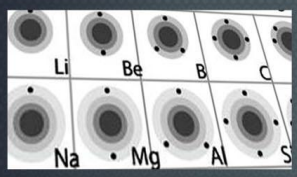
ชุดการเรียนรู้วิชาเคมี

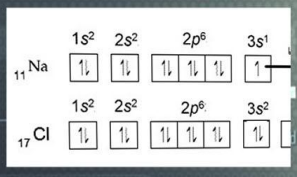
อะตอมและตารางธาตุ

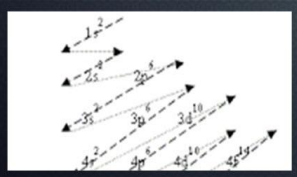
ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิชาเคมีเพิ่มเติม ชุดที่ 4

การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม







นางพชรวรรณ มาฎารักษ์
ครูชำนาญการ
โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22

คำนำ

ชุดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องอะตอมและตารางธาตุ ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้(5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นสื่อการเรียนการสอนที่ผู้จัดทำได้พัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นนวัตกรรมการศึกษา รายวิชา ว 30221 วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนมประกอบด้วย
ชุดการเรียนรู้จำนวน 8 ชุด ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษา ตามลำดับ ดังนี้

ชุดที่	1	เรื่อง	แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน และรัทเทอร์ฟอร์ด
ชุดที่	2	เรื่อง	อนุภาคมูลฐานของอะตอม
ชุดที่	3	เรื่อง	แบบจำลองอะตอมของโบร์ และแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก
ชุดที่	4	เรื่อง	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม
ชุดที่	5	เรื่อง	ตารางธาตุ
ชุดที่	6	เรื่อง	ขนาดอะตอม ขนาดไอออน และพลังงานไอออไนเซชัน
ชุดที่	7	เรื่อง	อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน จุดหลอมเหลวและจุดเดือด
ชุดที่	8	เรื่อง	เลขออกซิเดชัน

ผู้จัดทำคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดการเรียนรู้เล่มนี้ จะเกิดประโยชน์ต่อนักเรียน ตลอดจนสามารถส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

พชรวรรณ มาฎารักษ์

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
คำแนะนำสำหรับนักเรียน	2
ผลการเรียนรู้	3
แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4	4
คำถามชวนคิด	7
กิจรรมที่ 4.1. การจัดเรียงอิเล็กตรอน	8
ใบความรู้ที่ 4.1	9
ใบความรู้ที่ 4.2	11
กิจรรมที่ 4.2 จัดห้องให้อิเล็กตรอน	13
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.1	13
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.2	14
กิจรรมที่ 4.3 ห้องเล็กในห้องใหญ่	16
ใบความรู้ที่ 4.3	15
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.3	22
กิจกรรมที่ 4.4 แผนที่ความคิด	24
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4	25
บรรณานุกรม	28
เฉลยชุดที่ 4 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม	29
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4	33
เฉลยคำถามชวนคิด	36
เฉลยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.1	42
เฉลยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.2	43
เฉลยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.3	51
เฉลยกิจกรรมที่ 4.4 แผนที่ความคิด	53
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4	54
บรรณานุกรม	57

การใช้ชุดการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์อย่างครบถ้วน ขอให้นักเรียนอ่านคำแนะนำ และปฏิบัติตามคำชี้แจงในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ต้นจนจบ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการศึกษาชุดการเรียนรู้

ศึกษาคำแนะนำการใช้ ชุดการเรียนรู้

ทดสอบก่อนเรียน

ดำเนินการใช้ชุดการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ : กิจกรรมคำถามชวนคิด
2. ขั้นสำรวจและค้นหา : กิจกรรมที่ 4.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป : กิจกรรมที่ 4.2 จัดห้องให้อิเล็กตรอน
4. ขั้นขยายความรู้ : กิจกรรมที่4.3 ห้องเล็กในห้องใหญ่
5. ขั้นประเมินผล : กิจกรรมที่4.4 กิจกรรมประเมินแผนที่ความคิด

ทดสอบหลังเรียน

ผ่านเกณฑ์

ศึกษากิจกรรมชุดต่อไป

คำแนะนำสำหรับนักเรียน

1.นักเรียนศึกษาผลการเรียนรู้

2.นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน

3.นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมในชุดการเรียนรู้

4.นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

5.นักเรียนประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดการเรียนรู้

6. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยในการศึกษาสามารถปรึกษาครูได้ตลอดเวลา

สาระมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องกับชุดการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชา เคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว30221 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อะตอมและตารางธาตุ ชุดที่ 4 เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

จัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ พร้อมทั้งระบุ หมู่ คาบและกลุ่มของธาตุในตางธาตุได้

ผลการเรียนรู้

1. จัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุได้หรือในทางกลับกัน
2. สามารถบอกเลขอะตอมของธาตุได้เมื่อทราบการจัดเรียงอิเล็กตรอนได้
   เขียนและอธิบายความหมายสัญลักษณ์แสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนในออร์บิทัลได้
3. อธิบายการบรรจุอิเล็กตรอนลงในออร์บิทัล และความหมายของการบรรจุเต็มบรรจุครึ่งได้
4. อธิบายความหมายของเวเลนซ์อิเล็กตรอนได้

เวลาที่ใช้ 3 ชั่วโมง

แบบทดสอบก่อนเรียนชุดที่ 4
เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. จำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานหลัก (n) มีจำนวนเท่าใด

   ก. 2n
   ข. n^2
   ค. $2n^2$
   ง. $3n^2$

2. ธาตุ X มีเลขอะตอม 51 ธาตุ X น่าจะอยู่หมู่ใด คาบใดของตารางธาตุ

   ก. คาบ 3 หมู่ 4
   ข. คาบ 4 หมู่ 3
   ค. คาบ 5 หมู่ 3
   ง. คาบ 5 หมู่ 5

3. โพแทสเซียมเลขอะตอมเท่ากับ 19 จะมีการจัดอิเล็กตรอนอย่างไร

   ก. 2 , 8 , 9
   ข. 2 , 8 , 18 , 1
   ค. 2 , 8 , 7 , 2
   ง. 2 , 8 , 8 , 1

4. ธาตุในคาบในคาบที่ 4 หมู่ 5 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามข้อใด

   ก. 2 8 8 5
   ข. 2 8 18 5
   ค. 2 8 8 4
   ง. 2 8 18 4

5. แมกนีเซียมมีเลขอะตอม 12 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่าใด

   ก. 2
   ข. 3
   ค. 4
   ง. 5

แบบทดสอบก่อนเรียนชุดที่ 4
เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

6. $_{10}Ne$ มีการจัดอิเล็กตรอนในข้อใดถูกต้อง

ก. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

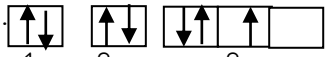
ข. $1s^2\ 2s^2\ 3s^2\ 3p^4$

ค. $1s^2\ 2s^2\ 3s^2\ 3p^3$

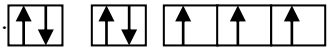
ง. $1s^2\ 2s^2\ 3p^5\ 3s^1$

7. ข้อใดบรรจุอิเล็กตรอนของ $_7N$ ลงในออร์บิทัลได้ถูกต้อง

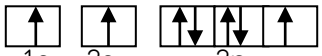
ก.



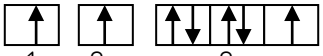
ข.



ค.



ง.



8. ธาตุ X จัดอิเล็กตรอนเป็น $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ ธาตุ X มีเลขอะตอมเท่าใด

ก. 16

ข. 17

ค. 18

ง. 19

9. ธาตุ $_{22}Ti$ จัดอิเล็กตรอนเป็น $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$ ข้อใดเขียนแทนแก๊สเฉื่อยได้ถูกต้อง

ก. [Ar] $3d^2$

ข. [Ar] $3d^2$

ค. [Ne] $4s^2, 3d^2$

ง. [Ar] $4s^2, 3d^2$

10. การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุใดจัดแบบเต็ม (full filled)

ก. N

ข. O

ค. F

ง. Ne

กระดาษคำตอบประจำชุดการเรียนรู้

ชุดที่ 4 เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

แบบทดสอบก่อนเรียน

คะแนนที่ได้

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง		ข้อ	ก	ข	ค	ง
1						6				
2						7				
3						8				
4						9				
5						10				

เราทำแบบทดสอบเสร็จแล้ว

ไปทำกิจกรรมต่อไปกันเลย

ดีกว่าครับ

1.ขั้นสร้างความสนใจ

(Engagement)

รูปที่ 1 ภาพจากคลิปวีดีโอ การจัดอิเล็กตรอนในอะตอม

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=GpliiPrTdhw&index=37&list=PLeJGvKa_RJ_YXyiNVXLMLnzpA_XEw4Ng2

คำชี้แจง ให้นักเรียนดูคลิปวีดีโอแล้วระดมสมองร่วมกันอภิปรายในกลุ่มแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. ใครเป็นผู้เสนอการจัดอิเล็กตรอนแบบเป็นชั้น ๆ คล้ายวงโคจรของระบบสุริยะ

   ตอบ _____

2. จากการทดลองใดที่เป็นสาเหตุให้มีผู้เสนอให้มีการจัดอิเล็กตรอนเป็นชั้น ๆ คล้ายวงโคจรของระบบสุริยะ

   ตอบ _____

3. ในแต่ละระดับพลังงานสามารถบรรจุอิเล็กตรอนได้กี่ตัว

   ตอบ _____

4. ระดับพลังงานชั้นนอกสุดจะมีได้ไม่เกินกี่อิเล็กตรอน และเรียกอิเล็กตรอนในระดับนี้ว่าอย่างไร

   ตอบ _____

5. การจัดอิเล็กตรอนใช้หลักการจัดของใคร มีใจความสำคัญอย่างไร

6. **ตอบ** _____

_____

_____

_____

_____

_____

2.ขั้นสำรวจและค้นหา

(Exploration)

กิจกรรมที่ 4.1 การจัดเรียงอิเล็กตรอน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ศึกษาความหมาย และอธิบายวิธีการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมได้

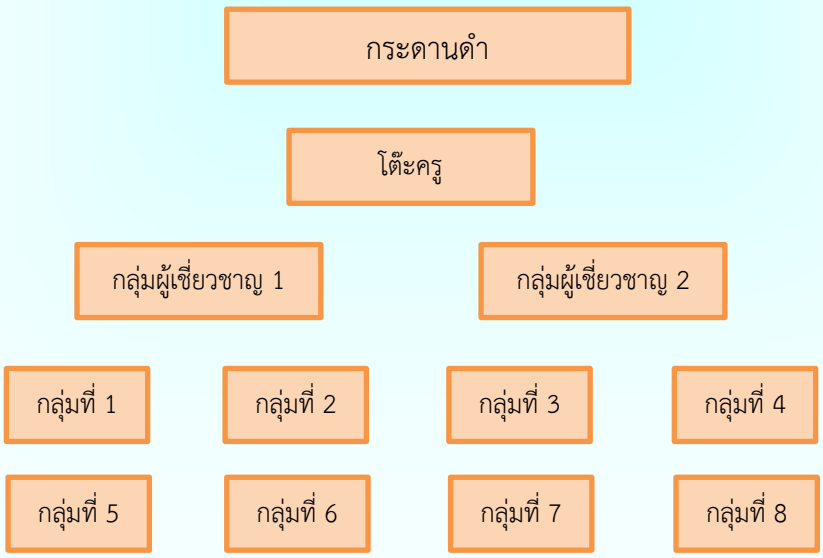
สื่อ วัสดุ อุปกรณ์

1. ใบความรู้ที่ 4.1 เรื่อง การจัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก
2. ใบความรู้ที่ 4.2 เรื่อง เทคนิคการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก
3. ป้ายสามเหลี่ยมผู้เชี่ยวชาญ 2 ป้าย
4. กระดาษปรู๊ฟแผ่นใหญ่ สีดินสอ 1 กล่อง

แนวการทำกิจกรรม

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเรียกว่า“กลุ่มบ้าน” (Home Groups) ตกลงแบ่งหน้าที่ มอบหมายให้สมาชิกแต่ละคนศึกษาหัวข้อที่ต่างกันจากใบความรู้ 4.1-4.2 จากนั้นแยกย้ายไปนั่นรวมกลุ่มกับสมาชิกกลุ่มอื่นที่ได้รับหัวข้อเดียวกัน เพื่อทำงานและศึกษา ร่วมกันในหัวข้อดังกล่าว เรียกว่า “กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ” (Expert Groups)
2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญและร่วมกันทำความเข้าใจในเนื้อหาสาระนั้นอย่างละเอียด และร่วมกันอภิปรายหาคำตอบประเด็นที่ผู้สอนมอบหมายให้ตามแบบบันทึกกิจกรรมที่4.1-4.2
3. สมาชิกแต่ละคนออกจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลับไปกลุ่มเดิมของตน ผลัดกัน อธิบายเพื่อถ่ายทอดความรู้ที่ตนศึกษาให้เพื่อนฟังจนครบทุกหัวข้อ แล้วสรุปลงในระดาษปรู๊ฟแผ่นใหญ่

แผนผังห้องเรียน



ใบความรู้ที่ 4.1

การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก

จำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานหลักมีจำนวนไม่เกิน $2n^2$ เมื่อ n คือระดับพลังงานหลักที่ 1 , 2 , 3 , . . .n

ระดับพลังงานหลัก K	n = 1	มีอิเล็กตรอนไม่เกิน	2	อิเล็กตรอน
ระดับพลังงานหลัก L	n = 2	มีอิเล็กตรอนไม่เกิน	8	อิเล็กตรอน
ระดับพลังงานหลัก M	n = 3	มีอิเล็กตรอนไม่เกิน	18	อิเล็กตรอน
ระดับพลังงานหลัก N	n = 4	มีอิเล็กตรอนไม่เกิน	32	อิเล็กตรอน
ระดับพลังงานหลัก O	n = 6	มีอิเล็กตรอนไม่เกิน	72	อิเล็กตรอน
ระดับพลังงานหลัก Q	n =7	มีอิเล็กตรอนไม่เกิน	98	อิเล็กตรอน

ตามความสัมพันธ์นี้การจัดอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงาน จะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกินจำนวนสูงสุดที่จะมีได้ ถ้าพิจารณา K และ Ca ซึ่งควรมีอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 9 และ 2 , 8 , 10 เนื่องจากในระดับพลังงานที่ 3 มีได้ถึง 18 อิเล็กตรอน

แต่จากการศึกษาพบว่าการจัดอิเล็กตรอนของ K = 2 , 8 , 8 , 1 และ Ca = 2 , 8 , 8 , 2 เนื่องจากอิเล็กตรอนในระดับพลังงานที่ 3 ของทั้งสองธาตุมีเพียง 8 อิเล็กตรอน และส่วนที่เพิ่มขึ้นมาอีก 1 หรือ 2 อิเล็กตรอนนั้นเข้าไปอยู่ในระดับพลังงานที่ 4 เพราะการจัดอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนชั้นนอกสุดซึ่งเรียกว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนต้องไม่เกิน 8

ตารางที่ 1 แสดงการจัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก

ธาตุ	เลขอะตอม	จำนวนอิเล็กตรอนในระดับพลังงาน				แสดงการจัดในระดับพลังงานหลัก
		K(n=1)	L(n=2)	M(n=3)	N(n=4)	
H	1	1				1
He	2	2				2
Li	3	2	1			2 , 1
Be	4	2	2			2 , 2
B	5	2	3			2 , 3
C	6	2	4			2 , 4
N	7	2	5			2 , 5
O	8	2	6			2 , 6
F	9	2	7			2 , 7
Ne	10	2	8			2 , 8
Na	11	2	8	1		2 , 8 , 1
Mg	12	2	8	2		2 , 8 , 2
Al	13	2	8	3		2 , 8 , 3
Si	14	2	8	4		2 , 8 , 4
P	15	2	8	5		2 , 8 , 5
S	16	2	8	6		2 , 8 , 6
Cl	17	2	8	7		2 , 8 , 7
Ar	18	2	8	8		2 , 8 , 8
K	19	2	8	8	1	2 , 8 , 8 , 1
Ca	20	2	8	8	2	2 , 8 , 8 , 2

ใบความรู้ที่ 4.2

เทคนิคการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก

ขั้น 1. นำจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด – (2 , 8 , 18 , 32 หรือ 18 , 32 หรือ 18 ทีละตัว) จนเหลืออิเล็กตรอน 1 ถึง 10 ตัว (ถ้าเหลืออิเล็กตรอนเกิน 10 ตัว แล้วลบต่อไม่ได้ให้ทำขั้น 3.)

ขั้น 2. ถ้าผลลบสุดท้ายเหลืออิเล็กตรอน 1 – 8 ตัว ให้นำตัวที่ใช้ลบทั้งหมด และผลลบที่เหลือสุดท้ายมาเรียงเป็นคำตอบได้เลย

ถ้าผลลบสุดท้ายเหลือ 9 ให้แบ่ง 9 เป็น 8 , 1 แล้วนำไปต่อท้ายตัวที่ใช้ลบทั้งหมดแล้วใช้เป็นคำตอบ

ถ้าผลลบสุดท้ายเหลือ 10 ให้แบ่ง 10 เป็น 8 , 2 แล้วนำไปต่อท้ายตัวที่ใช้ลบทั้งหมดแล้วใช้เป็นคำตอบ

ขั้น 3. ถ้าผลลบสุดท้ายเหลือเกิน 10 แล้วไม่สามารถลบขั้นต่อไปได้ ให้ลบด้วย 2 แล้วนำผลลบที่เหลือสลับที่กับ 2 แล้วนำไปต่อท้ายตัวลบก่อนหน้าทั้งหมดแล้วใช้เป็นคำตอบ

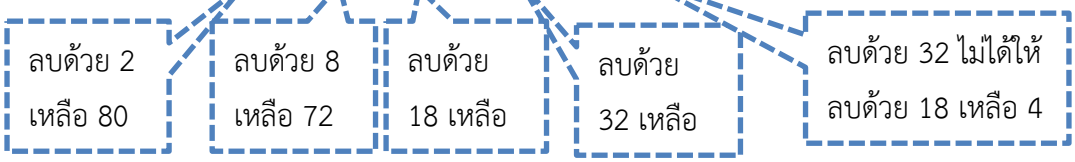
หมายเหตุ :

1. ธาตุที่ 24 (Cr) , 29 (Cu) , 41 ถึง 45 , 47 , 78 , 110 , 111 ขั้นที่ 3. ต้องลบด้วย 1 ไม่ใช่ 2 , ธาตุที่ 46 (Pd) ขั้นที่ 3. ต้องลบด้วย 0 ไม่ใช่ 2
2. หลักเกณฑ์ทั้งหมดนี้ไม่สามารถใช้ได้กับธาตุแทรนซิชันใน (แลนทาไนด์ , แอกทิไนท์)
3. ในขั้นที่ 3. หากเกิดเหตุการณ์ ผลลบสุดท้ายเหลือเกิน 10 แล้วไม่สามารถลบขั้นต่อไปได้นั้น จะบอกได้ทันทีว่าธาตุนั้นเป็นธาตุแทรนซิชัน

ตัวอย่างที่ 1 จงจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{82}Pb$

วิธีทำ

ขั้น 1. 82 – 2 – 8 – 18 – 32 – 18 เหลือ 4



ขั้น 2. เหลือ 3 (ไม่เกิน 10) นำตัวเลขที่ใช้ลบและที่เหลือสุดท้ายมาเรียงเป็นคำตอบ $_{82}Pb$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 18 , 32 , 18 , 4

ตัวอย่างที่ 2 จงจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{52}Te$

วิธีทำ

ขั้น 1. 52 – 2 – 8 – 18 – 18 เหลือ 4

ขั้น 2. เหลือ 4 (ไม่เกิน 10) นำตัวเลขที่ใช้ลบและที่เหลือสุดท้ายมาเรียงเป็นคำตอบ $_{52}Te$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 18 , 18 , 4

ตัวอย่างที่ 3 จงจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{38}Sr$

วิธีทำ **ขั้น 1.** 38 – 2 – 8 – 18 เหลือ 10

ขั้น 2. เหลือ 10 ให้แบ่ง 10 นั้นเป็น 8 , 2 แล้วนำไปต่อตัวที่ใช้ลบ $_{38}Sr$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 18 , 8 , 2

ตัวอย่างที่ 4 จงจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{39}Y$

วิธีทำ **ขั้น 1.** 39 – 2 – 8 – 18 เหลือ 11

จะเห็นว่าเหลืออิเล็กตรอนเกิน 10 ตัวแล้วลบต่อด้วย 32 หรือ 18 ไม่ได้ ให้ข้ามไปทำขั้น 3.

ขั้น 3. เหลือ นำ 11 – 2 เหลือ 9 แล้วนำตัวลบทั้งหมด และ 9 ที่เหลือมาเรียง 2 , 8 , 18 , 2 , 9 แต่จำนวน 2 จำนวนหลังต้องสลับที่กัน จะได้ว่า $_{39}Y$ จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 , 8 , 18 , 9 , 2

3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

กิจกรรมที่ 4.2 จัดห้องให้อิเล็กตรอน

คำชี้แจง จากการอภิปรายใบความรู้ที่ 4.1-4.2 เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก และเทคนิคการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก แล้วให้นักเรียนตอบคำถามกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.1 -4.2

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.1

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ให้เขียนจำนวนอิเล็กตรอนลงในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

ธาตุ	K	L	M	ธาตุ	K	L	M	N
$_{1}H$				$_{11}Na$				
$_{2}He$				$_{12}Mg$				
3Li				$_{13}Al$				
$_{4}Be$				$_{14}Si$				
$_{5}B$				$_{15}P$				
$_{6}C$				$_{16}S$				
$_{7}N$				$_{17}Cl$				
$_{8}O$				$_{18}Ar$				
$_{9}F$				$_{19}K$				
$_{10}Ne$				$_{20}Ca$				

2. ให้เขียนจำนวนอิเล็กตรอนลงในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

ธาตุ	K	L	M	N
$_{15}P$				
$_{11}Na$				
$_{9}F$				
$_{4}Be$				
$_{14}Si$				
$_{17}Cl$				
$_{20}Ca$				
$_{19}K$				
$_{13}Al$				
$_{8}O$				

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.2

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อะตอมที่มีจำนวนอิเล็กตรอนดังต่อไปนี้ จะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนอย่างไร

82 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

53 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

33 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

18 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

13 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

19 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

20 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

37 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

55 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

87 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

21 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

25 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

28 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

31 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

39 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

49 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

57 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

72 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

89 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

104 อิเล็กตรอน มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังนี้ _____

4. ขั้นขยายความรู้

กิจกรรมที่ 4.3 ห้องเล็กในห้องใหญ่

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 4.3 เรื่องการจัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยและตอบคำถามในกิจกรรมที่ 4.3

ใบความรู้ที่ 4.3

การจัดอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย

จากการศึกษาสมบัติที่เป็นคลื่นของอิเล็กตรอน พบว่าอิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานหรือวง (shell) ต่าง ๆ กัน ซึ่งเรียกว่าระดับพลังงานหลัก และในระดับพลังงานเดียวกันยังมีระดับพลังงานย่อย (sub shell) ต่าง ๆ อีก คือระดับพลังงานย่อย s , p , d และ f โดยในแต่ละระดับพลังงานย่อยมีอิเล็กตรอนดังนี้

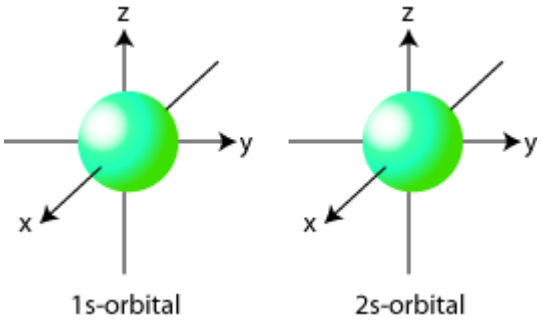
ระดับพลังงานหลักที่ 1 (n=1) มี 1 ระดับพลังงานย่อยคือ s
ระดับพลังงานหลักที่ 2 (n=2) มี 2 ระดับพลังงานย่อยคือ s , p
ระดับพลังงานหลักที่ 3 (n=3) มี 3 ระดับพลังงานย่อยคือ s , p , d
ระดับพลังงานหลักที่ 4 (n=4) มี 4 ระดับพลังงานย่อยคือ s , p , d , f

อิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ความหนาแน่นของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนซึ่งวัดออกมาในรูปของโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสจะมีรูปร่างเป็น 3 มิติที่แตกต่างกันซึ่งเรียกว่า ออร์บิทัล

ออร์บิทัล (orbital)

หมายถึงบริเวณที่มีโอกาสสูงที่จะพบอิเล็กตรอน หรือบริเวณที่อยู่ของอิเล็กตรอน ซึ่งมีรูปร่างเป็น 3 มิติแตกต่างกัน ดังนี้

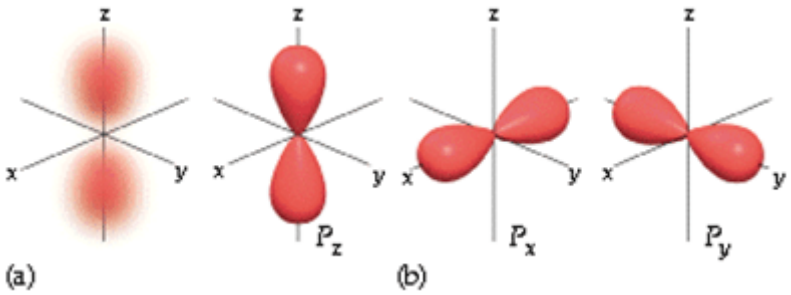
s–orbital มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสเท่ากันทุกทิศทาง ทำให้มองเห็นว่าออร์บิทัลนี้มีรูปร่างเป็นทรงกลมรอบนิวเคลียส



รูปที่ 2 s–orbital

ที่มา : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration2.htm

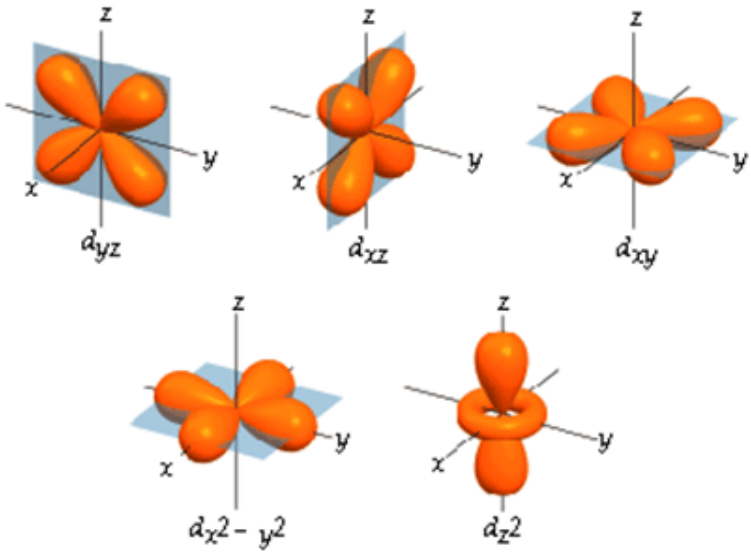
p–orbital มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสอยู่ในบริเวณแกน x , y , z จึงเป็น p_x–orbital , p_y–orbital , p_z–orbital ตามลำดับ โดยออร์บิทัลทั้งสามมีรูปร่างคล้ายดรัมเบลล์ มีพลังงานเท่ากัน แต่มีทิศทางแตกต่างกัน



รูปที่ 3 p–orbital

ที่มา : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration2.htm

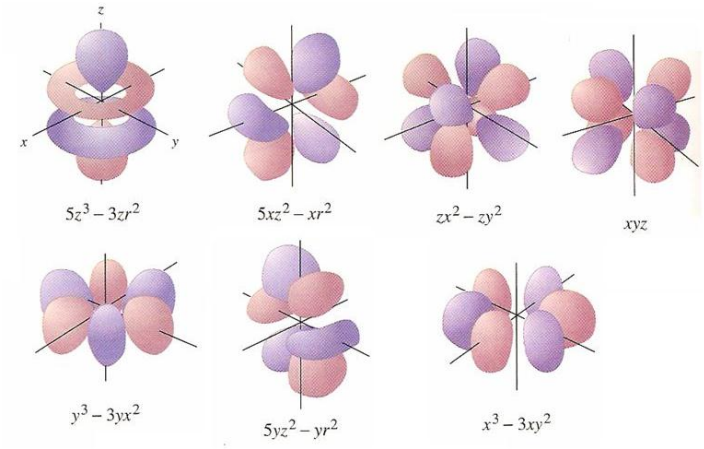
d–orbital มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยสองออร์บิทัลคือ d_{x^2} และ $d_{x^2-y^2}$ มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสอยู่ในบริเวณแกน z และแกน x กับแกน y ตามลำดับ ส่วนอีกสามออร์บิทัลคือ d_{xy} , d_{yz} และ d_{zx} ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนจะอยู่ในบริเวณระหว่างแกน x กับ y แกน y กับ z และแกน x กับ z ตามลำดับ สำหรับอะตอมที่มีหลายอิเล็กตรอน ระดับพลังงานย่อยที่อยู่ในระดับพลังงานเดียวกันจะมีพลังงานแตกต่างกัน และในแต่ละระดับพลังงานย่อยจะมีจำนวนออร์บิทัลแตกต่างกัน



รูปที่ 4 d–orbital

ที่มา : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration2.htm

f–orbital อิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย f ทั้งหมด มี 14 ตัว จึงมี 7 ออร์บิทัล มีความซับซ้อนมากว่า s p d ดังรูป



รูปที่ 5 f–orbital
ที่มา : http://images.slideplayer.com.br/1/326668/slides/slide_39.jpg

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนออร์บิทัล และจำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในแต่ละออร์บิทัล

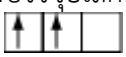
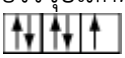
ระดับพลังงานย่อย	จำนวน ออร์บิทัล	จำนวนอิเล็กตรอน แต่ละออร์บิทัล	จำนวนอิเล็กตรอนรวม
s	1	2	2
p	3	2	6
d	5	2	10
f	7	2	14

หลักการจัดอิเล็กตรอนลงในออร์บิทัล

1. ใช้หลักการกีดกันของเพาลีที่กล่าวว่า อิเล็กตรอนคู่หนึ่งคู่ใดในออร์บิทัลเดียวกันจะต้องมีสมบัติไม่เหมือนกัน อย่างน้อยต้องมีการหมุนรอบตัวเองไม่เหมือนกันโดยตัวหนึ่งหมุนตามเข็มนาฬิกา และอีกตัวหนึ่งหมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้ระบุได้ว่าเป็นอิเล็กตรอนตัวใดเมื่ออิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงาน ระดับพลังงานย่อย และในออร์บิทัลเดียวกัน จึงกำหนดให้บรรจุอิเล็กตรอนลงในออร์บิทัลได้สูงสุด 2 อิเล็กตรอน ให้ แทนออร์บิทัล อิเล็กตรอนเขียนด้วยลูกศร อิเล็กตรอนในออร์บิทัลจึงเขียนแทนได้เป็น หรือ โดยหัวลูกศรแสดงทิศทางการหมุนของอิเล็กตรอน 1 ใน 2 แบบที่เป็นไปได้ ในกรณีที่มีอิเล็กตรอนเต็มออร์บิทัลสามารถเขียนเป็น ถ้าเขียนเป็น หรือ จะไม่สอดคล้องตามหลักการกีดกันของเพาลี

ตารางที่ 3 แสดงระดับพลังงานย่อย จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในระดับพลังงานย่อย และในแต่ละระดับพลังงาน

ระดับพลังงาน	ระดับพลังงานย่อย	จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในแต่ละระดับพลังงานย่อย	จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในแต่ละระดับพลังงาน
1	s	2	2
2	s	2	8
	p	6	
3	s	2	18
	p	6	
	d	10	
4	S	2	32
	p	6	
	d	10	
	f	14	

2. การบรรจุอิเล็กตรอนต้องบรรจุลงในออร์บิทัลที่มีพลังงานต่ำสุดและว่างก่อนเสมอ (ตามหลักของเอาฟบาว) คือ 1s 2s 2p 3s . . . ตามลำดับ เพราะจะทำให้พลังงานรวมทั้งหมดมีค่าต่ำสุดและมีความเสถียรที่สุด ในกรณีที่มีหลายออร์บิทัลและแต่ละออร์บิทัลมีพลังงานเท่ากัน เช่น 2p–orbital ซึ่งออร์บิทัลทั้งสามมีพลังงานเท่ากัน ให้บรรจุอิเล็กตรอนในลักษณะที่ทำให้มีอิเล็กตรอนเดี่ยวมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ (ตามกฎของฮุนด์) เมื่ออิเล็กตรอนเหลือจึงบรรจุอิเล็กตรอนเป็นคู่เต็มออร์บิทัลนั้น เช่น $_{6}C$ มี 2 อิเล็กตรอนใน 2p–orbital จะบรรจุอิเล็กตรอนได้เป็น  $_{9}F$ มี 5 อิเล็กตรอนใน 2p–orbital จะบรรจุอิเล็กตรอนได้เป็น 

3. อะตอมของธาตุที่มีการบรรจุอิเล็กตรอนเต็มในทุก ๆ ออร์บิทัลที่มีพลังงานเท่ากันเรียกว่าการบรรจุเต็ม (full filled) ถ้ามีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่เพียงครึ่งเดียวเรียกว่า การบรรจุครึ่ง (half filled) การบรรจุเต็มหรือบรรจุครึ่งจะทำให้อะตอมมีความเสถียรมากกว่าการบรรจุแบบอื่น ๆ

	1s	2s	2p
การบรรจุเต็ม			
การบรรจุครึ่ง			

ในกรณีที่มีหลายอิเล็กตรอน การบรรจุอิเล็กตรอนลงในออร์บิทัลต่าง ๆ ตามลำดับพลังงานจากต่ำไปสูง จะเป็นดังนี้

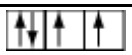
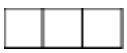
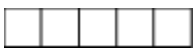
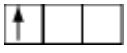
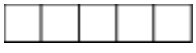
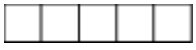
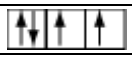
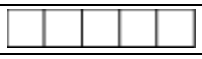
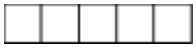
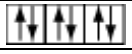
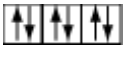
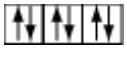
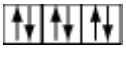
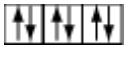
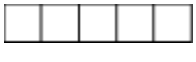
ระดับพลังงาน	จำนวนระดับพลังงานย่อยหรือออร์บิทัลที่อยู่ในแต่ละระดับพลังงาน
1	1s
2	2s 2p
3	3s 3p 3d
4	4s 4p 4d 4f
5	5s 5p 5d 5f
6	6s 6p 6d 6f
7	7s 7p 7d

รูปที่ 6 การจัดอิเล็กตรอนเข้าในระดับพลังงานตามลำดับ
ที่มา : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration3.htm

สำหรับไฮโดรเจนอะตอมซึ่งมี 1 อิเล็กตรอน เมื่ออะตอมอยู่ในสถานะพื้นอิเล็กตรอนจะอยู่ใน 1s–orbital และฮีเลียมมี 2 อิเล็กตรอน อิเล็กตรอนทั้งหมดจะเข้าไปอยู่ใน 2s–orbital และบรรจุในลักษณะที่ทำให้อิเล็กตรอนมีทิศทางการหมุนรอบตัวเองแตกต่างกันตามหลักของเพาลี แผนภาพการบรรจุอิเล็กตรอนจึงเป็นดังนี้

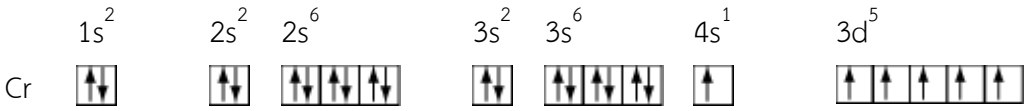
	1s	2s	2p
H	↑		
He	↑↓		

ตารางแสดงระดับพลังงานย่อย จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในระดับพลังงานย่อยและในแต่ละระดับพลังงาน ของ 20 ธาตุแรก

เลขอะตอม	ธาตุ	แผนภาพการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัล									ระดับพลังงานย่อย
		1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d			
1	H										$1s^1$
2	He										$1s^2$
3	Li										$1s^2 2s^1$
4	Be										$1s^2 2s^2$
5	B										$1s^2 2s^2 2p^1$
6	C										$1s^2 2s^2 2p^2$
7	N										$1s^2 2s^2 2p^3$
8	O										$1s^2 2s^2 2p^4$
9	F										$1s^2 2s^2 2p^5$
10	Ne										$1s^2 2s^2 2p^6$
11	Na										[Ne] $3s^1$
12	Mg										[Ne] $3s^2$
13	Al										[Ne] $3s^2 3p^1$
14	Si										[Ne] $3s^2 3p^2$
15	P										[Ne] $3s^2 3p^3$
16	S										[Ne] $3s^2 3p^4$
17	Cl										[Ne] $3s^2 3p^5$
18	Ar										[Ne] $3s^2 3p^6$
19	K										[Ar] $4s^1$
20	Ca										[Ar] $4s^2$

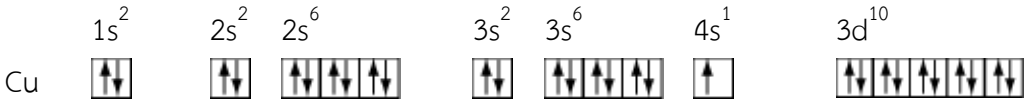
อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานสูงสุดหรือชั้นนอกสุดของอะตอมเรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน (valence electron) การบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลต่าง ๆ ตามลำดับระดับพลังงาน มีบางธาตุที่มีการบรรจุอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อยไม่เป็นไปตามหลักการ เช่น Cr เลขอะตอม 24 มีแผนภาพแสดงการจัดอิเล็กตรอนในออร์บิทัลต่าง ๆ ดังนี้

$Cr = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$ **ไม่ใช่** $4s^2\ 3d^4$



และ Cu เลขอะตอม 29 บรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลต่าง ๆ ดังนี้

$Cu = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$ ไม่ใช่ $4s^2\ 3d^9$



สรุปการจัดอิเล็กตรอนแบบครึ่งและแบบเต็ม

การที่บรรจุอิเล็กตรอนของ Cr เป็น $4s^1\ 3d^5$ โดยมีอิเล็กตรอนใน 3d–orbital เป็น 5 อิเล็กตรอน เป็น **การบรรจุแบบครึ่ง** (Half–filled electronic configuration) ซึ่งทำให้อะตอมมีความเสถียรกว่าการบรรจุแบบ $4s^2\ 3d^4$

ส่วน Cu ซึ่งบรรจุอิเล็กตรอนเป็น $4s^1\ 3d^{10}$ จะเสถียรกว่าการบรรจุแบบ$4s^2\ 3d^9$ เพราะ 3d–orbital มีจำนวนอิเล็กตรอนเต็มทุกออร์บิทัล เป็น **การบรรจุแบบเต็ม** (Full–filled electronic configuration)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4.3

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ระดับพลังงานต่อไปนี้มีกี่ระดับพลังงานย่อย อะไรบ้าง

ตอบ

ระดับพลังงาน K (1) มี _____ ระดับพลังงานย่อย ได้แก่ _____

ระดับพลังงาน L (2) มี _____ ระดับพลังงานย่อย ได้แก่ _____

ระดับพลังงาน M (3) มี _____ ระดับพลังงานย่อย ได้แก่ _____

ระดับพลังงาน N (4) มี _____ ระดับพลังงานย่อย ได้แก่ _____

ระดับพลังงาน O (5) มี _____ ระดับพลังงานย่อย ได้แก่ _____

2. จงเขียนรูปแบบการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบระดับพลังงานย่อยในรูปแก๊สเฉื่อยของอะตอมธาตุต่อไปนี้

ตอบ

1. $_{19}K$ _____
2. $_{15}P$ _____
3. $_{21}Sc$ _____

3. ธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 87 ควรจะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดอยู่ใน s ออร์บิทัลจำนวนเท่าไร

ตอบ _____

4. ธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนดังต่อไปนี้จะมีอิเล็กตรอนจำนวนเท่าใด

ตอบ _____

1. [Ne] $3s^2\ 3p^3$ _____
2. [Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$ _____

5. ออร์บิทัล หมายถึงอะไร

ตอบ _____

6. ในหนึ่งออร์บิทัลจะมีอิเล็กตรอนได้สูงสุดกี่อิเล็กตรอน

ตอบ _____

7. เหตุใดการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{24}Cr$ จึงเป็น 2 , 8 , 13 , 1 แทนที่จะเป็น 2 , 8 , 12 , 2

ตอบ _____

8. จงเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในออร์บิทัลของอะตอมต่อไปนี้

$_{6}C$ = _____

$_{9}F$ = _____

$_{11}Na$ = _____

$_{12}Mg$ = _____

$_{13}Al$ = _____

$_{15}P$ = _____

$_{8}O^{-3}$ = _____

$_{3}Li^{+2}$ = _____

$_{12}Mg^{+}$ = _____

$_{7}N^{-}$ = _____

5.ขั้นประเมินผล

(Evaluation)

กิจกรรมที่ 4.4
แผนที่ความคิด

คำชี้แจง ให้นักเรียนสรุปเนื้อหา เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม โดยการใช้แผนที่ความคิด (mind mapping)

แบบทดสอบหลังเรียนชุดที่ 4
เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. จำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานหลัก (n) มีจำนวนเท่าใด
   - ก. $3n^2$
   - ข. $2n^2$
   - ค. n^2
   - ง. 2n

2. ธาตุ X มีเลขอะตอม 51 ธาตุ X น่าจะอยู่หมู่ใด คาบใดของตารางธาตุ
   - ก. คาบ 5 หมู่ 5
   - ข. คาบ 5 หมู่ 3
   - ค. คาบ 4 หมู่ 3
   - ง. คาบ 3 หมู่ 4

3. โพแทสเซียมเลขอะตอมเท่ากับ 19 จะมีการจัดอิเล็กตรอนอย่างไร
   - ก. 2 , 8 , 8 , 1
   - ข. 2 , 8 , 7 , 2
   - ค. 2 , 8 , 18 , 1
   - ง. 2 , 8 , 9

4. ธาตุในคาบในคาบที่ 4 หมู่ 5 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามข้อใด
   - ก. 2 8 18 4
   - ข. 2 8 8 4
   - ค. 2 8 18 5
   - ง. 2 8 8 5

5. แมกนีเซียมมีเลขอะตอม 12 มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่าใด
   - ก. 5
   - ข. 4
   - ค. 3
   - ง. 2

แบบทดสอบหลังเรียนชุดที่ 4
เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

6. $_{10}Ne$ มีการจัดอิเล็กตรอนในข้อใดถูกต้อง

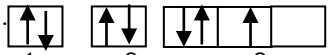
ก. $1s^2\ 2s^2\ 3p^5\ 3s^1$

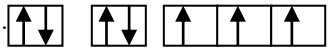
ข. $1s^2\ 2s^2\ 3s^2\ 3p^3$

ค. $1s^2\ 2s^2\ 3s^2\ 3p^4$

ง. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

7. ข้อใดบรรจุอิเล็กตรอนของ $_7N$ ลงในออร์บิทัลได้ถูกต้อง

ก. 

ข. 

ค.

ง.

8. ธาตุ X จัดอิเล็กตรอนเป็น $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ ธาตุ X มีเลขอะตอมเท่าใด

ก. 16

ข. 17

ค. 18

ง. 19

9. ธาตุ $_{22}Ti$ มีการจัดอิเล็กตรอนเป็น $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$ ข้อใดเขียนแทนแก๊สเฉื่อยได้ถูกต้อง

ก. [Ar] $4s^2, 3d^2$

ข. [Ne] $4s^2, 3d^2$

ค. [Ar] $3d^2$

ง. [Ar] $3d^2$

10. การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุใดจัดแบบเต็ม (full filled)

ก. Ne

ข. F

ค. O

ง. N

กระดาษคำตอบประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดที่ 4 เรื่อง การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

แบบทดสอบหลังเรียน

คะแนนที่ได้

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง		ข้อ	ก	ข	ค	ง
1						6				
2						7				
3						8				
4						9				
5						10				

บรรณานุกรม

กฤษณา ชุติมา. หลักเคมีทั่วไปเล่ม 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

จุฑามาศ วงษ์สวาท. บทเรียน e-Learning เรื่องอะตอมและตารางธาตุ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.promma.ac.th/chemistry/jutamas/online_chemistry/ (19 มกราคม 2558).

โรจน์ฤทธ์ โรจนธเบศและคณะ. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เคมีพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2556.

ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะและคณะ . หนังสือเรียนเคมีพื้นฐานและเพิ่มเติมเคมีเล่ม 1. กรุงเทพฯ: สำนัก พิมพ์แม็คจำกัด, 2555.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบัน. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเคมีเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2556.

_____. คู่มือครูสาระการเรียนรู้เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม เคมีเล่ม 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว , 2555.

_____. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค., 2555.

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ . ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2552.

ภาพจากคลิปวีดีโอ การจัดอิเล็กตรอนในอะตอม[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttps://www.youtube.com/watch?v=GpliiPrTdhw&index=37&list=PLeJGvKa_RJ_YXyiNVXLMLnzpA_XEw4Ng2 (สืบค้นวันที่ 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

s–orbital [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration2.htm (สืบค้นวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

p–orbital [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration2.htm (สืบค้นวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

d–orbital [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration2.htm (สืบค้นวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

f–orbital [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://images.slideplayer.com.br/1/326668/slides/slide_39.jpg (สืบค้นวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

การจัดอิเล็กตรอนเข้าในระดับพลังงานตามลำดับ.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก. http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/configuration3.htm(สืบค้นวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558)