

### แบบฝึกหัดที่ 3

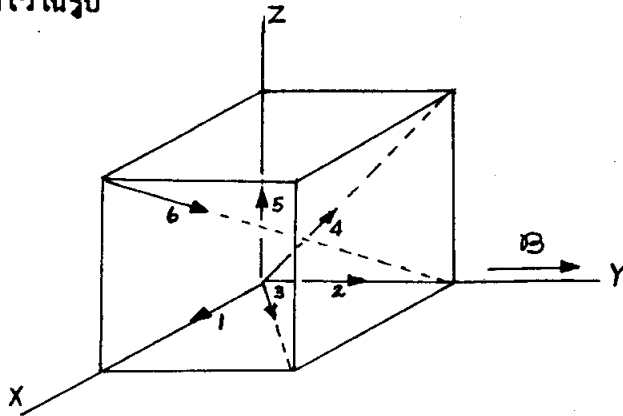
- 3.1 อิเล็กตรอนมีความเร็ว  $10^6$  เมตรต่อวินาที ผ่านเข้าไปในบริเวณซึ่งมีสนามแม่เหล็กอยู่ จงหาความเข้มของสนามแม่เหล็ก ถ้าทางวิ่งอิเล็กตรอนมีรัศมี 0.10 เมตร จงหาความเร็วเชิงมุมของอิเล็กตรอนด้วย
- 3.2 โปรตอนตัวหนึ่ง เคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กด้วยความเร็ว  $10^7$  เมตรต่อวินาที โดยทำมุม 30 องศา กับสนามซึ่งมีความเข้ม 1.50 เทสลา จงคำนวณหา
- รัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงส่ว
  - ระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้ในการควงหนึ่งรอบ หรือเรียกว่า pitch ของการควง
  - ความถี่ของการหมุนในสนามนี้
- 3.3 โปรตอนตัวหนึ่งมีพลังงานจลน์
- 30 MeV
  - 30 GeV
- เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้ม 1.50 เทสลา จงหารัศมีของทางเดินและคาบของการหมุนในแต่ละกรณี
- หมายเหตุ : ในข้อ (ก) ให้พิจารณาโปรตอนแบบคลาสสิก และใน (ข) ให้พิจารณาแบบสัมพัทธภาพ
- 3.4 โปรตอนตัวหนึ่งมีพลังงานจลน์
- 30 MeV
  - 30 GeV
- เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้ม 1.50 เทสลา จงหารัศมีของทางเดินและคาบของการหมุนในแต่ละกรณี
- หมายเหตุ : ใน (ก) ให้พิจารณาโปรตอนแบบคลาสสิก และใน (ข) ให้พิจารณาแบบสัมพัทธภาพ
- 3.5 หน่วยที่ใช้สำหรับวัดสนามแม่เหล็กปกติจะยังคงใช้ยู่บ่อย ๆ ในปัจจุบันก็คือเกาส์ ความสัมพันธ์ระหว่าง เกาส์กับเทสลา ก็คือ

$$1 \text{ เทสลา} = 10^4 \text{ เกาส์}$$

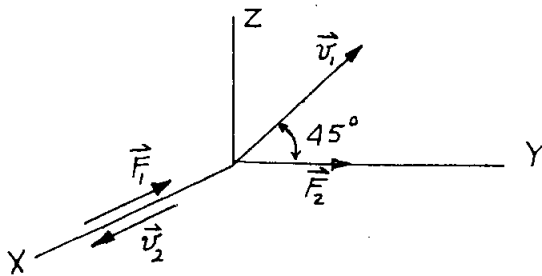
จงแสดงว่า เมื่อแรงเป็นไคน์, ประจุเป็น statcoulomb, สนามแม่เหล็กเป็น เกาส์ และความเร็วเป็นเซนติเมตรต่อวินาทีแล้ว แรงแม่เหล็ก จะเขียนได้ว่า

$$\vec{F} = \frac{1}{3} \times 10^{-10} q \vec{v} \times \vec{B}$$

- 3.6 สนามแม่เหล็กเอกรูป  $B$  มีทิศทางตามแนว  $OY$  ดังแสดงไว้ในรูป จงหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำบนประจุบวก  $q$  ซึ่งมีความเร็วขณะหนึ่งเป็น  $v$  ซึ่งมีทิศทางต่าง ๆ กัน 6 ทิศทางดังแสดงไว้ในรูป



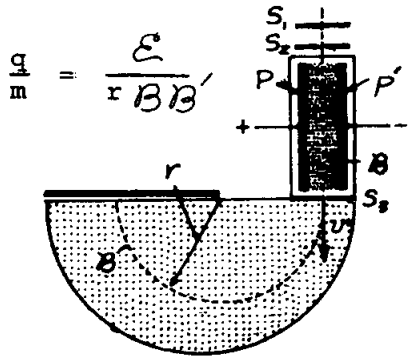
- 3.7 อนุภาคตัวหนึ่งมีประจุ  $4.0 \times 10^{-9}$  คูลอมป์ เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v_1 = 3.0 \times 10^4$  เมตรต่อวินาที โดยทำมุม  $45^\circ$  เทียบแกน  $Y$  ในระนาบ  $YZ$ , สนามแม่เหล็กเอกรูป ออกแรง  $F_1$  กระทำตามแนวแกน  $x$  เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v_2$  มีค่าเป็น  $2.0 \times 10^4$  เมตรต่อวินาที ตามแนวแกน  $x$  จะมีแรง  $F_2 = 4.0 \times 10^{-5}$  นิวตัน กระทำตามแนวแกน  $Y$  จงหาขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก



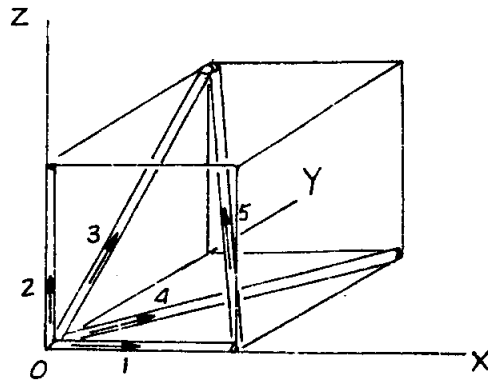
- 3.8 (ก) จงหาความเร็วของลำอิเล็กตรอน เมื่ออยู่ภายใต้อิทธิพลร่วมกันของสนามไฟฟ้า  $3.4 \times 10^5$  โวลต์ต่อเมตร และสนามแม่เหล็ก  $2.0 \times 10^{-2}$  เทสลา สนามทั้งสองนี้ตั้งฉากกับลำอิเล็กตรอน และตั้งฉากซึ่งกันและกันด้วย และไม่ทำให้อิเล็กตรอนหันเหไปทางไหนเลย
- (ข) จงเขียนแผนภาพการวางตัวของเวกเตอร์  $\vec{v}$ ,  $\vec{E}$  และ  $\vec{B}$
- (ค) จงหารัศมีของวงโคจรของอิเล็กตรอน เมื่อตัดสนามไฟฟ้าออก

- 3.9 เครื่องแยกมวลเครื่องหนึ่ง (ดังแสดงไว้ในรูป 3.12) มีความต่างศักย์ 1000 โวลต์ ทำให้  $^{24}\text{Mg}$  แยกตัวเป็นประจุเดี่ยว และวิ่งเป็นทางโค้งด้วยรัศมี R
- (ก) ถ้าใช้อิออนของ  $^{25}\text{Mg}$  แทน ทางวิ่งจะมีรัศมีเท่าไร โดยวิ่งผ่านความต่างศักย์เดียวกัน
- (ข) จะต้องใช้ความต่างศักย์เท่าไร จึงจะทำให้อิออนของ  $^{25}\text{Mg}$  มีทางวิ่งโค้งรัศมี R อย่างเดิม (ให้ถือว่ามวลเป็น amu มีค่าเท่ากับค่าเลขมวลซึ่งเป็น superscript ที่อยู่ต้นซ้ายของสัญลักษณ์ทางเคมี)

- 3.10 เครื่องแยกมวลแบบเคมสเตอร์ ดังแสดงในรูป 3.12 ใช้สนามแม่เหล็ก เพื่อแยกอิออนซึ่งมีมวลต่างกัน แต่มีพลังงานเท่ากัน การจัดเครื่องแยกมวลอีกแบบหนึ่งคือแบบ เบนบริดจ์ (ดังรูป) ซึ่งแบบนี้จะแยกอิออนซึ่งมีความเร็วเท่ากัน หลังจากให้อิออนผ่านช่องแคบไปแล้ว จะผ่านไปยังเครื่องเลือกความเร็ว ซึ่งประกอบด้วย สนามไฟฟ้าที่ได้จากแผ่นประจุ P กับ P' และสนามแม่เหล็ก B ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ฉะนั้นอิออนที่ไม่มีการเบี่ยงเบนจะผ่านสนามทั้งสองไปยังบริเวณซึ่งมีสนามแม่เหล็กบริเวณที่ 2 มีค่า B' แล้วทำให้อิออนนี้เดินทางเป็นส่วนโค้งของวงกลม จากนั้นจะมีแผ่นบันทึกภาพสำหรับบันทึกว่ามีอิออนไปถึง จงแสดงว่า

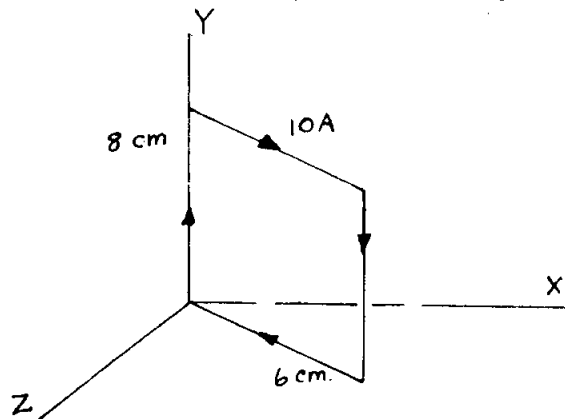


- 3.11 ระหว่างแผ่นคู่ขนานซึ่งเป็นหัวประกอบของเครื่องเลือกความเร็วในเครื่องแยกมวลแบบเบนบริจมีสนามไฟฟ้าขนาด  $1.2 \times 10^5$  โวลต์ต่อเมตร และสนามแม่เหล็กทั้งสองมีขนาด 0.60 เทสลา ลำอิเล็กตรอนของนีออนซึ่งมีประจุเดียว เคลื่อนที่เป็นวงโค้งด้วยรัศมี 7.28 เซนติเมตร ในสนามแม่เหล็ก จงหามวลของไอโซโทปของนีออนนี้
- 3.12 ในเครื่องไซโคลตรอน ก่อนที่โปรตอนจะหลุดพ้นจากเครื่องนั้นมีรัศมีของวงหมุน 0.40 เมตร ความถี่ของการเปลี่ยนแปลงศักดาไฟฟ้า ระหว่าง "ดี" เป็น  $10^7$  เฮิรตซ์ ถ้าไม่คำนึงถึงผลของสัมพัทธภาพแล้ว จงคำนวณหา
- สนามแม่เหล็ก
  - ความเร็วของโปรตอน
  - พลังงานของโปรตอนเป็น จูล และ MeV
  - จำนวนรอบต่ำสุดในการหมุนของโปรตอน ถ้าค่าพีคของศักดาระหว่าง "ดี" เป็น 20,000 โวลต์
- 3.13 โจทย์อย่างเดียวกับข้อ (3.12) แต่ใช้อนุภาค ดิวเทอรอน และอนุภาคแอลฟา (นิวเคลียสของ ฮีเลียม) ซึ่งมีมวลเป็น 2.014 amu และ 4.003 amu ตามลำดับ
- 3.14 จงหาแรงที่กระทำบนส่วนของเส้นลวดซึ่งแสดงไว้ในรูป ถ้าสนาม  $B = 1.50$  เทสลา ทิศทางขนานกับ OZ และกระแส  $I = 2.0$  แอมแปร์ และขอบของลูกบาศก์ยาว 0.10 เมตร



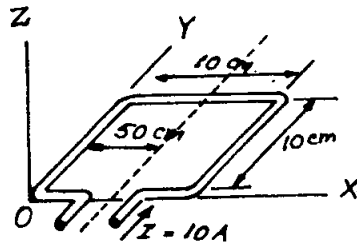
- 3.15 ระบายของลวดวงจรไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ขนาด 5 ซม. x 8 ซม. ขนานกับสนามแม่เหล็กขนาด 0.15 เทสลา
- (ก) ถ้าในวงจรมีกระแส 10 แอมแปร์ จะเกิดแรงบนลวดวงจรเท่าไร
- (ข) จงหาโมเมนต์แม่เหล็กของลวดวงจร
- (ค) จงหาแรงสูงสุดที่จะได้จากลวดยาว 26 ซม. ที่มีกระแสไหลเท่ากัน วางอยู่ในสนามแม่เหล็กค่าเท่ากัน

- 3.16 วงจรรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหมุนรอบแกน  $y$  มีกระแสไหล 10 แอมแปร์ ทิศทางดังแสดงในรูป
- (ก) ถ้าวงจรมีอยู่ในสนามแม่เหล็กเอกรูป ขนาด 0.20 เทสลา ทิศทางขนานกับแกน  $x$  จงคำนวณหาแรงที่กระทำบนด้านแต่ละด้านของวงจรเป็นนิวตัน และหาทอร์กเป็นนิวตันเมตรที่จะยึดให้วงจรมีอยู่ในตำแหน่งที่แสดงไว้ในรูป
- (ข) ทำอย่างข้อ (ก) แต่ให้สนามแม่เหล็กขนานกับแกน  $z$
- (ค) จะใช้ทอร์กเท่าไร ถ้าหากว่าวงจรมีหมุนรอบแกนซึ่งผ่านศูนย์กลางรูป และขนานกับแกน  $y$

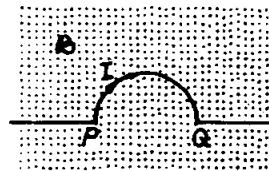


- 3.17 จงหาความหนาแน่นของกระแส (สมมติว่าเป็นเอกรูป) ที่ไหลในลวดอะลูมิเนียม ที่วางในแนวระดับ เพื่อที่จะทำให้ตัวมัน "ลอย" ในสนามแม่เหล็กโลก ที่บริเวณศูนย์สูตรได้ ความหนาแน่นของอะลูมิเนียม เป็น  $2.7 \times 10^3$  กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร สมมติว่าสนามแม่เหล็กโลก เป็น  $7 \times 10^{-5}$  เทสลา และเส้นลวดวางตัวอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก
- 3.18 จงหาทอร์กสูงสุดบนขลวดขนาด 5 ซม. x 12 ซม. ซึ่งมีจำนวน 600 รอบ เมื่อมีกระแสไหล  $10^{-5}$  แอมแปร์ วางในสนามแม่เหล็กเอกรูป 0.10 เทสลา

- 3.19 ขดลวดในกัลวานอมิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่มี จำนวน 50 รอบ มีพื้นที่ภายใน 6.0 ตารางเซนติเมตร สนามแม่เหล็กในบริเวณที่ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่มีค่า 0.01 เทสลา และมีทิศตามแนวรัศมี ค่าคงที่ของการบิดของสปริงเล็ก ๆ มีค่า  $10^{-6}$  นิวตัน เมตร ต่อ องศา จงหามุมที่ขดลวดเบนไป เมื่อมีกระแสไหล 1 มิลลิแอมแปร์
- 3.20 ลวดวงจรรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ยาวด้านละ 0.1 เมตร วางตัวในระนาบ XY มีกระแสไหลในวงจร 10 แอมแปร์ดังแสดงไว้ในรูป ถ้าให้สนามแม่เหล็กขนานกับแกน Z ด้วยความเข้ม  $= 0.10x$  เทสลา (เมื่อ  $x$  เป็นเมตร) จงคำนวณหา  
 (ก) แรงลัพธ์บนขดลวดวงจรร และ  
 (ข) ทอร์กลัพธ์เทียบกับ 0

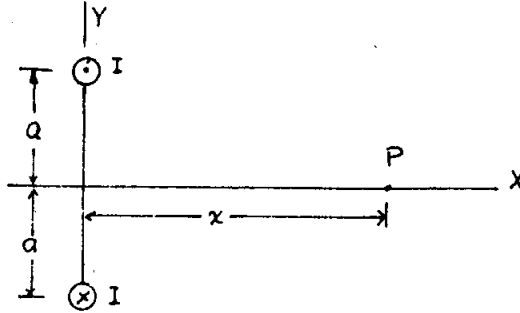


- 3.21 จงคำนวณไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก ของอิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจน ซึ่งโคจรเป็นวงกลมด้วยระยะทางห่างจากโปรตอน  $0.53 \times 10^{-10}$  เมตร
- 3.22 จงหาแรงบนส่วนโค้งของลวดตัวนำตามรูป ถ้ากระแสในวงจรมีค่า I และมีสนามแม่เหล็กเอกรูป  $B$  ทิศทางพุ่งขึ้นมา จงแสดงว่าผลที่เกิดขึ้นจะเหมือนกันกับการใช้เส้นลวดตรง จาก P ไป Q



- 3.23 ศึกษาขดลวดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านยาว 6 ซม. มีกระแสไหลคงที่ 0.10 แอมแปร์ ขดลวดนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กเอกรูป ซึ่งมีความเข้ม  $10^{-4}$  เทสลา
- ถ้าระนาบของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดทอร์กบนขดลวดนี้หรือไม่
  - เช่นเดียวกับข้อ (ก) ถ้าขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก
  - จงหาทอร์กในรูปฟังก์ชันของมุม ระหว่างแนวตั้งฉากกับขดลวดกับสนามแม่เหล็ก จงเขียนกราฟแสดงทอร์ก โดยให้มุมแปรจาก 0 ถึง  $2\pi$
  - ณ ตำแหน่งที่ไม่มีทอร์กบนขดลวด แต่ขดลวดมีความเร็วเชิงมุม จะเกิดอะไรบ้าง
- 3.24 จงคำนวณหาความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ได้จากเส้นลวดยาวอนันต์มีกระแสไหล 1 แอมแปร์ ที่ระยะทางห่าง  $0.53 \times 10^{-10}$  เมตร และ 1 เมตร และจงคำนวณหาสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งเดียวกันนี้ด้วย
- 3.25 เส้นลวดตรงยาวมากเส้นหนึ่งมีกระแสไหล 1.5 แอมแปร์ อิเล็กตรอนตัวหนึ่งวิ่งด้วยความเร็ว  $5.0 \times 10^4$  เมตรต่อวินาที ขนานกับลวดนี้ที่ระยะ 0.1 เมตรห่างจากลวด และทิศทางเดียวกับกระแส จงหาแรงที่สนามแม่เหล็กอันเกิดจากกระแสกระทำต่ออิเล็กตรอนที่กำลังวิ่งอยู่
- 3.26 ลวดตรงยาวสองเส้นขนานกันอยู่ห่างกัน  $2a$  ถ้าลวดทั้งสองมีกระแสเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน จงหาสนามแม่เหล็กในระนาบของลวดทั้งสอง ณ ตำแหน่ง
- กึ่งกลางระหว่างลวดทั้งสอง
  - ที่ระยะทาง  $a$  จากลวดเส้นหนึ่ง และ  $3a$  จากลวดอีกเส้นหนึ่ง
  - ถ้ากระแสในเส้นลวดมีขนาดเท่ากัน และไหลไปทางเดียวกัน จงคำนวณหาสนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งตามข้อ (ก) และข้อ (ข)
- 3.27 ในรูปแสดงด้านปลายของลวดยาวสองเส้นวางขนานกันและตั้งฉากกับระนาบ  $x-y$  มีกระแส  $I$  เท่ากันแต่ไหลสวนทางกัน
- จงเขียนเวกเตอร์แสดงสนามแม่เหล็กของลวดแต่ละเส้น และ สนามแม่เหล็กลัพธ์ที่จุด  $P$
  - จงหาผลการแสดงขนาดของสนาม  $B$  ที่จุดใด ๆ บนแกน  $x$  ใช้  $x$  เป็นระยะทางของจุดนั้น ๆ
  - จงเขียนกราฟแสดงขนาดของสนามแม่เหล็ก  $B$  ที่จุดต่าง ๆ บนแกน  $x$

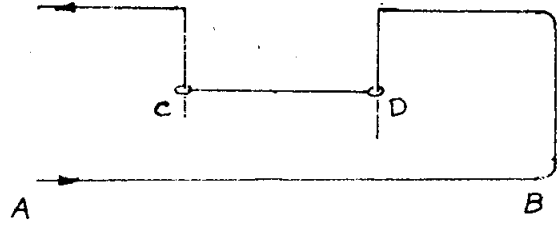
(ง) ณ ตำแหน่งใดบนแกน  $x$  ที่สนาม  $B$  มีค่าสูงสุด  
ทำอย่างเดียวกันนี้กับจุดบนแกน  $y$



- 3.28 ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.27 แต่ให้กระแสไหลในทิศทางเดียวกัน
- 3.29 ขดลวดที่พันเรียงเส้นชิดกันขดหนึ่ง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40 เมตร และมีกระแสไหล 2.50 แอมแปร์ จงหาจำนวนรอบของขดลวด ถ้าสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางของขดลวดเป็น  $1.272 \times 10^{-4}$  เทสลา
- 3.30 ขดลวดโซลินอยด์ยาว 0.30 เมตร พันด้วยลวดสองชั้น ชั้นในประกอบด้วยขดลวด 300 รอบ ชั้นนอก 250 รอบ มีกระแส 3.0 แอมแปร์ไหลในทิศทางเดียวกันทั้งสองชั้น จงหาสนามแม่เหล็กที่จุดใกล้กับศูนย์กลางของขดโซลินอยด์
- 3.31 ผู้สังเกต  $O'$  เคลื่อนที่สัมพัทธ์กับผู้สังเกต  $O$  ด้วยความเร็ว  $v$  ขนานกับแกนร่วม  $x$  ประจุสองตัว  $q_1$  และ  $q_2$  อยู่นิ่งเมื่อเทียบกับ  $O'$  และอยู่ห่างกันด้วยระยะ  $x'$  และวางอยู่บนแกน  $x$  เมื่อ  $O'$  เป็นผู้สังเกต จงหาแรงบนประจุแต่ละตัว เมื่อผู้สังเกตคือ  $O'$  และ  $O$  จงแก้ปัญหาเดียวกันนี้ เมื่อประจุทั้งสองอยู่บนแกน  $y'$
- 3.32 พิจารณาอิเล็กตรอนสองตัว เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงขนานกันด้วยระยะห่าง 0.1 มม.
- (ก) ถ้าวิ่งเคียงข้างกันไปด้วยความเร็วเท่ากัน  $10^6$  เมตรต่อวินาที  
จงหาแรงไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กระหว่างอิเล็กตรอนทั้งสองที่ผู้สังเกตภายนอกสังเกตเห็น (สมมติว่า  $10^6$  เมตรต่อวินาทีเป็นความเร็วที่ไม่คิดค่าสัมพัทธภาพ)
- (ข) จงหาแรงที่เกิดขึ้น ถ้าผู้สังเกตเคลื่อนที่ไปกับอิเล็กตรอน

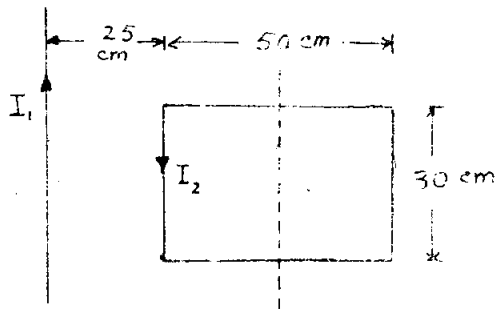


3.33 ลวด AB วางทาบอยู่บนผิวโต๊ะ และมีลวด CD ยาว 1.00 เมตร วางอยู่เหนือผิวโต๊ะ และเหนือลวด AB ขึ้นไปในแนวดิ่ง มีอิสระในการเลื่อนขึ้นลงโดยอาศัยแท่งโลหะโค้งงอในแนวดิ่งที่ C และ D มีกระแสไหลในวงจร 50 แอมแปร์ มวลของลวด CD มีค่า  $5.0 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อเมตร จงหาความสูงของลวด CD ที่จะทำให้ลวดอยู่ในสภาวะสมดุล ให้อธิบายว่าแรงแม่เหล็กที่กระทำนี้ เนื่องมาจากกระแสในเส้นลวด AB



3.34 ลวดตรงยาวเส้นหนึ่ง และขดลวดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางอยู่บนโต๊ะ ด้านของขดลวดที่ขนานกับเส้นลวดยาว 30 ซม. ด้านที่ตั้งฉากกับเส้นลวดยาว 50 ซม. กระแส  $I_1 = 10$  A และ  $I_2 = 20$  A

- (ก) จงหาแรงที่กระทำบนขดลวดนี้
- (ข) จงหาทอร์กบนขดลวด โดยมีเส้นลวดตรงเป็นแกนครึ่งหนึ่ง และเส้นจุดไข้วปลาเป็นแกนอีกครึ่งหนึ่ง
- (ค) จงหาทอร์ก หลังจากที่ยขดลวดได้หมุนไปจากเดิม 45 องศา รอบแกนจุดไข้วปลา



- 3.35 จากรูปในข้อ 3.27 มีลวดตรงยาวอีกเส้นหนึ่งทอดผ่านจุด P และขนานกับอีกสองเส้น  
ที่มีอยู่ ลวดแต่ละเส้นมีกระแส 20 แอมแปร์ ให้  $a = 0.30$  เมตร และ  $x = 0.40$   
เมตร จงหาขนาดและทิศทางของแรงต่อหน่วยความยาวที่กระทำต่อลวดเส้นที่สาม
- (ก) ถ้ากระแสในลวดเส้นที่สามมีทิศทางของการไหลพุ่งออกจากระนาบของกระดาษ
  - (ข) ถ้ากระแสไหลเข้าไปยังระนาบของกระดาษ