

คาโธด แอสเซมบลี
CATHODE ASSEMBLY



เอกสาร :
ค.อ.๒๕๖

นายทวีศักดิ์ ทรงวรธรรม
TAWEESEK TRONGWARATUM

นายวิศวกกร ปันยารชุน
WISSAWAKORN PUNYARACHUN



วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาตรี

สาขาวิชาไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2532



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026969
22 พ.ย. 2535

ปริญญาโทปีการศึกษา 2532

เรื่อง CATHODE ASSEMBLY

ผู้จัดทำ

1. นายทวีศักดิ์ ตรงวรรณ

2. นายวิศวกร ป้ายารชน



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. นิพนธ์ สุ่ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาโฮต แอลแซมบลี

ทวีศักดิ์ ตรงวร ธรรม

วิศวกร ป้ายารชน

รศ.ดร.นิพนธ์ สุขุม อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ในการนำวัสดุมาทำฉนวนไฟฟ้า แต่เมื่อมีโวลเตจสูงมากๆ ฉนวนนั้นจะกลายเป็นตัวนำได้ ทำให้สภาพการเป็นตัวนำไม่สมบูรณ์หรือสูญเสียสภาพการเป็นฉนวน ดังนั้นในกรณีจะนำอากาศมาเป็นฉนวนจึงต้องทดสอบโดยใช้เครื่องมือชนิดหนึ่งคือ อีออนไนเซชัน แคมเบอร์ (Ionisation Chamber) มาหาจุดเบรคดาวน์ของก๊าซนั้น อีออนไนเซชัน แคมเบอร์ เราสามารถนำมาใช้กับก๊าซต่างได้เช่น ไฮโดรเจน, ออกซิเจน, SF_6 , CCl_2F_2 โดยผลที่ออกมาสามารถนำมาคำนวณค่า α/p , η/p โดยอยู่ในรูป E/p ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาว่าเกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้นในก๊าซ นอกจากนี้สามารถวัดค่าเบรคดาวน์ออกมาในรูป pd ทำให้รู้ว่าก๊าซชนิดไหนเป็นฉนวนทนต่อเบรคดาวน์ได้ดีเพียงใด

CATHODE ASSEMBLY

Taweesak Trongwaratum

Wissawakorn Punyarachun

Associate Professor Niphon Sukum

Abstract

On selection of material for electrical insulator for exceptionally high voltage, one shall realize that a particular material may lost its insulation or become conductive. In order to use gas as an insulator, one has to find out its breakdown point thru the ionisation chamber. The ionisation chamber may be applied to different kind of gas such as H_2 , O_2 , SF_6 , etc. The value can be determined in term of E/p through the result of the test. One may explain the phenomena occurred to gas as well as determine the breakdown point in term of pd from which the concept on the appropriate type of gas for electrical insulation shall be conclude.

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
บทที่ 1 CATHODE ASSEMBLY IN IONISATION CHAMBER	17
บทที่ 2 'ROGOSKI ELECTRODE	25
บทที่ 3 การคำนวณหาค่า สปส.การ ionise, สปส.การรวมตัว, สปส.การแตกตัวของ Townsend ทางทฤษฎี	37
บทที่ 4 วิธีทำการทดลองและความผิดพลาด	42
บทที่ 5 CALIBRATION ของอุปกรณ์	49
บทที่ 6 การพิจารณา	53
บทที่ 7 สรุป	59
บทที่ 8 GRAPH	62
ภาคผนวก	72
กิตติกรรมประกาศ	76
REFERENCE BOOK	77

บทนำ

โครงการเรื่องนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการศึกษา คุณสมบัติของกาซต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าโดยเรศึกษาคูสมบัติของกาซต่างๆ คุณสมบัติการเป็นฉนวนของกาซนั้น แล้วนำคุณสมบัติของกาซดังกล่าวนี้ มาใช้ประโยชน์ในด้าน Material Production โครงการนี้มี 2 ลักษณะคือ

1. การศึกษาทฤษฎีพื้นฐานทางด้านพฤติกรรมของกาซ
2. การสร้างอุปกรณ์ทดลองเป็นการนำทฤษฎีมาทดลองปฏิบัติ

ทฤษฎีของการชนกันของอะตอมที่มูลฐานและการไอไอไนส์และการเบรคดาวไนส์ในสนามไฟฟ้า สม่่าเสมอในแก๊ส

1.1 ทฤษฎีของการชนกันของอะตอมที่มูลฐาน

ต่อไปให้เราเสนอทสรุปลักษณะ ๗ ของความคิด (concept) ของทฤษฎีของการชนกันชั้นมูลฐาน เนื่องจากอันนี้เป็นสิ่งที่สำคัญมากในการเข้าใจปรากฏการณ์ของการไอไอไนส์และของการเบรคดาวไนส์ในสนามที่สม่่าเสมอซึ่งจะบรรยายในตอนต่อไป (1.2)

1.1.1 ข้อความแนะนำ

ผลเมืองของอนุภาคในการดิสรซาร์ชอันหนึ่ง จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยขบวนการชนกันแบบต่าง ๆ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มหรือลดจำนวนของแต่ละชนิดของอนุภาค การชนกันชนิดนี้ทำให้เกิดการผลิตและการทำลายของอนุภาค เราเรียกอย่างรวม ๆ ว่า "การชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น" ในการชนกันแบบยืดหยุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในของอนุภาค นาน ๆ ครั้งจะมี "การชนกันแบบ superelastic" หรือ "การชนกันแบบชนิดที่สอง" ซึ่งพลังงานภายในอาจจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ ชนิดของอนุภาคที่ชนกันคืออิเล็กตรอน โฟตอน อะตอม โมเลกุล อะตอมที่ถูกกระตุ้น โมเลกุลที่ถูกกระตุ้น อะตอมที่ถูกไอไอไนส์ ไอออนลบที่เป็นอะตอมและโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1 ความคิดเกี่ยวกับพื้นที่หน้าตัดของการชนกัน

การชนกันจะเกิดขึ้นแล้วเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหลังจากระยะห่างระหว่างอนุภาค 2 อันตอนแรกลดลงและต่อไปเพิ่มขึ้น

สำหรับอิเล็กตรอนและอะตอมหรือโมเลกุลของแก๊ส พื้นที่หน้าตัดที่มีผลทั้งหมด NQ ซึ่ง N เป็นความหนาแน่นของอะตอมหรือโมเลกุลของแก๊สต่อ c.c. และ Q เป็นพื้นที่หน้าตัดที่มีผลจะได้จาก

$$NQ = 1/\lambda \quad (1.1)$$

ซึ่ง $\lambda =$ ระยะทางอิสระเฉลี่ย (mfp) ของอิเล็กตรอน

สำหรับแก๊สที่มีความดัน 1 torr และ 0°C

$$NQ = \eta_c \quad (1.2)$$

ซึ่ง $\eta_c =$ ประสิทธิภาพของการชนกันครั้งหนึ่ง

1.1.3 การแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอน

เนื่องจากการชนกันแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น ระหว่างอิเล็กตรอนและโมเลกุลหรืออะตอมระหว่างการล่อง (drift) ที่ถูกเหนี่ยวนำโดยสนามไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะมีการแจกแจงทางพลังงาน ความรู้ของการแจกแจงนี้มีประโยชน์เนื่องจากการชนกันของอิเล็กตรอนบ่อย ๆ เป็นสาเหตุใหญ่ของการกระตุ้นและการไอออไนส์ รูปแบบที่มาตรฐานของการแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอนคือการแจกแจงแบบ Maxwell และ Druyvesteyn อันนี้เราจะบรรยายอย่างคร่าว ๆ ดังข้างล่าง ควรจะสังเกตว่าการแจกแจงเหล่านี้เป็นไปได้สำหรับอนุภาคอื่น ๆ เช่น โมเลกุลที่สะเทินและไอออนลบ ความสำคัญของการแจกแจงทางพลังงานของอย่างหลังอยู่ที่การหาค่าทางทฤษฎีของอัตราการตีแผ่ ซึ่งจะพิจารณาต่อไปทีหลัง

(ก) การแจกแจงแบบ Maxwell

ฟังก์ชันของการแจกแจงมีรูปแบบดังนี้

$$f(e) = K e^{1/2} e^{-c(e/\bar{e})} de \quad (1.3)$$

ซึ่ง K และ c เป็นค่าคงที่และ เป็นพลังงานเฉลี่ยของการแจกแจง อันนี้เราสามารถจะหามาได้โดยการพิจารณาของทฤษฎีโชนะ สถานที่จะเกิดการแจกแจงแบบนี้ได้มีอยู่ในคอลัมน์บวกที่ความดันสูง ซึ่งมีความสมดุลทางด้านความร้อน (thermal equilibrium) ระหว่างอิเล็กตรอนและโมเลกุลและเมื่อความหนาแน่นของอิเล็กตรอนและ/หรือ การกระทบกระทั่งระหว่างอิเล็กตรอน - อิเล็กตรอนทำให้เกิดการแจกแจงขึ้น การคำนวณที่แล้ว ๆ มาของค่า α/p และ η/p ในแก๊สที่เป็นโมเลกุลหลายชนิด แสดงว่าการแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอนโดยประมาณเป็นแบบMaxwell ในแก๊สเหล่านี้โดยเฉพาะที่ E/p

(ข) การแจกแจงแบบ Druvesteyn

อันนี้เป็นกรแจกแจงสำหรับกรณีของกระแสต่ำ และการชนกันแบบยืดหยุ่นเท่านั้น ซึ่งพลังงานของอิเล็กตรอนมากกว่าพลังงานของอะตอมหรือโมเลกุลมาก Druvesteyn ได้จากการแจกแจงนี้จากการพิจารณาการสมดุลย์ของพลังงาน (energy balance) การแจกแจงนี้สามารถจะเรียกได้ดังนี้

$$\begin{aligned} f(e) &= K e^{1/2} e^{(-0.55 E^2 / 2 \lambda \bar{e}^2)} de \\ &= K e^{1/2} e^{(-0.55 (e/\bar{e})^2)} de \end{aligned}$$

ซึ่ง K เป็นค่าคงที่อันหนึ่ง โดยมีข้อสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- (ก) การชนกันระหว่างอิเล็กตรอนและโมเลกุลเป็นอย่างการชนกันระหว่างลูกสูบทรงกลม ที่แข็ง นั่นคือ ในการชนกันครั้งนี้ของอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนจะสูญเสียพลังงานโดยเฉลี่ย $\Delta e = f$ ซึ่ง $f = 2m/M$ ซึ่ง m และ M เป็นมวลของอิเล็กตรอนและ

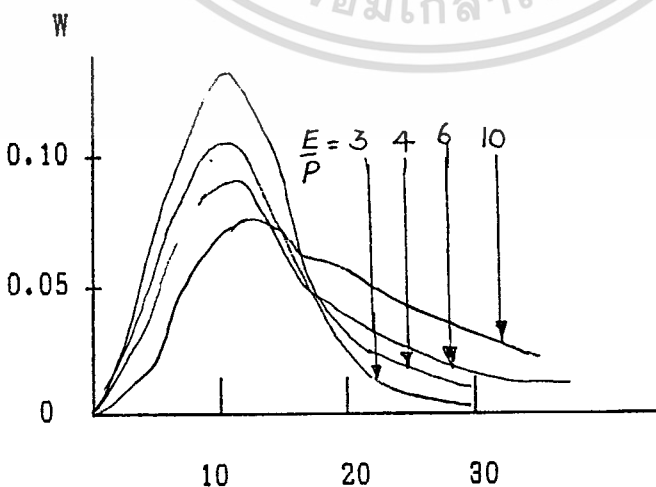
โมเลกุลตามลำดับ

- (ข) พลังงานของอิเล็กตรอนใหญ่เมื่อเทียบกับพลังงานของโมเลกุล
- (ค) ระยะทางอิสระเฉลี่ย (λ) ของอิเล็กตรอนเป็นค่าคงที่ซึ่งไม่ขึ้นกับพลังงาน
- (ง) ความหนาแน่นของกระแสที่ และ
- (จ) การแจกแจงไม่ขึ้นกับทิศทาง (isotropic)

(ค) การแจกแจงพลังงานสำหรับสภาพที่เกิดการชนกันแบบไม่มีจุดยืน

ในการหาค่าของการแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอน ผลของการชนกันแบบไม่มีจุดยืน เช่นเดียวกับยึดหยุ่นจะต้องถูกนับเข้าไว้ด้วย ดังนั้นการกระตุ้นและการไอออไนส์สามารถเปลี่ยนการแจกแจงเป็นอย่างมากในกรณีของการชนแบบยึดหยุ่นเท่านั้นโดยเฉพาะที่ E/p สูง ๆ ได้มีการคำนวณเป็นจำนวนมากสำหรับสภาพสมดุล (equilibrium) ของพลเมืองของอิเล็กตรอนซึ่งเกี่ยวพันกัน ในการชนแบบยึดหยุ่นและไม่ยึดหยุ่นกับโมเลกุลของแก๊สขณะที่เคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ การหาค่าเหล่านี้ต้องใช้การประมาณของการขึ้นกับพลังงานของพื้นที่หน้าตัดของการกระตุ้นและการไอออไนส์ ซึ่งโดยทั่วไปจะจำกัดการใช้ได้ของมัน

การแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอนในฮีเลียมได้ถูกหาค่าโดย Smit วิธีของเขาประกอบไปด้วยการแทนเคฟของพื้นที่หน้าตัดของการชนกัน vs พลังงานโดยฟังก์ชันที่ง่าย ๆ สำหรับ $E/p < 3$ ซึ่งเป็นคําคัดของการกระตุ้นอันแรก เคฟถูกประมาณโดยชุดของฟังก์ชันที่ง่าย แต่ละฟังก์ชันใช้ได้สำหรับระยะของพลังงานอันหนึ่งสำหรับ $E/p > 3$ พื้นที่หน้าตัดของการชนกันแบบยึดหยุ่นถูกสมมุติให้มีค่าคงที่ ขณะที่พื้นที่หน้าตัดของการกระตุ้นและการไอออไนส์ถูกแทนโดยฟังก์ชันที่เป็นเส้นตรงของพลังงาน ผลของ Smit ถูกแสดงในรูป ก



รูป ก การแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอนในฮีเลียม (Smit)

สำหรับค่าต่าง ๆ ของ E/p เป็น $V/cm/mm Hg$.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การไอไอไนส์และการเบรคดาว์ในสนามที่สม่ำเสมอในแก๊ส

1.2.1 คำนำ

ความคิดทางทฤษฎี ของการไอไอไนส์ และการเบรคดาว์แบบสนามสม่ำเสมอจะถูกเสนอแบบย่อ ๆ ตั้งแต่การวิจัยเริ่มแรกของ Townsend และเพื่อนร่วมงานของเขา ปริมาณของงานทางทฤษฎีและการทดลองพอควรที่เดี่ยวได้ถูกกระทำในสาขาี้ และหัวข้อนี้ได้ถูกบรรยายอย่างมากมาโดย Loeb, Meek และ Craggs และ Von Engle ขณะที่สาขาต่าง ๆ ของ gas discharge ได้ถูกบรรยายโดยผู้เขียนหลายคน ดังนั้นเราจะอธิบายอย่างย่อ ๆ เท่านั้น ให้สังเกตว่าสภาพที่เราใช้คือสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอเท่านั้น

1.2.2 ทฤษฎีของ Townsend เกี่ยวกับการไอไอไนส์และเบรคดาว์

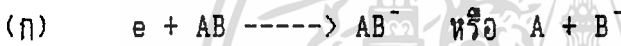
ตามทฤษฎีที่ถูกพัฒนาโดย Townsend และเพื่อนร่วมงานของเขา การขยายของกระแสไฟโตอิเล็กตริกที่ถูกผลิตอย่างน้อย ๆ ในสนามเอกพันธ์ เนื่องจากการชนกันแบบไอไอไนส์ในแก๊สของอิเล็กตรอน สามารถแทนได้เป็นฟังก์ชันของระยะทาง 'd' ซึ่งอิเล็กตรอนได้เดินทางจากแคโทดโดย

$$I = I_0 e^{\alpha d} \quad (1.7)$$

สำหรับสนามที่ใช้ที่คงที่และความดันของแก๊สที่คงที่ (E เป็น V/cm และ p เป็น torr ตามลำดับ) ในสมการข้างบน I_0 เป็นกระแส photo electric ที่ถูกปลดปล่อยที่แคโทดและ α เป็นสัมประสิทธิ์ของการไอไอไนส์โดยเฉลี่ย นั่นคือ จำนวนเฉลี่ยของ ion pair ที่ถูกสร้างต่อ ซม. ต่ออิเล็กตรอนระหว่างการเคลื่อนที่ของมันในทิศทางของสนาม เนื่องจากโดยคำจำกัดความ α เป็นจำนวนเฉลี่ยของการไอไอไนส์ที่เกิดจากอิเล็กตรอน 1 ตัว ต่อ ซม. ของทางเดินลอยและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแก๊สเกือบจะเป็นไปโดยยถากรรม ควรจะสังเกตได้ว่า $e^{\alpha d}$ ในสมการข้างบนแทนค่าเฉลี่ยทางสถิติของการไอไอไนส์เนื่องจากอิเล็กตรอนเป็นจำนวนมากในระยะทาง $\gg 1/\alpha$ เราสามารถจะแสดงจากการพิจารณาโดยทฤษฎี อย่างง่าย ๆ ว่า α/p ซึ่งแทนจำนวนของการไอไอไนส์โดยเฉลี่ยต่อระยะทางอิสระเฉลี่ย เป็นฟังก์ชันของพลังงานที่ให้กับอิเล็กตรอนระหว่างการชนกัน นั่นคือ E/p ถ้าไม่มีกระบวนการไอไอไนส์ที่ขึ้นกับความดันในแก๊ส

นอกจากนี้เราสมมุติว่าการทวีเพิ่มขึ้นเกิดจาก photo-electron เริ่มแรกและไม่มีกระบวนการทุติยภูมิเกิดขึ้น นอกจากนี้เราสมมุติว่าการระเหยและการตีขึ้นและการสูญเสียโดยการแผ่กระจายและการรวมตัวกันใหม่ (recombination) น้อยมาก และขนาดของกระแสค่อยๆ เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการบิดเบือนเนื่องจากประจุระวาง การสมมุติอีกอย่างหนึ่งคือ photo-electron ได้เกิดการสมมูลย์กับสนามที่ใช้แล้วก่อนที่จะเกิดการไอโอไนส์ การสมมูลย์เช่นนี้จะเกิดขึ้นหลังจากอิเล็กตรอนได้เดินทางเป็นระยะทางที่น้อยมาก เมื่อเทียบขนาดของช่องว่าง (gap) สภาพอันนี้จะเกิดขึ้น ถ้าความดันมีระดับ 10 torr หรือมากกว่า

ถ้านอกจากกระบวนการไอโอไนส์แล้ว ยังมีกระบวนการระเหยที่ด้วยและเกิดขึ้นพร้อมกับกระบวนการอันแรก พารามิเตอร์อันใหม่จะต้องถูกแนะนำเพื่อจะให้เหตุผลสำหรับการลดลงของผลเมืองอิเล็กตรอน กระบวนการระเหยที่สามารถจะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ



และ



(1.8)

ซึ่ง AB แทนโมเลกุลอันหนึ่ง เราควรจะสังเกตว่าขณะที่กระบวนการ เช่นที่ถูกแทนโดยชนิด(ก) มีผลคือต่อต้านการไอโอไนส์ในแก๊ส กระบวนการผลิต(ข) ทำให้เกิดไอออนของอะตอมที่เป็นบวก และดังนั้นจึงทำให้เกิดการไอโอไนส์มากขึ้น

ให้เราให้คำจำกัดความของสัมประสิทธิ์ และ ว่าเป็นอัตราของการเกิดปฏิกิริยาเหล่านี้ตามลำดับต่ออิเล็กตรอนต่อ ซม. ของการส่องในทิศทางของสนาม เราสามารถแสดงได้ว่าสมการของการเติบโตของกระแสขณะที่ปฏิกิริยาทั้ง 2 นี้เกิดขึ้นจะเป็นตามลำดับ

$$\frac{I}{I_0} = \left[\frac{\alpha}{\alpha - \eta} e^{(\alpha - \eta)d} - \frac{\eta}{\alpha - \eta} \right] \quad \text{สำหรับกรณี(ก)} \quad (1.9)$$

$$\frac{I}{I_0} = \left[\frac{\alpha + \beta'}{\alpha} e^{\alpha d} - \frac{\beta'}{\alpha} \right] \quad \text{สำหรับกรณี(ข)} \quad (1.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพที่เกิดปฏิกิริยาทั้งสองแบบพร้อมกันจะทำให้เกิดสมการที่คล้ายกัน ในที่นี้อีกครั้งหนึ่ง กระบวนการทุติยภูมิและการบิดเบือนเนื่องจากประจุระวางไม่ถูกพิจารณา นอกจากนี้จากการพิจารณาเช่นเดียวกับในกรณีของ α/p สัมประสิทธิ์ η/p และ β/p สามารถแสดงได้ว่าเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับ E/p ในกรณีที่ไม่มีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับความดัน ปฏิกิริยาแบบ(ข) เกิดขึ้นที่พลังงานของอิเล็กตรอนมากกว่าปฏิกิริยาแบบ(ก) มาก และสามารถตัดทิ้งได้ในการทดลองส่วนมากของ Townsend ดังนั้นสมการ (1.9) ได้ใช้ในการทดลองของ Townsend เป็นส่วนมากในแก๊สที่เป็น electronegative

ถ้า นอกจากกระบวนการไอไอไนส์ (α) และอะแท็ช (η) แล้ว เราทราบว่ามีการบวนการตีแก๊สเกิดขึ้นด้วยและพร้อมกับกระบวนการ 2 อันแรกเราจะต้องแนะนำพารามิเตอร์อันที่ 3 เพื่อให้เหตุผลสำหรับกรณีนี้ มีการบวนการตีแก๊สที่สำคัญ 3 อย่างคือ :-

(ก) การตีแก๊สแบบ Photoelectric
กระบวนการนี้มีรูปดังนี้



ความเป็นไปได้ของกระบวนการนี้มีมากพอสมควรจาก 5500 A สำหรับการตีแก๊สจาก O^- ในสมการข้างบน x แทนอะตอมอันหนึ่ง

(ข) "การไอไอไนส์" โดยอิเล็กตรอนหรืออนุภาคที่หนัก
อันนี้เป็นารกลบกันกับกระบวนการ 3-body และมีรูป



สำหรับในการที่จะให้ความเป็นไปได้ของกระบวนการของสมการ (1.13) เข้าหาพลังงานของการเคลื่อนที่โดยสัมพัทธ์ของอนุภาคที่หนัก y และไอออนลบ x^- ต้องเป็นอย่างน้อย

ที่ลุด 10 เท่าของพลังงานของการตีแก๊ส

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการของการตีที่ช็อกแบบหนึ่ง ในหัวข้อนี้คือการชนกันระหว่างไอออนลบ
ของอะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกกระตุ้น :-



ซึ่ง y' เป็นอะตอมที่ถูกกระตุ้น ความเป็นไปได้สำหรับกระบวนการนี้มาก ภายใต้สภาพอย่าง
หนึ่งและพลังงานของการกระตุ้นของ y ต้องมากกว่า electron affinity ของ x

(ค) การตีที่ชแบบ Associative

อันนี้เป็นกรกลับกันกับกระบวนการอะที่ชแบบ dissociative และมีรูปดัง



ความเป็นไปได้ของกระบวนการนี้ยังไม่มีผู้ใดประเมิน ปฏิริยาการตีที่ชข้างบนนี้ใช้ได้กับไอ
ออนลบที่เป็นโมเลกุลเป็นอย่างดี และเราได้ละเว้นการเขียนสมการสำหรับไอออนเหล่านี้เพื่อ
ความกะทัดรัด

จากปฏิริยาข้างบนนี้ เราจะเห็นว่ากระบวนการตีที่ชเป็นกระบวนการ 2-body และ
ดังนั้นจึงไม่ขึ้นกับความดัน นอกจากนี้ปฏิริยาทั้งหมดเกี่ยวข้องกับการตีที่ชของอิเล็กตรอนจากไอ
ออนลบ ดังนั้นในทางปฏิบัติการตีที่ชมีผลต่อแก๊ส เช่นเดียวกับการไอไอไนส์

เราให้คำจำกัดความของสัมประสิทธิ์อื่นที่ α ว่าเป็นอัตราการตีที่ชต่อไอออนต่อชม.
ของการล่องของ ion ในทิศทางของสนาม เราสามารถแสดงว่าการเติบโตของกระแสในขณะ
ที่เกิดการตีที่ชด้วยเป็นดังนี้

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{A - B} \{ (A + \eta + \delta) e^{A d} - (B + \eta + \delta) e^{B d} \} \quad (1.16)$$

ซึ่ง

$$\left. \begin{array}{l} A \\ B \end{array} \right\} = \frac{1}{2} \{ (\alpha - \eta - \delta) \pm \sqrt{(\alpha - \eta - \delta)^2 + 4\alpha\delta} \}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ขึ้นกับความดันและเป็นฟังก์ชันของ E เท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สมการของการเติบโตของกระแสรวมทั้งกระบวนการทุติยภูมิด้วย

กระบวนการทุติยภูมิซึ่งได้ถูกละทิ้งมาตั้งแต่ต้นจนถึงบัดนี้จะต้องนำมาคิดด้วย ในกรณี
ที่ช่องว่างกว้างสำหรับการคำนวณประสิทธิภาพเริ่มแรกอย่างแม่นยำ อิเล็กตรอน 1 ตัวที่ทิ้งคะ
โถดจะทำให้เกิด $(e^{\alpha d} - 1)$ อิเล็กตรอนและจำนวนเท่ากับของไอออนบวกในแก๊สรวมทั้งอะ
ตอมหรือโมเลกุลที่ถูกกระตุ้นและโฟตอนที่เกิดจากสถานะที่ถูกกระตุ้นเหล่านี้ และบางทีก็เกิด
metastable ด้วย ผลผลิตเหล่านี้สามารถถ้าการพิจารณาพลังงานอนุญาต จะปลดปล่อยอี
เลกตรอนทุติยภูมิภายในแก๊สหรือที่คะโถดซึ่งจะทวีคูณและเพิ่มกระแสทั้งหมด I ถ้า เป็นสัมประ
สิทธิ์ทุติยภูมิทั่วไปโดยเฉลี่ยซึ่งถูกให้คำจำกัดความว่า เป็นจำนวนเฉลี่ยของอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่ถูก
ผลิตที่คะโถดในแก๊สต่ออนุภาคที่ตกกระทบหรือชน เราสามารถแสดงว่าการเติบโตของกระแส
เขียนได้ดังสมการ :-

$$\frac{I}{I_0} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (1.17)$$

เช่นเดียวกัน ถ้าเราพิจารณาผลของการสะท้อนด้วย เราจะได้

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\frac{\alpha}{\alpha - \eta} e^{(\alpha - \eta)d} - \frac{\eta}{\alpha - \eta}}{1 - \frac{\gamma \alpha}{\alpha - \eta} \{ e^{(\alpha - \eta)d} - 1 \}} \quad (1.18)$$

และถ้าการตีแผ่เกิดขึ้นด้วย สมการกลายเป็น

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\frac{1}{A-B} \{ (A + \eta + \delta) e^{Ad} - (\beta + \eta + \delta) e^{Bd} \}}{1 - \frac{\gamma \alpha}{A-B} \left\{ (1 + \frac{\delta}{A}) e^{Ad} - (1 + \frac{\delta}{B}) e^{Bd} \right\}} \quad (1.19)$$

สมการของการสะท้อนที่ข้างบนเกี่ยวข้องกับกระแสแบบ dissociative สำหรับ
กระบวนการต่อเนื่องกันของการสะท้อนสมการสำหรับกรณีนี้จะเป็น

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\frac{1}{\alpha} \{ (\alpha - \beta') e^{\alpha d} - \beta' \}}{1 - \gamma (\alpha - \beta') (e^{\alpha d} - 1)} \quad (1.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

อีกครั้งหนึ่ง สมการนี้ใช้น้อยมากในการทดลองที่แล้ว ๆ มาเกี่ยวกับการอะแท็ชของอิเล็กตรอนในแก๊สที่เป็น electronegative

1.2.2.1 มาตรฐานของการเบรคดาว์น

เมื่อโวลเตจที่ถูก apply ระหว่างขั้วไฟฟ้าที่เป็นแผ่นราบที่ขนานกัน 2 แผ่นมีขนาดเพียงพอ ช่องว่างจะเบรคดาว์น สถานที่โวลเตจนี้จะเป็นที่ทำให้ส่วนของด้านขวามือของสมการ (1.17) ถึง (1.20) เข้าหา 0 และกระแสจะถูกจำกัดโดยสภาพของวงจรรายนอกเท่านั้น

Model ของมาตรฐานของการเบรคดาว์นที่ threshold ซึ่งถูกเสนอโดย Townsend เป็นคนแรกนี้แทนจาก 'regenerative' ซึ่งไอออนบวกและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นในช่องว่าง โดยอิเล็กตรอนอันแรกสามารถจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่คะโถด กระบวนการนี้เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน และกระแสเกิดขึ้นโดยตัวของมันเอง เวลาระหว่างการใช้โวลเตจและเบรคดาว์นของช่องว่างถูกควบคุมโดย statistical time lag และ formative time lag อันแรกแทนเวลาที่ต้องการสำหรับการเกิดอิเล็กตรอนตัวแรกหลังจากการใส่โวลเตจเข้าไป และเวลาอันหลังแทนเวลาที่ต้องการสำหรับการเบรคดาว์น หลังจากอิเล็กตรอนตัวแรกเกิดขึ้นแล้ว

จากมาตรฐานนี้บทแทรก 2 อันติดตามมา

(ก) กฎของ Paschen

ในกรณีทั่ว ๆ ไปที่ถูกแทนโดยสมการ (1.19) เรามองเห็นได้อย่างง่ายว่ามาตรฐานของการเบรคดาว์นมีรูป

$$f(\alpha/p, \eta/p, \delta/p, \delta) = 0 \quad (1.21)$$

แต่เนื่องจาก α/p , η/p , δ/p และ δ ทั้งหมดเป็นฟังก์ชันของ E ดังนั้น

$$V = f(pd) \quad (1.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสมการข้างบนนี้ v_0 เป็นโวลต์เตจที่เบรคดาว์และ d_0 เป็นระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดที่เบรคดาว์ ดังนั้นสมการ (1.22) แสดงว่าโวลเตจที่เบรคดาว์ถูกตัดสินโดยผลคูณของความดันของแก๊สและระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดเท่านั้น อย่างไรก็ตามการสูญเสียที่เกิดจากการแผ่กระจาย กระบวนการการรวมเข้าด้วยกัน ปฏิกริยาที่ขึ้นกับความดันและการบิดเบือน เนื่องจากประจุระวางจะทำให้เกิดการแตกต่างออกไปจากกฎของ Paschen โดยเฉพาะที่ d_0 มาก ๆ

(ข) ในสภาพที่การอชน้ชของอิเล็กตรอนมีมาก มาตรฐานของการเบรคดาว์จากสมการ (1.18) ข้างบน คือ

$$\frac{\alpha}{\alpha - \eta} \{ e^{\alpha - \eta \cdot p \cdot s} - 1 \} = 1 \quad (1.23)$$

เมื่อ $\alpha/p \ll \eta/p$ เราสามารถแสดงว่านิพจน์นี้เข้าหารูปของ asymptote ขณะเมื่อ pd (torr ซม.) เพิ่มขึ้นดังนี้

$$\alpha/p = \eta/p (1 + \delta)^{-1} \quad (1.24)$$

อันนี้ขึ้นกับ E/p เท่านั้นและกำหนดค่าจำกัด $(E/p)_{lim}$ ซึ่งถ้า E ต่ำกว่าค่านี้จะไม่มีการคายเกิดขึ้นไม่ว่า pd จะมากเท่าไหน ถ้าเราตัดทิ้งได้ สภาพจำกัดนี้จะเป็นอย่างง่าย ๆ

$$\alpha/p = \eta/p \quad (1.25)$$

ดังนั้น เราจึงเห็นว่าการอชน้ชของอิเล็กตรอนสำคัญมากในการพิจารณาการเบรคดาว์ในสนามสม่ำเสมอในแก๊สบางชนิด เราจะต้องเน้นว่าการบิดเบือนเนื่องจากประจุระวางจะทำให้เกิดของการเบรคดาว์เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างมาก และได้มีการแสดงว่าเบรคดาว์สามารถเกิดขึ้นที่ E/p ต่ำกว่า $(E/p)_{lim}$ ในสภาพเช่นนี้

1.2.2.2 กระบวนการทุติยภูมิ

เราได้เห็นแล้วว่าการผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิ จำเป็นสำหรับการเบรคดาวน์ในโมเดลของ Townsend และสมการได้โดยการพิจารณาโดยการแนะนำสัมประสิทธิ์ทุติยภูมิทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามที่ดีจะเป็นการดีถ้าเราจะพิจารณากลไกของการผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิอย่างคร่าว ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว กระบวนการทุติยภูมิสามารถเกิดในแก๊สและที่คະໂຄດ

(1) กลไกที่เกิดขึ้นในแก๊ส

กระบวนการนี้ได้ถูกเสนอโดย Townsend ในทฤษฎีของเขาว่าเป็นกลไกทุติยภูมิหลัก จากทฤษฎีโบราณไอออนบวกสามารถจะไอไอไนส์โมเลกุลของแก๊สที่ละเอียดเกิน ถ้าพลังงานจลน์ของอย่างแรกเท่ากับหรือมากกว่า $2V_0$ ซึ่ง V_0 เป็นศักดาของการไอไอไนส์ของโมเลกุลของแก๊ส อย่างไรก็ตามที่หน้าตัดที่สังเกตได้สำหรับกระบวนการนี้น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดสำหรับการไอไอไนส์โดยการชนของอิเล็กตรอนพอสมควร และอันนี้นำไปยังข้อสรุปว่าอิเล็กตรอนทุติยภูมิถูกผลิตโดยกระบวนการอื่น ๆ

(ก) การไอไอไนส์โดยการกระแทกของอะตอมเมตาสเตเบิล (metastable) กับโมเลกุลของแก๊ส

แม้ว่าสถานะเมตาสเตเบิลในแก๊ส "ที่บริสุทธิ์" ไม่สามารถทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยการไอไอไนส์โดยตรงในปริมาตรของแก๊ส อย่างไรก็ตามมันสามารถแผ่กระจายไปยังคະໂຄດและที่นั่นปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยกลไกที่คล้ายกับโฟตอน อันนี้เป็นกระบวนการทุติยภูมิที่ขึ้นกับคະໂຄດและเราจะพิจารณากระบวนการนี้ในภายหลัง

(ข) การไอไอไนส์โดยโฟตอนที่ถูกผลิตในแก๊ส

แม้ว่าข้อมูลจากการทดลองพอสมควรหาได้เกี่ยวกับ การดูดกลืนและการไอไอไนส์ของโฟตอนในแก๊ส ข้อมูลเล็กน้อยเกี่ยวกับโฟตอนที่ถูกผลิตในแก๊สสามารถหาได้ การพิจารณาทางทฤษฎีของ Davidson แสดงว่าการไอไอไนส์โดยโฟตอนในแก๊สสามารถอธิบายผลที่วัดได้สำหรับนิสัยที่จำกัดของสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนเท่านั้น และแม้แต่นิสัยนี้ผลการทดลองที่ตรงกับทฤษฎีในกรณีของอากาศก็ไม่ค่อยดี นอกจากนี้ค่าที่สังเกตได้ของสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืน

ใหญ่เกินไป ที่จะอธิบายการเบรคดาวว่าเกิดจากการไอไอไนส์ของโฟตอนเป็นส่วนมาก ในกรณีนี้ผลของการไอไอไนส์โดยโฟตอนเพียงแต่เพิ่มค่าของกระบวนการ α เท่านั้น ในนิสัยที่ค่าของสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนน้อย การปลดปล่อยเนื่องจากโฟตอนไปกระทบกับอะตอมจะเป็นกระบวนการทุติยภูมิที่สำคัญ สุกท้ายในแก๊สที่บริสุทธิ์การผลิตโฟตอนที่มีความสามารถที่จะไอไอไนส์แก๊สได้ สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงมากกระทบกระทั่งกับอิเล็กตรอนในเปลือกที่ลึกหรือเกิดขึ้นได้จากกระบวนการ 2 ขั้น (2-stage) เช่น การรวมตัวกันแบบแผ่รังสี ในกรณีเหล่านี้อัตราการผลิตโฟตอนน้อยมากในนิสัยของ $E/p < 100$ ในส่วนผสมของแก๊สหรือในแก๊สที่มีสถานะ dissociative การแผ่รังสีจากส่วนประกอบอื่นหนึ่งอาจจะมีความสามารถที่จะไอไอไนส์ส่วนประกอบอีกอันหนึ่ง ภายใต้สภาวะที่กล่าวมาแล้ว บทบาทของการไอไอไนส์โดยโฟตอนในแก๊สดังนั้น จึงไม่มีความสำคัญในสภาวะสนามที่สม่ำเสมอ แม้ว่าในสนามที่ไม่สม่ำเสมอหรือในกรณีที่มีการบิดเบือน เนื่องจากประจุระวางมันอาจจะมีความสำคัญมาก



2. กลไกที่เกิดขึ้นที่คยะโถด

(ก) การปลดปล่อยของอิเล็กตรอนทุติยภูมิภายใต้การกระแทกโดยไอออนบวกที่คยะโถด

ความคิดของการปลดปล่อยของอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยการกระแทกของไอออนบวก ได้ถูกพิจารณามาแล้ว และกลไกนี้ได้ถูกบรรยายอย่างพอเพียง การปลดปล่อยของอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยการกระแทกของไอออนบวกมี 2 ชนิด

(1) การกระทบกระทั่งแบบพลังงานค้ำยซึ่งการปลดปล่อยขึ้นกับพลังงานค้ำยของไอออนสำหรับผิวที่สะอาด และ

(2) การกระทบกระทั่งแบบพลังงานจลน์ ซึ่งการกระทบกระทั่งของไอออนบวกกับ lattice มีความสำคัญ

กลไกอย่างแรกดูเหมือนจะเกิดขึ้นที่พลังงานต่ำ ๆ ของไอออน (1000ev) ขณะที่กลไกอย่างหลังเกิดขึ้นในกรณีของไอออนที่มีพลังงานหลาย ๆ KeV หรือหลาย ๆ ร้อย KeV และ ไม่มีความสำคัญในการทดลองส่วนมาก

การทดลองได้แสดงว่าอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่ได้จากการกระบวน (1) ไม่ขึ้นกับพลังงานจลน์ของไอออนจนถึง 1000 eV แต่ขึ้นกับพลังงานค้ำยของไอออน อิเล็กตรอนทุติยภูมิที่ได้มีค่าจาก 0.1 ถึง 0.25 ต่อไอออนบวกตัวหนึ่งสำหรับไอออนซึ่งมีพลังงานจลน์ในพิสัยต่ำกว่า 1000 eV ความสปรกของผิวที่เกิดจากชั้นของแก๊สที่ถูกดูดกลืนมีผลเป็นอย่างมากต่อการผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิและทำให้มันน้อยลง อันนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ work function ที่มีผลของผิว ดังนั้นการปลดปล่อยได้ถูกพบว่าแปรกับความสปรกและความหนาของชั้นที่ทำให้สปรก และทั่วไปเพิ่มขึ้นกับพลังงานจลน์ของไอออน จาก 2-3 eV ถึง ~ 1000 eV สำหรับสภาพของผิวอันหนึ่ง ได้มีการสังเกตว่าไฮโดรเจนและแก๊สเฉื่อยธรรมดาลดค่าของ work function ทำให้เกิดการปลดปล่อยมากขึ้นขณะที่ไอออนฮีเลียมมีผลตรงกันข้าม

จากการพิจารณาข้างบนดังนั้น การปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยไอออนบวกดูเหมือนจะมีความสำคัญในการหาสมการ (1.17) ถึง (1.20) ข้างบน

(ข) การปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิเนื่องจากการกระแทกของโฟตอนที่คยะโถด

โฟตอนจากสถานะที่ถูกกระตุ้นของอะตอมซึ่งมีพลังงาน $h\nu > \phi$ Photoelectric work function จะ, หลังจากการลดทอนโดยการดูดกลืนในแก๊สในรูป $e^{-\mu d}$ ซึ่ง μ เป็นสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืน, แผ่กระจายไปยังคยะโถดทำให้เกิดการปลดปล่อยโดยโฟตอนที่คยะโถด

เราจะต้องสังเกตว่าปัจจัยทางเรขาคณิตมีผลต่อจำนวนที่แผ่กระจายและค่าของ χ ถ้า χ_p เป็นจำการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นวนโฟตอนที่ถูกผลิตต่ออิเล็กตรอนต่อซม. ของทางเดินในทิศทางของสนาม และ \mathcal{E} เป็นปัจจัยทางเรขาคณิตที่ควบคุมเศษส่วนของโฟตอนที่แผ่กระจายไปยังคะโอด เราสามารถแสดงว่าสมการการเติบโตของกระแสในกรณีที่ไม่มีการสะท้อนกลับของอิเล็กตรอน (สมการ 1.17) ถูกขยายเป็น

$$\frac{I}{I_0} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \frac{g_0 \chi_p}{\alpha - \mu} \left\{ e^{(\alpha - \mu)d} \right\}} \quad (1.26)$$

ในที่นี้ χ_p เป็นอัตราของการปลดปล่อยเฉลี่ย

(ค) การปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิเนื่องจากการกระแทกของเมตาสเตเบิลที่คะโอด

การไอโอไนส์โมเลกุลโดยเมตาสเตเบิลในแก๊สที่บริสุทธิ์ได้ถูกพิจารณาแล้วว่า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นยากมากในย่อหน้าบรรยายถึงการไอโอไนส์ในแก๊ส อย่างไรก็ตาม การกระแทกของเมตาสเตเบิลกับคะโอดอาจจะผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิ กลไกในกรณีนี้คล้ายกับการผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยไอออนบวก นั่นคือ พลังงานค้ำยของเมตาสเตเบิลถูกย้ายไปให้ผิวของคะโอดเพื่อจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิถ้าพลังงานค้ำยอื่นนี้มากกว่า work function ของผิวของคะโอด ดังนั้นในกรณีนี้ด้วยสภาพของผิวของคะโอดมีผลต่อการปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ คล้ายๆ กับการชนของโฟตอน, การแผ่กระจายของเมตาสเตเบิลไปยังคะโอดถูกควบคุมโดยปัจจัยทางเรขาคณิตและการดูดกลืนของเมตาสเตเบิลในแก๊สจะต้องถูกนำมาคิดด้วย ดังนั้นการเติบโตของกระแสภายใต้สภาวะนี้คล้ายกับในกรณีของการผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยโฟตอน นั่นคือ

$$\frac{I}{I_0} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \frac{g_m \theta_m \chi_m}{\alpha - \mu_m} \left\{ e^{(\alpha - \mu_m)d} \right\}} \quad (1.27)$$

ซึ่ง θ_m เป็นจำนวนของเมตาสเตเบิลที่ถูกผลิตต่ออิเล็กตรอนต่อซม. ของทางเดินส่องเป็นปัจจัยทางเรขาคณิตควบคุมการแผ่กระจายและ χ_m จำนวนของอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่ถูกผลิตต่อเมตาสเตเบิลที่ตกกระทบที่คะโอด ในกรณีนี้ μ_m แทนการทำลายเชิงปริมาตรของเมตาสเตเบิลดังนั้นจึงเป็นที่คาดหมายว่าค่า χ ที่มีผลจะแปรกับ d ถ้าการช่วยเหลือตามส่วนเนื่องจากเมตาสเตเบิลสำคัญ

การแปรเกิดขึ้นเนื่องจากผลร่วมกันของ g_m และ M_m สุดท้ายนี้เราควรระวังเกี่ยวกับเงื่อนไขสำหรับการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอออนและโฟตอนที่ มีพลังงานน้อย และ มีค่า 0.1 สำหรับเมตาสเตเบิล อาจจะเป็น จาก 0.1 ถึง 1

(ง) การผลิตอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยการปลดปล่อยแบบสนามที่คะโถด

เรื่องนี้ได้ถูกอธิบายโดยผู้แต่งหลายๆ คน ผลอันนี้เกิดจากชั้นของไอออนบวกบนฟิล์ม ที่ไม่นำกระแสที่เกิดขึ้นบนผิวที่สะอาดของคะโถด ภายใต้สภาวะเช่นนี้ เราได้พบว่าสนามที่มีระดับ 10^5 v/ซม. สามารถที่จะทำให้เกิดการปลดปล่อยของอิเล็กตรอนจากคะโถดผลนี้เกิดจากการลดลงของทำงานศักย์ที่ผิว เราควรจะชี้ให้เห็นว่าสนามนี้, นอกจากมีค่าที่ระดับนี้, จะต้องเกิดขึ้นเป็นระยะทางที่พอเพียงจากคะโถด การมาถึงของไอออนบวกที่คะโถดจะทำให้ฟิล์มที่ไม่นำกระแสเป็นรู แต่มันก็จะสร้างตัวเองขึ้นอีกได้ เนื่องจากกลไกนี้เกี่ยวข้องกับการส่องของไอออนบวกไปยังคะโถด ผลอันนี้สามารถจะเอาไปรวมได้กับการปลดปล่อยของอิเล็กตรอนทุติยภูมิโดยไอออนบวกที่คะโถด (กระบวนการ ๘)



บทที่ 1

CATHODE ASSEMBLY IN IONISATION CHAMBER

1.1 Ionisation chamber และอุปกรณ์สุญญากาศ

Ionisation chamber ซึ่งเป็นรูปทรงกระบอกถูกสร้างขึ้นจากแผ่น mild steel และมีปริมาตรประมาณ 83 ลิตร ผิวภายในทั้งหมดถูกชุบทองแดงอย่างมากเพื่อจะให้ผิวที่เป็น equipotential และเพื่อจะลดการ outgassing ให้น้อยที่สุด เราสามารถสอดมือเข้าไปใน chamber ได้โดยหน้าต่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใหญ่ (H) และการสังเกตสปาร์ค ฯลฯ สามารถทำได้โดยมองผ่านช่องกระจกกกลม (D) chamber สามารถถูกสูบโดย oil diffusion pump (Edwards High Vacuum Ltd. ชนิด F 203) และหมุนหลังโดย rotary pump (Metropolitan Vickers Ltd.) สุญญากาศต่ำสุดประมาณ 5×10^{-6} torr สามารถทำได้โดยการจัดแจงนี้หลังจากทำการสูบเป็นเวลา 24 ชม. โดยมีอัตราการรั่วเสมือน 1mtorr/ชม.

อะไหล่ (W) ถูกเจาะรู 49 รู เส้นผ่าศูนย์กลางของแต่ละรูเท่ากับ 1 มม. ทั้งหมดอยู่ภายในวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. และอะไหล่ถูกตั้งอยู่อย่างมั่นคงบน high voltage bushing (C) ซึ่งมีความต้านทานเร็ว 10^{12} คะโถดถูกตั้งอยู่บน platform ปรับระดับได้ที่มั่นคงซึ่งสามารถเคลื่อนที่ตามแนวตั้งเป็นระยะทาง 6 ซม. โดย spindle และ guide assembly ซึ่งติดอยู่กับ platform อีกอันหนึ่ง น้ำหนักทั้งหมดของ cathode assembly ถูกแขวนจาก chamber โดย distrene rod (R) 3 อันที่ platform นี้ การเคลื่อนที่อย่างเรียบของคะโถดได้โดยการใช้ bellows โลหะซึ่งแขวนจาก guide platform แรงที่ถ่ายทอดไปยัง glass-to-metal seal ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนระหว่าง chamber และ cathode assembly ถูกลดลงโดย bellows โลหะ (L) ส่วนที่เป็นแก้วและ distrene rod ดังนั้นจึงให้ความต้านทานของฉนวน 10^{14} ระหว่างคะโถดและ ground micrometer (S) ที่ถูกยึดอย่างมั่นคงทำให้การวัดระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดแม่นยำถึง ± 0.001 ซม. โดยอาศัย slip gauge ที่แม่นยำ สกรูที่จัดระดับของคะโถดสามารถถูกปรับเพื่อว่า อิเล็กโตรดทั้งสองขนานกันภายใน ± 0.001 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโตรดที่ใช้ในการศึกษานี้ถูกกลึงให้มี Rogowski profile โดยมีส่วนกลางซึ่งเป็นพื้นที่ราบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลางทั้งหมด 15 ซม. อะโนดถูกกลึงจากก้อนตันของ dural (เป็น alloy ของ aluminium อันหนึ่ง) ให้มีรูปร่างดังข้างบนแคโทด 2 อัน อันหนึ่งเป็น platinum และอีกอันหนึ่งเป็นทองถูกใช้ในการศึกษานี้ ผิวของ platinum ได้โดยการชุบอิเล็กโตรดที่ทำด้วยทองเหลือง ตลอดเส้นผ่าศูนย์กลางของมันด้วย 0.0005 นิ้วของ platinum บน 0.0005 นิ้วของเงิน ผิวของอิเล็กโตรดถูกขัดและทำความสะอาด โดยเทคนิคมาตรฐาน

ความดันของแก๊สที่ใส่ถูกวัดด้วย oil manometer ซึ่งบรรจุ silicone oil ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 1.09 สำหรับพิสัยของความดันต่ำกว่า 20 torr สำหรับความดันตั้งแต่ 50 torr ถึงความดันบรรยากาศ เราใช้ micromanometer ความแม่นยำของ oil manometer เป็น ± 0.1 torr และความแม่นยำของ micromanometer เป็น ± 0.5 torr ซึ่งเป็นความแม่นยำของการอ่าน manometer ปรอท

1.2 หน่วย high voltage

หน่วย high voltage ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบไปด้วยตัวคูณ Voltage แบบ Cockroft-Walton มี 17 ขั้นซึ่งถูกป้อนจากหน่วยกำลัง R.F. ที่ถูก stabilised แล้วทำงานที่ 4 kV ที่ 16 kHz กลุ่มของ rectifier ถูกตั้งอยู่ในกล่อง perspex ไซของ potential divider ที่มีที่เสียบสายซึ่งต่ออนุกรมกับ dividing box ขนาด 10k Ω และ potentiometer ขนาด 1 M Ω ซึ่งตั้งกระแสเท่ากับ 198.5 μ A ทำหน้าที่เป็น load ของ H.T. set output ของ set ถูกทำให้คงที่โดยการจัดแจงป้อนกลับแบบลบผ่านเครื่องขยาย D.C. ที่มีแกนสูงโดยการเปรียบเทียบเศษส่วนอันหนึ่งของ output voltage ที่คร่อม potentiometer ขนาด 1 M กับแบตเตอรี่หนึ่งขนาด 45V การทำให้เสถียรของ D.C. supply ขนาด 500 V โดยเทคนิคที่แพร่หลายและการใช้หม้อแปลงโวลเตจที่คงที่ที่ทำให้การทำงานของ set ดีขึ้น ดังนั้นเสถียรภาพมันปลายที่ดีกว่า 0.01% ในช่วงเวลา 5 ถึง 10 นาทีสามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ripple ที่ความถี่ 16 kHz ซึ่งมีขนาดประมาณ 2 V ถูกข้อนลงไปยัง output ของ set ถูกป้องกันไม่ให้ถึง ionisation chamber โดย resistance capacitance filter ที่มีขนาด $80 \text{ M}\Omega$ และ 0.25 F resistor ขนาด $2 \text{ M}\Omega$ ซึ่งถูกฝังอยู่ใน cerasin wax ต่ออนุกรมกับ ionisation chamber จำกัดกระแสเมื่อเกิด spark over และตั้งนั้น ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับฮิลโคโทรด/H.T.supply ที่ต่อกับ chamber ถูกแสดงในรูป 1.1

คัลย์ที่ต้องการสำหรับ ionisation chamber ได้รับความได้จาก potential divider ขนาด $280 \text{ M}\Omega$ ดังกล่าวมาแล้ว divider นี้ถูกประกอบมาจาก resistor ที่ทำด้วย cracked carbon เสถียรภาพสูงขนาด $2 \text{ M}\Omega$ ซึ่งถูกล้อมรอบด้วย cerasin wax ต้นเป็นรูปทรงกระบอกที่หนา divider chain ทั้งหมดถูกแขวนจากเพดานห้องซึ่งมีที่ป้องกันโคโรน่า อยู่บนยอด ตั้งนั้นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโคโรน่าและกระแสรั่วถูกลดลงให้เหลือน้อยที่สุด ขึ้นน้อย ๆ ของโวลเตจได้จาก resistor ที่แปรได้ขนาด $2 \text{ M}\Omega$ ต่ออนุกรมกับ potential divider chain ตั้งนั้น ด้วยการจัดแจงอันนี้โวลเตจที่ต่อไปยัง ionisation chamber ขึ้นลง 0.2 V จาก 45 V ถึง 50 kV สามารถทำได้

ค่าของความต้านทานระหว่างจุดที่ tap 2 จุดใกล้กันบน chain อันใหญ่สามารถหาได้ภายใต้สภาวะทำงานโดยมีความแม่นยำ 0.3% โดยใช้ digital voltmeter กระแส $198.5 \mu\text{A}$ ที่ไหลลงมาตาม chain สามารถวัดได้โดยใช้ divider box ขนาด $10 \text{ k}\Omega$ ร่วมกับ Weston standard cell และกัลวาโนมิเตอร์แบบคอยล์เคลื่อนที่ของ Tinsley โดยมีความแม่นยำ 0.1% (ความแม่นยำของ divider box) ตั้งนั้น voltage ที่จ่ายให้ chamber สามารถหาได้โดยมีความแม่นยำ 0.4%

อย่างไรก็ตามระหว่างงานนี้ high voltage set ถูกตัดแปลงแก้ไขให้รวม oscillator และหลอด power output ในกล่อง ๆ หนึ่งและ H.T.supply ในอีกกล่อง หนึ่ง H.T.supply ไปยังส่วนที่เหลือของวงจร สามารถถูกลดสิทธิ์โดยแยกกันและตั้งนั้นทำให้ การวัดสะดวกสบายขึ้นมาก นอกจากนี้ semiconductor diode ถูกใช้สำหรับ H.T.supply ต่าง ๆ และหลอด power output สามารถจ่ายโวลเตจได้ 10 kV ที่ 30 kHz ซึ่งทำให้ ลดจำนวนของ multiplying stage และทำให้การทำงานของ set ดีขึ้น

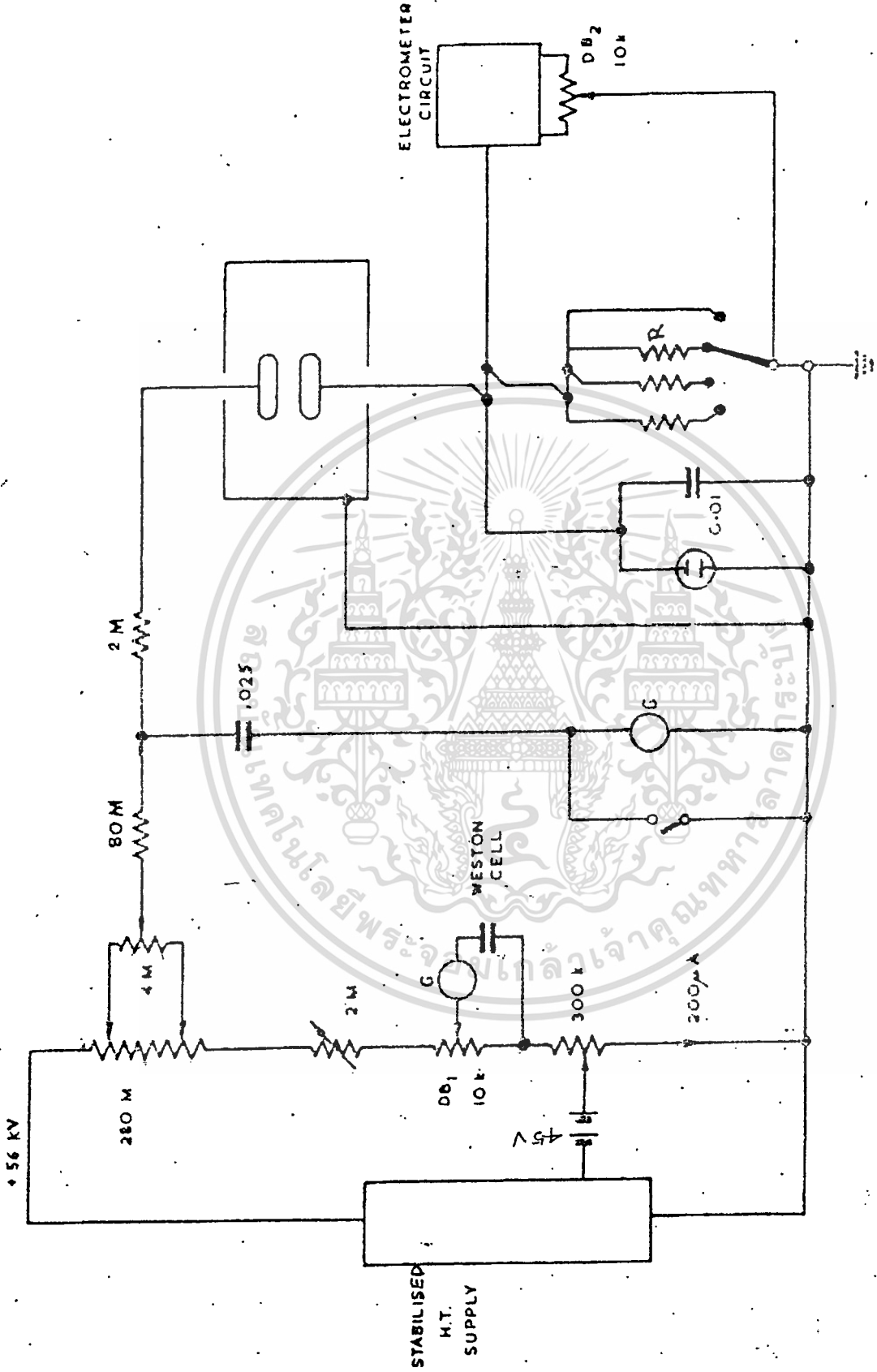


Fig 1.1 Diagram of H.T supply to the chamber.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

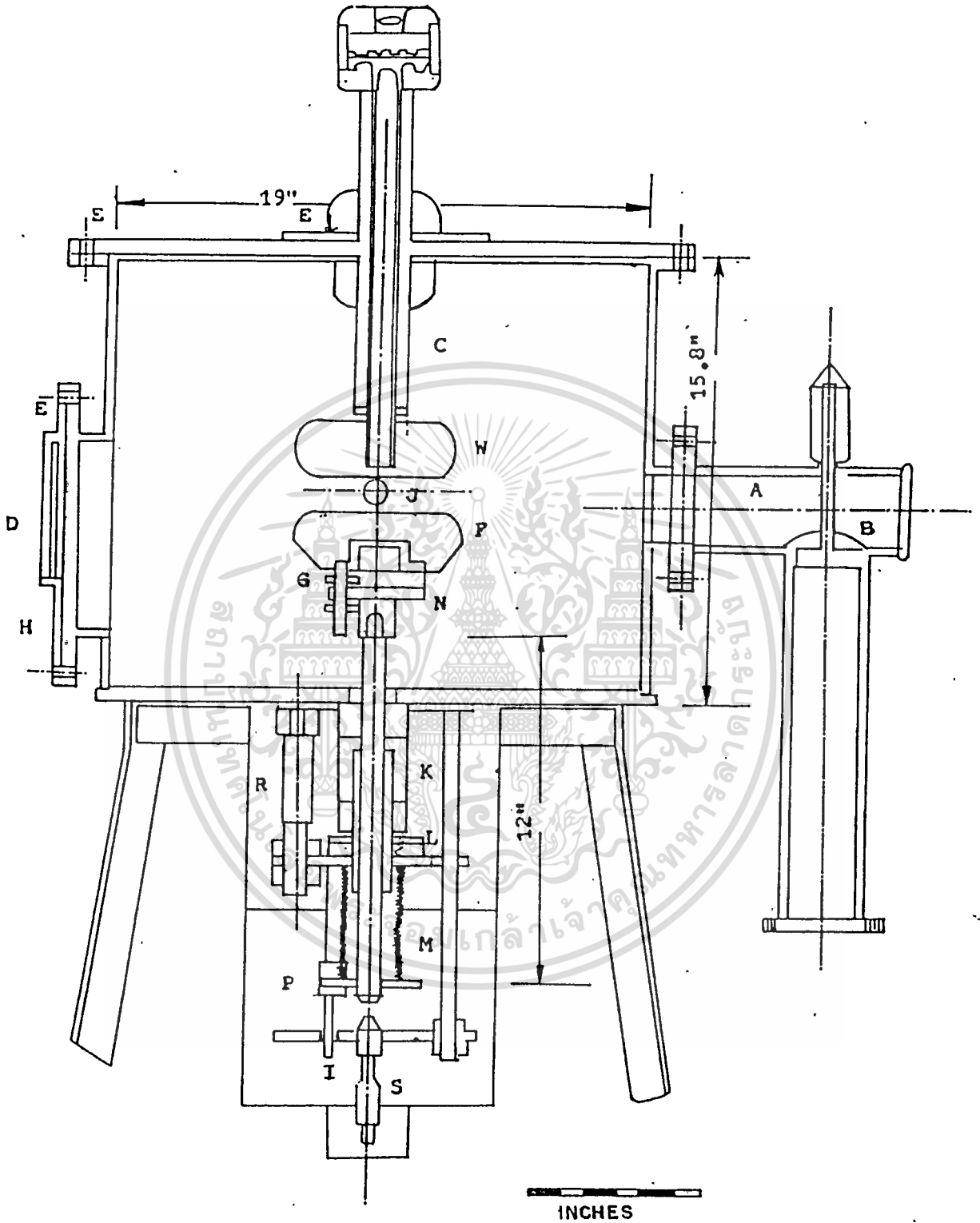


FIG1.2 IONISATION CHAMBER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

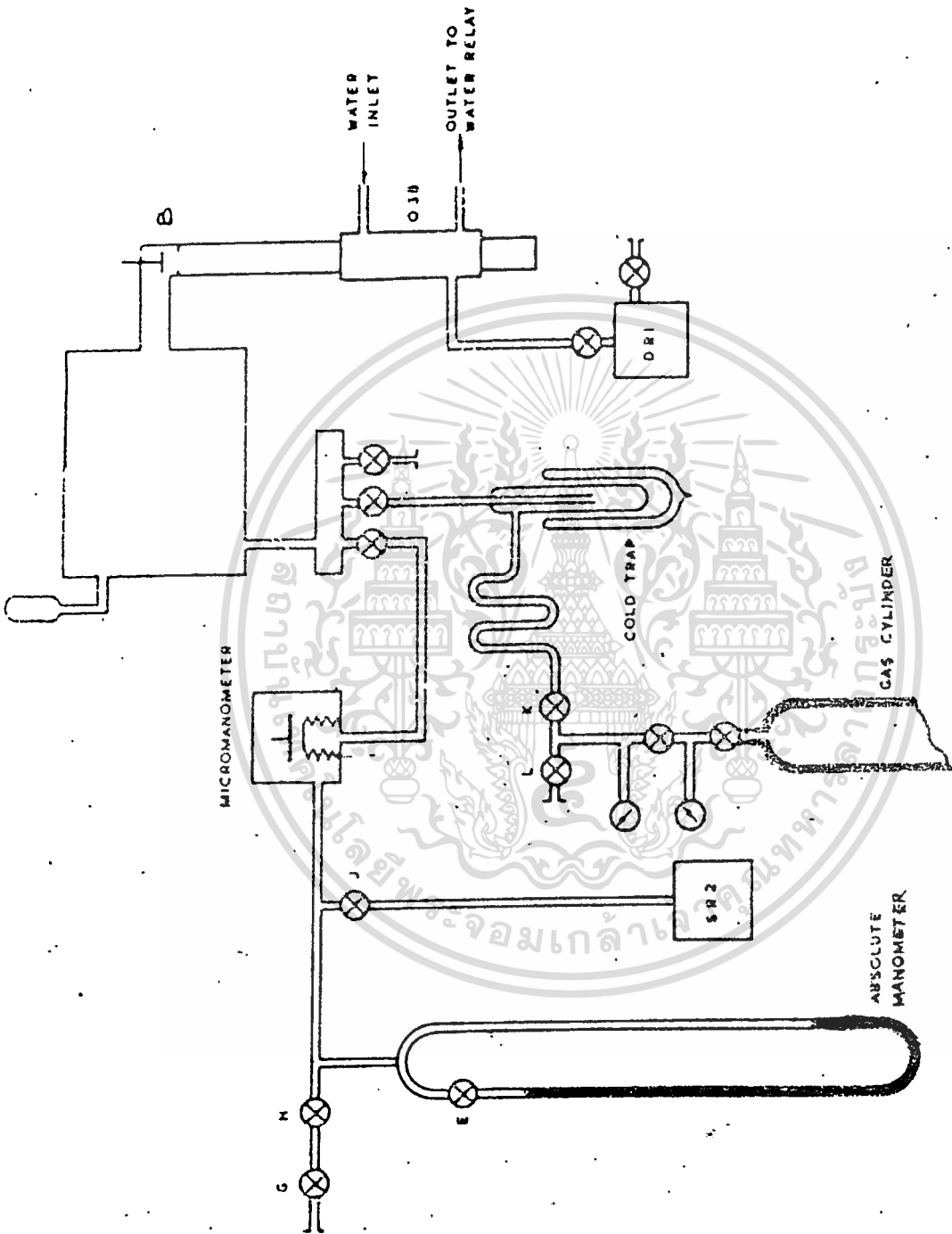


Fig 1.3 Diagram of Vacuum system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

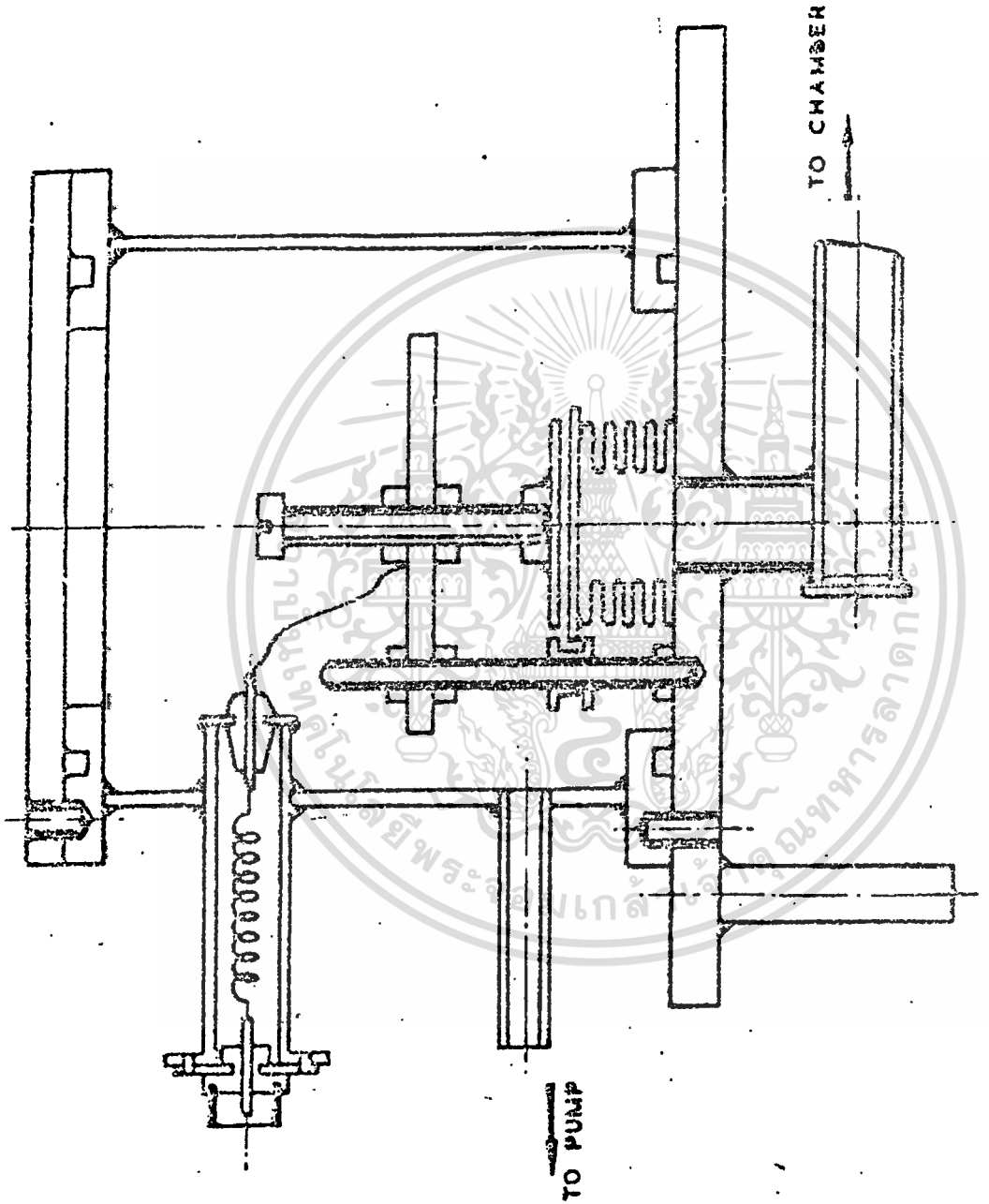


Fig. 1.4 Micromanometer gauge head.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 Electrometer Amplifier

กระแสไอโอไนส์ในพิสัย 10^{-13} ถึง 10^{-7} A ถูกวัดโดยหน่วย electrometer amplifier แบบ D.C. โดยใช้หลอด electrometer ชนิด ME 1403 ซึ่งถูกผลิตหลังจากนั้นการแปรความเข้มของแสงตัดทิ้งได้ภายในเวลาหลายชั่วโมง ถ้าหลอดถูกปกป้องอย่างพอเพียงจากกระแสลม

1.4 การวัดศักดิ์ของการเบรคดาวน

เบรคดาวนในงานนี้ถูกให้คำจำกัดความว่าเป็นสถานะที่เมื่อ galvanometer ซึ่งมีความไว 50 ซม/μA และต่ออนุกรมกับ gap ซึ่งการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหรือ surge ของกระแสเมื่อโวลเตจที่ใหญ่เพียงพอถูกใช้ เมื่อยังไม่มีการฉายแสง เนื่องจากเมื่อไม่มีการฉายแสง กระแสของการไอโอไนส์ใน gap ทั้งหมดที่จะเกิดเบรคดาวนจะน้อย (ธรรมดา $< 10^{-9}$ A) การให้คำจำกัดความข้างบนของการเบรคดาวนแทนการเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดของกระแสเท่ากับ 2-3 ระดับของขนาด นอกจากนี้เนื่องจาก capacitor ที่ทำให้เรียบขนาด 0.025 F จะคายประจุผ่านจุดที่จำกัดกระแสขนาด 2 MΩ (รูปที่ 4.8) เมื่อเกิดการเบรคดาวน วิธีนี้ให้การช้อย่างแน่นอนของการเบรคดาวนโดยเฉพาะที่ศักดิ์ที่ใช้ > 2 - 3 kV สุดท้ายนี้ หลอดนิออนที่ป้องกันที่ต่อขนานกับ galvanometer จะทำให้มองเห็นการเบรคดาวนได้ชัดสำหรับโวลเตจขนาดนี้

บทที่ 2

Rogowski Electrode

ในบทนี้จะเป็นการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีของ Rogowski electrode เพื่อนำไปสร้าง plate และ cathode ใน Conization Chamber เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจาก edge effect ของ plate และ Cathode

อิเล็กโตรดระนาบของ Rogowski เป็นอิเล็กโตรดมีขอบตามแนวเส้นศักย์ไฟฟ้าเท่าที่ทำให้สนามไฟฟ้านอกแผ่นระนาบ มีค่าน้อยกว่าค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างภายใน electrode

2.1 ทฤษฎีบท

ในบริเวณที่มี Ion ชนิดเดียวกันมาแออัดกันอยู่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าจุดบางจุด ซึ่งเกิดเสมอใน gas discharge เช่นที่ anode และ cathode ที่จุดบางจุดนี้จะมีศักย์เป็นบวกมากกว่าที่ anode คล้ายกับ low Voltage Arc ในทางทฤษฎีเชื่อว่า arc นี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้โดยที่ค่าความต่างศักย์ของ anode น้อยกว่า Minimum Ionization Potential ของ gas หรือ vapor แต่จากการทดลองพบว่า arc นี้เกิดขึ้นได้เมื่อค่าความต่างศักย์ที่ anode น้อยกว่า Ionization Potential ซึ่งเป็นสาเหตุให้สนามไฟฟ้าที่จุดบางจุดมีค่ามากขึ้น และที่จุดบางจุดมีค่าน้อยลง ในการที่ gas discharge ที่บริเวณขอบของแผ่น Electrodes จะเกิดสนามไฟฟ้าขึ้นซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ

เมื่อเราต้องการ Breakdown Characteristic เราต้องจัดเตรียม electrode เพื่อหลีกเลี่ยง edge effect ซึ่งเกิดจากสาเหตุดังกล่าวมาแล้ว ที่บริเวณใกล้กับขอบของแผ่น electrodes นั้น รัศมีของ curve จะต้องลดลงจนถึงจุดที่ไม่มี field ที่มีค่ามากกว่า field ที่ center ของ plane ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้โดยใช้ Rogowski's Extension ของ Maxwell's analysis ของ field ที่มี 2 dimemsion ซึ่งแสดงตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X = A (\phi + e^{\phi} \cos \psi) \quad \text{_____ (1)}$$

$$Y = A (\psi + e^{\phi} \sin \psi) \quad \text{_____ (2)}$$

จากสมการที่ (1) และ (2)

ψ คือ Equipotential surface

ϕ คือ Line of Force

ค่าทั้งสองนี้หาได้จากการที่เรา vary ค่า constant A

X, Y คือ co-ordinate

ค่าของ หาได้จากสมการ

$$\psi = (v/V) \pi \quad \text{_____ (3)}$$

v คือ Potential ของ Plate

V คือ difference potential ของ Plate

$$A = a/\pi$$

สำหรับทุก ๆ ค่าของ a เราสามารถ plot field ได้ โดยการสมมติค่าของ equipotential surface, ค่าของ line of force จากนั้นแทนค่าที่สมมุติลงในสมการที่ (1) และ (2) ซึ่งสามารถหาค่าของ X และ Y ณ จุดที่มีค่าต่าง ๆ ของ ϕ และ ψ

$$a = 3$$

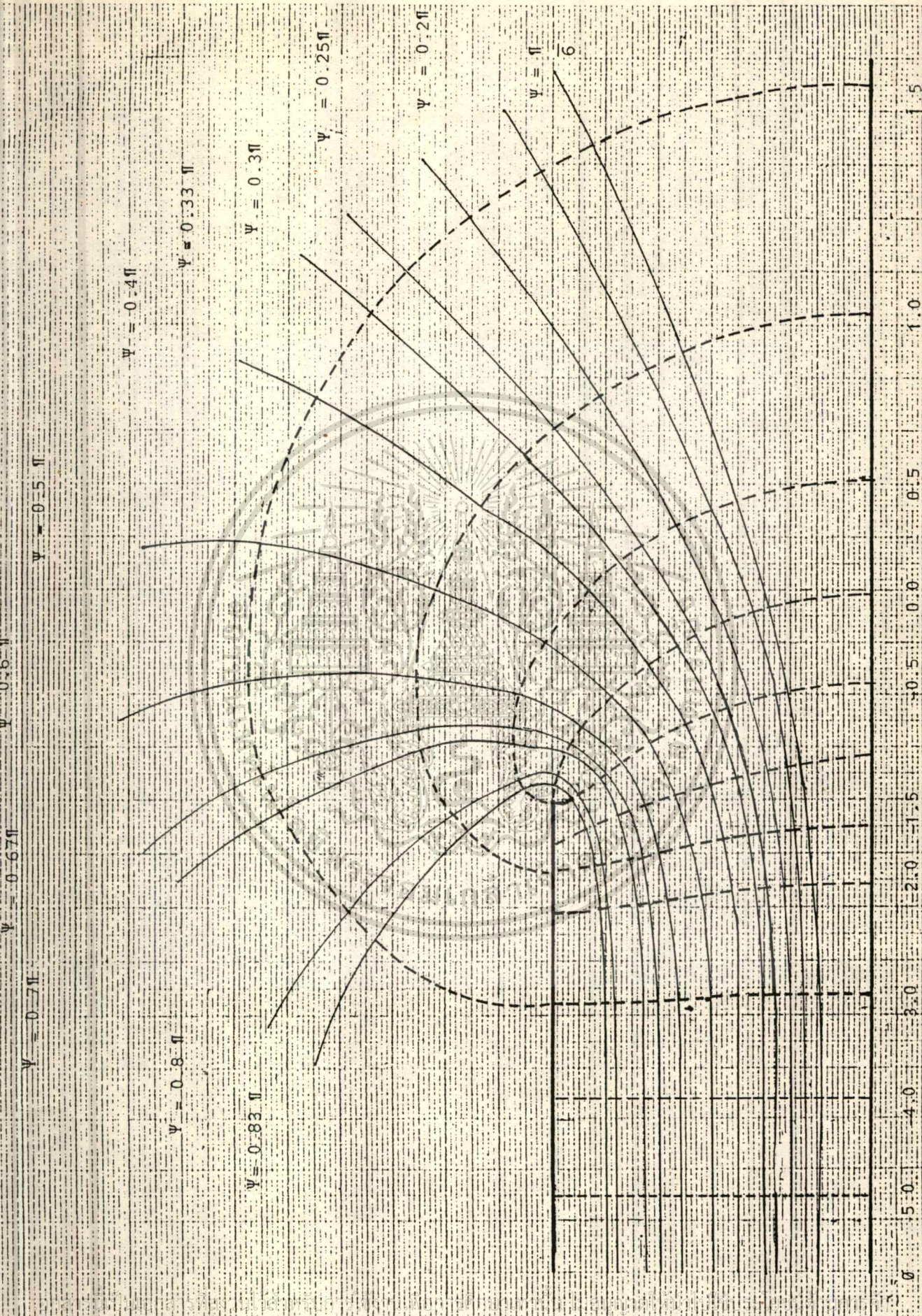
ในที่นี้เราใช้ค่า

$$A = 3/\pi$$

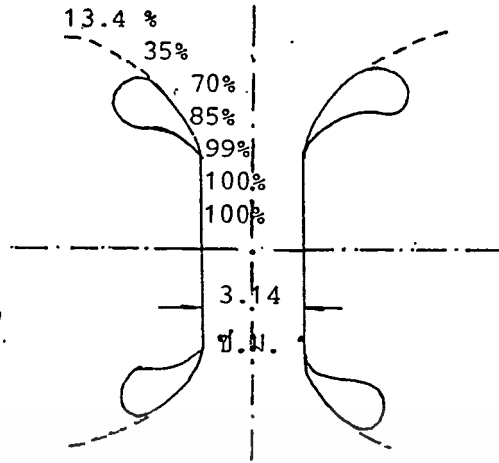
จาก

$$A = 3/\pi = \underline{0.9549}$$

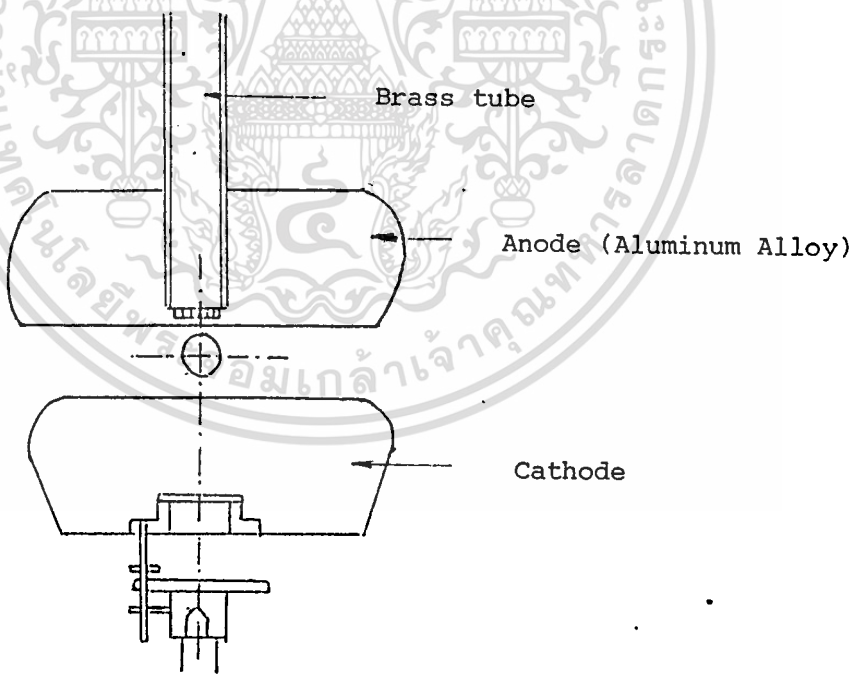
ค่าของ X และ Y ที่หาได้ ณ จุดที่มีค่า และ ต่าง ๆ กัน แสดงในตารางที่ 1,2 จากนั้นนำค่าที่ได้ไป Plot field ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.1



ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

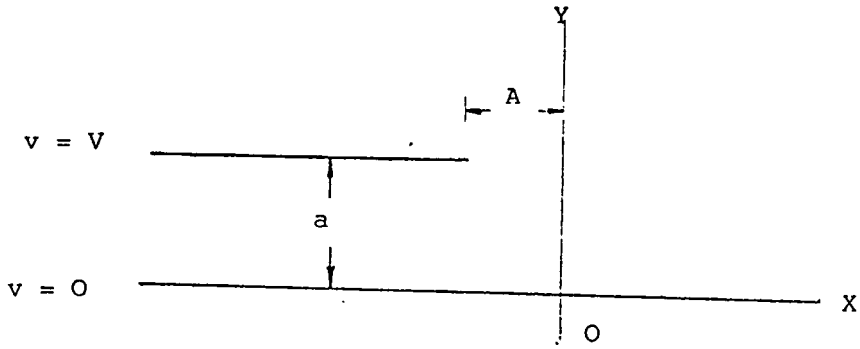


รูปที่ 2.2 Field intensity along surface of Rogowski electrodes
 Figures give field intensity in percent of maximum in plane portion

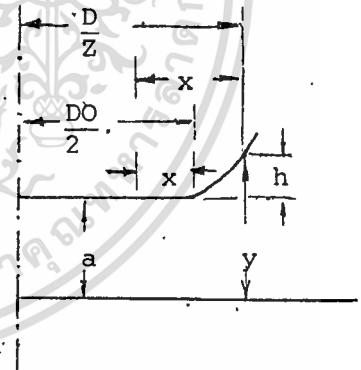
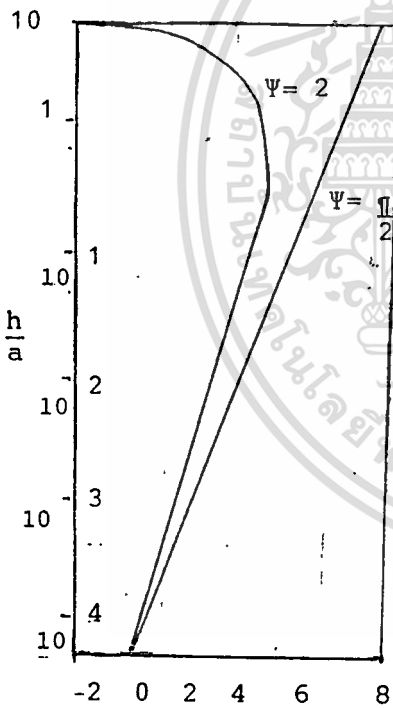


รูปที่ 2.3 Electrode in Ionization Chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4



รูปที่ 2.6

รูปที่ 2.5

construction data for Rogowski type
electrode

$$\psi = \pi/2$$

$$\sin \psi = 1.000$$

$$\cos \psi = 0.000$$

TABLE 1

ϕ	E^ϕ	$E^\phi \cos$	$E^\phi \sin \psi$	$\phi +$ $E^\phi \cos \psi$	$\psi +$ $E^\phi \sin \psi$	X	Y
-5	$(6.7379)10^{-3}$	(0.0000)	$(6.7379)10^{-3}$	-5	1.5775	-4.7745	1.4064
-4	0.0183	0.0000	0.0183	-4	1.5991	-3.8196	1.5174
-3	0.0498	0.0000	0.0498	-3	1.6260	-2.8647	1.5475
-2	0.1253	0.0000	0.1253	-2	1.7061	-1.9093	1.6292
-1.5	0.2231	0.0000	0.2231	-1.5	1.7939	-1.4324	1.7130
-1	0.3679	0.0000	0.3679	-1	1.9387	-0.9549	1.8512
-0.5	0.6065	0.0000	0.6065	-0.5	2.1773	-0.4774	2.0791
0	1.0000	0.0000	1.0000	0	2.5708	0.0000	2.4509

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.5	1.6487	0.0000	1.6487	0.5	3.2195	0.4774	3.0743
1	2.7183	0.0000	2.7183	1	4.2890	0.9549	4.0956
1.5	4.4817	0.0000	4.4817	1.5	6.0525	1.4324	5.7795
2	7.3891	0.0000	7.3891	2	8.9598	1.9093	8.5548
3	20.0855	0.0000	20.0855	3	21.656	2.8643	20.6796
4	54.5982	0.0000	54.5982	4	56.169	3.8196	53.6357
5	148.413	0.0000	148.413	5	149.98	4.7745	143.219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\psi = 5\pi/6$$

$$\sin \psi = 0.500$$

$$\cos \psi = -0.866$$

ϕ	ϵ^ϕ	$\epsilon^\phi \cos \psi$	$\epsilon^\phi \sin \psi$	$\phi + \epsilon \cos \psi$	$\psi + \epsilon \sin \psi$	X	Y
-5	$(6.7379) 10^{-3}$	$-(4.8341) 10^{-3}$	$(3.3689) 10^{-3}$	-5.0058	2.6214	-4.7800	2.5031
-4	0.0183	-0.0159	$(9.1578) 10^{-3}$	-4.0158	2.6272	-3.8347	2.5066
-3	0.0498	-0.0431	0.0249	-3.0431	2.6429	-2.9058	2.5233
-2	0.1353	-0.1172	0.0677	-2.1172	2.6857	-2.0217	2.5645
-1.5	0.2231	-0.1932	0.1115	-1.6932	2.3295	-1.1168	2.6064
-1	0.3679	-0.3186	0.1839	-1.3186	2.8019	-1.2591	2.6756
-0.5	0.6065	-0.5252	0.3033	-1.0252	2.6213	-0.9790	2.7895
0	1.0000	-0.8660	0.5000	-0.8660	3.1180	-0.8269	2.9374

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.5	1.6489	-1.4278	0.8244	-1.0252	3.4424	-0.8859	3.2871
1	2.7189	-2.3548	1.3492	-1.3540	3.9371	-1.2929	3.7978
1.5	4.4871	-3.8811	2.2409	-2.3811	4.8588	-2.2737	4.6393
2	3.3891	-6.3989	3.6945	-3.3989	6.3125	-4.2005	6.0278
3	20.0855	-17.3941	10.0427	-14.394	12.601	-13.745	12.090
4	54.5982	-47.2820	27.2990	-43.282	29.918	-41.330	28.568
5	147.413	-128.526	74.2066	-123.53	76.825	-117.96	73.359

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าที่บริเวณใกล้กับขอบของ finite plate นั้นจะมีค่าสนามสูงกว่าสนามที่เกิดขึ้นระหว่าง plate มาก ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากสมการ

$$D = E\epsilon$$

ทั้งนี้เนื่องจาก density of E line greater

อย่างไรก็ตามสำหรับค่า equipotential surface = 0.4π จะเห็นได้ว่าไม่มีสนามที่เกิดขึ้น ณ จุดอื่นที่จะมีค่ามากไปกว่าสนามที่เกิดขึ้นใน uniform region ระหว่าง plate ถ้า equipotential นี้สามารถทำเป็นพื้นผิว ของแผ่น electrode ได้แล้ว จะได้ว่า breakdown ของ gap จะเกิดขึ้นที่ค่าของ voltage ค่าเดียวกันกับ infinite uniform field

Rogowski ได้แสดงให้เห็นว่าค่า gradient ระหว่าง plane portion ของ electrode จะมากกว่า gradient ภายนอก plane เสมอ สำหรับทุก ๆ ค่าของ ψ ที่มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า $\pi/2$

ในกรณีที่ $\psi = \pi/2$ สมการที่ (1) และ (2) จะเป็น

$$X = a\phi/\pi \quad (4)$$

$$Y = a/\pi (\pi/2 + \epsilon^\phi) \quad (5)$$

นอกจากวิธีการของ Rogowski ที่นำมาใช้เพื่อหลีกเลี่ยง edge effect แล้วเรายังสามารถใช้วิธีการของ Rengier ซึ่ง Rengier ได้ค้นพบจากการทดลองว่า แผ่นของ electrodes ที่สร้างขึ้นโดยการหมุน surface $\psi = \pi/2$ และ $\psi = 2\pi/3$ รอบแกนที่ขนานกับแกน Y แล้ว การ spark จะเกิดขึ้นภายใน plane ของแผ่น electrodes เสมอ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับ electrodes ที่สร้างขึ้นที่ surface $\psi = 5\pi/6$ การ spark จะเกิดขึ้นที่ขอบของแผ่น electrode ดังนั้นถึงแม้ว่า $\pi/2$ surface จะเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่เพื่อความสะดวกเราจะเลือกใช้ $2\pi/3$ surface แทน

ในการหาค่า surface ที่ต้องการ เราใช้วิธีการของ stoerk หาโดยพิจารณาจาก curve สำเร็จรูป เมื่อค่า $\psi = \pi/2$ และ $\psi = 2\pi/3$ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.6

จากรูป

a เป็น gap ระหว่าง finite plane กับ infinite plane

X เป็น co-ordinate ซึ่งอยู่ในทิศทางของ infinite plane ขั้วประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

h เป็น elevation ของ curve ของ finite plane เหนือ plane

D เป็น เส้นผ่าศูนย์กลางของ revolved section

D_0 เป็น เส้นผ่าศูนย์กลางของ plane portion

จากการใช้ข้อมูล จากรูปที่ 2. 5 เรามาดูตัวอย่างสำหรับ $\psi = \pi/2$. surface
 ดังนี้ สมมติให้ระยะห่างของ electrode กับ finite plate (a) เท่ากับ 5 ม.ม. D_0
 ของ plane portion ของ electrode surface เท่ากับ 50 มม. เพื่อการหาจุดบน
 curve ของ electrode เราสมมุติค่า initial ของ h เป็น 0.1 ม.ม. หรือ $h/a =$
 0.2×10^{-1} ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดในทางปฏิบัติ สำหรับกรณี $\psi = \pi/2$ จากรูปที่ 2.6 จะ
 ได้ค่า $x/a = 3.4$ หรือ $X_0 = 17$ ม.ม. เราให้ค่านี้สัมพันธ์กัน นั่นคือจากจุดนี้ทุก ๆ ค่าของ
 เราสามารถวัดได้ จุดเปรียบเทียบ ดังนี้ จะห่างจากแกนการหมุนเป็นระยะ $D_0/2 = X_0$
 สำหรับที่จุดอื่น $h = 2.5$ ม.ม., $h/a = 0.5$, $x/a = 5.53$ หรือ $X = 27.15$ ม.ม. เส้น
 ผ่านศูนย์กลางที่สัมพันธ์กับค่านี้ก็คือ

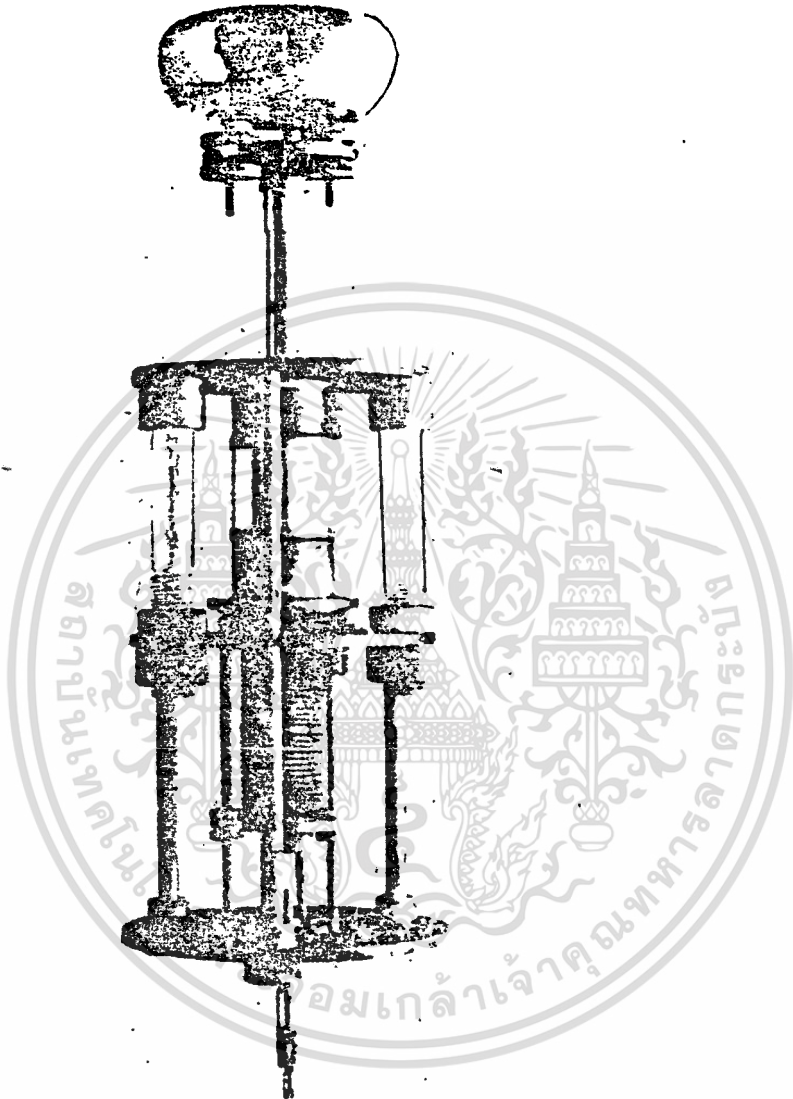
$$\begin{aligned} \text{ซึ่งจะได้} \quad D &= D_0 + 2 (X - X_0) \\ D &= 50 + 2 (27.15 - 17) \\ &= 70.3 \text{ ม.ม.} \end{aligned}$$

ในทำนองเดียวกันค่าที่จุดอื่นสำหรับ Profile ของ electrode ก็สามารถหาได้จากวิ
 ธีนี้ ซึ่งวิธีการของ Rengier เราจะได้ระยะห่างระหว่างแผ่น electrode เป็นระยะ $2 \cdot a$
 จากวิธีของ Rogowski

สรุป

จากการค้นคว้าของ Breakdown Characteristic ของ gas เพื่อทำ
 electrode ใน Ionization chamber เราได้นำเอา Rogowski's Extension
 ของ Maxwell's analysis มาคำนวณแล้วสร้าง table ของค่าต่าง ๆ ขึ้นมาแล้วนำไป
 Plot curve จาก curve ที่ได้ เรานำไปเป็นแบบในการกลึง Anode และ
 cathode โดยใช้ Aluminium Alloy ทำเป็น Anode และใช้ Brass เป็น

Cathode เอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CATHODE ASSEMBLY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณค่า

ลปส. การ ionise, ลปส. การรวมตัว, ลปส. การแตกตัว

ของ Townsend ทางทฤษฎี

ในการทำงานมากมายได้ถูกระงับการคำนวณค่าทางทฤษฎีของ α/p เนื่องจากความสำคัญของ α/p พื้นฐานของ discharge หลังจากการค้นพบขั้นตอนการรวมตัวระหว่าง gas ต่าง ๆ ในอากาศความสนใจก็มุ่งมายังการคำนวณทางทฤษฎีของ ลปส. การรวมตัว และเมื่อไม่นานมานี้ ลปส. การรวมตัวใน Oxygen ก็ถูกคำนวณออกมาได้ ในกรณีทั้งหมดเหล่านี้หาโดยการเปรียบเทียบค่าลปส. ทางทฤษฎีกับค่า ลปส. จากการทดลอง ในการใช้งานในปัจจุบันพยายามนำ ลปส. ทั้งสามเข้ามาเกี่ยวข้องกัน (ใน OXYGEN ที่ได้รับ) ได้โดยการพิจารณาทางทฤษฎี โดยใช้ขั้นตอนการชนเป็นพื้นฐาน ดังนั้นต่อมาค่าทางทฤษฎีของ ลปส. บางตัวหรือทั้งสามตัวจะถูกคำนวณออกมาและเปรียบเทียบกับค่าจากการทดลองของก๊าซต่างๆ เช่น Carbon monoxide, Carbon dioxide, Helium, Hydrogen, Argon และ Neon

3.1 พื้นฐานในการคำนวณ

จากการพิจารณาทฤษฎีพลังงานเฉลี่ย เราจะสร้างสมการที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง α , E และ P โดยตั้งสมมุติฐานว่า electron เริ่มในตอนต้นจากจุดหยุดนิ่งหลังจากการชนทุกครั้ง และถ้า $e \gg V_i$ โดย เป็น electronic mean free path และ V_i คือศักดาการ ionise gas, electron จะ ionise molecule ของ gas และยังมีสมมุติอีกว่า electron มีการกระจายของ mean free path ตามทฤษฎีพลังงานเฉลี่ย และที่สำคัญคือต้องชานานกับทิศทางของสนาม เราจะได้สมการว่า

$$\alpha/p = A e^{-Bp/E} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย A และ B เป็นค่าคงที่โดยรวมกันกับ mean free path และศักดาการ ionise แม้จะมีการขัดข้องอยู่ที่ตาม สมมติฐานเหล่านี้โดยการกำหนดค่าของ A และ B อย่างเหมาะสม สมการนี้ก็สามารถให้ค่าที่เหมาะสมอย่างมีเหตุกับค่าที่ได้จากการวัดใน gas ต่าง ๆ ภายใต้ช่วงจำกัดของค่า E/p ผลสำเร็จจากทฤษฎีง่าย ๆ อย่างนี้จะมีจำกัดเนื่องจากความจริงที่ว่าความน่าจะเป็นในการเกิด ionise เมื่อมีการชน และการกระจายพลังงานของ electron ไม่ได้นำเข้ามาคิด

จากข้อดีของการชนทั้งแบบ elastic และ inelastic ซึ่งจะเกิดกับ molecule ของ gas ในการเคลื่อนย้ายข้าม air-gap จะเกิดการกระพริบพลังงานในช่วง steady-state สำหรับสนามไฟฟ้าที่ป้อนให้ คือ เจ็อนไซพลังงาน ที่ได้รับ และโดยทั่ว ๆ ไปพลังงานจะอยู่ในช่วงจาก 0 - α eV ถ้าเราสามารถทราบหรือตั้งสมมติฐานในการกระจายพลังงานเหล่านี้ แล้วเราก็สามารถทราบคุณสมบัติของพลังงานเฉลี่ยในการกระจายนี้ จาก

$$\bar{E} = \int_0^{\alpha} E f(E) dE \quad (3.2)$$

โดย $f(E)$: distribution function

ดังนั้นเพียงบางส่วนของจำนวน electron ทั้งหมดก็มีพลังงานมากกว่าพลังงานการ ionise ของแก๊ส จึงสามารถสร้างการ ionise ขึ้น เราจะพิจารณากรณีการรวมตัวของ electron และการแตกตัวของ ion ในแบบเดียวกับข้างบน ความน่าจะเป็น หรือ cross - section ของการ ionise หรือ การรวมตัวเมื่อเกิดการชน เป็น function ของพลังงาน electron ได้ถูกค้นพบโดยผู้ปฏิบัติงานหลาย ๆ คนโดยใช้วิธี electron - beam ซึ่งจะเป็นกรณีที่มีการชนครั้งเดียว จากที่รู้ ๆ กันว่าความน่าจะเป็นหรือ cross section เป็น function ของพลังงาน electron และการกระจายพลังงานของ electron (จากการสมมติหรือการคำนวณ, ดังนั้น จำนวนการ ionise หรือการรวมตัวต่อวินาที (R) ต่อหน่วยความดันที่ค่า E/p ใด ๆ ที่กำหนดให้ จะคำนวณได้จาก สูตร คือ

$$R/p = \int_0^{\alpha} P(E) U_f(E) dE \quad (3.3)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $P(\epsilon)$: ความน่าจะเป็นของการ ionise หรือการรวมตัวโดย electron ที่มีพลังงาน

U : ความเร็วลอยเลื่อน ซึ่งมีสวนสัมพันธ์กับ

$f(\epsilon)$: distribution function

และถ้า drift velocity ของ electron ข้าม gap เป็น W (cm./sec)

โดยสนามไฟฟ้าที่ข้อนให้มีขนาด E เราจะได้ว่า

$$\alpha/p = R/p \times 1/p = W^{-1} \int_0^\infty P(\epsilon) U_p(\epsilon) d\epsilon \quad (3.4)$$

ซึ่งวิธีการคำนวณแบบนี้จะใช้ใน thesis ฉบับนี้ อย่างไรก็ตามวิธีการข้างบนสามารถดัดแปลงเพื่อให้เป็นสมการของ mean cross section สำหรับการ ionise หรือการรวมตัว, Q_{ϵ} , สำหรับ electron ที่มีพลังงาน - จะได้ว่า

$$Q_{\epsilon} = \frac{\int_0^\infty Q_{\epsilon} U_p(\epsilon) d\epsilon}{\int_0^\infty U_p(\epsilon) d\epsilon} \quad (3.5)$$

โดย Q_{ϵ} = Crps - section สำหรับการที่พิจารณาที่พลังงาน

ในกรณีนี้การวัดค่า α/p หรือ η/p ต้องแปลงให้อยู่ในรูปของ mean cross section เพื่อจะเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณ โดยเราจะใช้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$Q_{\epsilon}^+ = 1/N_0 \cdot W/\bar{U} \cdot \alpha/p \quad (3.6)$$

โดย U . Random velocity เฉลี่ย

N_0 . ความหนาแน่นของอนุภาค gas ที่อุณหภูมิที่สมควร

วิธีการที่จะใช้ในการคำนวณอัตราการรวมตัวคล้ายกับวิธีข้างบน แต่ในตอนนี้เป็นปริมาณในสมการ (3.3) และจะใช้กับประจุลบแทนตัว electron

จากที่ได้อธิบายมาในตอนต้นจะเห็นว่า ความรู้เกี่ยวกับการกระจายพลังงานของ electron หรือ ประจุลบ ซึ่งใช้ พลังงานเฉลี่ย ($\bar{\epsilon}$) และความเร็วลอยเลื่อน (W) ของพวก

มันเป็น function ของ E/p มีความสัมพันธ์กับการคำนวณค่าทางทฤษฎีไม่ว่าจะเป็น α/p , η/p หรือ δ/p ค่าของ \bar{E} และ W ของ electron จะถูกวัดมาจากการทดลองเป็น function ของ E/p ในการพิจารณาการแพร่ของกลุ่ม electron ที่ค่ากระแสต่ำ ๆ ในขณะทำการหาค่า ตัวเดียวที่ค่าต่างของจะหาโดยวิธี electron gate เราต้องจำไว้ว่าการวัดจากการทดสอบอันก่อน ต้องให้ถูกต้องกับการกระจายแบบต่าง ๆ ของพนักงานที่ตั้งสมมุติฐานไว้ และ factor ต่างของการกระจายพลังงานต้องถูกต้องตามทฤษฎีของ Healey และ Read จากความรู้ในการกระจายพลังงานสามารถที่จะคำนวณค่าของ W ที่ค่า \bar{E} หรือ E/p ต่าง ๆ

3.2 มูลฐานของวิธี

มูลฐานสำหรับการหา α/p , η/p และ δ/p (ถ้ามี) เป็นของ Townsend และนักวิจัยคนอื่น ๆ การเติบโตของกระแสเริ่มแรกน้อย ๆ ที่ถูกผลิตโดยโฟตอนซึ่งแทนด้วย I_0 (ธรรมดา 10^{-12} ถึง 10^{-11} A) ถูกวัดเป็นฟังก์ชันของระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด d (ซม.)

ในกรณีของแก๊สที่ไม่เป็นอะน็ทซ์เช่น ไฮโดรเจน การเติบโตของกระแสภายใต้สภาพนี้ สำหรับค่าอันหนึ่งของ E/p สามารถแทนด้วยสมการของ Townsend

$$\frac{I}{I_0} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \delta(e^{\alpha d} - 1)} \quad (3.7)$$

พล็อตแบบ semilogarithm ของกระแส vs ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดจะให้ค่าของ α และ δ

อย่างไรก็ตาม ถ้าการอะน็ทซ์ของอิเล็กตรอนมีอยู่ในแก๊สภายใต้การพิจารณาสมการข้างบนต้องถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อนำการอะน็ทซ์มาเกี่ยวข้องด้วย เราสามารถแสดงว่าในกรณีนี้

$$I = \frac{\alpha \cdot e^{(\alpha-\eta)d}}{\alpha-\eta} - \frac{\eta}{\alpha-\eta} \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนตัวเพื่อการศึกษานั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไม่มีกระบวนการ หรือมีส่วนร่วมน้อยมากสำหรับนิสัยของ d ที่พิจารณา สมการ (3.8) ลดลงเหลือ

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\alpha}{\alpha - \eta} e^{(\alpha - \eta)d} - \frac{\eta}{\alpha - \eta} \quad (3.9)$$

ผลสุดท้าย ถ้ากระบวนการตีแท่งเมทัลของอิเล็กตรอนอยู่ด้วย สมการเป็น

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{A - B} \{ (A + \eta + \delta) e^{A d} - (B + \eta + \delta) e^{B d} \} \quad (3.10)$$

ซึ่ง

$$\left. \begin{array}{l} A \\ B \end{array} \right\} = \frac{1}{2} \{ (\alpha - \eta - \delta) \pm \sqrt{(\alpha - \eta - \delta)^2 + 4\alpha\delta} \} \quad (3.11)$$

บทที่ 4

วิธีการทดลองและความผิดพลาด

4.1 วิธีการทดลอง

4.1.1 การวัดกระแสก่อนเบรคดาว์น

อิเล็กโตรมิเตอร์และชุด high voltage ถูกเปิดเป็นเวลา 24 ชม. และหลอดอุลตราไวโอเล็ตเป็นเวลา 1 ชม. เพื่อให้มันเสถียร แคมเบอร์ถูกสูบออกจนมีความดันประมาณ 5×10^{-6} torr หลังจากการสูบเป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนี้ อัตราการรั่วเสมือนซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะเกิดจากปะเก็นและกำแพงของแคมเบอร์ เท่ากับ 1 mtorr/ชม. หลังจากแยกแคมเบอร์ออกจากระบบการสูบแก๊สที่จะทำการทดลองถูกทำให้รั่วอย่างช้า ๆ จนมีความดันที่ต้องการโดยใช้ oil manometer หรือ micromanometer ขึ้นอยู่กับความดัน เพื่อที่จะทำให้แก๊สแห้งมากขึ้นอีก เราใช้ส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือไนโตรเจนเหลวใส่ไว้ใน cold trap ระหว่างแคมเบอร์และหน่วยที่เติมแก๊ส

กระแสถูกวัดโดยใช้ gap d คงที่และแปร v เพื่อให้ได้ E/p ต่าง ๆ วิธีการทดลองที่เหมือนกัน ถูกใช้สำหรับ d อีกอันหนึ่งจนกระทั่งกลุ่มทั้งหมดของเคปสำหรับความดันนั้น ๆ ได้ระยะของ d ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นจาก 0.1 ถึง 4 ซม. ระหว่างทำการทดลองแต่ละครั้งกระแสตรวจสอบอย่างช้าช้า สำหรับค่าอันเดิมและความเข้มของหลอดอุลตราไวโอเล็ตและเสถียรภาพของชุด high voltage ถูกสังเกตอย่างใกล้ชิดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

4.1.2 การวัดการเบรคดาว์น

วงจรรีอิเล็กโตรมิเตอร์ถูกแทนโดย galvanometer วิธีการทดลองในการเติมแก๊สและการสูบเป็นเช่นเดียวกับการวัดกระแสก่อนเบรคดาว์น หลังจากตั้ง gap ให้มีระยะห่างตามที่ต้องการค่าที่ใกล้เคียงของโวลเตจเบรคดาว์นถูกพบโดยการเข้าหามันจากข้างบน โวลเตจเบรคดาว์นที่แท้จริง หลังจากนั้นถูกพบโดยการค่อย ๆ ลดโวลเตจจนกระทั่งโวลเตจอันแรกที่ให้การล่าช้าของเวลา (ไม่ใช่ time lag) เท่ากับ 30 วินาทีถูกดึงไป เราถือว่าอันนี้เป็นไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลเตจเบรคควานที่ขีดเริ่ม เราพบว่าวิธีนี้ทำให้ได้โวลเตจเบรคควานที่สามารถทำซ้ำได้อีกถึง 0.5%

4.2 การวิเคราะห์ความผิดพลาด

4.2.1 ความเสถียรของการปลดปล่อยโดยโฟตอนจากคะโอด

เนื่องจากการแปรของการปลดปล่อยโดยโฟตอนจากคะโอด ระหว่างการทำ การทดลองครั้งหนึ่ง จะมีผลโดยตรงต่อความชันเฉลี่ยของการลงจุด $\log I, d$ และดังนั้นต่อค่า ของสัมประสิทธิ์ การทดสอบอย่างกว้างขวาง เพราะฉะนั้น จึงจำเป็นเพื่อจะได้อ่านความเสถียร ของการปลดปล่อยจากผิวของคะโอดทั้งสอง เป็นเวลาหลายชั่วโมง เนื่องจากการวัด work function เฉลี่ยของคะโอดเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เราจึงตัดสินใจที่จะวัด "กระแสการอ้อม ตัว" ภายใต้อัตมาที่ต่ำ เนื่องจากอันนี้เป็นเครื่องวัดกระแส I_0 การวัดเช่นนี้ถูกกระทำทั้งใน สูญญากาศและด้วยชนิดของแก๊สต่าง ๆ ในแชมเบอร์

จากการทดลองนี้เราพบว่าผิวของแพลตตินัมสามารถจะถูกทำให้เสถียรเป็น 3 ถึง 5% เป็นเวลาหลายชั่วโมงโดยการฝังอย่างต่อเนื่องในแสงอุลตราไวโอเล็ตเป็นเวลาประมาณ 15 ถึง 30 นาที ภายใต้อัตมาที่ใช้ที่ต่ำ (2 - 3 ลิบโวลท์ถึง 2 - 3kV ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊ส) ในกรณีของคะโอดที่เป็นทอง อีกฝ่ายหนึ่งการปฏิบัติเช่นนี้ต้องการสำหรับคาบ 30 ถึง 45 นาที อย่างไรก็ตามสำหรับคะโอดทั้งสอง เราสังเกตว่าการปลดปล่อยลดลงเป็นระดับหนึ่งหรือมากกว่า เมื่อเกิดการสปาร์คในอ็อกซิเจน นอกจากนี้การผ่านกระแสที่สูง ($>10^{-7}$ A) แม้แต่เป็น เวลาสั้น ๆ (~ 1 นาที) ทำให้เกิดการล่องในการปลดปล่อยการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ อย่างไรก็ตามเป็นการชั่วคราวเท่านั้น และเมื่อเราทำให้กระแสหยุดไหลและการฉายแสงถูกเอาออกไปคะโอดโดยทั่ว ๆ ไปกลับไปยังสภาพเดิมของการปลดปล่อยหลังจากเวลา 10 ถึง 15 นาทีซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เราสังเกตในการศึกษาบางครั้งที่แล้ว ๆ มา

สุดท้ายนี้เราสังเกตว่าการปลดปล่อยโดยโฟตอนของคะโอดทั้งสองสามารถถูกเพิ่มขึ้น เป็นระดับของขนาดหรือมากกว่าโดยการผ่าน glow discharge ที่ความดันต่ำ (0.5 - 2 torr) ในไฮโดรเจนที่กระแสประมาณ 10 mA เป็นเวลา 15 ถึง 30 นาที โดยสังเกตวิธี การทำให้เสถียรดังที่ได้แสดงมาข้างบนและการหลีกเลี่ยง การผ่านของกระแสที่สูงหรือสปาร์ค

การวัดที่คงเส้นคงวาของกระแสไอโอไนส์สามารถได้ในแก๊สที่ถูกศึกษา (การวัดซ้ำเป็นประมาณ 2 ถึง 3% สำหรับกะโถดที่เป็นแพลตตินัม 3 ถึง 5% สำหรับกะโถดที่เป็นทอง)

4.2.2 ความผิดพลาดของโวลเตจ ความดัน และการตั้ง gap

4.2.2.1 การตั้งโวลเตจ

เราเห็นได้จากตอน 3.3.2 แล้วว่าการวัดโวลเตจที่ใช้กับ ionisation chamber ตั้งอยู่บนมูลฐานที่เราต้องรู้ความต้านทานของ potential divider chain ไปถึงจุดที่ tap ต่าง ๆ และการวัดอย่างแม่นยำของกระแสที่ไหลผ่าน chain ความต้านทานของ chain จนถึงจุด tap ต่าง ๆ รู้ได้ด้วยความแม่นยำ 0.3% ขณะที่ความแม่นยำในการวัดกระแสถูกจำกัดโดยความแม่นยำของ potential divider box ขนาด 10 k (0.1%) ดังนั้นโวลเตจจาก divider chain อันนี้ถูกประกอบขึ้นหลายปีมาแล้ว ตัวต้านทานถูกทำให้แก่ เข้าโดยการใช้ และดังนั้นความผิดพลาดเนื่องจากการล่องในค่าของตัวต้านทานแต่ละตัวสามารถตัดทิ้งได้ ข้อสรุปนี้ถูกนิรนัยต่อไปโดยการวัดความต้านทานของ chain ระหว่างจุด tap 2 จุด ระหว่างวิถีทางของงานนี้ อย่างไรก็ตามความผิดพลาดอีกอย่างเป็นไปได้ เนื่องจากโวลเตจจรอบที่ครอบตัวต้านทาน 80 M ในวงจรที่ทำให้คลื่นเรียบ (ดูรูป 4.8) เนื่องจากกระแสรั่วในคาปาซิเตอร์ที่ทำให้เรียบและ high voltage bushing และจากกระแสของการ ionisation เมื่อมันมีค่ามากกว่า 10^{-8} A กระแสคั้งในคาปาซิเตอร์ที่ทำให้เรียบและ bushing ถูกตรวจเป็นครั้งคราวและพบว่ามีค่า 10^{-8} A ดังนั้น การจรอบของคักดีสูงสุดเนื่องจากอันนี้เป็น $\sim 4V$ และสำหรับคักดีที่ใช้ที่มีค่า 2 - 3 kV หรือมากกว่าเท่ากับเป็นความผิดพลาดที่ตัดทิ้งได้ นอกจากนี้แถวของหลอดทั้งสะเต็นขนาด 100 วัตต์รอบ ๆ bushing ถูกพบว่าลดกระแสรั่วเนื่องจากอากาศที่ขึ้น

4.2.2.2 การตั้งความดัน

ตั้งที่ได้ตกลงไว้ในบทที่ 3 องกลสำหรับวัดความดัน 2 อันถูกใช้ในการศึกษานี้ นั่นคือ แมนโนมิเตอร์น้ำมันสำหรับนิสัยความดัน 10 ถึง 20 torr และไมโครแมนโนมิเตอร์สำหรับนิสัยความดัน 50 torr ถึงความดันบรรยากาศ แมนโนมิเตอร์น้ำมันสามารถถูกอ่านได้แม่นยำกว่า 0.1 torr และดังนั้นสำหรับความดันระหว่าง 10 และ 20 torr อันนี้ แทนความผิดพลาดน้อยกว่า 1% อีกฝ่ายหนึ่ง ความแม่นยำของไมโครแมนโนมิเตอร์ ถูกตัดสินโดยความแม่นยำของ

การอ่านแมนโนมิเตอร์ปรอท และอันนี้สามารถทำได้ถึง 0.5 torr นอกจากนี้เราสังเกตว่าหลังจากการ warm up การล่องของความถี่ของ oscillator ตัดทิ้งได้ ดังนั้นความผิดพลาดในการวัดความดัน 50 torr เป็น 1% และลดลงตามลำดับการเพิ่มความดัน

ให้เราพิจารณาเดี๋ยวนี้ เกี่ยวกับขีดจำกัดของระบบสุญญากาศจากการพิจารณาการรั่วและสิ่งเจือปนที่เป็นไปได้ เราได้แกลงแล้วว่าความดันสุดท้ายในระบบอยู่ระหว่าง $5 / 10^{-5}$ และ 10^{-5} torr ดังนั้นสำหรับการเติมแก๊สเข้าไป 20 หรือ 30 torr อันนี้เป็นสิ่งเจือปนที่ยังเหลืออยู่เท่ากับ 1 ใน 10^7 ส่วนและมีความบริสุทธิ์เป็น 99 และ 99.95% เนื่องจากแก๊สที่ใช้ในการศึกษา (ฮีลียมและไฮโดรเจน) ถูกบรรจุอยู่ในถังรูปทรงกระบอก สิ่งเจือปนที่ยังเหลืออยู่นี้ไม่สำคัญ แม้ในกรณีที่แก๊สบริสุทธิ์แบบ spectroscopical ถูกใช้ตัวเลขข้างบนแทนความจุ (content) ของสิ่งเจือปนในตัวอย่างของแก๊สอีกฝ่ายหนึ่งอัตราการรั่วเสมือนเท่ากับ $\sim 10^{-5}$ torr/ชม. แทนขีดจำกัดอันแท้จริงของระบบที่ความดันต่ำ

4.2.2.3 การตั้ง gap

ระยะของ gap สามารถวัดได้และตั้งอย่างคงเส้นคงว่าโดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่ถูกต้องอย่างแน่นอน โดยมีความแม่นยำเท่ากับ 0.001 ซม. แม้ว่าในทางปฏิบัติการตั้งแต่ละครั้งสามารถถูกกะประมาณได้ถึง 0.0005 ซม. ดังนั้นที่ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดเท่ากับ 1 มม. ซึ่งเป็น gap ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการศึกษา อันนี้แทนความผิดพลาดเท่ากับ 1% การตั้งให้ขนานกัน ของอิเล็กโทรดสามารถทำได้ด้วยความแม่นยำ 0.001 ซม. โดยการใช้นิ้ว slip gauge ที่แม่นยำ

เพราะฉะนั้น เราสรุปได้ว่าค่าของ E/p ระหว่างชุดหนึ่งของการวัดกระแสสามารถถูกทำให้คงที่ภายใน 2 - 3% ภายใต้สภาพที่ไม่ดีนัก ขณะที่ภายใต้สภาพที่ดี ($p = 150$ ถึง 300 torr และ $d > 1$ ซม.) มันสามารถถูกตั้งให้มีความแม่นยำภายใน 1%

4.2.3 ความผิดพลาดในการวัดกระแส

เนื่องจากการคำนวณของ α/p , η/p และ δ/p ขึ้นกับความชันเฉลี่ยหรือส่วนโค้งของการลงจุดของ $\log I, d$ เราควรจะสังเกตว่าความรู้เกี่ยวกับค่าสัมบูรณ์ของกระแสไอออนไนส์ไม่จำเป็น กระแสก่อนเบรคดาวน์สามารถวัดได้ด้วยความแม่นยำสัมพัทธ์เท่ากับ 1% ซึ่งเป็นความแม่นยำของมิเตอร์ต่ำกว่ามาตรฐานที่ใช้ในการวัดเอาท์พุทของเครื่อง ค่าสัมบูรณ์ของตัว

ด้านทานอินพุทที่มีเสถียรภาพสูงสามารถวัดตั้งได้กล่าวมาแล้วข้างบน จากการวัดเช่นนี้ซึ่งกระทำบ่อย ๆ เราพบว่าการล่องในค่าของตัวต้านทานเหล่านี้ตัดทิ้งได้เมื่อเวลาผ่านไปหลายสัปดาห์ เนื่องจากการล่องของเลข 0 ของอิมพีแดนซ์อินพุท ความผิดพลาดเนื่องจากอันนี้สามารถตัดทิ้งได้ อย่างไรก็ตามความผิดพลาดอีกอันหนึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการขึ้น ๆ ลง ๆ ของ I_0 และ ดังนั้น reproducibility ของการวัดกระแส

4.2.4 ความผิดพลาดเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของสนาม

นอกจากความไม่สม่ำเสมอของสนามในบริเวณตอนกลางของ gap เนื่องจากรูปร่างของอิมพีแดนซ์ ผลเนื่องจากรูปร่างของโหนดและสนามของประจุระหว่างที่เป็นไปได้จะต้องถูกพิจารณาในการประเมินใด ๆ ของสนามที่ใช้

ขณะที่การวิเคราะห์อย่างละเอียดของการบิดเบือนของสนามเนื่องจากรูปร่างของโหนดค่อนข้างยุ่งยาก ข้อสังเกตที่มีประโยชน์แต่กระนั้นสามารถจะได้จากการสมมติว่าความไม่สม่ำเสมอของสนามที่เกิดขึ้นสามารถจะถูกทดแทนได้โดยสนามที่ถูกทำให้สูงขึ้น ที่คงที่กระทำเป็นระยะทางที่จำกัดจากอะโนด จากการพิจารณาเช่นนี้ peacock ได้แสดงไว้ว่าความผิดพลาดเป็น % ที่เกิดขึ้นในกระแสไอออน เป็นอัตราส่วนกับผลคูณของความดันและระยะทาง Δd ที่สนามที่ถูกทำให้สูงขึ้นกระทำ และมีค่าคงที่สำหรับการลงจุดอันหนึ่งของ $\log I_0, d$ สำหรับค่าคงที่ ๆ กำหนดให้ของ E/p และความดัน ถ้าระยะห่างระหว่างอิมพีแดนซ์ $d \gg \Delta d$ ในทางปฏิบัติ Δd สามารถจะคาดได้ว่า < 1 มม. อันนี้จะถูกพิจารณาอีกในตอนหลัง เมื่อการวัดที่ 300 torr ในอีกซิเจนถูกพิจารณา

เมื่อกล่าวถึงอิทธิพลของสนามของประจุระหว่าง Bandel ได้แสดงว่าสำหรับกระแสแรกเริ่มระหว่าง $2 * 10^{-12}$ และ 10^{-11} A ผลของประจุระหว่างจะไม่มีอำนาจเหนือจนกระทั่งกระแส 10^{-4} A ถูกตั้ง ในการศึกษานี้ I_0 มีค่า 10^{-11} หรือน้อยกว่า และกระแสสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ $< 10^{-8}$ A ดังนั้นกระแสที่ถูกทำให้สูงขึ้นโดยประจุระหว่างจะไม่ถูกคาดหวังไว้

4.2.5 ความผิดพลาดใน α/p , η/p และ δ/p

(ก) ความผิดพลาดที่เกิดจากความไม่แม่นยำใน p , d และ V

ในตอน 4.2.2 เราได้แสดงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัด p, d และ V ในการศึกษาทำให้เกิดความผิดพลาด 2 - 3% ใน E/p เนื่องจาก α/p เป็นฟังก์ชันแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ E/p ในบริเวณที่เราสนใจในแก๊สที่ถูกศึกษา ความผิดพลาดเช่นนี้จะทำให้เกิดผลมาก กับค่าของ α/p การกะประมาณความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถจะทำได้โดยง่ายถ้าเราสมมุติว่า

$$\alpha/p = A \exp(-Bp/E) \quad (4.1)$$

ดังนั้นสิ่งที่ติดตามมาคือ

$$\frac{\Delta(\alpha/p)}{\alpha/p} = \frac{B}{E/p} \frac{\Delta(E/P)}{E/P} \quad (4.2)$$

ดังนั้นยกตัวอย่างเช่น E/p มีค่า 30 ถึง 50 ในอ็อกซิเจน $A \approx 1.8$ และ $B \approx 214$ ความผิดพลาดที่คงเส้นคงวาเท่ากับ 2% ในค่าของ $\frac{E}{P}$ ที่ $\frac{E}{P}$ เท่ากับ 40 (เนื่องจากความผิดพลาด ที่คงเส้นคงวาใน p, d หรือ V) จะทำให้เกิดความผิดพลาดเท่ากับ 11% ในค่าของ α/p ที่วัดได้

อีกฝ่ายหนึ่งการวิจัยที่ทำมานานแล้วชี้ว่าในอ็อกซิเจน η/p เป็นฟังก์ชันที่แปรซ้ำสำหรับบริเวณที่เราสนใจ ดังนั้นถ้าเราสมมุติความสัมพันธ์แบบลิเนียร์ในรูป

$$\eta/p = \text{constant} \times E/p \quad (4.3)$$

เราจะเห็นว่า

$$\frac{\Delta(\eta/P)}{\eta/P} = \frac{\Delta(E/P)}{E/P} \quad (4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นความผิดพลาดที่สูงสุดใน η/p เนื่องจากความผิดพลาดในการตั้ง E/p สามารถจะ เป็น
ประมาณ 2%

เนื่องจากเราไม่มีเคฟของ δ/p vs E/p ที่ได้มาจากวิธี steady state ของ
Townsend เราจึงไม่สามารถจะประมาณความผิดพลาดของ δ/p เนื่องจากการตั้ง E/p
แต่เราเชื่อว่าความผิดพลาดเช่นนี้จะอยู่ระหว่างกลางความผิดพลาดเนื่องจาก α/p และ η/p

(ข) ความผิดพลาดเนื่องจากความไม่แม่นยำในการวิเคราะห์ของเคฟของ $\log_{10} I$
vs d

เนื่องจากยังมีการโต้เถียงกันเกี่ยวกับการตีแก้ของอิเล็กตรอนในอีกซิเจนว่า จะมี
หรือไม่ สำหรับเหตุผลที่เราจะพิจารณาภายหลัง มี 2 วิธีในการวิเคราะห์เคฟ ของ \log
 I, d นั่นคือการวิเคราะห์ซึ่งพิจารณาการไอไอไนส์และการระเหยของ อิเล็กตรอนเท่านั้น
และการวิเคราะห์ที่รวมการตีแก้ของอิเล็กตรอนด้วย

ความผิดพลาดในการหาค่า α/p และ η/p ในวิธีแรกถูกประมาณว่าเป็น 15%
มูลฐานของการกะประมาณคือการเบี่ยงเบนของค่าจากค่าเฉลี่ยของค่าตอบหลายๆ อันของเคฟที่
เป็นตัวแทน ($E/p = 97$ $p = 75$) (สำหรับวิธีการวิเคราะห์ที่ดู Sukum)

ความผิดพลาดในการหาค่าของ α/p , η/p และ δ/p ในการวิเคราะห์วิธีหลัง
ถูกกะประมาณเท่ากับ 15% สำหรับ α/p และ η/p และ 25% สำหรับ δ/p อีกครั้งหนึ่ง มูลฐานของ
การกะประมาณคือการหาค่าการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของการคำนวณที่เป็นอิสระหลายครั้ง

บทที่ 5

Calibration ของอุปกรณ์

5.1 คำนำ

เพื่อเป็นการจัดแจงหรือการเจรจาขั้นต้นก่อนที่จะถึงการทดลองที่ใหญ่ ที่ถูกกระทำใน อุปกรณ์นี้ เป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จะอธิบายเกี่ยวกับการทดลองที่กระทำเพื่อจะทำให้แน่ใจว่า อุปกรณ์อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากการตัดแปลงแก้ไขอุปกรณ์เพื่อว่า อุปกรณ์ปราศจากความผิดพลาดแบบ systematic การทดลองเช่นนี้ถูกกระทำบ่อย ๆ แม้ว่าจะไม่มีการตัดแปลงแก้ไขอุปกรณ์

ที่การเริ่มต้นของการวิจัยนี้ ไอโดรเจนเป็นแก๊สที่ดีที่สุดที่จะใช้สำหรับการ calibration ของอุปกรณ์ เนื่องจากความเชื่อถือได้ของค่า α/p ในแก๊สนี้ที่ถูกให้โดย Hopwood และคณะและ Rose ซึ่งค่าของ α/p เข้ากันได้ภายใน 3% เมื่อผลที่ได้เหลื่อมล้ำกัน

5.2 มูลฐานของการวิเคราะห์และความผิดพลาด

5.2.1 มูลฐานของการวิเคราะห์

มูลฐานของการวิเคราะห์ของเคฟ $\log I, d$ อันหนึ่งคือสมการของ Townsend ที่ใช้ได้ทั่ว ๆ ไปสำหรับค่าของ Σ/p อันหนึ่ง

$$\frac{I}{I_0} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (5.1)$$

เมื่อมีการมีส่วนร่วมเนื่องจากกระบวนการทุติยภูมิ () ตัดทิ้งได้ อันนี้ลดลงเป็น

$$\frac{I}{I_0} = e^{\alpha d} \quad (5.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ค้า การค้า
 ดังนั้นการลงจุด $\log I, d$ จะให้เส้นตรงอันหนึ่งโดยมี intercept I_0 และ slope α
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ความผิดพลาด

เนื่องจากความผิดพลาดเนื่องจากการวิเคราะห์น้อย เพราะความง่ายของการเฉลี่ย ความผิดพลาดแบบSystematicที่เกิดจากความไม่แม่นยำของ p, d หรือ V และดังนั้น E/p ความผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับการวัด เนื่องจากความผิดพลาดใน E/p จะใหญ่เนื่องจากรูปแบบ เอ็กซ์โปเนนเชียลของเคฟ α/p vs E/p ดังในตอน 4.2.5 ถ้าสำหรับแก๊สที่ไม่เป็น attaching เราสมมุติอีกว่า

$$\alpha/p = Ae^{-Bp/E} \quad (5.3)$$

ดังนั้นความผิดพลาดที่ค่าใดค่าหนึ่งของ E/p สามารถจะเห็นได้ง่าย ว่า

$$\frac{\Delta(\alpha/p)}{\alpha/p} = \frac{B}{E/p} \frac{\Delta(E/p)}{E/p} \quad (5.4)$$

ดังนั้น ความผิดพลาดในค่า α/p ถูกพบว่าเป็นอัตราส่วนผกผันกับ E/p ดังนั้นเช่นในฟิล์มของ E/p จาก 15 ถึง 40 ในไอโตรเจนซึ่ง $A = 5$ และ $B = 138$ ความผิดพลาดที่คงเส้นคงวาเท่ากับ 1% ในค่าของ E/p ที่ E/p เท่ากับ 20 (เนื่องจากความผิดพลาดอย่างคงเส้นคงวาของ p, d หรือ V) จะทำให้เกิดความผิดพลาดเท่ากับ 7% ในค่าที่วัดได้ของ α/p อีกฝ่ายหนึ่งความผิดพลาดของ α/p ที่ E/p เท่ากับ 30 จะเป็น 3.5% เท่านั้น ดังนั้นเป็นที่แน่ชัดว่าเพื่อจะได้การ calibrate ที่แม่นยำที่สุดของ อุปกรณ์เรา ควรจะทำการทดลองที่ E/p ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.3 วิธีการทดลองและผลที่ได้

วิธีการทดลองสำหรับการ calibrate เหมือนกับวิธีการทดลองใหญ่ทุกประการ แคมเบอร์ถูกสูบออกจนความดันเหลือ $\sim 5 \cdot 10^{-6}$ torr โดยมีอัตราการรั่วเสมือนเท่ากับ 1 mtorr/ชม. โดยใช้เครื่องสูบลำ ionization gauge ระบบการสูบถูกเอาออก และแก๊สไอโตรเจนในรูปแบบที่ถูกอัด (ในถังรูปทรงกระบอก) และมีความบริสุทธิ์ 99.95% จ่ายโดยบริษัท BOG ถูกปล่อยให้รั่วอย่างช้า ๆ เข้าไปในแคมเบอร์หลังจากถูกผ่าน cold trap ที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรจุส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซด์แห้งและอาซิโทนเพื่อจะกำจัดไอน้ำที่มีกระแสก่อนเบรคดาว์น ถูกวัดสำหรับ E/p ในพิสัย 18 ถึง $25 \text{ v cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$ (ดูตอน 5.2) โดยใช้เคโอด ที่เป็นแพลตตินัมที่ $p = 100$ และ 300 torr ผลของการวิเคราะห์ เค็มเหล่านี้ถูกทำเป็นตาราง ในตาราง 5.1 นอกจากนี้เมื่อตอนเริ่มต้นทำการวิจัยนี้ การวัดโวลเตจเบรคดาว์นถูกกระทำที่ $p = 100 \text{ torr}$ และอันนี้เข้ากันได้กับผลของHopwood และคณะภายใน 1%

5.4 การวัดในโโตรเจน

การวัด 2 - 3 ครั้งค่าของ $\alpha \cdot p$ ในโโตรเจนถูกกระทำเพื่อเป็นการตรวจสอบอีกครั้ง หนึ่งสำหรับอุปกรณ์ที่ $p = 10 \text{ torr}$ การวิเคราะห์เหล่านี้แสดงว่าค่าที่ได้เข้ากันได้กับค่าของ Masch ภายใน 6% ดังนั้นจึงเป็นยืนยันอย่างหยาบ ๆ ของความน่าเชื่อถือได้ของอุปกรณ์

5.5 การพิจารณาผลที่ได้ในโโตรเจนและข้อสรุป

จากตาราง 5.1 เราพบว่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่าของ α/p ที่ได้จากการทดลองเพื่อ calibrate กับข้อมูลของ Hopwood และคณะเท่ากับ 4% เท่านั้น อันนี้ชี้ความแม่นยำในการตั้ง p, d และ V ในงานนี้ นอกจากนี้เราเห็นจากเค็มของกระแสก่อนการเบรคดาว์นว่า I_0 มีความเสถียรในโโตรเจนเนื่องจากการต่อเค็มของ $\log I, d$ สำหรับความดันอันหนึ่งทำให้เกิดจุดร่วมบนแกน I

จากการทดลองเพื่อ calibrate อุปกรณ์ในโโตรเจนบ่อย ๆ ตลอดงานนี้ตั้งนั้น จึงเห็นว่าความผิดพลาดแบบ systematic เนื่องจากความไม่แม่นยำในการตั้ง p, d หรือ V สามารถหลีกเลี่ยงได้

ตาราง 5.1

ค่าของ α/p ในไอโครเจนที่ 300 torr เปรียบเทียบกับของ

Hopwood และคณะ

ค่าปัจจุบัน	ค่าของ Hopwood และคณะ	E/p
$\text{cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$	$\text{cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$	$V \text{ cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$
0.00344	0.00336	18
0.00517	0.00507	18
0.00712	0.0074	20

บทที่ 6

การพิจารณา

6.1 ข้อความแนะนำ

ในบทนี้เหตุผลสำหรับการสงสัยว่าไม่มีการตีแก้ชพสมควรในอ็อกซิเจน จะถูกให้ นอกจากนี้เนื่องจากความสำคัญของความรู้ที่แม่นยำของ I_0 เพื่อจะได้ความแม่นยำที่ต้องการของค่าของ η/p จากเคฟของกระแสก่อนเบรคดาวที่ E/p อันหนึ่งไม่สามารถจะถูกเน้นมากเกินไป พารามิเตอร์อันนี้จะถูกพิจารณาอย่างละเอียด พร้อม ๆ กับอันนี้ วิธีของการหาค่าของ η/p จากการวัดกระแสก่อนเบรคดาวที่ไม่ใช่ I_0 เป็นปริมาณที่ทราบค่า (กะประมาณหรือต่อเคฟออกไป) (เช่น วิธีของ Least Squares) จะถูกพิจารณาด้วย

ผลของการหาค่าทางทฤษฎีของ α/p และ/หรือ η/p และ/หรือ δ/p สำหรับแก๊สต่าง ๆ กัน โดยใช้ฟังก์ชันของการแจกแจงทั้งแบบ Maxwell และ Druyvesteyn จะถูกพิจารณาด้วย

6.2 การพิจารณาผลของการหาค่าทางทฤษฎีของ $\alpha/p, \eta/p$ และ δ/p ในแก๊สต่าง ๆ กัน

ผลของการหาค่าทางทฤษฎีของ α/p และ/หรือ η/p และ/หรือ δ/p ในอ็อกซิเจน คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน ฮีเลียม อาร์กอนและนีออนโดยใช้ทั้งการแจกแจงแบบ Maxwell และ Druyvesteyn ที่ถูกให้ในบทที่ 1 ตอน 1.4 จะถูกพิจารณาด้วย ผลของการคำนวณแสดงเป็นกราฟ สำหรับแก๊สอ็อกซิเจน (รูปที่ 8.1, 8.2 และ 8.3) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (รูปที่ 8.4, 8.5) คาร์บอนไดออกไซด์ (รูปที่ 8.6, 8.11) ไฮโดรเจน (รูปที่ 8.7) ฮีเลียม (รูปที่ 8.9) อาร์กอน (รูปที่ 8.8) และนีออน (รูปที่ 8.10)

สำหรับแหล่งที่มาของพื้นที่หน้าตัด, w และ \bar{E} ที่ใช้ในการคำนวณเป็นดังต่อไปนี้

ลำดับ	แก๊ส	พื้นที่หน้าตัด		w และ \bar{E}	
		α, η	δ	α, η	δ
1.	ออกซิเจน	α, η	δ	α, η	δ
		Asundi et al	Hasted and Smith	Healey and Kirkpatrick	a) Frommhold, L b) Wannier
2.	คาร์บอนมอนอกไซด์	Asundi et al absolute		Skinker and White	
3.	คาร์บอนไดออกไซด์	Asundi et al absolute		Skinker	
4.	ไฮโดรเจน	Asundi and Kurepa		Townsend and Bailey	
5.	ฮีเลียม	Asundi and Kurepa		Townsend and Bailey	
6.	อาร์กอน	Asundi and Kurepa		Townsend and Bailey	
7.	นีออน	Asundi and Kurepa		Bailey	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.1 ผลในอ็อกซิเจน

ผลของการคำนวณของ α/p , η/p และ δ/p ในอ็อกซิเจนถูกแสดงในรูปที่ 8.1, 8.2 และ 8.3 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าที่คำนวณได้สำหรับ η/p ไม่เป็นฟังก์ชันของ E/p สำหรับการแจกแจงแบบ Maxwell ค่าที่วัดได้สำหรับ η/p จากงานนี้และของ Prasad และ Craggs ก็ (อย่างใกล้เคียง) ไม่ขึ้นกับ E/p ด้วย ดังนั้นจึงเป็นการสม เหตุผลที่จะสรุปว่าการแจกแจงทางด้านพลังงานของอิเล็กตรอนเป็นแบบ Maxwell ถ้าข้อมูลของพื้นที่หน้าตัดของการแตกที่ซีเมนต์ของ ASUNDI และคณะถูกต้อง ความแตกต่าง ของค่าของ α/p ที่วัดได้และค่า สำหรับการแจกแจงแบบ Maxwell มากกว่าความ แตกต่างในกรณีของ η/p แต่อันนี้อาจจะเป็นเพราะความผิดพลาดในข้อมูลที่ใช้คำนวณ เนื่องจากการคำนวณ α/p ต้องใช้ส่วนหางของการแจกแจงซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปจากรูปร่างที่แท้จริงเป็นอย่างมาก ถ้าพลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอนที่วัดได้ไม่ถูกต้อง เป็นต้น

ในรูปที่ 8.8 สำหรับ δ/p ค่า δ/p ที่วัดได้โดย Frommhold ไม่เข้ากันกับค่าที่ คำนวณ อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของการแตกที่ซีเมนต์ที่ใช้มีการกระจายของ จุดทดลอง มาก และพลังงานของไอออนเฉลี่ยถูกคำนวณจากสูตรของ Wannier แทนที่จะได้จากการทดลอง จึงเป็นการยากที่จะสรุปถึงการแจกแจงทางด้านพลังงาน ของไอออนลบในอ็อกซิเจน

6.2.2 ผลในคาร์บอนมอนอกไซด์

ผลของการคำนวณทางทฤษฎีของ α/p และ η/p ซึ่งใช้พื้นที่หน้าตัดของการไอออไนส์และแตกที่ซีเมนต์ของ Asundi และคณะและความเร็วตามยถากรรมและการล่องของ Skinker และ White ถูกแสดงในรูปที่ 8.4 และ 8.5 ตามลำดับ ในรูปเหล่านี้ ค่าจากการวัดของ α/p และ η/p โดย Bhatta และ Craggs ถูกลงจุดด้วย จะเห็นว่าค่า α/p ที่คำนวณได้เข้ากันกับค่าที่วัดได้ถ้าการแจกแจงของพลังงานของอิเล็กตรอนเป็นแบบ Maxwell ที่ $E/p = 46$ ค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้เข้ากันได้พอดี อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้ของ α/p สำหรับการแจกแจงแบบ Druyvesteyn เป็น 4 ระดับเป็นอย่างน้อย รูปร่างของเคปสำหรับการแจกแจงทั้งสองแสดงให้เห็นว่า สำหรับ E/p ที่เลขค่าอันหนึ่ง (ประมาณ 100) จะเป็นการยากที่จะพูดว่า การแจกแจงเป็นแบบ Maxwell หรือ Druyvesteyn

ผลของการคำนวณในงานนี้สำหรับ η/p ค่าที่วัดได้และค่าที่คำนวณได้เข้ากันไม่ค่อยได้ แม้ว่าการเข้ากันได้ในการนิยามของการแจกแจงแบบ Maxwell จะมากกว่าการแจกแจงแบบ Druyvesteyn มาก ค่าจากการทดลองเอามาจากข้อมูลของ Bhalla และ Craggs อีกครั้งหนึ่ง อย่างก็ดีความชันของเคฟในการนิยามของ Maxwell เกือบจะเท่ากับความชันที่ได้จากจุดการทดลอง ขณะที่การแจกแจงแบบ Druyvesteyn ให้ค่าที่แปรเร็วมากของ η/p กับ E/p อีกครั้งหนึ่งเราจะคาดว่าที่ E/p สูง ๆ (> ประมาณ 70) จะเป็นการยากที่จะเห็นความแตกต่างระหว่างการแจกแจงทั้งสอง

6.2.3 ผลในคาร์บอนไดออกไซด์

ผลของการคำนวณค่าของ α/p และ η/p ในคาร์บอนไดออกไซด์ถูกแสดงในรูปที่ 8.6 และ 8.11 ตามลำดับซึ่งข้อมูลจากการวัดของ Bhalla และ Craggs ถูกรวมเข้าไว้ด้วย ค่าที่วัดได้ของ α/p โดย Schlumbohm ไม่ถูกลงจุดในรูปที่ 8.6 เนื่องจากค่าเหล่านี้เข้ากันได้กับค่าของ Bhalla และ Craggs พื้นที่หน้าตัดที่ใช้ สำหรับงานนี้เป็นของ Asundi และ คณะ และความเร็วของการล่องและความเร็วตามยถากรรมเป็นของ Skinker ค่าที่คำนวณได้ของ Asundi และ Craggs ถูกรวมเข้าไว้ด้วย จะเห็นว่าค่าที่คำนวณได้ของ Asundi และ Craggs เข้ากันได้ดีกับงานนี้ สำหรับการแจกแจงแบบ Maxwell แม้ว่าการเข้ากันได้ในการนิยามของ Druyvesteyn ไม่ค่อยจะดี ค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าที่วัดได้มาก อย่างไรก็ตามในการคำนวณทั้งสอง การเข้ากันได้ระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณไม่ได้ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการแจกแจงทาง พลังงานของอิเล็กตรอนในคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เป็นทั้งแบบ Maxwell และ Druyvesteyn

ค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้ของ η/p ถูกแสดงในรูปที่ 8.11 ค่าที่วัดได้เอามาจาก Bhalla และ Craggs เคฟแสดงว่าการแจกแจงของพลังงานของอิเล็กตรอนในคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแบบ Maxwell อีกครั้งหนึ่งค่าที่คำนวณได้ในงานนี้และข้อมูลของ Asundi และ Craggs เข้ากันได้ดีสำหรับการแจกแจงแบบ Maxwell

จากการพิจารณาข้างบนนี้ ดูเหมือนว่าในคาร์บอนไดออกไซด์การแจกแจงทาง พลังงานของอิเล็กตรอนเป็นแบบ Maxwell สำหรับบริเวณที่พลังงานต่ำและมีทางที่ค่อนข้างจะชันกว่าทางของการแจกแจงแบบ Maxwell

6.2.4 ผลในไอโครเจน

ค่าทางทฤษฎีของ α/p ในไอโครเจนถูกแสดงในรูปที่ 8.7 รวมทั้งค่าที่คำนวณได้โดย Emeleus และคณะซึ่งใช้ฟังก์ชันเชิงเส้นตรงของพื้นที่หน้าตัดของการไอไอไนส์จะเห็นว่าค่าที่คำนวณได้ในงานนี้โดยใช้ค่าที่วัดได้ของพื้นที่หน้าตัดของการไอไอไนส์ของ Asundi และ Kurepa เข้ากันได้ในการนิยามของการแจกแจงแบบ Maxwell กับค่าที่วัดได้ของ Hopwood และคณะมากกว่าการคำนวณของ Emeleus และคณะสำหรับการแจกแจงอันเดียวกัน อย่างไรก็ตามสำหรับการแจกแจงแบบ Druyvesteyn ค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าที่วัดได้อย่างน้อย 2 ระดับ ดังนั้นเห็นได้ว่าการแจกแจงของพลังงานของอิเล็กตรอนเป็นแบบ Maxwell สำหรับระยะของ E/p จาก 20 ขึ้นไป

6.2.5 ผลในฮีเลียม

รูปที่ 8.9 แสดงผลของการคำนวณของ α/p ในฮีเลียมพร้อมด้วยค่าที่คำนวณโดย Dunlop โดยใช้การแจกแจงทางด้านพลังงานของอิเล็กตรอนที่ถูกคำนวณโดย Smit จนกระทั่งบัดนี้ยังไม่มีข้อมูลจากการทดลองสำหรับระยะของ E/p ที่ถูกพิจารณา อย่างไรก็ตามการวัดเมื่อเร็ว ๆ นี้ สำหรับระยะทางของ E/p จาก 6 ถึง $25 \text{ Vcm}^{-1}\text{torr}^{-1}$ ซึ่งถูกระทำโดย Kenneth และคณะให้เคินที่ extrapolate อย่างดีเข้าไปในค่าของ Dunlop เราจะเห็นจากรูปที่ 8.9 ว่าค่าของ Dunlop ใกล้เคียงกับค่าในปัจจุบันสำหรับการแจกแจงแบบ Druyvesteyn และดังนั้นจึงเป็นเรื่องซื่ออย่างดีว่าการแจกแจงทางด้านพลังงานของอิเล็กตรอนในฮีเลียมเป็นแบบ Druyvesteyn โดยใกล้เคียง

6.2.6 ผลในอาร์กอน

ผลของการคำนวณหาค่าของ α/p ในอาร์กอนถูกแสดงในรูปที่ 8.8 ซึ่งเราจะเห็นว่าค่าที่คำนวณได้สำหรับทั้งการแจกแจงโดย Maxwell และ Druyvesteyn สูงมากกว่าค่าที่วัดได้โดย Kruitoff และ Fenning มาก อันนี้ชี้ว่าการแจกแจงทางด้านพลังงานของอิเล็กตรอนในอาร์กอนไม่เป็นทั้งแบบ Maxwell และ Druyvesteyn แต่เป็นการแจกแจงที่มีอิเล็กตรอนที่มีพลังงานต่ำมาก และอาจจะมีหางที่ชันมาก และ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยของพลังงานเฉลี่ยสามารถมีผลต่อค่าของ α/p ที่คำนวณได้อย่างมาก Emeleus และคณะได้ผลที่คล้ายคลึงกันซึ่งมีความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดและคำนวณได้เป็น

อย่างน้อย 10^2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.7 ผลในเนืออน

ค่าทางทฤษฎีของ α/p ในเนืออนในงานนี้ถูกแสดงในรูปที่ 8.9 พร้อมด้วยค่าที่ได้จากการวัดของ Kruitoff และ Penning อีกครั้งหนึ่งตั้งในกรณีของอาร์กอน เราจะเห็นว่า การแจกแจงทางด้านพลังงานของอิเล็กตรอนในเนืออน ไม่เป็นทั้งแบบ Maxwell และ Druyvesteyn แต่อาจจะเป็นการแจกแจงที่มีจำนวนของ อิเล็กตรอนที่มีพลังงานน้อยมาก หรือมีทางที่ชันมาก Emeleus และคณะได้คำนวณค่าของ α/p ในเนืออนด้วย ผลที่ได้เขาพบว่ามีความแตกต่างกัน 10^2 ถึง 10^4 เท่าระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณ

6.2.8 สรุป

จากการคำนวณหาค่าของ α/p และ/หรือ η/p และ/หรือ δ/p ในงานนี้เราได้เห็นว่าแก๊สฮีเลียม เจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน ฮีเลียมอาร์กอนและเนืออนมีการแจกแจงแบบ Maxwell ยกเว้น ฮีเลียม อย่างไรก็ตาม เราควรจะสังเกตว่าแม้ว่าค่าที่คำนวณได้จริง ๆ ของสัมประสิทธิ์อาจจะไม่ใกล้เคียงเท่ากับค่าที่วัดได้ในแก๊สเหล่านี้ทั้งหมด รูปร่างของเคินที่วัดได้คล้ายกันกับเคินทางทฤษฎีที่ได้โดยการแจกแจงแบบ Maxwell และดังนั้น รูปร่างของเคินที่คำนวณได้จึงเป็นเกณฑ์ตัดสินการแจกแจงทางด้านพลังงาน ของอิเล็กตรอนอีกอย่างหนึ่ง และเราควรจะสังเกตว่าการแจกแจงพลังงานของอิเล็กตรอนไม่ได้ขึ้นกับค่าของ E/p มากในการคำนวณนี้

บทที่ 7

สรุป

การวัดอย่างยาวยืดของกระแสก่อนเบรคดาวน์ ถูกกระทำในอ็อกซิเจนสำหรับทั้งชั้นบริสุทธิ์แบบสเปคตรัม และชั้นธรรมดาโดยใช้คะโอดทำด้วยแพลตตินัมและทองที่ความดันจาก 10 ถึง 300 torr ที่ Prasad และ Craggs ได้ใช้ จุดประสงค์ของการได้ส่วนได้ถูกทำเป็นผลสำเร็จ นั่นคือเพื่อจะโต้สวนการมีการขึ้นกับความดันของสัมประสิทธิ์ของการแอทแทชเมนต์ต่อหน่วยความดันในอ็อกซิเจน เปรียบเทียบกับการขึ้นกับความดันที่ถูกรายงานในอากาศแห้งโดย Dulton และคณะ และผลของการตีแม่เหล็กของอิเล็กตรอนในอ็อกซิเจนดังที่ได้ถูกรายงานโดย Fromhold สำหรับปัญหาอันแรกเราได้พบว่าในงานนี้ไม่มีผลของการขึ้นกับความดันของสัมประสิทธิ์ของการแอทแทชเมนต์ต่อหน่วยความดัน สำหรับนิสัยของความดัน และ E/p ที่ใช้ และดังนั้นไม่มีกระบวนการแอทแทชเมนต์แบบ 3 เทห์ ในการศึกษาสำหรับ E/p เท่ากับ 32.5 ถึง $50 \text{ Vcm}^{-1}\text{torr}^{-1}$ ในอ็อกซิเจน

การมีที่เป็นไปได้ของการตีแม่เหล็กของอิเล็กตรอนในอ็อกซิเจนที่ความดันสูง (100 ถึง 300 torr) ได้ถูกโต้สวนอย่างยืดยาวโดยใช้มูลฐานของการวิเคราะห์ที่พัฒนาโดย Schlumbohm ได้แสดงว่าถ้ามีการตีแม่เหล็กของอิเล็กตรอน และไม่มีกระบวนการทุติยภูมิ (γ) สมการสำหรับการเติบโตของกระแสคือ :-

$$\frac{1}{I_0} = \frac{1}{x_1 - x_2} \{ (x_1 + \eta + \delta) e^{x_1 d} - (x_2 + \eta + \delta) e^{x_2 d} \}$$

$$\text{ซึ่ง } \left. \begin{array}{l} x_1 \\ x_2 \end{array} \right\} = \frac{1}{2} \{ (\alpha - \eta - \delta) \pm \sqrt{(\alpha - \eta - \delta)^2 + 4\alpha} \}$$

บรรทัดฐานสำหรับการมีการตีแม่เหล็กของอิเล็กตรอนคือ x_2 ต้องเป็นลบ ในการวิเคราะห์ เราได้พบว่าความยุ่งยากเกิดขึ้นเกี่ยวกับเส้นตรงที่ถูกต้อง ที่จะลากไปยังเคฟ $\log I, d$ สำหรับการหา x_1 เนื่องจากไม่แน่นอนว่าเส้นตรงที่ลากผ่านส่วนที่ดูเหมือนจะเป็นเส้นตรงของเคฟเป็นเส้นที่ถูกต้องสำหรับการหา x_1 เพราะว่าแม้แต่ $d = 3.0 \text{ cm}$. ยังมีส่วนโค้งของการลงจุด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\log I, d$ อยู่ซึ่งชี้ว่าเทอมที่สองของสมการของ Schlumbohm มีค่าพอสมควรทีเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับเทอมแรก ดังนั้นเส้นที่ลากเหนือส่วนที่ดูเหมือนเป็นเส้นตรงของเคิฟพอสสมการและคาดการณ์ลดลงของความชันที่ d ใหญ่เป็นไปได้ที่จะเป็นเส้นที่ถูกต้องสำหรับ x_1 เส้นดังกล่าวให้ x_2 เท่ากับ 0 ซึ่งชี้ว่าไม่มีการตีแท้มเมนต์ ความเป็นไปได้ที่ถูกสนับสนุนโดยผลของการวิเคราะห์การลงจุด $\log I, d$ ที่ E/p ค่าหนึ่ง และความดันต่าง ๆ กัน ซึ่งเราเห็นว่ามีการกระจายอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะสำหรับ δ/p การกระจายนี้ได้ถูกอ้างว่าเพราะความผิดพลาดของ x_1 ที่เกิดจากข้อสมมติที่ว่าเส้นตรงที่ลากผ่านส่วนที่ดูเหมือนเป็นเส้นตรงของเคิฟ $\log I, d$ เป็นเส้นที่ถูกต้องสำหรับ x_1 นอกจากนี้การวิเคราะห์การลงจุด $\log I, V$ ที่ช่องว่าที่คงที่เท่ากับ 0.5 ซม. และ $E/p = 37 \text{ Vcm}^{-1}\text{torr}^{-1}$ แสดงว่า x_2 ไม่เป็นลบอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงเป็นไปได้เป็นอย่างมากกว่าค่าของ δ/p สำหรับ E/p จาก 32.5 ถึง $50 \text{ Vcm}^{-1}\text{torr}^{-1}$ ที่ความดัน 100 ถึง 300 torr ถ้ามีน้อยกว่า 10^{-3} ซึ่งน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์ของการแอ็ทแท้มเมนต์ในอ็อกซิเจน ($> 10^{-2}$).

การวิเคราะห์ของเคิฟของกระแสเบรคดาวนั้น เพราะฉะนั้นจึงได้ถูกทำบนพื้นฐานของสมการการแอ็ทแท้มเมนต์ที่แล้ว ๆ มาสำหรับเมื่อไม่มีกระบวนการทุติยภูมิ (χ) ดังที่ได้พัฒนาโดย Geballe และ Harrison

$$\frac{1}{I_0} = \frac{\alpha e^{(\alpha - \eta)} - \eta}{(\alpha - \eta)}$$

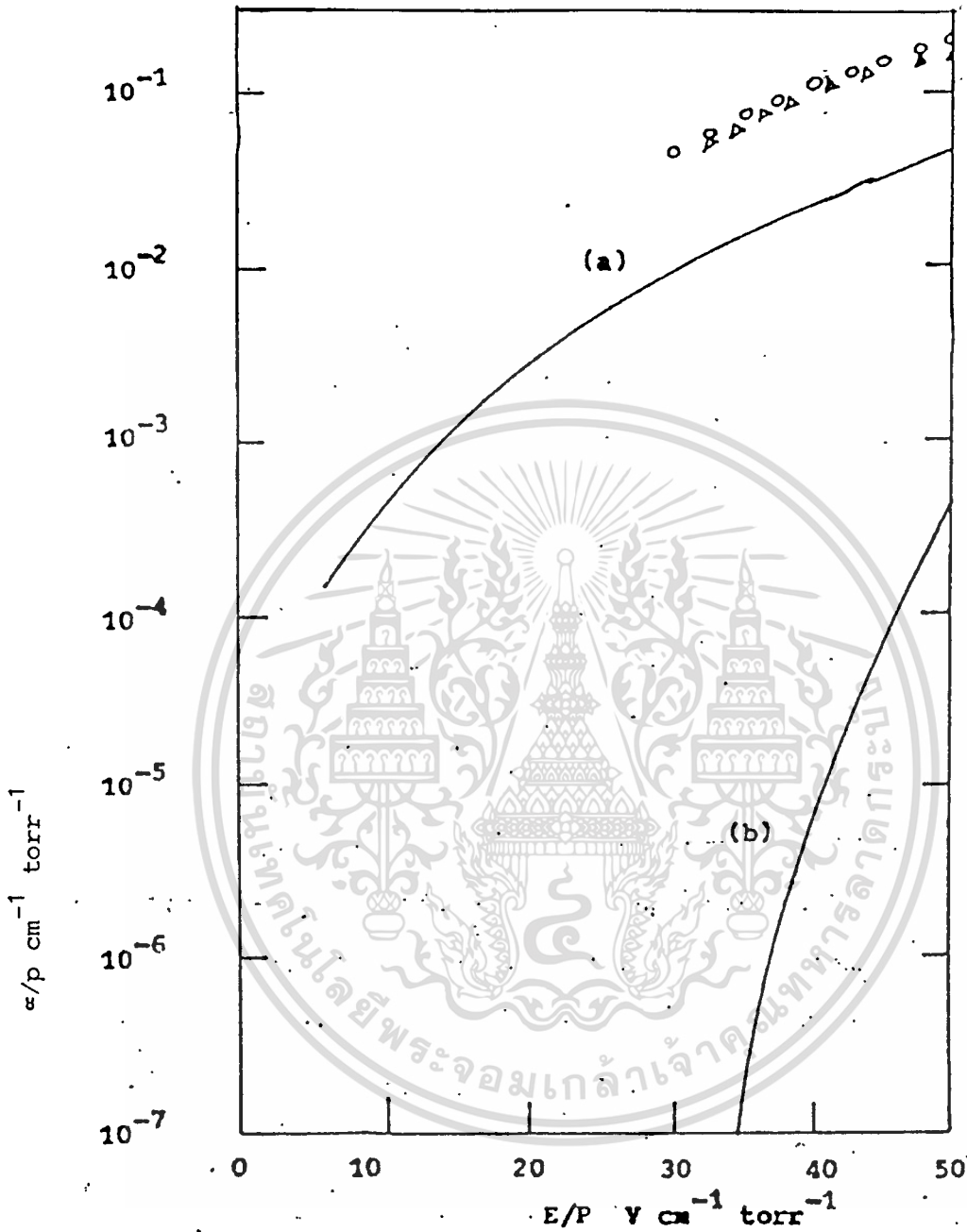
ค่าของ η/p ที่ได้สูงกว่าค่าของ Freely และ Fisher พอสสมการและต่อเข้าไปในการทดลองแบบฟังก์ชันความดันต่ำของ Huxley และคณะ ค่าเหล่านี้ยืนยันการวัดของ Prasad และ Craggs และชี้ว่าค่าของ η/p ในอ็อกซิเจนไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ E/p สำหรับพิสัย 32.5 ถึง $50 \text{ Vcm}^{-1}\text{torr}^{-1}$ เป็นไปได้ว่าค่าที่ต่ำของ η/p ที่ถูกรายงานโดย Dutton และคณะเกิดจากการวัดที่ไม่เพียงพอของ I ที่ gap ต่ำ ๆ (< 0.5 ซม.) Dutton และคณะใช้ gap ต่ำสุดเท่ากับ 0.3 ซม. สำหรับการวัดของเขาในอากาศแห้ง แต่ไม่ได้รายงาน gap ต่ำสุดในอ็อกซิเจน ค่าที่ต่ำของ Freely และ Fisher อาจจะเกิดจากความผิดพลาดใน I_0 เนื่องจากค่าที่ใกล้เคียงของ $(E/p)_{lim}$ เท่านั้นถูกใช้สำหรับการหาค่าของ I_0 และการลงจุด I, d ที่ E/p นี้ ถูกสมมติให้เป็นเส้นตรงแต่จะเป็นการยากที่จะตัดสินใจว่าเป็นเช่นนั้น เนื่องจากมีการกระจายของจุดทดลองพอสสมการ ดังนั้นเว้นเสียแต่ว่า $(E/p)_{lim}$ ถูกใช้สำหรับการหาค่า I_0 ไม่มีการแก้ไขทางอื่น อีกทงห้ามมิให้คิดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อออกไปของการลงจุด I, d จะไม่ให้ค่า I_0 ที่แท้จริง

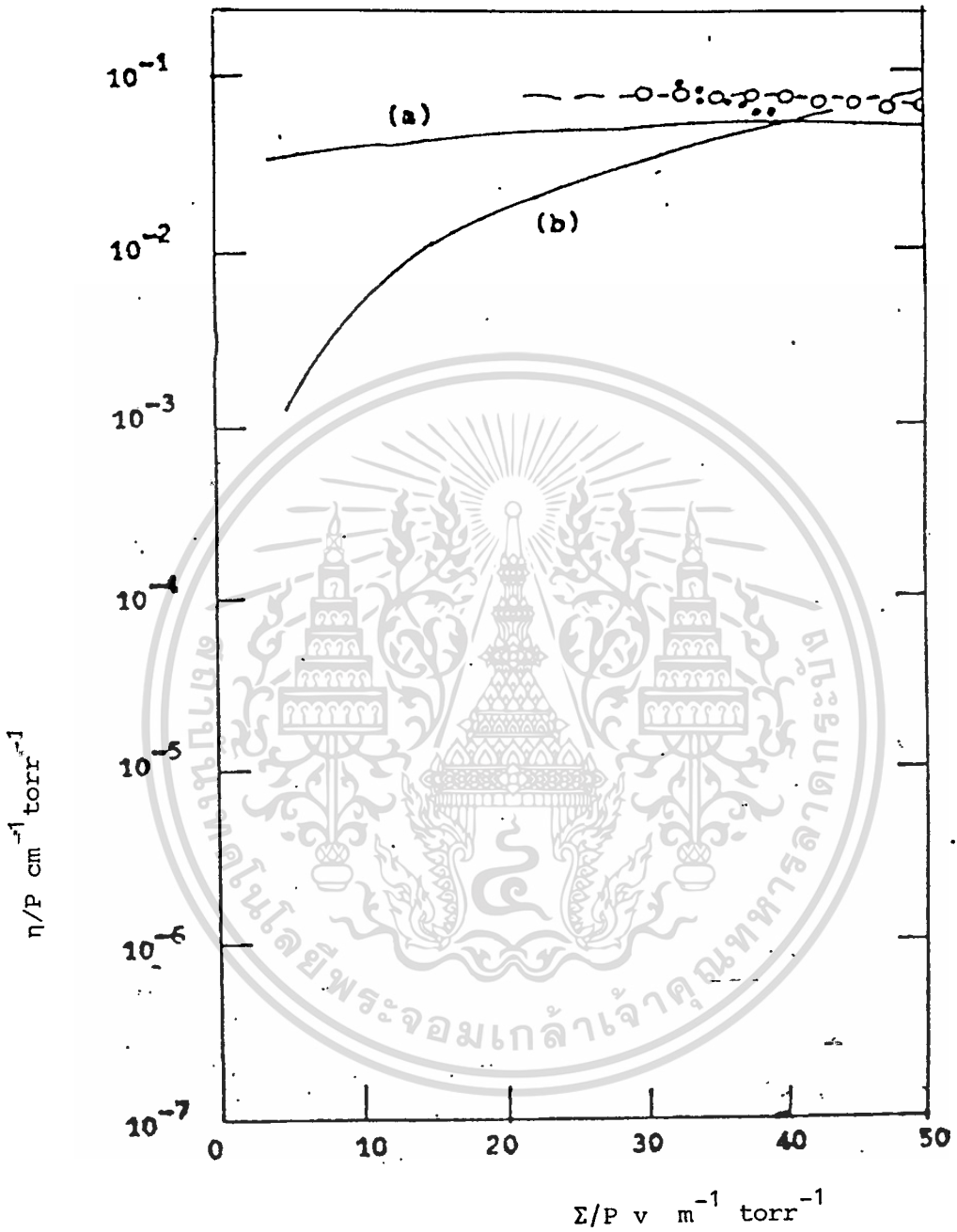
การคำนวณ $\alpha/p, \eta/p$ และ δ/p ในอ็อกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน ฮีเลียม อาร์กอน นีออน และไนตริกออกไซด์ (ถ้าตรงประเด็น) ได้ถูกกระทำในการศึกษานี้ด้วย โดยใช้การแจกแจงของ Maxwell และ Druyvesteyn การเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดลองได้แสดงว่าในส่วนของแก๊สเหล่านี้ การแจกแจงทางพลังงานของอิเล็กตรอนเป็นแบบ Maxwellian โดยประมาณ

สุดท้ายวิธีต่างๆ ของการวิเคราะห์เคฟของกระแสก่อนเบรคดาวน ได้ถูกพิจารณาด้วย รวมทั้งวิธีที่ถูกพัฒนาโดยผู้เขียน ผู้เขียนได้เสนอว่าค่าของ η/p ที่สกัดออกโดยวิธีของ Least Squares จะน้อยมาก เว้นเสียแต่ว่าการวัดของ I ที่ gap ต่ำ ๆ (< 0.3 ซม.) ถูกกระทำที่ความดันสูง (100 torr ในอ็อกซิเจน)





รูปที่ 8.1 ค่าของ $\frac{\alpha}{p}$ ในอ็อกซิเจน : เคฟ (a) และ (b) เป็นการคำนวณ
 โดยใช้การแจกแจงแบบ Maxwell และ Druyvesteyn ตามลำดับ; $\Delta\Delta$
 การวัดในงานนี้, $\circ\circ$ ค่าของ Prasad และ Craggs.



รูปที่ 8.2 ค่าของ η/P ในอ็อกซิเจน : เคฟ (a) และ (b) เป็นการคำนวณ
 โดยใช้การแจกแจงแบบ Maxwell และ Druyvesteyn ตามลำดับ ; 0
 ข้อมูลของ Prasad และ Craggs ; .. และ - - งานนี้

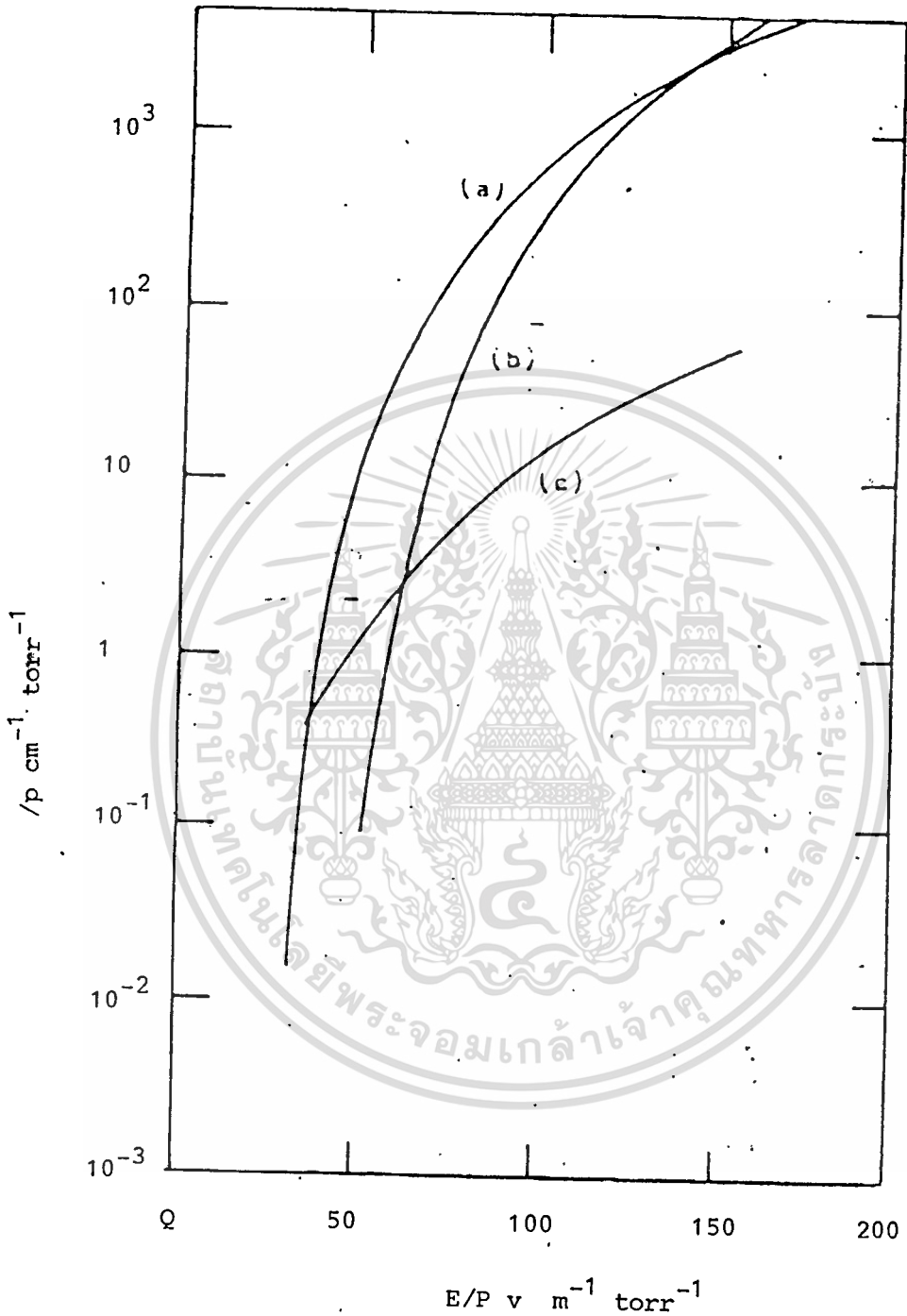


Fig. 8.3 Calculated values of D/P in oxygen employing cross-section data of Hasted and Smith and agitational velocities as calculated from Wannier's formula for a constant mobility : (a) Maxwellian and (b) Druyvesteyn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

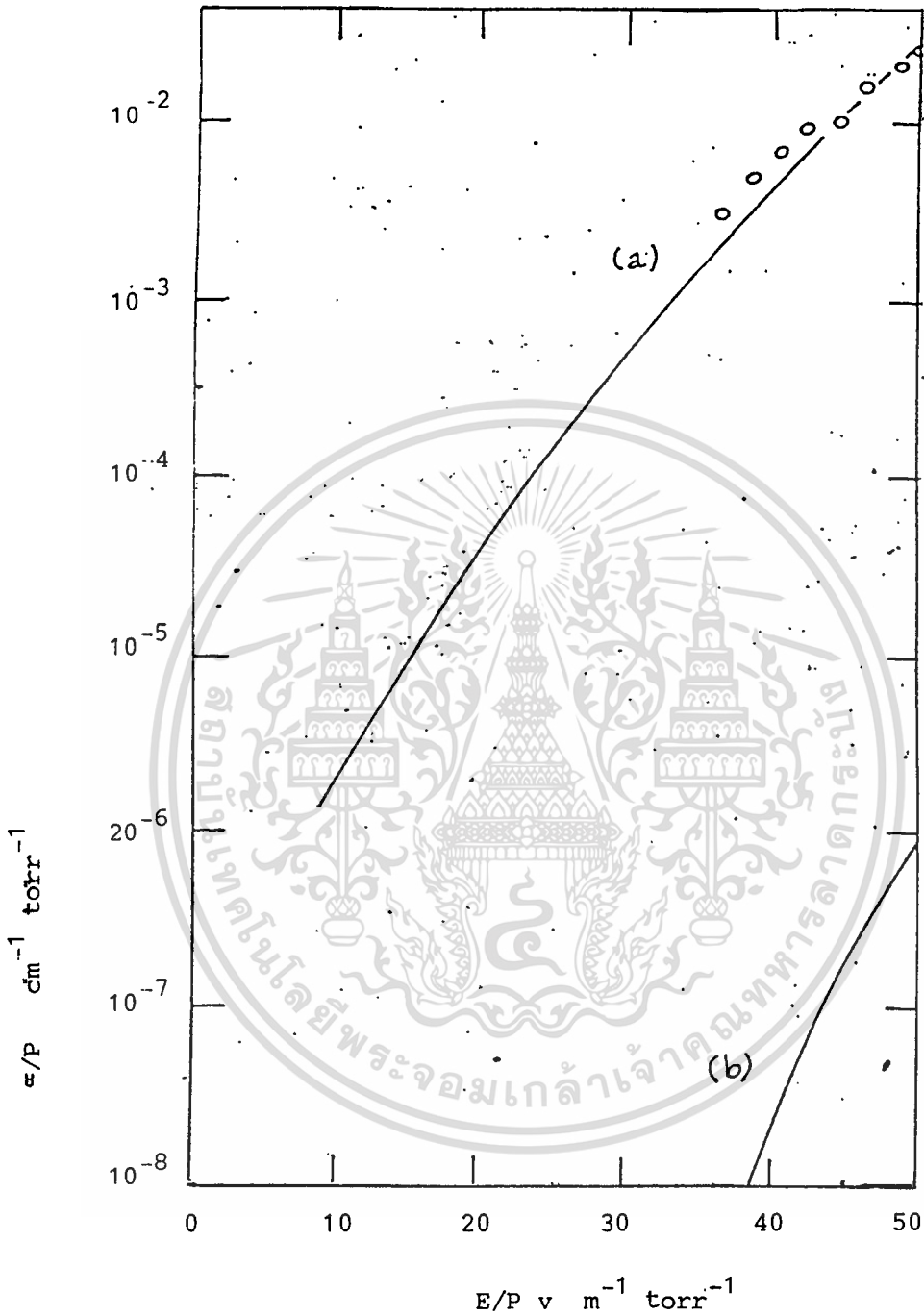


Fig. 8.4 Experimental (Bhalla and Craggs (6) and present theoretical values of α/P in carbon monoxide : (a) Maxwellian and (b) Druyvesteyn distributions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

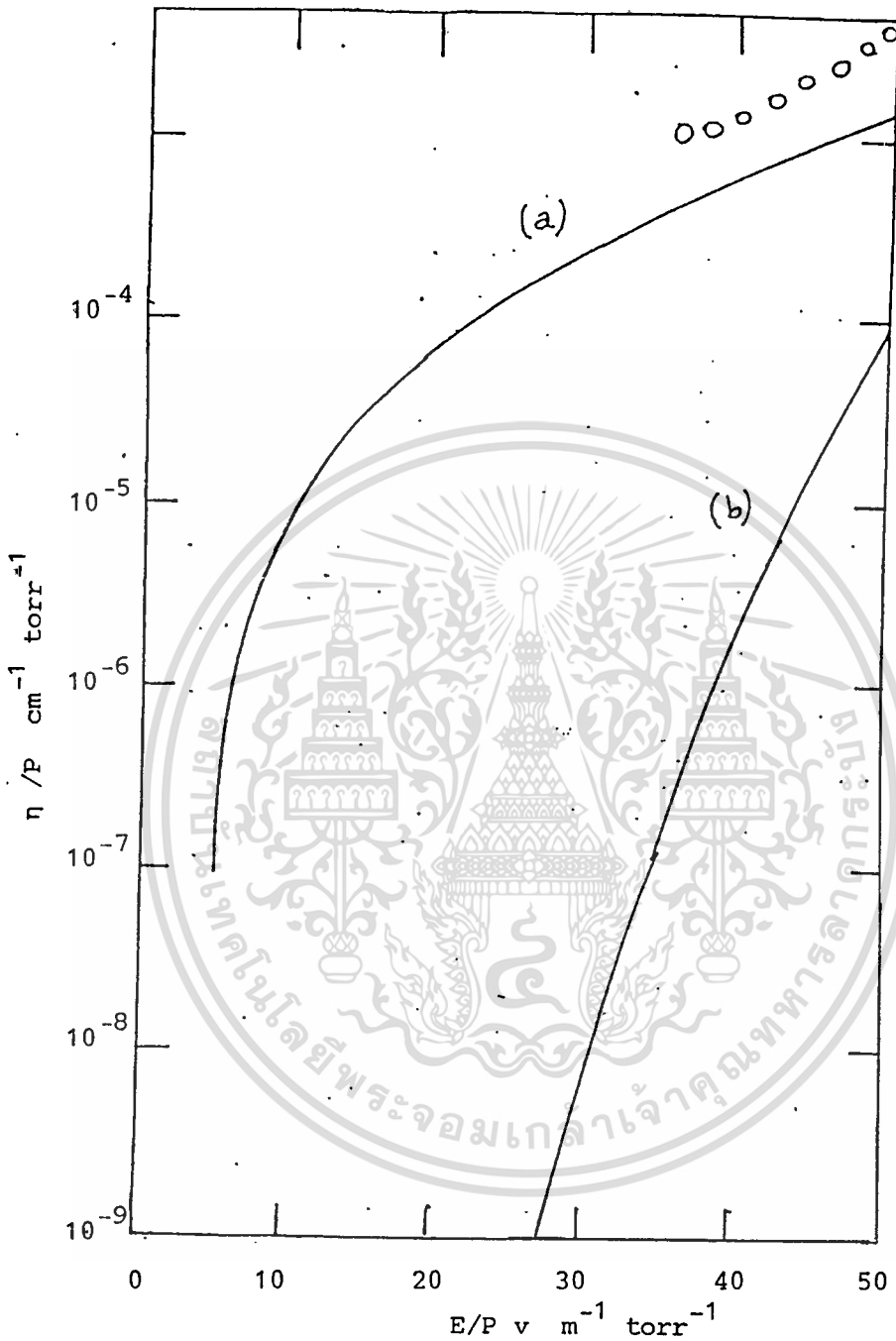


Fig 8.5 Experimental (Bhalla and Craggs (6) and theoretical values of η/P in CO : curves (a) and (b) are calculated values for the Maxwellian and Druyvesteyn distributions respectively.

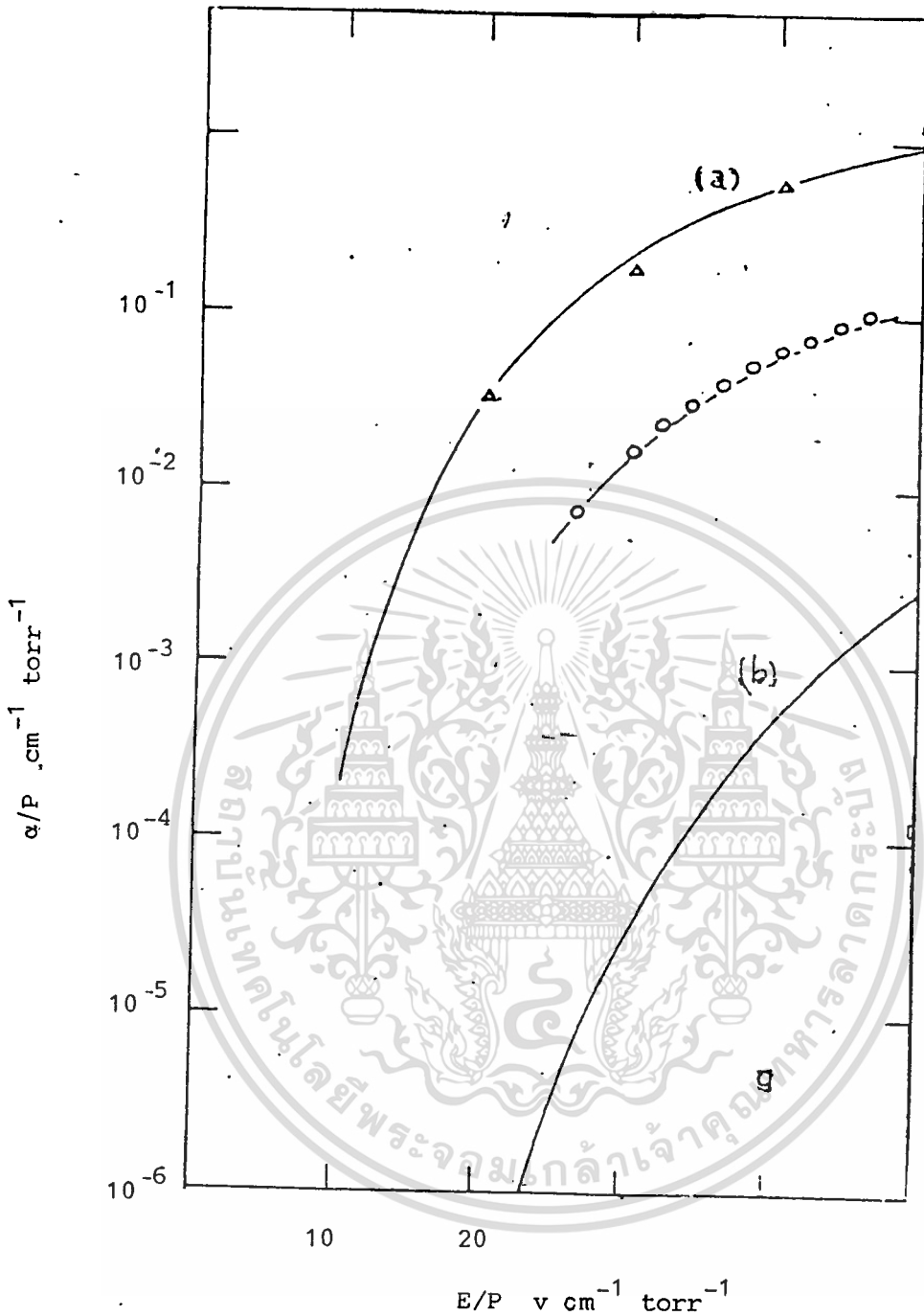
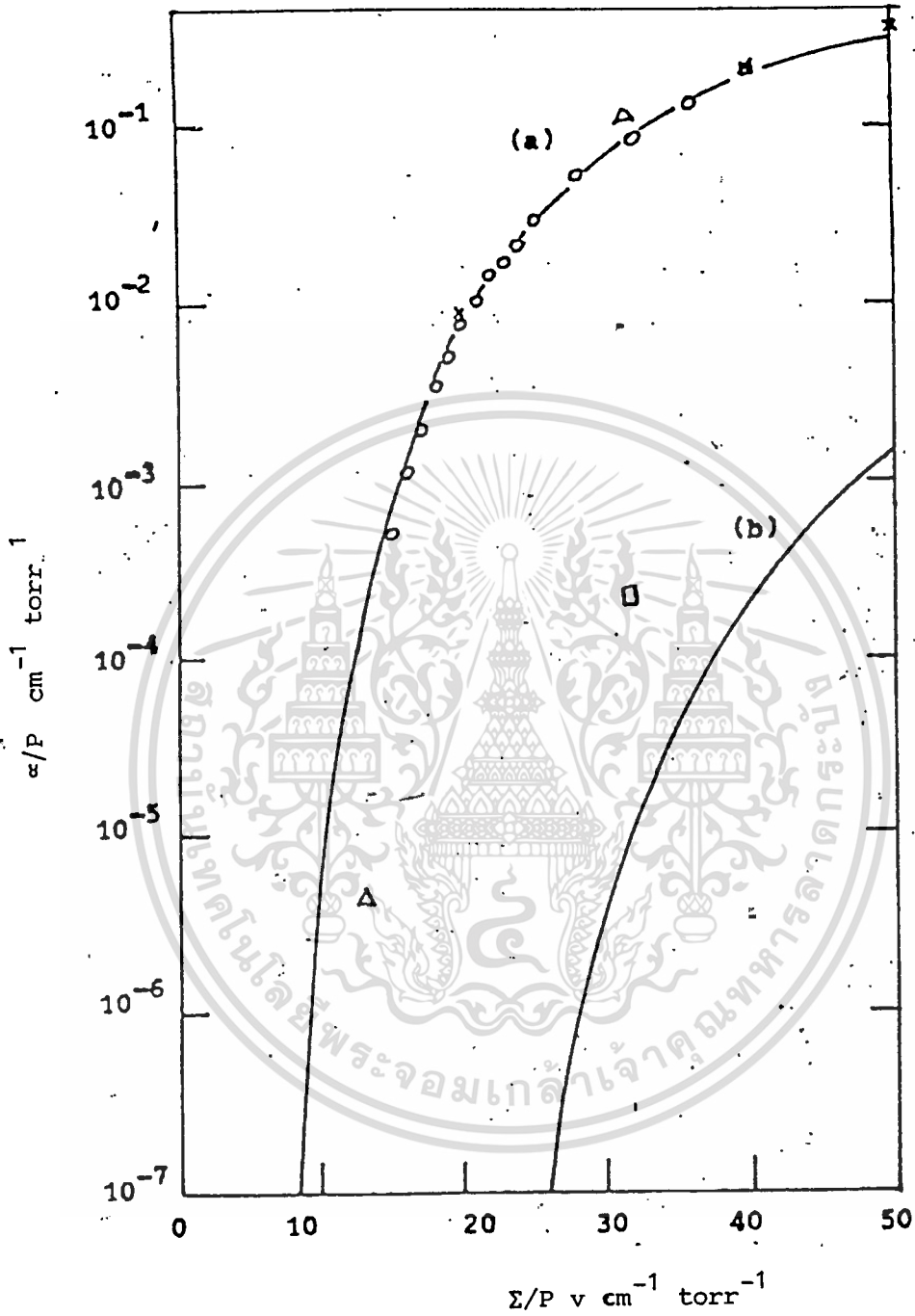
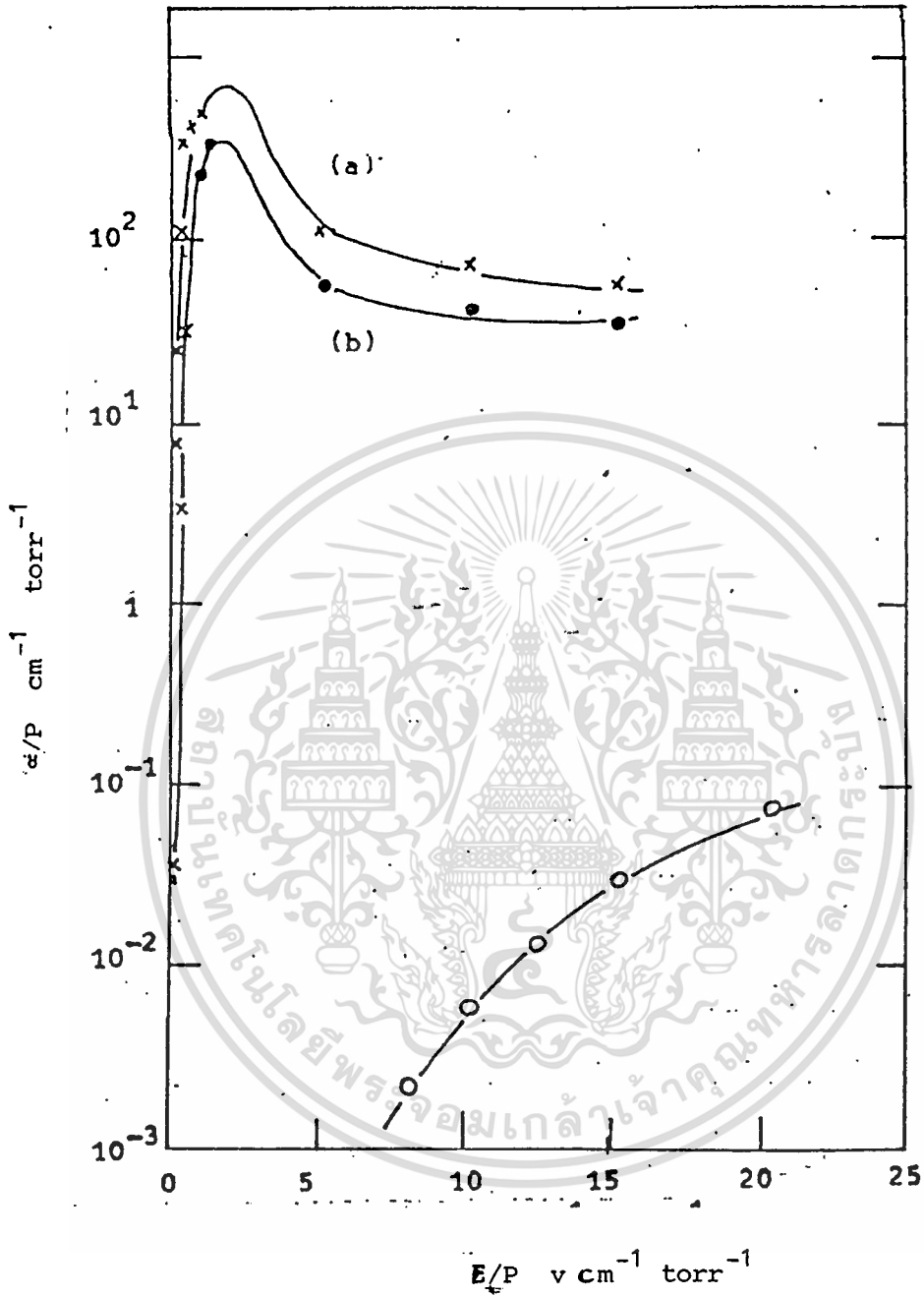


Fig. 8.6 Values of α/P in carbon dioxide · curves (a) and (b) calculations employing the Maxwellian and Druyvesteyn distributions respectively; o data of Bhalla and Craggs ; Δ (Maxwellian) and α (Druyvesteyn), values calculated by Asundi and Craggs



รูปที่ 8.7 ค่าทางทฤษฎีในงานนี้ของ α/P ในไฮโดรเจน : o ข้อมูลของ Hopwood และคณะ ; เคฟ (a) Maxwell, เคฟ (b) Druyvesteyn ; Δ (Maxw.) , \square (Druy) - ค่าที่คำนวณได้โดย Emeleus และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.8 ค่าของ $\frac{\alpha}{P}$ ในอาร์กอน : เคฟ (a) และ (b) การคำนวณ
 โดยใช้การแจกแจงแบบ Maxwell และ Druyvestayn ตามลำดับ; 0
 ข้อมูลของ Kruitoff และ Penning

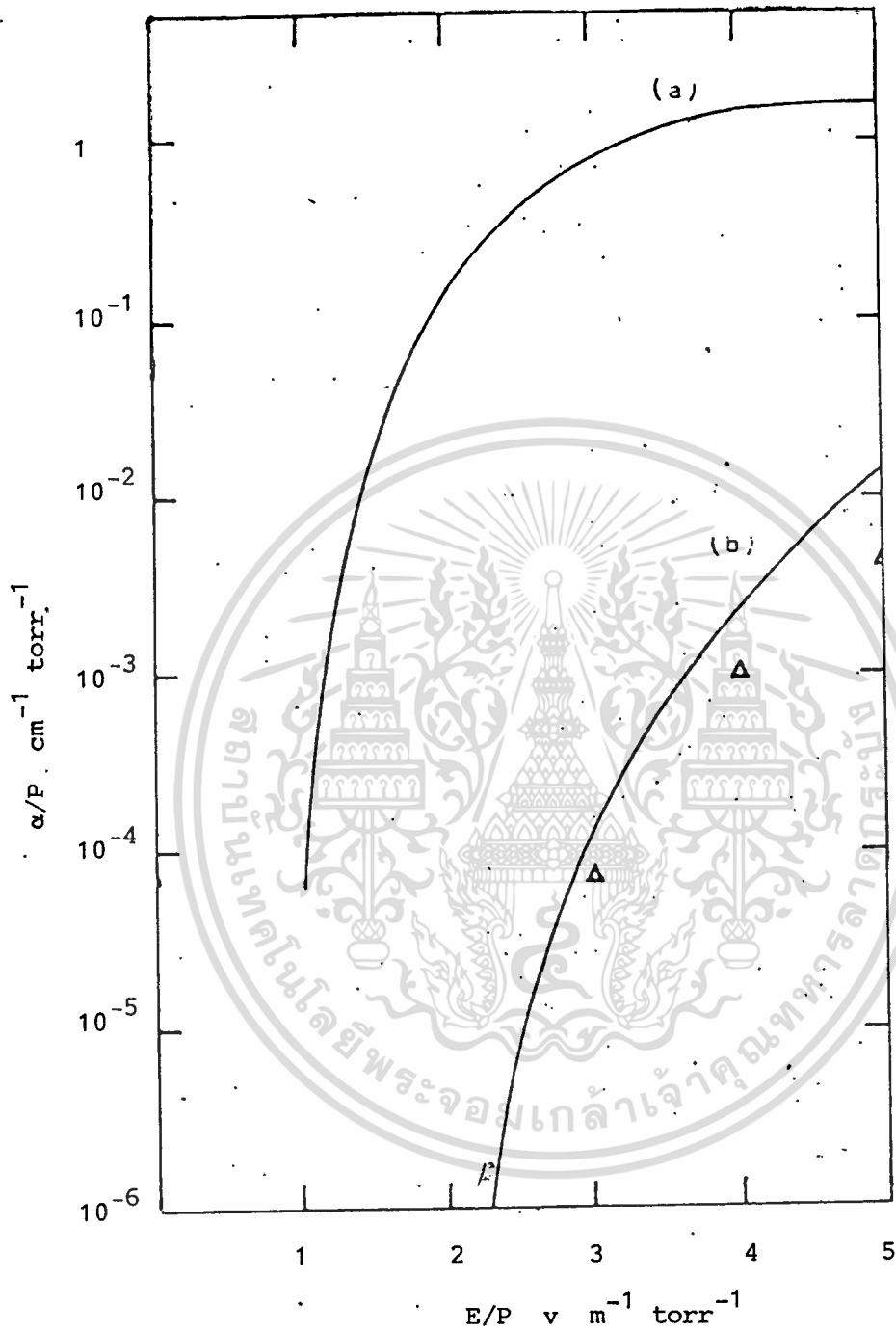
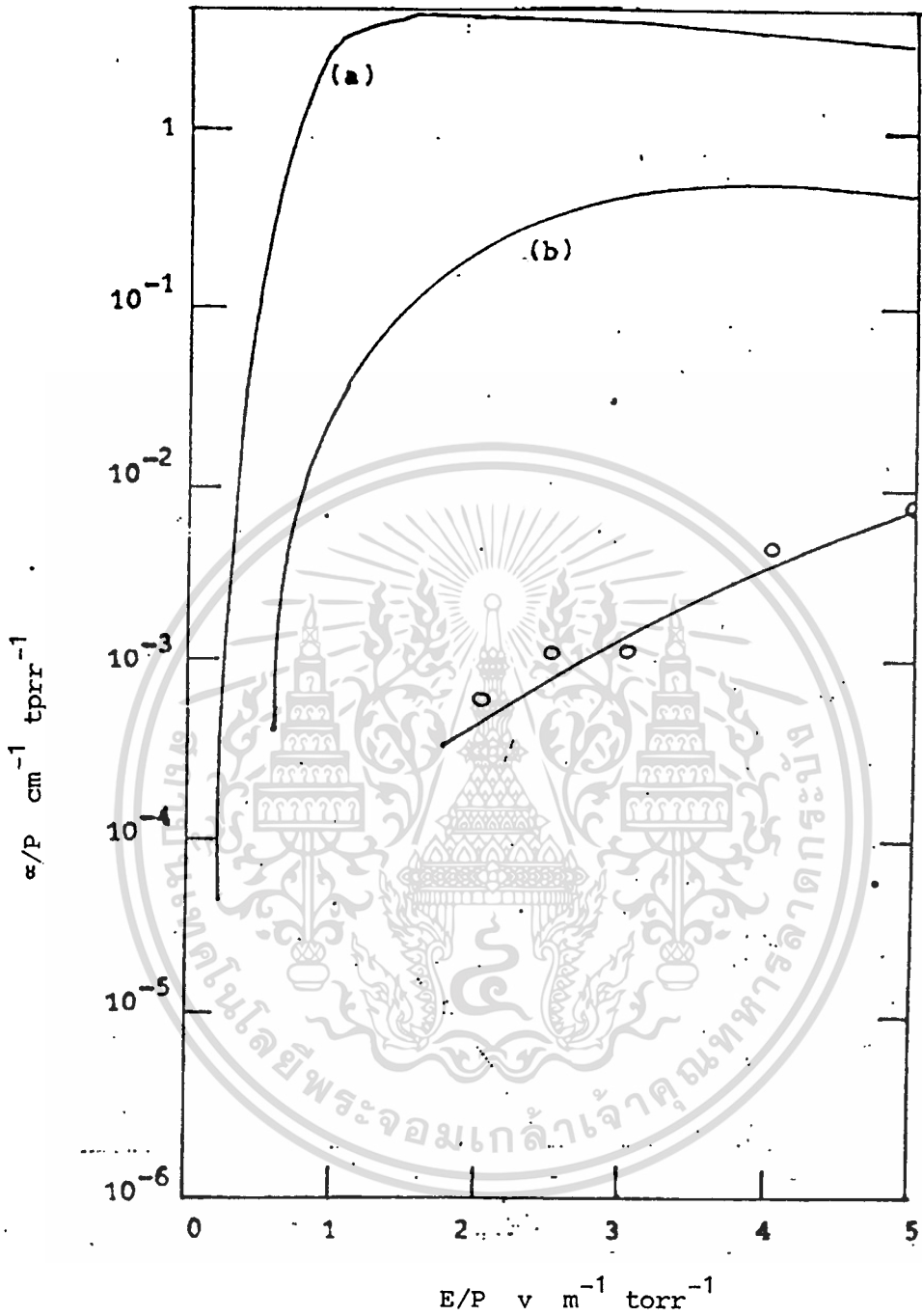


Fig. 8.9 Values of α/P in helium : curves (a) and (b) calculations employing the Maxwellian and Druyvesteyn distributions respectively ; Δ values calculated by Dunlop



รูปที่ 8.10 ค่าของ $\frac{\alpha}{P}$ ในนีออน : เติฟ (a) และ (b) การคำนวณโดยใช้การแจกแจงแบบ Maxwell และ Druyvesteyn ตามลำดับ ; \circ ข้อมูลของ Kruitoff และ Penning

ภาคผนวก

The Liverpool University Algol Programme for the Theoretical
Evaluation of α/p and η/p and δ/p (KDF 9 Computer)

*E19 AL ET THEO-->

```

begin real a,b,c,d,e,f,g, ,ALET,m,L,Y;
integer j,k,N,M,i,K,h,x;
NEWLINE (1);
TEXT([GAS]); SPACE(15); TEXT([E***UPON***P]);
M:=DATA;
for i:=1 step 1 until M do
begin
PRINT (DATA,3,2);
m:=DATA;  $\psi$  :=DATA;
a:=DATA; N:=DATA;
g:=0; h:=0;
for k:=1 step 1 until 2 do
begin e:=DATA; f:=DATA; h:= h+1;
if  $-(1.28xe)/a > 93$  then goto finish1;
if  $-(1.28xe)/a < (-93)$  then goto finish1;
g := 9 + exfexp( $(-1.28xe)/a$ )
end;
finish1 : if h<2 then begin L := DATA; Y := DATA end;
NEWLINE(1); PRINT(g,0,5); d:=0;
K:=0; for j:=1 step 1 until N do
begin b:=DATA; c:=DATA; K:=K+1;
if  $(-1.28xb)/a > 93$  then goto finish2;
if  $(-1.28xb)/a < (-93)$  then goto finish2;
d:= d + cxbexp( $(-1.28xb)/a$ )
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

finish2:  d:=d-0.5xg;  NEWLINE(1);  PRINT(d,0,5);NEWLINE(1);
  if (1.28xb)/a>93 then TEXT ([ EXP""BIG ]);
  ALET:=((3.48o+24)xdxm)/(Wx(at1.5));
  NEWLINE(1);  PRINT(ALET,0,5);  NEWLINE(4);
if  K<N then for x:=1 step 1 until (N-K) do
  begin L:=DATA;  Y:=DATA  end .
end
end-->

```

The above is for the Maxwellian distribution. For the Druyvestsyn distribution, instead of $-(1.28xe)/a$ put $-0.55x ((e/a)^{12})$ and instead of $-(1.28xb)/a$ put $-0.55x((b/a)^{12})$. Also for 3.48 in the expression for ALET put 3.4.

Input

Number of E/p, E/p, order of cross-section (e.g. 10^{-16}), drift velocity (cm/sec), $\bar{\epsilon}$, number of cross-section points minus two, first energy in the cross-section curve, cross-section without order at the first point, last energy in the cross-section curve, cross-section without order at the last point, second energy of the cross-section curve, cross-section without order at the second energy, and similarly for the rest of the points in steps of ΔE V

Output

A column of numbers in groups of 4 (for one E/p there is one group). the first number is E/p.

The coefficient /p is derived from:-

$$\text{coefficient}/p = \Delta E \frac{x(2+3)}{3} \times 4$$

where 1,2,3,4 represents first number etc. in each group.

The Liverpool University Algol Programme for the Evaluation of α/p
and η/p from a family of prebreakdown current curves

TE19 ALP ETA-->

```

begin real p, I0, I1, I2, I, d, B, ETA, ALP, Aa, I1;
integer l, n, L, M, k, N;
N:=DATA;
for l:=1 step 1 until N do
begin I0:=DATA; NEWLINE(1); PRINT(I0, 1, 2); p:=DATA;
M:=DATA;
for k:=1 step 1 until M do
begin NEWLINE(1); PRINT(DATA, 3, 1); I1:=DATA;
I2:=DATA; I:=DATA; d:=DATA;
a:=((I1-I0)+2)/(I1+2-I0xI2);
A:=a-1;
ETA:=(ln((Ax(1/I0)+1)/a))/(axd);
ALP:=ETAxa;
B:=ALP-ETA;
NEWLINE(1); PRINT(a, 1, 5); NEWLINE(1);
PRINT(ALP/p, 1, 4); SPACE(5); PRINT(ETA/p, 1, 4);
L:=DATA;
for n:=1 step 1 until L do
begin d:=DATA; NEWLINE(1); PRINT(d, 1, 2);
I1:=I0x(ALPxexp(Bxd)-ETA)/B;
SPACE(5); PRINT(I1, 4, 3)
end
end
end
end-->

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

input

Number of trials of I_0 , $I_{0,p}$, number of E/p's, first E/p, l at a gap d , l at a gap $2d$, l at a certain gap, the gap, number of d 's, followed by d 's.

Repeat for second E/p from first E/p in the above paragraph, and third E/p etc.

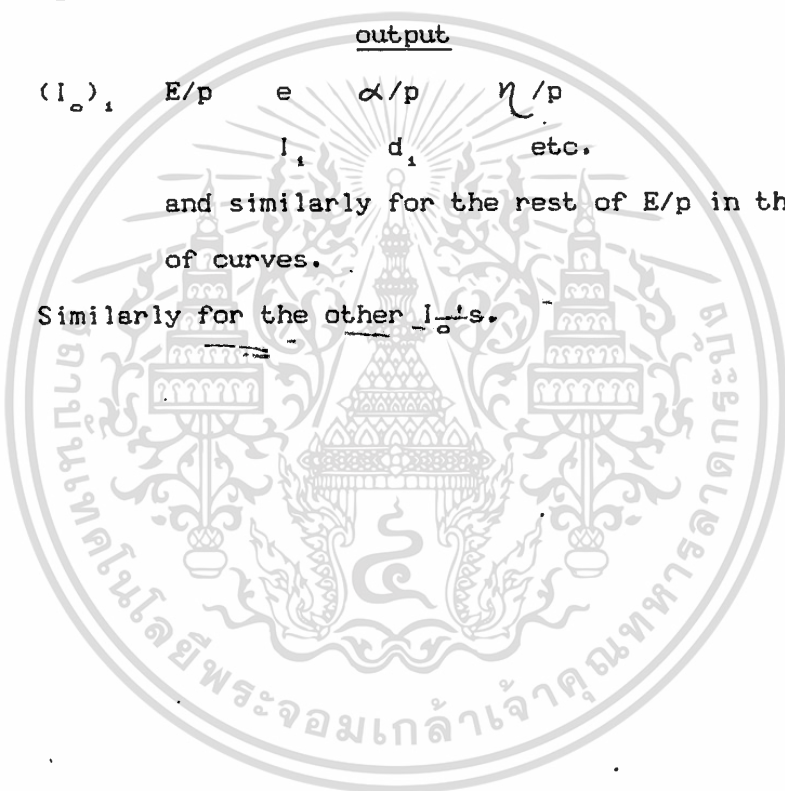
Repeat for second I_0 from I_0 in the first paragraph, and for third I_0 etc.

output

$(I_0)_1$ E/p e α/p η/p
 I_1 d_1 etc.

and similarly for the rest of E/p in the family of curves.

Similarly for the other I_0 's.



กิติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อ. ดร.นิพนธ์ สุขุม อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ควบคุม
 โครงการ ผู้ให้รายละเอียด และคำแนะนำต่างๆในการจัดทำโครงการอันนี้ และ
 ขอขอบพระคุณ อ.จรงค์ ที่ให้คำปรึกษาในการจัดหาอุปกรณ์ และขอขอบคุณ นายศุภกิจ,
 นายเจริญทอง และนายรัตนะ ผู้มีส่วนช่วยเหลือในการทำโครงการนี้เป็นอย่างมาก



REFERENCE BOOK

1. ดร.นิพนธ์ สุขุม, "Ionisation and Electrical Breakdown In Gas",
Ph.D Thesis, 1967
2. A Von Engel, "Ionized Gas", Oxford University Press, 1965
3. R.S. Jha, "High Voltage Engineering", Dhanpat Rai & Son, 1977
4. L.L. Alston, "High Voltage Technology", Oxford University Press,
1968

