

# 618327-2560

ฟิสิกส์ของวัสดุอิเล็กทรอนิกส์  
และอุปกรณ์

นพ.อรรถัย วัชรกิจจากร

บทที่ 2

# เลขควอนตัม

- ตามหลักการกีดกันของเพาลีที่ระบุว่าอิเล็กตรอนสองตัวในระบบที่โต้ตอบกันไม่สามารถมีชุดเลขควอนตัมเดียวกันได้  
 $n, l, m, s$ .
- อิเล็กตรอนเพียงสองตัวเท่านั้นที่สามารถมีเลขควอนตัมสามตัวที่เหมือนกันได้ คือ  $n, l, m$  และทั้งสองจะต้องมีสปินตรงข้ามกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$$

$$m_l = -l, \dots, +l \quad -1, 0, 1, \dots, \text{วินาที}$$

$$s = \pm \frac{1}{2}$$

- สถานะควอนตัมที่แสดงในตารางใช้เพื่อระบุการกำหนดค่าอิเล็กตรอนสำหรับอะตอมในสถานะพลังงานต่ำที่สุด

# เลขควอนตัม

u	a	u.	ส	สถานะที่อนุญาตใน ชั้นเซลล์	สถานะที่อนุญาตใน เซลล์ที่สมบูรณ์
1	0	0	±1/2	2	2
2	0	0	±1/2	2	8
	1	-1	±1/2	6	
		0	±1/2		
		1	±1/2		
3	0	0	±1/2	2	18
	1	-1	±1/2	6	
		0	±1/2		
		1	±1/2		
	2	-2	±1/2	10	
		-1	±1/2		
		0	±1/2		
		1	±1/2		
		2	±1/2		

# เลขควอนตัม

เปลือกหอย(n.)	เค 1	ล 2		เอ็ม 3			เอ็น 4			
ชั้นเซลล์ () ล	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3
	ส	ส	พี	ส	พี	ง	ส	พี	ง	ด
จำนวนอิเล็กตรอน	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14
	2	8		18			32			

# เลขควอนตัม

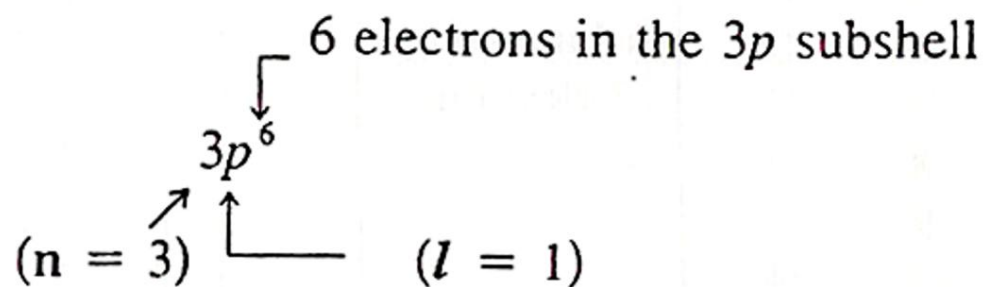
- มีสัญกรณ์ย่อแบบง่ายๆ สำหรับอิเล็กตรอนิกส์  
โครงสร้างที่เป็นการกำหนดชื่อของ ค่า  $l$  ที่แสดงเป็น

$$a = 0, 1, 2, 3, 4$$

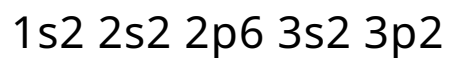
ส, พี, ดี, เอฟ, จี

- $s, p, d, f$  ย่อมาจาก **sharp, principal, diffuse** และ **fundamental** • ส่วนที่  
เหลือจะเขียนตาม  
ลำดับตัวอักษรเลย  $f$  ออกไป

# เลขควอนตัม

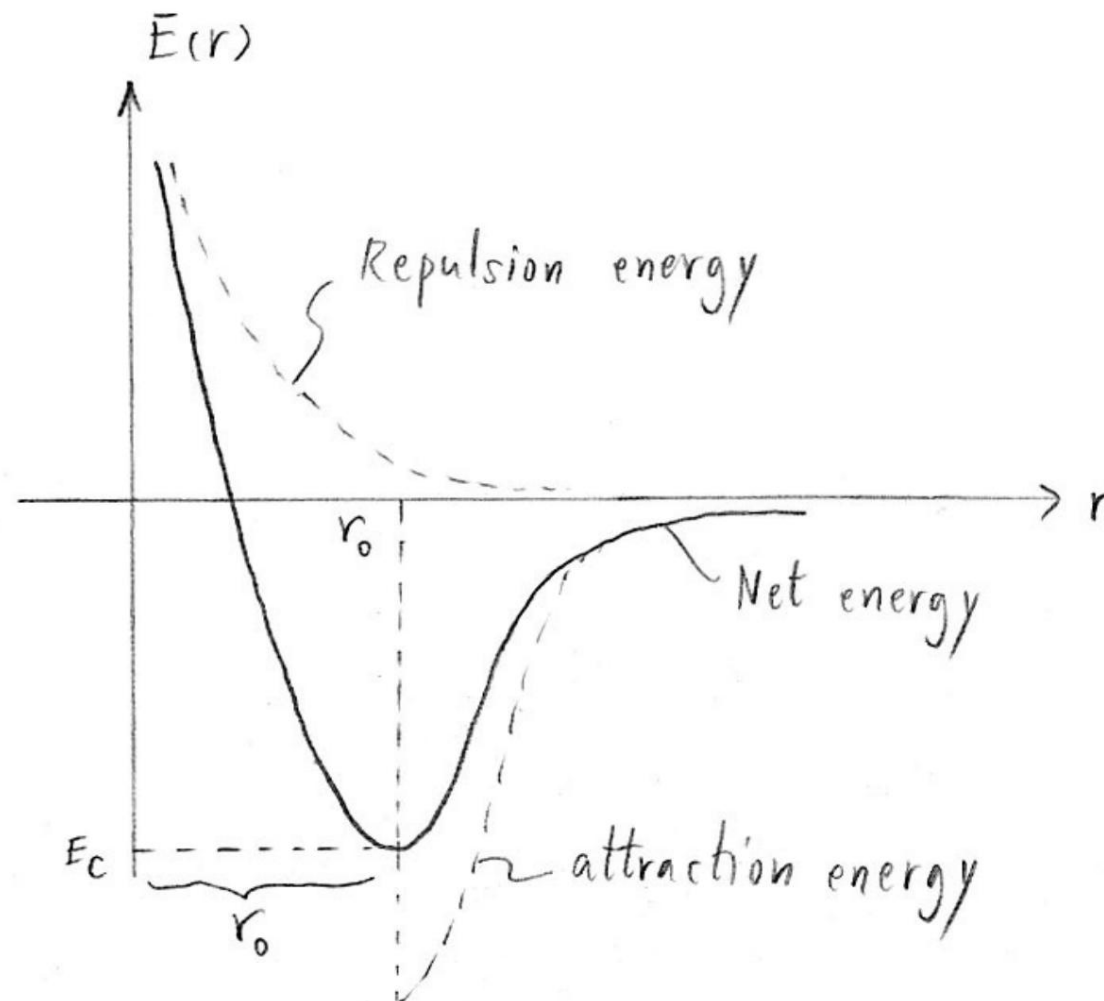


- ตัวอย่างเช่น Si (เลขอะตอม = 14)



Atomic number (Z)	Ele- ment	<div><div><math>n = 1</math> <math>l = 0</math></div><div><math>2</math> <math>0 \quad 1</math></div><div><math>3</math> <math>0 \quad 1 \quad 2</math></div><div><math>4</math> <math>0 \quad 1</math></div></div>						Shorthand notation
		<div><math>1s</math><math>2s \quad 2p</math><math>3s \quad 3p \quad 3d</math><math>4s \quad 4p</math></div>						
		Number of electrons						
1	H	1					$1s^1$	
2	He	2					$1s^2$	
3	Li	helium core, 2 electrons	1				$1s^2 \quad 2s^1$	
4	Be		2				$1s^2 \quad 2s^2$	
5	B		2	1			$1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^1$	
6	C		2	2			$1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^2$	
7	N		2	3			$1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^3$	
8	O		2	4			$1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^4$	
9	F		2	5			$1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^5$	
10	Ne		2	6			$1s^2 \quad 2s^2 \quad 2p^6$	
11	Na	neon core, 10 electrons		1			[Ne] $3s^1$	
12	Mg			2			$3s^2$	
13	Al			2	1		$3s^2 \quad 3p^1$	
14	Si			2	2		$3s^2 \quad 3p^2$	
15	P			2	3		$3s^2 \quad 3p^3$	
16	S			2	4		$3s^2 \quad 3p^4$	
17	Cl			2	5		$3s^2 \quad 3p^5$	
18	Ar			2	6		$3s^2 \quad 3p^6$	
19	K	argon core, 18 electrons				1	[Ar] $4s^1$	
20	Ca					2	$4s^2$	
21	Sc			1	2		$3d^1 \quad 4s^2$	
22	Ti			2	2		$3d^2 \quad 4s^2$	
23	V			3	2		$3d^3 \quad 4s^2$	
24	Cr			5	1		$3d^5 \quad 4s^1$	
25	Mn			5	2		$3d^5 \quad 4s^2$	
26	Fe			6	2		$3d^6 \quad 4s^2$	
27	Co			7	2		$3d^7 \quad 4s^2$	
28	Ni			8	2		$3d^8 \quad 4s^2$	
29	Cu			10	1		$3d^{10} \quad 4s^1$	
30	Zn			10	2		$3d^{10} \quad 4s^2$	
31	Ga			10	2	1	$3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^1$	
32	Ge			10	2	2	$3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^2$	
33	As			10	2	3	$3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^3$	
34	Se			10	2	4	$3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^4$	
35	Br			10	2	5	$3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^5$	
36	Kr			10	2	6	$3d^{10} \quad 4s^2 \quad 4p^6$	

# พันธบัตร





# พันธบัตร

$$i = \frac{a}{s_m} + \frac{b}{s_u} =$$

โดยที่  $r$  = ระยะทางระหว่างอะตอม

$a$  = ค่าคงที่แรงดึงดูด

$b$  = ค่าคงที่ของการผลักกัน

$m, n$  = ค่าคงที่ของลักษณะเฉพาะของพันธะหรือโครงสร้างแต่ละประเภท

- ดังนั้น,  $\frac{a}{s_m}$  และ  $\frac{b}{s_u}$  คือพลังงานดึงดูดและผลักกัน

ตามลำดับ

# พินัยกรรม

เราอาจสรุปได้ว่า

- $E \rightarrow 0$  at  $r \rightarrow \infty$  : พลังงานศูนย์เป็นพลังงานในกรณีที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์
- เมื่อ  $r > r_0$  อะตอมจะดึงดูดกันจาก  $r \rightarrow \infty$  ไปยัง  $r \rightarrow r_0$
- เมื่อ  $r < r_0$  อะตอมจะผลักกันจนถึงจุด  $r_0$
- ที่  $r_0$  ตำแหน่งสมดุลจะเกิดขึ้น ซึ่งเป็นจุดที่  
พลังดึงดูดและพลังผลักมีความสมดุลกัน

# ประเภทของพันธบัตร

- พันธบัตรสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้
  1. พันธะไอออนิก: ไม่มีทิศทาง
  2. พันธะโลหะ: ไม่มีทิศทาง
  3. พันธะโควาเลนต์ : ทิศทาง
  4. ฟาน เดอร์ วาลส์ บอนด์ : อ่อนแอมาก

# พันธะไอออนิก

- สิ่งนี้เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิตระหว่างไอออนที่มีประจุต่างกัน เช่น NaCl หรือ LiF  
พลังงานยึดเหนี่ยว  $E_c$  พลังงานที่ต้องการในการรับคริสตัลแยกกันอาจเขียนเป็น

$$E_c = \frac{M e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

โดยที่  $M$  = ค่าคงที่ของมาเดลง

$$- \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \text{พลังงานดึงดูดไฟฟ้าสถิตแบบคูลอมบ์ ระหว่างไอออน 2 ตัว}$$

# พันธะโลหะ

- พันธะโลหะมีความคล้ายคลึงกับพันธะไอออนิก เนื่องจากมีแรงไฟฟ้าสถิตยเข้ามามีบทบาทอย่างมาก แต่แรงไฟฟ้าสถิตยนี้มีอยู่ทุกที่และมาจากทุกทิศทาง
- ในโลหะ ประจุลบมีการเคลื่อนที่ได้สูง อิเล็กตรอนทำหน้าที่เหมือนกาวเพื่อยึดโครงตาข่ายเข้าด้วยกัน
- แรงยึดเหนี่ยวในโลหะมีความแข็งแกร่งมากและยากที่จะทำลาย

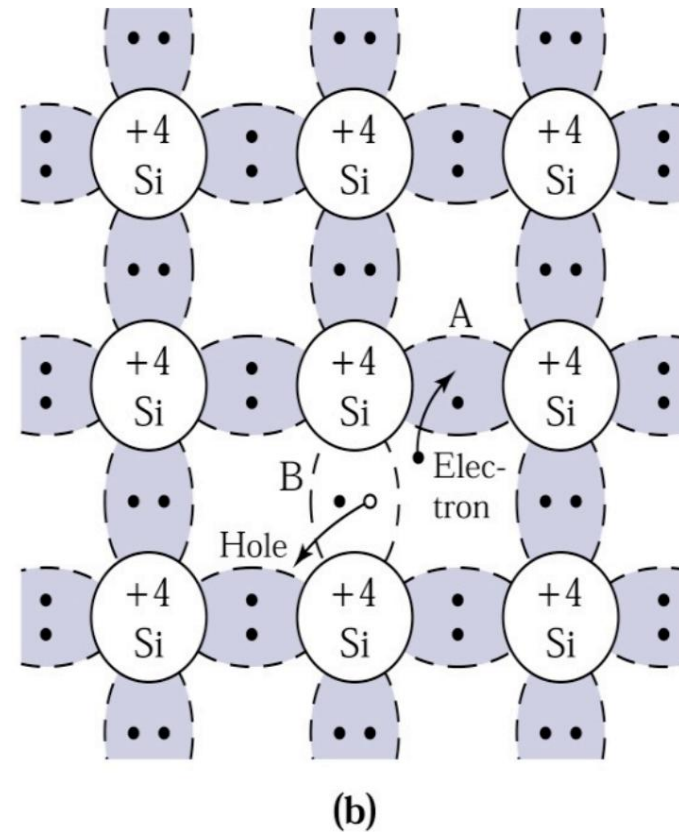
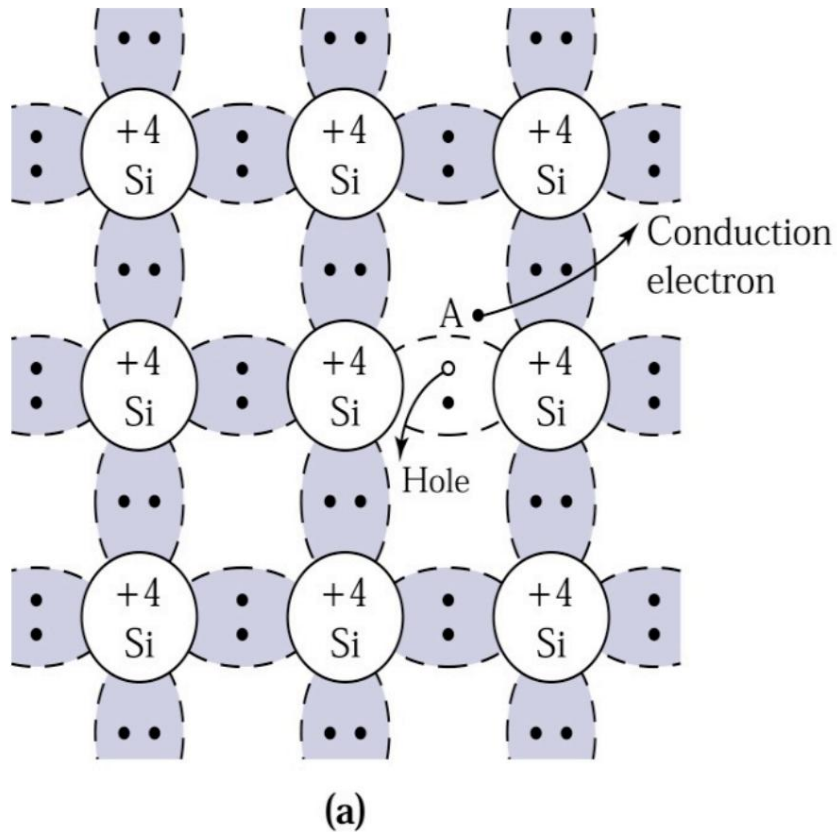
# พันธะโควาเลนต์

- พันธะนี้เกิดขึ้นจากการแบ่งปันอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมสองอัน
- ตัวอย่างที่ง่ายที่สุดของพันธะโควาเลนต์แสดงโดยอะตอมไฮโดรเจน
- อะตอมไฮโดรเจนต้องการอิเล็กตรอนอีกตัวเพื่อเติมเต็ม 1 เปลือก.
- มันจะค้นหาอิเล็กตรอนส่วนเกินจากอะตอมไฮโดรเจนอื่นเมื่อทั้งสองแบ่งปันอิเล็กตรอนกันในที่สุด

# พันธะโควาเลนต์

- ในพันธะโควาเลนต์ อิเล็กตรอนทั้งหมดจะจับคู่กันและโคจรรอบอะตอมหนึ่งคู่ จึงมีอิเล็กตรอนจำนวนมากขึ้นที่เคลื่อนตัวออกไปเพื่อนำไฟฟ้า
  - ในกรณีของคาร์บอน จะทำหน้าที่เหมือนฉนวน แต่พันธะในซิลิกอนหรือเจอร์เมเนียมจะอ่อนแอกว่า
  - อิเล็กตรอนบางส่วนในกรณีหลังนี้จะถูกเขย่าออกและสามารถนำไฟฟ้าได้ ดังนั้นเราจึงเรียกว่า "สารกึ่งตัวนำ"
-

# พันธะโควาเลนต์



- (ก) พันธะที่ขาดที่ตำแหน่ง A ส่งผลให้เกิดการนำไฟฟ้า อิเล็กตรอนและหลุม
- (ข) พันธะที่ขาดที่ตำแหน่ง B



# พันธบัตรแวนเดอร์วาลส์

- นี่ก็เหมือน พันธะ **รอง** เพราะมีแรงมากอ่อนแอ.
- พันธะนี้สามารถมองเห็นได้ในอะตอมที่เปลือกนอกถูกเติมเต็มอย่างสมบูรณ์
- พิจารณาว่าอะตอม A มีโมเมนต์ไดโพล ดังนั้นจึงเหนี่ยวนำให้เกิดโมเมนต์ไดโพลตรงข้ามกับอะตอม B
- แรงดึงดูดนี้เรียกว่า “พันธะแวนเดอร์วาลส์”

# ตัวอย่างที่ 1

- พลังงานศักย์  $E$  ต่อคู่  $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$  ภายในผลึก  $\text{NaCl}$  ขึ้นอยู่กับการแยกระหว่างไอออน  $r$  เป็น

$$E(r) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{U}{r^8}$$

โดยที่  $n = 8$ ,  $M = 1.7476$ ,  $B = 6.972 \times 10^{-96} \text{ J.m}^8$

- (ก) หาค่าการแยกสมดุล ( $r_0$ ) ของไอออนในคริสตัล
- (ข) หาพลังงานพันธะไอออนิก ซึ่งกำหนดเป็น  $-E(r_0)$