

เอกสารประกอบการบรรยาย: **วิชา 2304102 ฟิสิกส์ทั่วไป 2**
ครั้งที่ 1 ภาคการศึกษาปลาย พ.ศ. 2551
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2551

สารบัญ

1	ประจุไฟฟ้า	1
2	แรงทางไฟฟ้า	6
3	แบบฝึกหัด	8

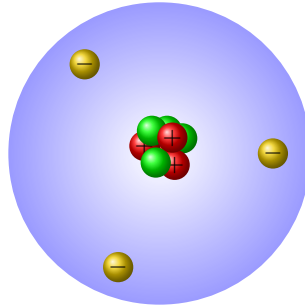
1 ประจุไฟฟ้า

- ประจุมีสองชนิด ได้แก่ บวก และ ลบ (หน่วย คูลอมป์, C)
- ประจุสร้างขึ้นหรือทำลายไม่ได้ (อนุรักษ์)
- แรงเสียดทานก่อให้เกิดการเติมหรือเอาประจุออก
- วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า คือ วัตถุที่มีจำนวนประจุเท่ากันระหว่างประจุบวกและประจุลบ
- สสารแบ่งเป็นตัวนำและฉนวนไฟฟ้า
- การถ่ายเทประจุเกิดขึ้นเมื่อมีการแตะกันของวัตถุ
- การเหนี่ยวนำประจุเกิดจากการนำวัตถุที่มีประจุไปใกล้กับวัตถุอื่น
- ประจุเหมือนกันมีแรงผลักกัน ประจุต่างกันมีแรงดูดกัน
- แรงระหว่างประจุสองอันจะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณประจุ และลดลงตามระยะทาง

ประจุในอะตอม

- ไอออนลบ: มีอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น (เพิ่มเข้า)
- ไอออนบวก: อิเล็กตรอนลดลง (เอาออก)

กระบวนการดังกล่าวเรียก *การไอออไนเซชัน (ionization)*



- มวล: 9.11×10^{-31} kg
ประจุ: -1.60×10^{-19} C
- มวล: 1.67×10^{-27} kg
ประจุ: $+1.60 \times 10^{-19}$ C
- เป็นกลางทางไฟฟ้า

รูปที่ 1 ประจุในอะตอม

การแสดงผลทางไฟฟ้าในโมเลกุล

สภาวะปกติโมเลกุลจะเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อมีแรงเสียดทาน เช่น จากการขัดถู ทำให้พันธะของโมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวของวัตถุแตกออก ทำให้โมเลกุลที่แตกออกแสดงสมบัติทางไฟฟ้า เรียกว่า *ไอออนของโมเลกุล*

ตัวนำและฉนวนไฟฟ้า

ฉนวน วัสดุที่ไม่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่าน

ทำไมเกิดไฟฟ้าสถิตจากการขัดถูง่าย อิเล็กตรอน(ลบ)มีมาก อยู่ใกล้กับนิวเคลียส(บวก) อิสระในการเคลื่อนที่น้อย นำไฟฟ้าไม่ดี แต่เมื่ออิเล็กตรอนหลุดจะกลับสู่ที่เดิมยาก เกิดไฟฟ้าสถิตง่าย

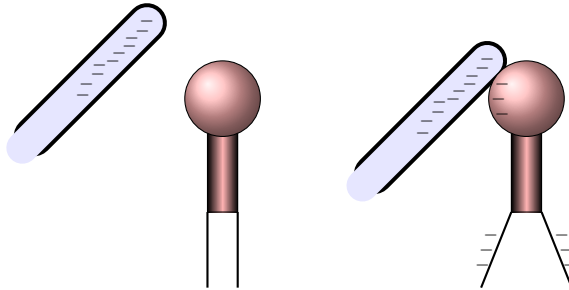
ตัวนำ วัสดุที่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่าน

ทำไมเกิดไฟฟ้าสถิตจากการขัดถูยาก อิเล็กตรอน(ลบ)มีน้อย อยู่ห่างจากนิวเคลียส(บวก) อิสระในการเคลื่อนที่มาก นำไฟฟ้าดี เมื่ออิเล็กตรอนหลุดจะกลับสู่ที่เดิมง่าย เกิดไฟฟ้าสถิตยาก

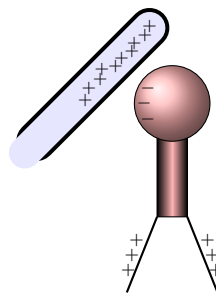
การถ่ายเทประจุในอิเล็กทรอนิกส์

แผ่นโลหะด้านล่างของอิเล็กทรอนิกส์จะกางออกเพราะประจุในแท่งแก้วถ่ายเทสู่อิเล็กทรอนิกส์แล้วเกิดการผลักกัน ถ้าเอาแท่งแก้วเข้าใกล้อิเล็กทรอนิกส์ แผ่นโลหะด้านล่างจะกางออกหรือไม่ เพราะอะไร ?

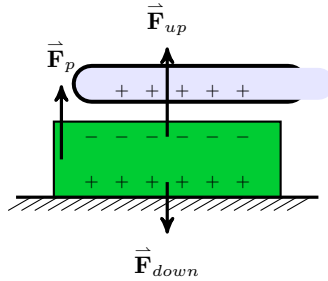
การเหนี่ยวนำประจุในอิเล็กทรอนิกส์



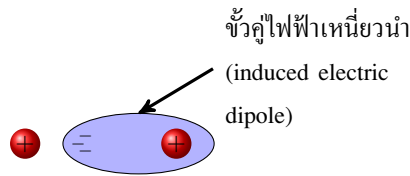
รูปที่ 2 การถ่ายเทประจุในอิเล็กโตรสโคป



รูปที่ 3 การเหนี่ยวนำประจุในอิเล็กโตรสโคป



รูปที่ 4 แรงการจัดเรียงประจุ



รูปที่ 5 ขั้วคู่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การเหนี่ยวนำทำให้เกิด *การจัดเรียงประจุ (charge polarization)* ในรูปประจุบวกในแท่งแก้ว ดึงประจุลบจากโลหะสะสมที่ผิวของลูกทรงกลม และผลักประจุบวกลงไปที่แผ่นโลหะด้านล่าง

แรงการจัดเรียงประจุ

แรงการจัดเรียงประจุ (*polarization force, $\vec{F}_p$*)

$$\vec{F}_p = \vec{F}_{up} - \vec{F}_{down}$$

$\vec{F}_{up} > \vec{F}_{down}$ เสมอ เพราะระยะระหว่างผิวบนกับแท่งแก้วน้อยกว่าระยะจากผิวล่างถึงแท่งแก้ว

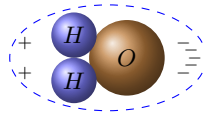
ขั้วคู่ไฟฟ้า

ขั้วคู่ไฟฟ้า (electric dipole): โมเลกุลที่แสดงขั้วบวกและลบอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านตรงข้ามกัน
ขั้วคู่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electric dipole) เกิดจากการนำเอาประจุไฟฟ้า (วัตถุที่แสดงสมบัติทางไฟฟ้า) มาเหนี่ยวนำ *ขั้วคู่ไฟฟ้าถาวร (permanant electric dipole)* เกิดจากการไม่สมดุลกันของการกระจายประจุภายในโมเลกุล เช่น โมเลกุลน้ำ ก่อให้เกิดพันธะอย่างอ่อนจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้า—พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond)

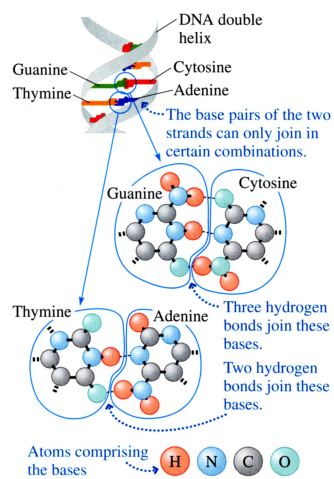
ตัวอย่างพันธะไฮโดรเจน

การจับคู่ของโมเลกุลสารใน DNA

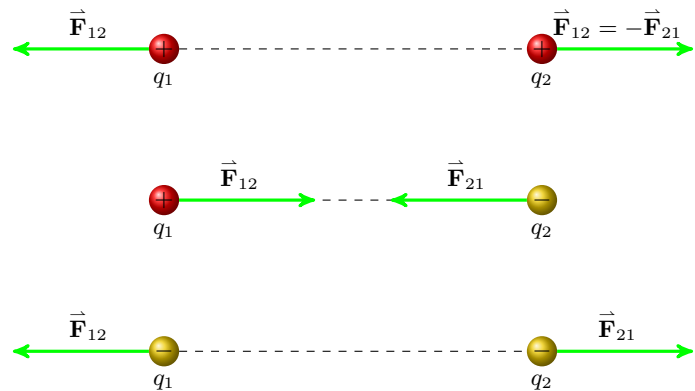
- Guanine (G) : Cytosine (C)



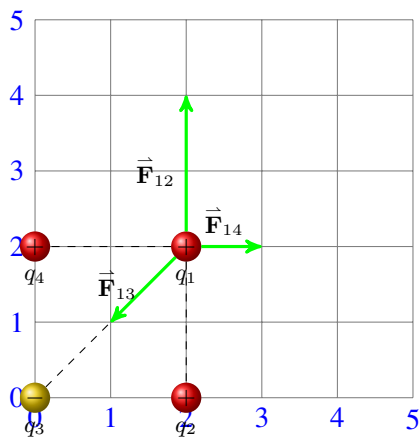
รูปที่ 6 ขั้วไฟฟ้าถาวร



รูปที่ 7 พันธะไฮโดรเจนใน DNA



รูปที่ 8 แรงระหว่างจุดประจุชนิดต่าง ๆ



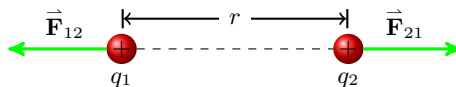
รูปที่ 9 ตัวอย่างการหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับประจุ

- Adenine (A) : Thymine (T)

2 แรงทางไฟฟ้า

ตัวอย่าง

กำหนดให้ประจุทั้งสี่มีตำแหน่งดังรูป จงหาแรงที่กระทำกับ q_1



รูปที่ 10 กฎของคูลอมป์

$$\vec{F}_{12} = 2\hat{j}$$

$$\vec{F}_{13} = -1\hat{i} - 1\hat{j}$$

$$\vec{F}_{14} = 1\hat{i}$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{12}$$

ไม่ต้องคิดเครื่องหมายประจุ ขนาดของแรง F เป็นไปตาม กฎของคูลอมป์ (Coulomb's Law)

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = 1/4\pi\epsilon_0 = 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$$

= สภาพยอม (permittivity) ของสุญญากาศ

ตัวอย่าง

ถ้าโปรตอนและอิเล็กตรอนมีประจุเท่ากันแต่ชนิดประจุต่างกันสองตัววางห่างกัน อนุภาคทั้งสองจะชนกันที่ตำแหน่งใด ก) ใกล้กับโปรตอน ข) ตรงกึ่งกลาง ค) ใกล้กับอิเล็กตรอน

ตัวอย่าง

แบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนของบอร์ให้อิเล็กตรอนโคจรเป็นวงกลมรอบนิวเคลียส ถ้ารัศมีวงโคจรเป็น $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ และมวลของอิเล็กตรอนเป็น $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ จงหาอัตราเร็วของอิเล็กตรอน

ตอบ อัตราเร็วเป็น $2.2 \times 10^6 \text{ m/s}$

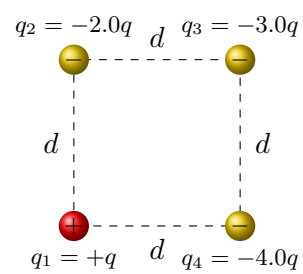
ตัวอย่าง

ให้ประจุ $q_1 = -5.4 \mu\text{C}$ วางที่จุดกำเนิด และประจุ $q_2 = -2.2 \mu\text{C}$ วางอยู่บนแกน X ที่ $x = 1 \text{ m}$ จงหาว่าที่ตำแหน่งใดเมื่อวางประจุ $q_3 = +1.6 \mu\text{C}$ แล้วจะไม่มีแรงกระทำต่อ q_3

ตอบ $x = 0.61 \text{ m}$

3 แบบฝึกหัด

1. วัตถุที่ให้ประจุบวกจะมีมวลเพิ่มขึ้น ลดลง หรือเท่าเดิม จงอธิบาย
2. วัตถุที่ให้ประจุลบจะมีมวลเพิ่มขึ้น ลดลง หรือเท่าเดิม จงอธิบาย
3. ทำไมเศษกระดาศเล็ก ๆ ที่ดูดติดกับหัวที่มีประจุไฟฟ้าจึงร่วงลงทันทีที่แตะกับหัว
4. จงอธิบายความเหมือนและความต่างระหว่างกฎของคูลอมป์ (Coulomb's law) กับกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน (Newton's law of gravity)
5. ถ้ามีประจุ $+q$ และ $-q$ วางบนมุมที่ตรงข้ามกันของสี่เหลี่ยมด้านเท่าแล้ว แรงทางไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุที่สามจะเท่ากันหรือไม่ ในกรณีที่ประจุที่สามอยู่ที่ตำแหน่ง ก) มุมที่ว่างของสี่เหลี่ยมด้านเท่า และ ข) ที่กึ่งกลางของสี่เหลี่ยมด้านเท่า เพราะเหตุใด
6. จงหาประจุรวมของระบบที่มีอิเล็กตรอนอยู่ 2.9×10^7 ตัว
7. ระบบหนึ่งมีอนุภาคทั้งโปรตอนและอิเล็กตรอนรวม 1525 ตัว มีประจุรวมเป็น -5.456×10^{-17} C ก) จงหาว่าระบบนี้มีอิเล็กตรอนกี่ตัว ข) มวลรวมของระบบเป็นเท่าใด
8. จงหาระยะทางที่แรงทางไฟฟ้าขนาด 2.77 N ทำให้ประจุ $+17.2 \mu\text{C}$ และ $+21.9 \mu\text{C}$ ห่างกัน
9. จากแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนของบอร์ ถ้าอัตราเร็วเชิงเส้นของอิเล็กตรอนเป็น 7.3×10^5 m/s อิเล็กตรอนจะโคจรด้วยรัศมีเท่าใด
10. ถ้าประจุ $+2.13 \mu\text{C}$ และประจุ $-4.47 \mu\text{C}$ วางห่างกัน 25.5 m ก) จงหาขนาดของแรงทางไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวก ข) ขนาดของแรงทางไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุลบมีค่ามากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับแรงที่ได้ในข้อ ก) หรือไม่ จงอธิบาย
11. จงหาขนาดและทิศทางของแรงทางไฟฟ้าลัพท์ที่กระทำต่อประจุ q_2 ในรูป 11 ถ้าให้ $q = +18 \mu\text{C}$ และ $d = 22$ cm
12. ก) จงหาขนาดและทิศทางของแรงทางไฟฟ้าลัพท์ที่กระทำต่อประจุ q_3 ในรูป 11 และคำตอบที่ได้ในข้อ ก) จะเปลี่ยนหรือไม่ถ้าขนาดของระยะทาง d ห่างเป็นสองเท่า



รูปที่ 11 สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 11 และ 12