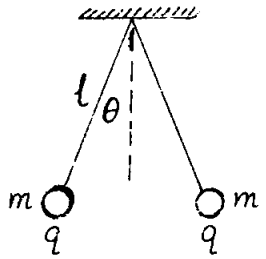
แบบฝึกหัดที่ 2

2.1 จงหาแรงผลักกันทางไฟฟ้าระหว่าง โปรตอนสองตัวในโมเลกุลของไฮโดรเจนระยะห่างระหว่างโปรตอนทั้งสองเป็น 0.74×10^{-10} เมตร จงเปรียบเทียบผลที่ได้นี้กับแรงโน้มถ่วงของโปรตอนคู่นี้ (ข้อ 1.2)

2.2 จงหาแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างโปรตอนกับอิเลกตรอน ในอะตอมของไฮโดรเจน โดยสมมุติว่า อิเลกตรอนโคจรเป็นวงกลมรัศมี 10^{-10} เมตร จงเปรียบเทียบผลอันนี้ กับแรงแห่งการโน้มถ่วง (ข้อ 1.3)

2.3 ลูกกลมลักษณะเดียวกันสองลูก แต่ละลูกมีมวล m และประจุเท่ากัน q (ดังรูป) ลูกกลมทั้งคู่ผูกด้วยเชือกสองเส้น แต่ละเส้นยาว l แล้วแขวนที่จุดเดียวกัน จงหามุม θ ที่เชือกแต่ละเส้นทำกับแนวดิ่ง เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุลย์ จงเขียนรูปแรงบนลูกกลมแต่ละลูกและแรงลัพท์



2.4 statcoulomb (stC) เป็นหน่วยของประจุไฟฟ้าซึ่งนิยามว่า เป็นจำนวนประจุซึ่งเมื่อวางไว้ห่างกับประจุขนาดเดียวกันนี้ 1 เซนติเมตรในสูญญากาศ จะเกิดแรงกระทำซึ่งกันและกัน 1 ไดน์

(ก) จงพิสูจน์ว่า 1 stC มีค่า $\frac{1}{10c}$ คูลอมบ์ (เมื่อ c คือความเร็วของแสง) หรือประมาณ $\frac{1}{3} \times 10^{-9}$ คูลอมบ์

(ข) จงทำประจุมูลฐาน e ให้เป็น statcoulomb

(ค) จงคำนวณค่าของตัวคงที่ k_e และ ϵ_o ในเมื่อประจุเป็น stC, แรงเป็นไดน์, และระยะทางเป็นเซนติเมตร

(ง) จงหาความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้าเป็น dyne/stC กับ N/C

2.5 มีจำนวนอิเลกตรอนกี่ตัวจึงจะได้ประจุ 1 stC

2.6 Abcoulomb (abC) เป็นหน่วยของประจุไฟฟ้าซึ่งมีขนาดเท่ากับ 10 คูลอมบ์ จงหาค่าของตัวคงที่ k_e และ ϵ_o เมื่อประจุเป็น abcoulomb, แรงเป็นไดน์และระยะทางเป็นเซนติเมตร และให้หาความสัมพันธ์ของ abC กับ stC

2.7 สนามไฟฟ้าในบริเวณระหว่างแผ่นเบี่ยงเบน (deflecting plates) ของ cathode-ray oscilloscope มีค่า 30,000 NC^{-1}

(ก) หาแรงที่กระทำต่ออิเลกตรอนที่อยู่ในบริเวณนี้

(ข) หาความเร่งของอิเลกตรอนที่ถูกกระทำด้วยแรงดังกล่าว และจงเปรียบเทียบกับความเร่งแห่งการโน้มถ่วง

2.8 ประจุไฟฟ้าขนาด 2.5×10^{-8} คูลอมบ์ วางอยู่ในสนามไฟฟ้าคงที่ ซึ่งมีทิศทางดิ่งขึ้นข้างบนด้วยความเข้ม 5×10^{4} นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหางานของแรงทางไฟฟ้าบนประจุเมื่อประจุนี้เคลื่อนที่

(ก) ไปทางขวา 0.45 เมตร

(ข) ลงข้างล่าง 0.80 เมตร

(ค) 2.60 เมตร ขึ้นเฉียง ๆ โดยทำมุม 45° จากแนวระดับ

2.9 สนามไฟฟ้ามีค่าคงที่อยู่ในบริเวณระหว่างแผ่นขนานคู่หนึ่ง ซึ่งมีประจุต่างชนิดกัน ปล่อยอิเลกตรอนตัวหนึ่งจากสภาพอยู่นิ่ง ณ ผิวของแผ่นขนานด้านที่มีประจุลบวิ่งไปชนแผ่นขนานตรงข้าม ซึ่งมีระยะห่าง 2 เซนติเมตร โดยอิเลกตรอนใช้เวลาวิ่ง 1.5×10^{-8} วินาที

(ก) จงคำนวณหาความเข้มของสนามไฟฟ้านี้

(ข) จงคำนวณหาความเร็วของอิเลกตรอน เมื่อวิ่งไปชนแผ่นด้านประจุบวก

2.10 ยิงอิเลกตรอนตัวหนึ่งเข้าไปในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอความเข้ม 5000 นิวตันต่อคูลอมบ์ สนามมีทิศทางขึ้นในแนวดิ่ง ความเร็วต้นของอิเลกตรอนเป็น 10^{7} เมตรต่อวินาที และทำมุมเงย 30 องศา กับแนวระดับ

(ก) จงคำนวณหาเวลาที่อิเลกตรอนใช้ในการเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสูงสุด

(ข) จงคำนวณหาระยะสูงสุดที่อิเลกตรอนขึ้นไปได้ในแนวดิ่งเหนือระดับของจุดเริ่มต้น

(ค) อิเลกตรอนเคลื่อนเป็นระยะทางไกลเท่าไรในแนวระดับจึงจะกลับมาอยู่ระดับเดียวกับจุดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง

(ง) จงเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของอิเลกตรอน

2.11 จุดประจุขนาด 5 ไมโครคูลอมบ์ และ -10 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน 1 เมตร

(ก) จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ จุดที่อยู่ห่างจากประจุแรก 0.6 เมตร และห่างจากประจุที่สอง 0.8 เมตร

(ข) จงหาตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุทั้งสองเป็นศูนย์

(ค) ณ ตำแหน่งใดบนเส้นตรงที่ต่อประจุทั้งสองที่สนามเนื่องจากแต่ละประจุมีขนาดและทิศทางเป็นอย่างเดียวกัน

2.12 ประจุบวกสามประจุมีขนาด 2×10^{-7} คูลอมบ์, 1×10^{-7} คูลอมบ์ และ 3 x 10 คูลอมบ์ วางเรียงบนเส้นตรงเส้นเดียวกันตามลำดับ มีระยะห่าง 0.10 เมตรเท่ากัน จงคำนวณหา

(ก) แรงลัพท์ที่กระทำบนประจุ แต่ละตัวเนื่องจากประจุตัวอื่น ๆ

(ข) พลังงานศักย์ของประจุแต่ละตัว เนื่องจากประจุตัวอื่น ๆ

(ค) พลังงานศักย์ทั้งหมดของระบบ จงเปรียบเทียบ ข้อ (ค) กับ ผลบวกของผลที่ได้ของข้อ (ข) และอธิบายประกอบคำตอบ

2.13 ในระบบพิกัดฉาก มีประจุ 25×10^{-9} คูลอมบ์ วางอยู่ที่จุดกำเนิด และมีประจุ -25×10^{-9} คูลอมบ์ วางอยู่ที่จุด X = 6 เมตร, Y = 0 จงหาสนามไฟฟ้าที่

(ก) X = 3 เมตร , Y = 0 เมตร

(ข) X = 3 เมตร , Y = 4 เมตร

2.14 หยดละอองน้ำมันมวล 3×10^{-14} กิโลกรัม และรัศมี 2×10^{-6} เมตร ในหยดนี้มีอิเลกตรอนอิสระ 10 ตัว จงหาความเร็วเทอร์มินัล (terminal velocity)

(ก) เมื่อหยดละอองน้ำมันตกลงมาในบริเวณซึ่งไม่มีสนามไฟฟ้าเลย

(ข) เมื่อตกลงมาในสนามไฟฟ้า ซึ่งมีความเข้ม 3×10^{5} นิวตันต่อคูลอมบ์ ทิศทางชี้ลงข้างล่าง

2.15 กำหนดให้ ความหนืดของอากาศเป็น 1.80×10^{-5} นิวตันวินาทีต่อเมตร^2 ในที่นี้ไม่ต้องคำนึงถึงแรงพยุงของอากาศ

2.15 หยดละอองน้ำมันที่มีประจุอยู่ในเครื่องมือ "หยดน้ำมันของมิลลิแกน" ตกลงมาเป็นระยะทาง 1 มิลลิเมตร ในเวลา 27.4 วินาที ทั้งนี้ไม่มีสนามจากภายนอกเลย น้ำมันหยดนี้สามารถที่จะทำให้หยุดนิ่งได้ด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 2.37×10^{4} นิวตันต่อคูลอมบ์

จงหาจำนวนอิเลกตรอนอิสระในหยดน้ำมันนี้ กำหนดให้ ความหนืดของอากาศเป็น 1.8×10^{-5} นิวตันวินาทีต่อเมตร^2

2.16 statvolt (stV) มีนิยามว่า เป็น ความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุด เมื่อจะเคลื่อนประจุ 1 stC จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ต้องใช้งาน 1 เออร์ก

(ก) จงพิสูจน์ว่า 1 stV มีค่าเท่ากับ $\frac{c}{10^6}$ โวลท์ หรือประมาณ 300 โวลท์

(ข) จงหาความสัมพันธ์ระหว่าง stVCm^{-1} กับ Vm^{-1} ซึ่งเป็นหน่วยของสนามไฟฟ้า จงเปรียบเทียบกับผลของข้อ 2.4 (ง)

2.17 ศักดาไฟฟ้าที่ระยะทางอันหนึ่งห่างจากจุดประจุ มีค่า 600 โวลท์ และที่เดียวกันนี้มีสนามไฟฟ้า 200 นิวตันต่อคูลอมบ์ จงคำนวณ

(ก) ระยะทางห่างจากจุดประจุ

(ข) ขนาดของจุดประจุ

2.18 เครื่องกำเนิดประจุ Van de Graaff เครื่องหนึ่งสามารถเก็บประจุไว้ที่ขั้วไฟฟ้าทรงกลมได้มากที่สุดขนาด 10^{-3} คูลอมบ์ สมมุติให้เป็นประจุบวก และกระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวของทรงกลม ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตรอันนี้

(ก) จงคำนวณหาขนาดของความเข้มของสนามไฟฟ้าที่จุดซึ่งอยู่นอกทรงกลมห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลม 5 เมตร

(ข) ถ้าปล่อยอิเลกตรอนที่จุด ๆ นี้ จงหาขนาดและทิศทางของความเร่งเริ่มแรกของมัน

(ค) จงคำนวณหาความเร็วของอิเลกตรอน เมื่อถึงผิวทรงกลม

2.19 ลูกกลมเล็ก ๆ ลูกหนึ่งมีประจุ 6×10^{-9} คูลอมบ์และมีมวล 0.2 กรัม ใช้เชือกแขวนไว้ระหว่างแผ่นขนานตามแนวดิ่งคู่หนึ่งซึ่งห่างกัน 5 เซนติเมตร จงหาความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสองนี้ ถ้าหากเชือกที่แขวนลูกกลมนี้ทำมุม 10 องศากับแนวดิ่ง

2.20 สองจุดประจุมีขนาด 2×10^{-7} คูลอมบ์ และ 3×10^{-7} คูลอมบ์ วางห่างกันเป็นระยะทาง 0.10 เมตร จงคำนวณหาสนามไฟฟ้าและศักดาไฟฟ้าที่ตำแหน่ง

(ก) จุดกลางระหว่างประจุทั้งสอง

(ข) ที่จุดห่างจากประจุแรก 0.04 เมตร บนเส้นตรงที่ต่อประจุทั้งสอง

(ค) ที่จุดห่างจากประจุแรก 0.04 เมตร บนเส้นตรงที่ต่อเลยออกไปจากเส้นเชื่อมประจุทั้งสอง

(ง) ที่จุดซึ่งห่างจากประจุทั้งสอง 0.10 เมตร

(จ) สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ที่จุดใด

2.21 จากข้อ 2.20 จงคำนวณหางานที่ใช้ไปในการเคลื่อนประจุ 4×10^{-7} คูลอมบ์จากจุดในข้อ (ค) ถึงจุดในข้อ (ง)

ถามว่าจำเป็นจะต้องเจาะจงเส้นทางเดินของประจุหรือไม่

2.22 มีประจุเท่า ๆ กันสามตัว ตัวละ 1 คูลอมบ์ วางอยู่บนแต่ละมุมของสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีด้านยาว 10 เซนติเมตร จงคำนวณหา

(ก) แรงและพลังงานศักย์ของประจุแต่ละตัว อันเป็นผลมาจากประจุที่เหลือ

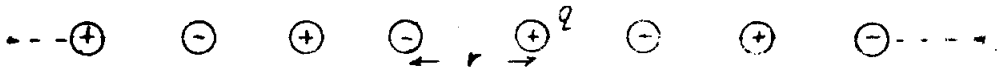
(ข) สนามไฟฟ้าและศักดาไฟฟ้าที่จุดศูนย์กลางของรูปสามเหลี่ยม

(ค) พลังงานศักย์ภายในของระบบ

2.23 จากข้อ 2.22 จงเขียนเส้นแรงของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุทั้งสามและจงเขียนพื้นผิวศักดาเท่าในแผนภาพเดียวกันนี้ด้วย (ความจริงเป็นการเขียนเพียงรอยตัดกันของพื้นผิวศักดาเท่ากับระนาบของสามเหลี่ยมเท่านั้น)

2.24 บนเส้นตรงเส้นหนึ่ง มีประจุจำนวนไม่จำกัดโดยมีประจุบวกและลบสลับกันไปขนาด $\pm q$ ประจุที่อยู่ถัดไปจะห่างกันเป็นระยะทางเท่ากันตลอดด้วยระยะ r (ดังรูป) จงแสดงว่า พลังงานศักย์ของประจุตัวหนึ่งมีค่า

$$E_p = \left(\frac{-q^2}{2\pi\epsilon_o r}\right) \ln 2$$



2.25 วงแหวนวงหนึ่งมีรัศมี a มีประจุบนวงแหวน q จงคำนวณหาศักดาและสนามไฟฟ้า บนจุดซึ่งอยู่บนแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลาง และตั้งฉากกับวงแหวนนี้

2.26 จงหาศักดาและสนามไฟฟ้าบนแกนของจานกลมซึ่งมีรัศมี R และมีประจุ σ ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

ข้อเสนอแนะ : ให้แบ่งจานกลมออกเป็นวงแหวน และรวมผลจากวงแหวนแต่ละวง

2.27 จงหาตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (เมตรต่อวินาที) ของอิเลกตรอน และโปรตอน โดยใช้ค่าความต่างศักดาไฟฟ้า (เป็นโวลท์) ที่อนุภาคทั้งสองเคลื่อนที่ผ่าน ถือว่าอนุภาคทั้งสองเริ่มจากจุดหยุดนิ่ง

2.28 แผ่นขนานคู่หนึ่ง มีความต่างศักย์ 1600 โวลท์ และวางห่างกัน 4 เซนติเมตร ปล่อยอิเลกตรอนตัวหนึ่งจากแผ่นลบพร้อมกับปล่อยโปรตอนตัวหนึ่งจากแผ่นบวก

(ก) จงหาตำแหน่งที่อนุภาคทั้งสองวิ่งผ่านกัน ตำแหน่งนั้นห่างจากแผ่นบวกเท่าไร

(ข) เมื่ออนุภาคทั้งสองชนแผ่นตรงข้ามนั้น จะมีความเร็วเทียบกันเป็นอัตราส่วนเท่าไร

(ค) จงเปรียบเทียบพลังงานของอนุภาคทั้งสองเมื่อชนแผ่นตรงข้าม

2.29 หลอดสูญญากาศชนิด Triode หลอดหนึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบภายในดังนี้ พื้นผิวระนาบเรียก คาโทด ซึ่งทำหน้าที่ปลดปล่อยอิเลกตรอนด้วยความเร็วต้นเป็นศูนย์ กริด ซึ่งเป็นตะแกรงลวดวางขนานกับคาโทดด้วยระยะห่าง 3 มิลลิเมตร และมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่า คาโทด 18 โวลท์ โครงสร้างของกริดนั้นมีช่องโตพอดี จะให้อิเลกตรอนทะลุได้อย่างสบาย พื้นผิวระนาบชั้นที่สองเรียก อาโนด อยู่ห่างออกมาจากกริด 12 มิลลิเมตร และมีศักดาไฟฟ้าสูงกว่าคาโทด 15 โวลท์ สมมุติให้สนามไฟฟ้าระหว่างคาโทดกับกริด และกริดกับอาโนดนั้นสม่ำเสมอเป็นเอกรูป

(ก) จงเขียนแผนภาพของศักดาไฟฟ้าเทียบกับระยะทางตามแนวจากคาโทดไปยังอาโนด

(ข) ขณะที่อิเลกตรอนผ่านกริดจะมีความเร็วเท่าไร

(ค) อิเลกตรอนจะชนอาโนดด้วยความเร็วเท่าไร

(ง) จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าระหว่างคาโทดกับกริดและระหว่างกริดกับอาโนด

(จ) จงคำนวณขนาดและทิศทางของความเร่งของอิเลกตรอนในบริเวณทั้งสอง

2.30 อิเลกตรอนตัวหนึ่งในหลอด x-ray ถูกเร่งจากสภาพหยุดนิ่งผ่านความต่างศักย์ 180,000 โวลท์ จากคาโทดไปยังอาโนด เมื่ออิเลกตรอนถึงอาโนด จงหา

(ก) พลังงานจลน์ของอิเลกตรอนเป็นอิเลกตรอนโวลต์ eV

(ข) มวลของอิเลกตรอน m

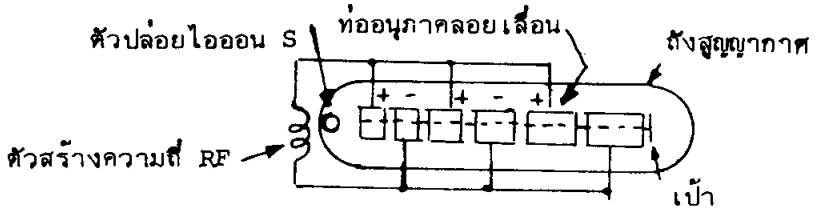
(ค) ความเร็วของอิเลกตรอน

2.31 ในเครื่องเร่งแบบเส้นตรงดังแสดงในรูป ส่วนต่าง ๆ ของท่อเร่ง (accelerator tube) นำมาประกอบกัน แล้วจ่ายความต่างศักดาสลับให้แก่ระบบ

(ก) จงแสดงว่า การที่จะทำให้อิออนอยู่ในเฟสเดียวกับศักดาสลับทำให้ เมื่อผ่านจากท่อหนึ่งไปยังอีกท่อหนึ่งนั้น (พลังงานไม่เป็นสัมพันธภาพ) ความยาวของท่อต่าง ๆ ต้องมีค่า $L_1\sqrt{n}$ เมื่อ L_1 เป็นความยาวท่อแรก

(ข) จงหา L_1 ถ้าศักดาสลับที่ให้มีค่า V_o และความถี่ ν

(ค) จงคำนวณหาพลังงานของอิออน เมื่อหลุดพ้นออกจากท่อที่ n



2.32 สมมุติให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วทรงกลมของเครื่องกำเนิดประจุ Van de Graaff กับจุดที่ทำหน้าที่ปล่อยประจุให้สายพานมีค่า 2×10^6 โวลท์ ถ้าหากสายพานส่งประจุลบไปยังทรงกลมด้วยอัตรา 2×10^{-3} คูลอมบ์ต่อวินาที และนำประจุบวกออกด้วยอัตราเดียวกัน ถามว่าจะต้องใช้กี่กำลังม้า ในการขับสายพานให้เคลื่อนเอาชนะแรงทางไฟฟ้านี้ได้

2.33 เครื่องเร่งอนุภาคตามแนวเส้นตรง เครื่องหนึ่งมีความต่างศักย์ 800 กิโลโวลท์ ทำให้เกิดลำโปรตอนด้วยขนาดกระแส 1 มิลลิแอมแปร์ จงคำนวณหา

(ก) จำนวนโปรตอนที่ไปกระทบเป้าต่อวินาที

(ข) กำลังที่ใช้ในการเร่งโปรตอน

(ค) ความเร็วของโปรตอน เมื่อชนเป้า

(ง) อัตราการถ่ายเทพลังงานในรูปความร้อนออกจากเป้าในหน่วย คาลอรีต่อวินาที โดยกำหนดให้โปรตอนสูญเสียพลังงานเมื่อชนเป้า 80%

2.34 เครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงเครื่องหนึ่ง ทำการเร่งอิเลกตรอนผ่านความต่างศักย์ 6.5×10^9 โวลท์

(ก) จงหาอัตราส่วนของมวลของอิเลกตรอน m ต่อมวลนิ่ง m_o เมื่ออิเลกตรอนพ้นออกมาจากเครื่องเร่ง

(ข) จงหาอัตราส่วนของความเร็วของอิเลกตรอนต่อความเร็วแสง

(ค) ถ้าเราใช้หลักของกลศาสตร์ แบบคลาสสิค (classical mechanics) คำนวณหาความเร็วของอิเลกตรอนจะได้ค่าเท่าไร

2.35 (ก) จงคำนวณหาทอร์กสูงสุดของโมเลกุลของน้ำ ซึ่งมีโมเมนต์คู่ควบทางไฟฟ้า เป็น 6.2×10^{-30} คูลอมบ์เมตร เมื่อมันวางอยู่ในสนามไฟฟ้าซึ่งมีความเข้ม 10^6 นิวตันต่อคูลอมบ์

(ข) จงหางานที่ต้องทำในการจัดโมเลกุลของน้ำให้เข้าแถวขนานกับสนามไฟฟ้าข้างบน โดยให้โมเลกุลวางตัวกลับกับแนวสนามไฟฟ้า