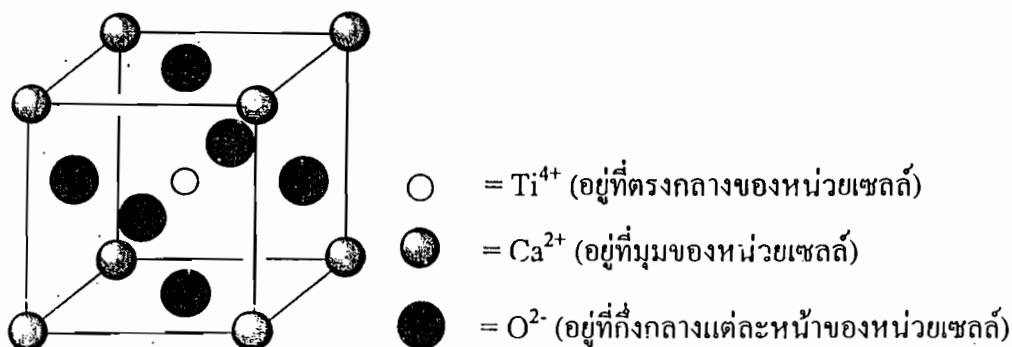
โจทย์ข้อที่ 6 (7 คะแนน)

สารประกอบที่เกิดจากโลหะ โซเดียมกับธาตุ X มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 102.9 และเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย AgNO_3 จะได้ตะกอน

- 6.1 ธาตุ X มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนอย่างไร (1 คะแนน)
- 6.2 ถ้านำของผสมของ CaX_2 และ NaX หนัก 0.9157 g ละลายในน้ำแล้วเติม AgNO_3 มากเกินพอจะได้ตะกอนหนัก 1.6930 g คำนวณหามวลของ NaX ในของผสมนี้ (2 คะแนน)
- 6.3 เทลลูเรียม (Te) เป็นธาตุที่อยู่หมู่เดียวกับออกซิเจน สารประกอบหรือไอออนของเทลลูเรียมมีสูตรเคมีเป็น $[\text{TeX}_4]^{2-}$ โดย Z คือประจุของสารประกอบ ดังนั้น Z จะมีค่าเป็นเท่าไรจึงทำให้สารประกอบหรือโคออร์ดิเนชันมีรูปร่างเป็นทรงสี่หน้า (tetrahedral) ทรงสี่หน้าบิดเบี้ยว (seesaw) และสี่เหลี่ยมแบนราบ (square planar) เขียนโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบเหล่านี้ (3 คะแนน)
- 6.4 นอกจากเทลลูเรียมแล้ว ยังมีธาตุ A ในคาบที่ 5 ที่อาจเกิดสารประกอบที่มีสูตรคล้ายกันคือ AX_4 และมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นรูปสี่เหลี่ยมแบนราบ A ควรเป็นธาตุใด และโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบนี้เป็นอย่างไร (1 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 7 (8 คะแนน)

สารประกอบแคลเซียมไทเทเนต (calcium titanate) มีหน่วยเซลล์ดังรูป ถ้ารัศมีไอออนของแคลเซียมไทเทเนียมและออกไซด์เป็น 0.106, 0.064 และ 0.132 nm ตามลำดับ



- 7.1 สารประกอบนี้มีสูตรทั่วไปอย่างไร (2 คะแนน)
- 7.2 จำนวนมวลของหน่วยเซลล์ (หน่วยเป็น g และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (2 คะแนน)
- 7.3 จำนวนหาความยาวด้านของหน่วยเซลล์ (หน่วยเป็น nm และตอบทศนิยม 3 ตำแหน่ง) (2 คะแนน)
- 7.4 จำนวนหาความหนาแน่นของหน่วยเซลล์ (หน่วยเป็น g/cm^3 และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (2 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 8 (4 คะแนน)

Bomb calorimeter เป็นเครื่องมือที่ใช้หาความร้อนของการเผาไหม้โดยใช้สภาวะปริมาตรคงที่

เมื่อนำกรดเบนโซอิก ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) 1.0087 g มาเผาใน bomb calorimeter เครื่องหนึ่งโดยใช้ O_2 จำนวนมากเกินพอ หลังจากเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ พบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 27.93°C เป็น 30.59°C

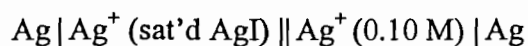
เมื่อนำเนฟทาลีน (C_{10}H_8) 0.6630 g เผาใน bomb calorimeter เครื่องเดียวกันนี้ โดยใช้สภาวะเดียวกันและใช้ O_2 จำนวนมากเกินพอเช่นเดียวกัน หลังจากเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ พบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 28.00°C เป็น 31.09°C

กำหนดให้ กรดเบนโซอิกมีความร้อนของการเผาไหม้ = 26.437 kJ/g

- 8.1 จำนวนความร้อนของการเผาไหม้ของเนฟทาลีน (หน่วยเป็น kJ/g และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (2 คะแนน)
- 8.2 จำนวนงานของการเผาไหม้ของเนฟทาลีน (หน่วยเป็น kJ/g) (0.5 คะแนน)
- 8.3 จำนวนเอนทัลปีของการเผาไหม้ของเนฟทาลีน (หน่วยเป็น kJ/g และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (1.5 คะแนน)

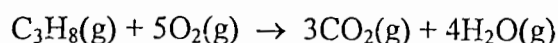
โจทย์ข้อที่ 9 (4 คะแนน)

จากแผนภาพของเซลล์ต่อไปนี้

sat'd AgI หมายถึงความเข้มข้นของ Ag^+ ในสารละลายอิ่มตัวของ AgI(s) ในน้ำวัดความต่างศักย์ของเซลล์ (E_{cell}) ที่ 25°C ได้เท่ากับ 0.40 V

- 9.1 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า (0.6 คะแนน)
- 9.2 คำนวณ ΔG ของการละลายของ AgI(s) จากการทดลองนี้ (หน่วยเป็น kJ และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (1 คะแนน)
- 9.3 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวของ AgI(s) ในน้ำ (หน่วยเป็น M และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (1.5 คะแนน)
- 9.4 คำนวณ K_{sp} การของละลายของ AgI(s) จากการทดลองนี้ (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (0.9 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 10 (4 คะแนน)

ปฏิกิริยาของการเผาไหม้ในเซลล์เชื้อเพลิงโพรเพน-ออกซิเจน ($\text{C}_3\text{H}_8 - \text{O}_2$) ในสารละลายกรดเป็นดังนี้กำหนดค่า absolute entropy (S°) และ enthalpy of formation (ΔH_f°) ที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 1.00 atm ดังนี้

แก๊ส	S° (J/K mol)	ΔH_f° (kJ/mol)
C_3H_8	270	-103.85
O_2	205	0
CO_2	213	-393.51
H_2O	189	-241.83

- 10.1 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า (0.5 คะแนน)
- 10.2 คำนวณ ΔH° , ΔS° , ΔG° และ E° ของเซลล์ดังกล่าว (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (2 คะแนน)
- 10.3 เมื่อเซลล์อยู่ในภาวะสมดุลที่ 25°C จะมีค่าคงที่สมดุลเป็นเท่าใดในรูปของ $\ln K$ (ตอบทศนิยม 1 ตำแหน่ง) (0.5 คะแนน)
- 10.4 ในขณะที่แก๊สแต่ละชนิดคือ C_3H_8 , O_2 , CO_2 และ H_2O มีความดันเป็น 1.50, 1.00, 0.10 และ 0.10 atm ตามลำดับ จะได้เซลล์ที่มีความต่างศักย์เป็นเท่าใด (ตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (1 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 11 (3 คะแนน)

แก๊ส NH_3 0.1 mol บรรจุอยู่ในภาชนะขนาด 3.0 L ที่ 300 K

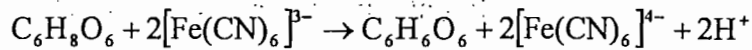
แก๊ส HCl 0.3 mol บรรจุอยู่ในภาชนะขนาด 2.0 L ที่ 300 K

เมื่อถ่ายแก๊ส NH_3 และแก๊ส HCl ทั้งหมดลงในภาชนะขนาด 5.0 L ปรากฏว่าเกิดปฏิกิริยาและได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊ส NH_4Cl หลังจากเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์และปล่อยให้อุณหภูมิเป็น 300 K เท่ากับก่อนนำแก๊สมาผสมกัน

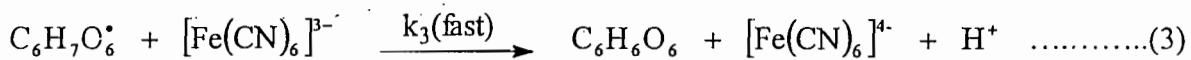
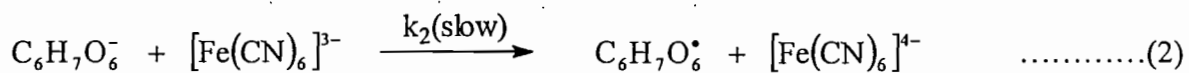
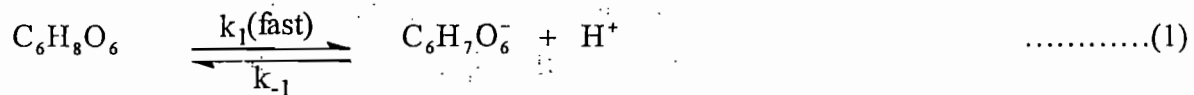
- 11.1 จำนวนความดันของแก๊สแต่ละชนิดก่อนผสมกันที่ 300 K (หน่วยเป็น atm และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (1 คะแนน)
- 11.2 จำนวนความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิดและความดันรวมของแก๊สผสมที่ 300 K หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยา (หน่วยเป็น atm และตอบทศนิยม 2 ตำแหน่ง) (2 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 12 (11 คะแนน)

กำหนดปฏิกิริยา



กลไกของปฏิกิริยาเกิดขึ้น 3 ขั้นตอนดังนี้



12.1 ตัวออกซิไดส์ในปฏิกิริยารวมคือสารใด (0.5 คะแนน)

12.2 เลขออกซิเดชันและการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนของ Fe ในผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไร (1 คะแนน)

12.3 ในขั้นตอนปฏิกิริยาที่เกิดช้าที่สุด อิเล็กตรอนถ่ายเทจากสารใดไปยังสารใด (1 คะแนน)

12.4 จากทฤษฎี Debye-Hückel สำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ได้

$$\log k_2 = \log k_0 + 1.02 Q_1 Q_2 I^{1/2} / (I^{1/2} + 1) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$I = \frac{1}{2} \sum_i Z_i^2 c_i$$

โดยที่ I = ความแรงของไอออน

ซึ่งขึ้นกับประจุของไอออน (Z_i) และความเข้มข้น (c_i) ของเกลือที่เติมลงไปเพื่อศึกษาผลของเกลือที่มีต่ออัตราของปฏิกิริยา Q_1, Q_2 = ประจุของสารทำปฏิกิริยาในขั้นตอนที่เกิดช้าที่สุด k_0 = ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาเมื่อไม่มีการเติมเกลือลงไป

อัตราของปฏิกิริยาจะเปลี่ยนไปอย่างไรเมื่อ

ก. ประจุของสารทำปฏิกิริยามีเครื่องหมายตรงข้ามกัน (0.5 คะแนน)

ข. ประจุของสารทำปฏิกิริยาดัวหนึ่งเป็นกลาง (0.5 คะแนน)

ค. เพิ่มความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงไปในปฏิกิริยา (0.5 คะแนน)

12.5 เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (3 คะแนน)

ก. $\frac{d[C_6H_7O_6^-]}{dt}$ กับ k_1, k_{-1} และ k_2

ข. $\frac{d[C_6H_7O_6^\bullet]}{dt}$ กับ k_2 และ k_3

ค. (rate) หรือ $-\frac{d[Fe(CN)_6^{3-}]}{dt}$ กับ k_2 และ k_3

12.6 หากอัตราการเกิดของอินเทอร์มีเดียต (intermediate) เท่ากับอัตราการหายไปของอินเทอร์มีเดียต และสมการ (2) คือ (rate determining step) (4 คะแนน)

ก. เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $[C_6H_7O_6^-]$ กับ k_1, k_{-1} และ k_2 และสารตั้งต้นของปฏิกิริยา

ข. ถ้ากำหนด $\frac{k_1}{k_{-1}} = K$ เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง rate กับ K, k_2 และสารตั้งต้นของปฏิกิริยา

โจทย์ข้อที่ 13 (4 คะแนน)

ในการล้างฟิล์มสีภาพถ่าย พบว่าอัตราการสร้างสี (rate) แปรผันกับเวลาของการสร้างสี (t) และอัตราการสร้างสี สัมพันธ์กับอุณหภูมิ (T) ตามสมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) โดยเวลาของการสร้างสีขึ้นกับอุณหภูมิแสดงดังตาราง

$\frac{1}{T}$ (K ⁻¹)	เวลาของการสร้างสี (วินาที)
3.22×10^{-3}	182
3.23×10^{-3}	201
3.24×10^{-3}	222
3.25×10^{-3}	245
3.26×10^{-3}	271
3.27×10^{-3}	300
3.28×10^{-3}	331

13.1 เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของการสร้างสี (t) กับพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) และอุณหภูมิ (T) (1 คะแนน)

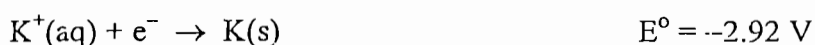
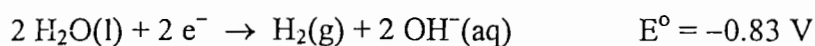
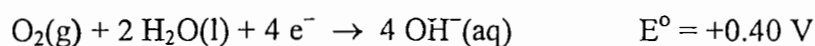
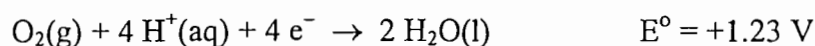
13.2 จากสมการข้อ 13.1 ให้เขียนกราฟและหาค่า E_a จากกราฟ (3 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 14 (10 คะแนน)

เซลล์อิเล็กโทรไลต์เซลล์หนึ่งประกอบด้วยขั้ว chromium (Cr) และขั้ว stainless steel ต่อกับแบตเตอรี่ ขั้วทั้งสองจุ่มในสารละลาย KOH เข้มข้น 0.3 M ปริมาตร 50 mL ในบีกเกอร์ขนาด 250 mL ผ่าน กระแสไฟฟ้า 0.50 A เข้าไปในเซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำการทดลองดังนี้

- เก็บแก๊สที่เกิดขึ้นที่ขั้ว stainless steel ระหว่างกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสไปทดสอบ พบว่าแก๊สที่เกิดขึ้นติดไฟได้ในอากาศ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และสามารถนำแก๊สนี้ไปใช้ใน เซลล์เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้
- หลังจากอิเล็กโทรลิซิส นำขั้วทั้งสองไปชั่ง พบว่าขั้ว chromium มีน้ำหนักลดลง 0.321 g ส่วน น้ำหนักของขั้ว stainless steel ไม่เปลี่ยนแปลง
- หลังจากอิเล็กโทรลิซิส นำสารละลาย KOH ไปเติมกรดไนตริก (HNO_3) จน pH ต่ำกว่า 7 เล็กน้อย จากนั้นอุ่นให้ร้อน แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ เข้มข้น 0.152 M พบว่าเกิดตะกอนสี เหลืองขึ้นอย่างรวดเร็ว และการตกตะกอนเกิดขึ้นสมบูรณ์เมื่อเติมสารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ปริมาตร 40.6 mL เมื่อกรองตะกอน ทำให้แห้ง แล้วนำไปชั่ง พบว่าตะกอนสีเหลืองที่เกิดขึ้นหนัก 1.99 g

กำหนดให้



14.1 เลขออกซิเดชันของ chromium หลังเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่าใด (2.5 คะแนน)

14.2 ถ้าตะกอนสีเหลืองในข้อ ค. ประกอบด้วยธาตุ Pb, Cr และ O เขียนสูตรสารประกอบนี้

(3 คะแนน)

14.3 เขียนสมการไอออนิกแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้ว chromium ปฏิกิริยาที่ขั้ว stainless steel และ ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นในเซลล์อิเล็กโทรไลต์นี้ พร้อมทั้งดุลสมการ (2.5 คะแนน)

14.4 ถ้าต้องการผลิตแก๊สที่เกิดขึ้นที่ขั้ว stainless steel ปริมาตร 5.6 L. ที่ STP ในเวลา 4 ชั่วโมง จะต้องใช้ กระแสไฟฟ้ากี่แอมแปร์ (2 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 15 (10 คะแนน)

กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งประกอบด้วย C 41.4% H 3.4% โดยมวล และเมื่อนำกรดอินทรีย์ชนิดนี้มา 0.145 g จะทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.100 M ปริมาตร 25.00 mL โดยกรดอินทรีย์นี้มีค่า $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-2}$ และ $K_{a2} = 5.9 \times 10^{-7}$

15.1 เขียนสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของกรดอินทรีย์ชนิดนี้ (3 คะแนน)

15.2 เขียนสูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ของกรดอินทรีย์ชนิดนี้มา 1 โครงสร้าง พร้อมทั้งเรียกชื่อตามระบบ IUPAC (1 คะแนน)

15.3 ถ้านำกรดอินทรีย์ชนิดนี้มา 1.740 g ละลายน้ำในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 mL จากนั้นปีเปิดสารละลายกรดอินทรีย์มา 20.00 mL แล้วไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.125 M

ก. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น (0.5 คะแนน)

ข. สารละลายเริ่มต้นก่อนไทเทรตมี pH เท่าใด (3 คะแนน)

ค. เขียนลักษณะกราฟการไทเทรต พร้อมทั้งระบุปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่จุดสมมูล (2.5 คะแนน)

โจทย์ข้อที่ 16 (5 คะแนน)

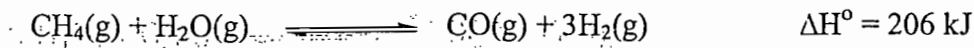
ผสมสารละลาย NaF เข้มข้น 0.060 M ปริมาตร 75 mL กับสารละลาย $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ เข้มข้น 0.15 M ปริมาตร 25 mL ความเข้มข้นสุดท้ายของ Na^+ , NO_3^- , Sr^{2+} และ F^- มีค่าเท่าใด

กำหนดให้ K_{sp} ของ $\text{SrF}_2 = 2.0 \times 10^{-10}$

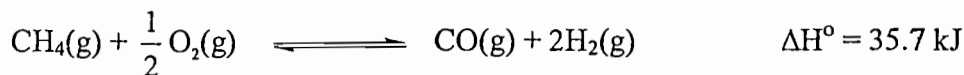
โจทย์ข้อที่ 17 (9 คะแนน)

แก๊สไฮโดรเจนที่ผลิตในอุตสาหกรรมร้อยละ 75 ผลิตได้จากกระบวนการ steam-reforming ที่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ผ่านไอน้ำและแก๊สมีเทนที่ความดันประมาณ 30 atm บนตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ



ขั้นที่ 2 ผสมอากาศในระบบเพื่อเปลี่ยนแก๊สมีเทนที่เหลือจากขั้นที่ 1 ให้เป็นแก๊สไฮโดรเจน ดังสมการ



- 17.1 หากต้องการให้แก๊สไฮโดรเจนเกิดได้ดีทั้งสองขั้นตอน ควรทำให้ระบบมีอุณหภูมิและความดันอย่างไร (สูงหรือต่ำ) พร้อมให้เหตุผลประกอบ (1 คะแนน)
- 17.2 หากมีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงเกินไป จะเกิดผลต่อกระบวนการผลิตแก๊สไฮโดรเจนอย่างไร แสดงปฏิกิริยาที่ส่งผลดังกล่าว (1 คะแนน)
- 17.3 แก๊สไฮโดรเจนที่ผลิตได้สามารถนำไปทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนเพื่อผลิตแก๊สแอมโมเนีย ถ้าต้องการให้แก๊สแอมโมเนียเกิดได้ดีควรปรับความดันของระบบอย่างไร ให้เหตุผลประกอบ พร้อมเขียนสมการแสดงสมดุล (1 คะแนน)
- 17.4 ถ้าที่สภาวะสมดุล K_c ของปฏิกิริยาขั้นที่ 1 เท่ากับ 16 ที่ 727°C ค่า K_p ของปฏิกิริยาเป็นเท่าใด (1 คะแนน)
- 17.5 ณ จุดเริ่มต้นของปฏิกิริยาที่สภาวะเดียวกับข้อ 17.4 ถ้าความดันย่อย (partial pressure) ของแก๊สมีเทนและความดันย่อยของไอน้ำเท่ากัน และมีค่าเท่ากับ 10 atm ความดันของแก๊สทุกชนิดที่สมดุลของขั้นที่ 1 มีค่าเท่าใด (4 คะแนน)
- 17.6 กำหนดให้ปฏิกิริยาต่อไปนี้มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ K_p'
- $$2\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$$
- ค่าคงที่สมดุล (K_c') ของปฏิกิริยา ขั้นที่ 2 มีค่าเท่าใด (1 คะแนน)

ตารางธาตุ

VIIIA

1	1.0	H	hydrogen
2	4.0	He	helium
3	6.9	Li	lithium
4	9.0	Be	beryllium
5	10.8	B	boron
6	12.0	C	carbon
7	14.0	N	nitrogen
8	16.0	O	oxygen
9	19.0	F	fluorine
10	20.2	Ne	neon
11	23.0	Na	sodium
12	24.3	Mg	magnesium
13	27.0	Al	aluminum
14	28.1	Si	silicon
15	31.0	P	phosphorus
16	32.1	S	sulfur
17	35.5	Cl	chlorine
18	39.9	Ar	argon
19	39.1	K	potassium
20	40.1	Ca	calcium
21	45.0	Sc	scandium
22	47.9	Ti	titanium
23	50.9	V	vanadium
24	52.0	Cr	chromium
25	54.9	Mn	manganese
26	55.8	Fe	iron
27	58.9	Co	cobalt
28	58.7	Ni	nickel
29	63.5	Cu	copper
30	65.4	Zn	zinc
31	69.7	Ga	gallium
32	72.6	Ge	germanium
33	74.9	As	arsenic
34	79.0	Se	selenium
35	79.9	Br	bromine
36	83.8	Kr	krypton
37	85.5	Rb	rubidium
38	87.6	Sr	strontium
39	88.9	Y	yttrium
40	91.2	Zr	zirconium
41	92.9	Nb	niobium
42	95.9	Mo	molybdenum
43	98.9	Tc	technetium
44	101.1	Ru	ruthenium
45	102.9	Rh	rhodium
46	106.4	Pd	palladium
47	107.9	Ag	silver
48	112.4	Cd	cadmium
49	114.8	In	indium
50	118.7	Sn	tin
51	121.8	Sb	antimony
52	127.6	Te	tellurium
53	126.9	I	iodine
54	131.3	Xe	xenon
55	132.9	Cs	cesium
56	137.3	Ba	barium
57	138.9	La	lanthanum
58	140.1	Ce	cerium
59	140.9	Pr	praseodymium
60	144.2	Nd	neodymium
61	(145)	Pm	promethium
62	150.0	Sm	samarium
63	152.0	Eu	europtium
64	157.3	Gd	gadolinium
65	158.9	Tb	terbium
66	162.5	Dy	dysprosium
67	164.9	Ho	holmium
68	167.3	Er	erbium
69	168.9	Tm	thulium
70	173.0	Yb	ytterbium
71	175.0	Lu	lutetium
72	175.0	Hf	hafnium
73	180.9	Ta	tantalum
74	183.9	W	tungsten
75	186.2	Re	rhenium
76	190.2	Os	osmium
77	192.2	Ir	iridium
78	195.1	Pt	platinum
79	197.0	Au	gold
80	200.6	Hg	mercury
81	204.4	Tl	thallium
82	207.2	Pb	lead
83	209.0	Bi	bismuth
84	(209)	Po	polonium
85	(210)	At	astatine
86	(222)	Rn	radon
87	(223)	Fr	francium
88	(226)	Ra	radium
89	(227)	Ac	actinium
90	232.0	Th	thorium
91	231.0	Pa	protactinium
92	238.0	U	uranium
93	237.0	Np	neptunium
94	(244)	Pu	plutonium
95	(243)	Am	americium
96	(247)	Cm	curium
97	(247)	Bk	berkelium
98	(251)	Cf	californium
99	(254)	Es	einsteinium
100	(257)	Fm	fermium
101	(258)	Md	mandelivium
102	(255)	No	nobelium
103	(256)	Lr	lawrencium

Transition Elements

58	140.1	Ce	cerium
59	140.9	Pr	praseodymium
60	144.2	Nd	neodymium
61	(145)	Pm	promethium
62	150.0	Sm	samarium
63	152.0	Eu	europtium
64	157.3	Gd	gadolinium
65	158.9	Tb	terbium
66	162.5	Dy	dysprosium
67	164.9	Ho	holmium
68	167.3	Er	erbium
69	168.9	Tm	thulium
70	173.0	Yb	ytterbium
71	175.0	Lu	lutetium
90	232.0	Th	thorium
91	231.0	Pa	protactinium
92	238.0	U	uranium
93	237.0	Np	neptunium
94	(244)	Pu	plutonium
95	(243)	Am	americium
96	(247)	Cm	curium
97	(247)	Bk	berkelium
98	(251)	Cf	californium
99	(254)	Es	einsteinium
100	(257)	Fm	fermium
101	(258)	Md	mandelivium
102	(255)	No	nobelium
103	(256)	Lr	lawrencium

Lanthanide series

Actinide series

Atomic number

