

บทที่ ๖

วิธีสเปกโทรเชิงอะตอมแบบดูดกลืนและฟลูออเรสเซนซ์

อ่านหนังสือจบบทนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

ขั้นตอนการเกิดอะตอมในเปลวไฟ การคายตัวทำลาย การกลายเป็นไอ การเกิดอะตอม อะตอมแปรสภาพ รูปแบบเปลวไฟ เปลวไฟออกซิไดส์ เปลวไฟสโตยซิอเมตริก เปลวไฟรีดิวซ์ โครงสร้างเปลวไฟ แอบการเผาไหม้ที่หนึ่ง แอบเกิดปฏิกิริยาแอบการเผาไหม้ที่สอง ชนิดของเปลวไฟที่มีผลต่อธาตุ ตะเกียงแบบใช้สารละลายทั้งหมด ตะเกียงที่มีการไหลแบบแผ่น (ผสมล่วงหน้า) แผ่นกระบังลม(diaphragm) ละอองลอย(aerosol) mist เซลล์แกรไฟต์ การเคลือบด้วยความร้อน(pyrocoat) ขั้นตอนการเกิดอะตอมแบบไม่ใช้เปลวไฟ การทำแห้ง การเผาไหม้เป็นขี้เถ้า(ash หรือ char) การเกิดอะตอม การทำความสะอาด การทำให้เกิดอะตอมแบบโกลด์ดิสซาร์จ การทำให้เกิดอะตอมแบบไฮโดรด์ การทำให้เกิดอะตอมแบบไอเย็น หลอดหลอดโทแคโทด หลอดปล่อยประจุไว้ชั่ว การมอดูเลตแหล่งกำเนิดรังสี การแทรกสอดสเปกตรา เทคนิคการแก้ค่าเบสึกราวนั้ เมทริกซ์ การแก้ไขโดยใช้เส้นสองเส้น การแก้ไขโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแบบต่อเนื่อง หลอดคิวเทอเรียม การดูดกลืนจำเพาะ การดูดกลืนไม่จำเพาะ การแก้ไขโดยใช้ผลของซีแมน ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อเส้นสเปกตรา เส้นไฟ เส้นซิกมา โพรวาไลเซอร์ การแก้ไขโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแบบผันกลับร่วม(สมิต-ฮิฟเจ) ผลของกระแสดำและกระแสสูงที่มีต่อเส้นสเปกตรา การแทรกสอดกายภาพ การแทรกสอดเชิงเคมี การเกิดสารประกอบที่ระเหยได้น้อย สารคายสารทนไฟ สารป้องกัน สารลดการแตกตัวเป็นไอออน ชีดจำกัดการตรวจหา สภาพไว การดูดกลืนร่วม การแตกตัวเป็นไอออน

แบบฝึกหัดบทที่ ๖

๑ อธิบายความหมายต่อไปนี้ ก สารคายสารกำบัง(releasing agent) ข สารลดการแตกตัวเป็นไอออน(ionization suppressor) ค สารป้องกัน(protective agent) ง ความกว้างเนื่องจากความดัน(pressure broadening) จ หลอดหลอดโทแคโทด(hollow cathode lamp) ฉ การสปิตเตอร์(sputtering) ช การดูดกลืนร่วม(self absorption) ซ การแทรกสอดสเปกตรา(spectral interference) ฌ การแทรกสอดเชิงเคมี(chemical interference) ญ บัฟเฟอร์รังสี(radiation buffer) ฎ ความกว้างดอปเพลอร์(doppler broadening)

ก สารคายสารกำบังเป็นแคโทไอออนที่ชอบทำปฏิกิริยาเคมีกับสปีชีส์ที่รบกวนแล้วเกิดการแทรกสอดเชิงเคมี เช่น $La(NO_3)_3$ แย่งฟอสเฟตจากสารประกอบ $Ca_3(PO_4)_2$ เกิด $La_3(PO_4)_4$ และ $Ca(NO_3)_2$ ทำให้สารประกอบแคลเซียมเกิดอะตอมแคลเซียมได้ง่าย

ข สารลดการแตกตัวเป็นไอออนเป็นสารที่แตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่าสารที่สนใจ เช่น การวิเคราะห์โซเดียมนิยมนิยมเติมเกลือลิเทียมลงไป อะตอม Li แตกตัวเป็นไอออนดีกว่าอะตอม Na

ค สารป้องกันเป็นสารที่ป้องกันการแทรกสอดโดยสารที่เติมลงไปทำให้เกิดสารประกอบที่เสถียร แต่เป็นสารที่ระเหย(กลายเป็นไอ)ได้ดี เช่น EDTA, 8-ไฮดรอกซีควิโนลีน แอมโมเนียมไพโรริดีน-

ไดโทโอคาร์บามาตใช้ในการกำจัด Al ที่ปนกับ Ca ทำให้การหาปริมาณแคลเซียมถูกต้อง

ง ความกว้างเนื่องจากความดันเกิดจากอะตอมของสารที่สนใจอยู่ในเปลวไฟที่ร้อน ทำให้อะตอมเกิดการชนกัน(มีหลายระดับการสั่น)เพราะมีความดันสูง

จ หลอดหลอดไอแคโทด แอโนดทำจากทั้งสแตนเลส แคโทดทำจากสารที่ต้องการวิเคราะห์มีรูปทรงกระบอก เมื่อป้อนศักย์ให้หลอด ก๊าซเฉื่อยเกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวกและอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนวิ่งไปแอโนดเกิดกระแส ไอออนบวกของก๊าซเฉื่อยชนแคโทด แคโทดเปลี่ยนเป็นอะตอมในสถานะกระตุ้นซึ่งไม่เสถียร เปล่งรังสีที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ(เส้น)ออกมา

ฉ การสปีดเดอร์ ปรากฏการณ์ที่อะตอมแข็งกลายเป็นไอโดยใช้พลังงานไม่สูงมากนัก เช่น ไออะตอมในสถานะกระตุ้นที่เกิดจากหลอดหลอดไอแคโทด บางส่วนไม่กลับไปจับแคโทด มีการฟุ้งกระจายและมักเกาะอยู่แถวๆขั้วแอโนด

ช การดูดกลืนร่วมเกิดจากอะตอม(สถานะพื้นที่ไม่ถูกกระตุ้นและอยู่ในสถานะก๊าซดูดกลืนรังสีที่เปล่งจากหลอดหลอดไอแคโทด(อะตอมชนิดเดียวกัน)

ซ การแทรกสอดสเปกตราก่อเกิดจากสปีชีส์ที่ไม่ได้วิเคราะห์ดูดกลืนหรือเปล่งรังสีใกล้เคียงกับพิคของธาตุที่วิเคราะห์(ห่างกันน้อยกว่า 0.1 อังสตรอม)

ฌ การแทรกสอดเคมีเป็นผลจากกระบวนการใดๆที่ลดหรือเพิ่มความเข้มข้นดูดกลืนหรือเปล่งของธาตุที่สนใจ เช่น การเกิดสารประกอบที่ระเหยได้น้อย การแตกตัวเป็นไอออน

ญ บัพเฟอร์รังสี สารที่เติมลงไปมากเกินพอทั้งในสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน สารนี้จะรบกวนเส้นดูดกลืนหรือเส้นเปล่งของธาตุที่สนใจ ผลของการแทรกสอดเนื่องจากเมทริกซ์ที่อยู่ในสารตัวอย่างไม่แสดงออกมา

ฎ ความกว้างดอปเพลอร์เกิดจากอะตอมวิ่งเข้าหาหรือออกจากตัวทำแสงเอกรังสีให้ความถี่(ความยาวคลื่น)ของเส้นดูดกลืนหรือเส้นเปล่งเปลี่ยนไปเล็กน้อย

๒ อธิบายปรากฏการณ์การดูดกลืนของธาตุสามชนิดในรูป 6-4 และยกตัวอย่างสามธาตุที่ให้ปรากฏการณ์นี้

ความดูดกลืนของโครเมียมลดลงเมื่อเพิ่มความสูงเปลวไฟเป็นผลจากโครเมียมชอบเกิดโครเมียมออกไซด์(เสถียร) จึงต้องใช้เปลวไฟรีดิวซ์ ความดูดกลืนเงินเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความสูงเปลวไฟ(เปลวไฟออกซิไดซ์)เนื่องจากเกลือเงินถูกอะตอมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ(ความสูง)ในเปลวไฟ ธาตุเงินเสถียรไม่เกิดเงินออกไซด์ ความดูดกลืนแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความสูงเปลวไฟเพียงเล็กน้อย เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุแอลคาไลน์เอิร์ทจึงต้องใช้ความร้อนสูงเพื่อทำให้เกิดอะตอม เมื่อเพิ่มความสูงเปลวไฟร้อนขึ้น(มีออกซิเจนมากขึ้นหรือออกซิไดซ์) อะตอมแมกนีเซียมจะรวมกับออกซิเจนเกิดสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ความดูดกลืนจึงลดลง จึงต้องใช้เปลวไฟสคอตชิลด์อเมริกา

๓ ทำไมการเกิดอะตอมโดยใช้เตาไฟฟ้าจึงไวกว่าการใช้เปลวไฟ

การอะตอมไนโตรเจนแบบไร้เปลวไฟใช้สารตัวอย่างน้อยและตัวอย่างอยู่ในทางเดินแสงนานจึงไวกว่าแบบใช้เปลวไฟ เพราะแบบใช้เปลวไฟตัวอย่างอยู่ในทางเดินแสงเพียง 10^{-4} วินาที และต้องใช้ตัวอย่างมากเพราะตัวอย่างที่ถูกอะตอมไนโตรเจนเพียง 5% ที่เหลืออีก 95% ออกสู่ที่ทิ้ง

๔ อธิบายการใช้แหล่งกำเนิดแสงหลอดควิเทอริยมแก่ค่าแบล็กกราว์นของสเปกตรัมดูดกลืน

หลอดควิเทอริยมให้รังสีแบบต่อเนื่องในช่วงอัลตราไวโอเล็ต หลอดฮอลโลแคโทดให้รังสีแบบเส้น จัดแหล่งกำเนิดรังสีทั้งสองให้ตั้งฉากกัน รังสีทั้งสองสลับกันเข้าสู่เปลวไฟ(ใช้ซีฟเฟอร์) แทรนซ์ควิเซอร์จะเปรียบเทียบสัญญาณจากแหล่งกำเนิดรังสีทั้งสอง ขณะที่แสงจากหลอดฮอลโลแคโทดผ่าน เส้นกว้าง 0.02 อังสตรอม แถบความกว้างช่องเล็กน้อย 2 อังสตรอม อะตอมและเมทริกซ์ดูดกลืนรังสีนี้ ขณะที่แสงจากหลอดควิเทอริยมผ่าน อะตอมดูดกลืนแสงน้อยมากเป็นจุดของหนึ่งร้อยส่วน จึงตัดทิ้งได้ ส่วนเมทริกซ์ดูดกลืนเป็นช่วงกว้างจึงดูดกลืนแสงต่อเนื่อง เมื่อปรับให้ความเข้มลำแสงทั้งสองเท่ากัน ผลต่างของสัญญาณทั้งสองคือการดูดกลืนของสารที่สนใจแถบแบล็กกราว์น เทคนิคนี้แก้ไขได้เฉพาะช่วงอัลตราไวโอเล็ตและตัวอย่างที่มีเมทริกซ์ไม่มาก

๕ อธิบายการใช้เทคนิคซีแมนแก่ค่าแบล็กกราว์นของสเปกตรัมดูดกลืน

ปรากฏการณ์ซีแมนคือผลของสนามแม่เหล็กความเข้มสูงทำให้เส้นสเปกตรัมเกิดการแยก

ให้เส้นใหม่สองเส้น โดยให้ด้านซ้ายและด้านขวาของเส้นเดิม(ห่างจากเส้นเดิม 0.1 องศา) เรียกเส้นซิกมา ส่วนที่เดิมมีความเข้มเส้นเพียงครึ่งหนึ่งเรียกเส้นโพ

หลอดหลอดใดแคโทดให้รังสีแบบเส้นเมื่อให้รังสีผ่านตัวทำแสงโพลาไรซ์ที่หมุนได้ จะได้รังสีระนาบโพลาไรซ์โพ(แนวอน) และระนาบโพลาไรซ์ซิกมา(แนวตั้ง) ซึ่งมีความเข้มเท่ากัน รังสีทั้งสองผ่านเข้าสู่เตาไฟฟ้าที่มีสนามแม่เหล็กล้อมรอบ และผลิตสนามแม่เหล็กแบบกระแสสลับขณะที่มีสนามแม่เหล็ก เส้นเรโซแนนซ์ของอะตอมของธาตุที่สนใจในเตาเกิดการแยกเป็นเส้นโพและเส้นซิกมาและมีรังสีโพจากแหล่งกำเนิดมาจะเกิดการดูดกลืนของอะตอมที่สนใจกับเมทริกซ์ซึ่งดูดกลืนในช่วงกว้าง ขณะที่ไม่มีสนามแม่เหล็ก เส้นเรโซแนนซ์ของสารที่สนใจไม่มีการแยกและมีรังสีซิกมาจากแหล่งกำเนิดมาจะเกิดการดูดกลืนเฉพาะเมทริกซ์เท่านั้น ผลต่างการดูดกลืนของเส้นทั้งสองคือสัญญาณที่แก้ค่าเบสึกราวน์แล้ว เทคนิคนี้แก้ได้ทั้งช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิล และเมทริกซ์ที่มีปริมาณมาก และใช้ได้เฉพาะเทคนิคเตาไฟฟ้าที่ทำการผลิตอะตอมเท่านั้นเท่านั้น

๖ อธิบายการใช้เทคนิคสปีดอิเฟกแก้ค่าเบสึกราวน์ของสเปกตรัมดูดกลืน

เทคนิคสปีดอิเฟก(การผันกลับร่วม)ใช้หลักการผ่านกระแสสูงมากเป็นแอมแปร์นานเป็นมิลิวินาที ส่วนกระแสปกติเป็นวินาที ช่วงกระแสต่ำแหล่งกำเนิดแสงให้เส้นสเปกตรัมซึ่งอะตอมของสารที่สนใจและเมทริกซ์ดูดกลืน ช่วงกระแสสูงมากอะตอมของธาตุในหลอดหลอดใดแคโทดส่วนใหญ่อยู่ที่สถานะพื้นเกือบ 30% จึงดูดกลืนเส้นสเปกตรัมเปล่งจากแหล่งกำเนิดเกิดตรงบริเวณเส้นเรโซแนนซ์ออกพิศหายไป จึงไม่มีรังสีให้ตัวอย่างดูดกลืน สัญญาณขณะที่วัดจากกระแสสูงจึงเป็นเฉพาะการดูดกลืนของเมทริกซ์เท่านั้น เมื่อปรับความเข้มสัญญาณจากแหล่งกำเนิดให้เท่ากัน ผลต่างการดูดกลืนของเส้นทั้งสองคือสัญญาณที่แก้ค่าเบสึกราวน์แล้ว เทคนิคนี้แก้ได้ทั้งช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิล ใช้ได้กับเตาไฟฟ้าและเปลวไฟ แต่แหล่งกำเนิดแสงที่มีสมบัติเช่นนี้มีน้อยมาก

๗ ทำไมต้องใช้แหล่งกำเนิดแบบมอดูเลต(ดับ)ในเครื่องวิเคราะห์แบบดูดกลืนอะตอม

แหล่งกำเนิดแบบมอดูเลตใช้เมื่อต้องการดูความแตกต่างระหว่างรังสีจากแหล่งกำเนิดซึ่งเป็นแบบสลับและรังสีเบสึกราวน์จากเปลวไฟซึ่งเป็นแบบต่อเนื่อง แทรนซ์ดิวเซอร์ซึ่งทำหน้าที่วัดรังสีที่เหลือจากการดูดกลืนของสารตัวอย่าง วัดเป็นแบบสลับและมีความถี่เท่ากับรังสีจากแหล่งกำเนิด การรบกวนจากรังสีต่อเนื่องน่าจะตัดทิ้งได้ แต่ก็ได้ผลไม่ 100 % จึงต้องใช้วิธีการแก้ค่า

แบล็คกราวด์ช่วย

๘ ทำไมสารละลายนิกเกิลในตัวทำละลาย 50% เอทานอล ให้ค่าความดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 352.4 นาโนเมตรสูงกว่าในตัวทำละลายน้ำ 30%

เอทานอลเป็นสารอินทรีย์ที่มีความหนาแน่นต่ำจึงลดแรงตึงผิวของสารละลายทำให้สารละลายที่เคยมีหยดขนาดใหญ่มีขนาดหยดเล็กลง ปริมาณสารละลายจึงผ่านเปลวไฟเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเท่ากัน ปริมาณไออะตอมอิสระในสถานะพื้นจึงเพิ่มขึ้น

๙ สเปกตรัมเปล่งของหลอดหลอด โดแคโทด โมลิบดีนัมให้พีคเรโซแนนซ์ที่ความยาวคลื่น 313.3 นาโนเมตรเมื่อใช้กระแสต่ำกว่า 50 มิลลิแอมแปร์ เมื่อใช้กระแสสูงกว่า 50 มิลลิแอมแปร์ ยอดพีคมีความเข้มลดลง ให้เหตุผล

ถ้าใช้กระแสสูงกว่าปกติ จำนวนอะตอมที่ถูกกระตุ้นไม่ถึง 100% จะมีจำนวนอะตอมที่ไม่ถูกกระตุ้น(สถานะพื้น)ปนอยู่มาก จำนวนไออะตอมที่ถูกกระตุ้นเกิดจากไอออนของก๊าซเฉื่อยวิ่งไปชนแคโทด แต่ไอออนนี้มีพลังงานสูงมากเนื่องจากป้อนกระแสสูง ไออะตอมในสถานะกระตุ้นจึงมีพลังงานจลน์สูงเกิดการชนกันทำให้เส้นมีความกว้างเพิ่มขึ้น ส่วนไออะตอมที่ไม่ถูกกระตุ้น(อยู่ที่สถานะพื้น)จะดูดกลืนรังสีจากเส้นอะตอมที่ถูกกระตุ้นเปล่งออกมา ทำให้ยอดพีคมีความเข้มเส้นลดลงเกิดเป็นพีคสองพีค ปรากฏการณ์นี้เรียกการดูดกลืนร่วมหรือการผันกลับร่วม ความกว้างคือฟเฟอร์ของเส้นดูดกลืน(เกิดจากไออะตอมที่สถานะพื้นจากเปลวไฟหรือเตาไฟฟ้าซึ่งมีอุณหภูมิสูง)มีค่ามากกว่าความกว้างเส้นเปล่ง(เกิดจากไออะตอมที่สถานะกระตุ้นของหลอดหลอด โดแคโทดซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ามาก)

๑๐ นักวิเคราะห์วิเคราะห์ปริมาณสารอนิเมียมด้วยวิธีการดูดกลืนอะตอมด้วยเปลวไฟในคริสตอออกไซด์/อะเซทิลีนที่ความยาวคลื่น 460.7 นาโนเมตรได้ผลสภาพไวไม่เป็นที่พอใจ ให้แนะนำการเพิ่มสภาพไวมาสามวิธี

การเพิ่มสภาพไวทำได้โดย

๑ ทำการสกัดสารอนิเมียมโดยใช้สารเชิงซ้อนในตัวทำละลายเมทิลไอโซบิวทิลคีโตน แล้วผ่านเข้าสู่เนบิวไลเซอร์ เทคนิคนี้ช่วยลดการแทรกสอดจากเมทริกซ์ เพราะเมทริกซ์อยู่ในชั้นน้ำ

๒ ใช้เทคนิคการอะตอมด้วยเตาไฟฟ้า

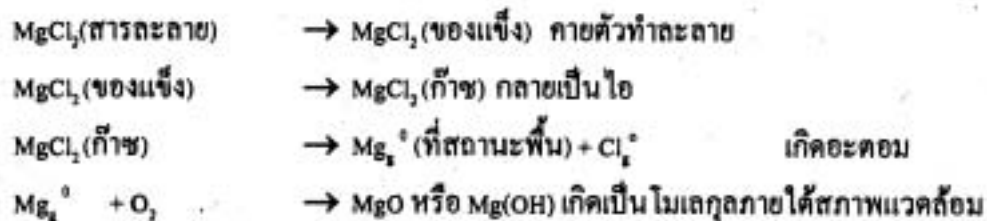
๓ ทำการสกัดสารอนิเมียมโดยใช้สารเชิงซ้อนในตัวทำละลายอินทรีย์ ใช้กรดความเข้มข้นเหมาะสมปริมาณน้อยๆ(ปริมาตรแน่นอน)ละลายสารอนิเมียมแล้วนำไปวิเคราะห์

๑๑ ทำไมเทคนิคการเปล่งอะตอมจึงไวต่อเปลวไฟที่ไม่เสถียรมากกว่าเทคนิคการดูดกลืนอะตอมหรือฟลูออเรสเซนซ์

เปลวไฟที่ไม่เสถียรเป็นผลให้การผลิตอะตอมในสถานะกระตุ้นไม่สม่ำเสมอทำให้ผลที่วิเคราะห์ได้ไม่แน่นอน ส่วนเทคนิคการดูดกลืนอะตอมไม่ค่อยมีผลเพราะอุณหภูมิจากเปลวไฟผลิตอะตอมที่สถานะพื้นซึ่งไม่ต้องการอุณหภูมิสูงมาก การวิเคราะห์ผลเกิดจากตัวอย่างดูดกลืนรังสีจากแหล่งกำเนิด ส่วนเทคนิคฟลูออเรสเซนซ์เปลวไฟผลิตอะตอมที่สถานะพื้นแล้วดูดกลืนรังสีจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเปลวไฟไม่มีผลเช่นกัน แล้วเปล่งรังสีฟลูออเรสเซนซ์ออกมา

๑๒ รูป 6-1 ให้อธิบายกระบวนการที่เกิดในตะเกียงแบบแผ่น อธิบายกระบวนการวิเคราะห์สารละลาย $MgCl_2$ โดยใช้สารละลายอ้างอิงที่เหมาะสม

เมนูไลเซอร์ทำหน้าที่พาตัวอย่างเข้าสู่ตะเกียง ออกซิแดนซ์(อากาศ)ผ่านเข้าสู่เมนูไลเซอร์ซึ่งมีปลายด้านหนึ่งตัน อีกด้านเป็นหลอดรูเล็ก ปลายด้านที่ตันมีหลอดแคพิลลารี(รูเล็ก)จุ่มในสารละลายตัวอย่าง อากาศพาสารละลายเข้าสู่เมนูไลเซอร์ แล้วออกสู่หลอดรูเล็ก แล้วชนเม็คแก้วเป็นผลให้สารละลายเกิดการแตกเป็นละอองลอย(aerosol) ส่วนหยดที่มีขนาดใหญ่จะไหลลงสู่ที่ดักจับของเหลว(95%) ละอองลอยจะรวมกับเชื้อเพลิงเป็น mist แล้วเข้าสู่ตะเกียงซึ่งมีเปลวไฟ



การวิเคราะห์ทำโดยปรับสภาพเครื่องให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ Mg ใช้สารละลายอ้างอิงปรับเครื่องให้อ่านค่าความดูดกลืน 0 วิเคราะห์สารมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ วิเคราะห์สารตัวอย่าง หาปริมาณสารตัวอย่างจากเคอร์ฟมาตรฐาน

๑๓ ใช้สมการ $R = (\lambda_1 + \lambda_2) + 2 / \Delta \lambda = n\lambda$ หาขนาดเกรตติงเลี้ยวเบนรังสีที่ความยาวคลื่นเฉลี่ย 500 นาโนเมตร มีความกว้างเส้น 0.002 นาโนเมตร สมมติใช้เกรตติงกับลำรังสีอันดับหนึ่งที่ขีดเป็นร่อง

2400 ร่องต่อมิลลิเมตร

กำหนดความยาวคลื่นเฉลี่ย 500 นาโนเมตร $\Delta \lambda$	= 0.002 นาโนเมตร
$1 \times N = 500 \text{ นาโนเมตร} / 0.002 \text{ นาโนเมตร} \times 1$	= 250×10^3 ร่อง
N	= 250×10^3 ร่อง
เกรตติงที่ใช้ขนาด 2400 ร่องสำหรับระยะ	1 มิลลิเมตร
ต้องใช้เกรตติง 250×10^3 ร่องต้องมีขนาด	= 250×10^3 ร่อง \times 1 มิลลิเมตร / 2400 ร่อง
ขนาดเกรตติงเลี้ยวเบนรังสี	= 104 มิลลิเมตร

๑๔ การวิเคราะห์เหล็กโดยวิธีการดูดกลืนอะตอมด้วยเปลวไฟไฮโดรเจน/อ็อกซิเจนวิเคราะห์ปริมาณเหล็กได้น้อยลงเมื่อมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้น

ก จงอธิบายปรากฏการณ์นี้

ข จงอธิบายวิธีการทำให้การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กถูกต้อง

ก เหล็กรวมกับซัลเฟตเป็นเหล็กซัลเฟตซึ่งสลายตัวเป็นอะตอมได้น้อย เนื่องจากสารละลายเหล็กซัลเฟตเปลี่ยนเป็นอะตอมได้น้อย เนื่องจากสารละลายมีความหนืดมาก

ข การแก้ไขทำได้โดยใช้แคโทดไอออน Sr, La ในรูปเกลือคลอไรด์เพื่อจับซัลเฟตออกจากสารละลายตัวอย่างเหล็กเพื่อให้เหล็กกลายเป็นเหล็กคลอไรด์ซึ่งเป็นไอง่ายขึ้น

๑๕ จงเปรียบเทียบอัตราส่วนจำนวนอะตอมของอนุภาค $3p$ ในสถานะกระตุ้นเทียบกับ $3s$ ที่สถานะพื้นของอะตอม Na และ Mg^+

ก เปลวไฟก๊าซธรรมชาติ/อากาศ(2100เคลวิน)

ข เปลวไฟไฮโดรเจน/อ็อกซิเจน(2900เคลวิน)

ค แหล่งกำเนิดอินดักทีฟเพิลพลาสมา(6000เคลวิน)

$$\text{จากสูตร } N_j/N_s = P_j/P_s \exp(-E_j/kT)$$

$$P_j = 3p - 6(\text{อิเล็กตรอน}), P_s = 3s(\text{อิเล็กตรอน}) = 2, h = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg.s}, k = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1}$$

$$\lambda_{Na} = 589.0 \text{ นาโนเมตร} \quad \lambda_{Mg} = 279.6 \text{ นาโนเมตร}$$

ก เปลวไฟก๊าซธรรมชาติ/อากาศ(2100เคลวิน)

$$\text{Na} \quad E = hc/\lambda = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 589.0 \times 10^{-9} \text{ m} = 3.38 \times 10^{12} \text{ erg}$$

$$\text{Mg}^+ \quad E = hc/\lambda = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 279.6 \times 10^{-9} \text{ m} = 7.11 \times 10^{12} \text{ erg}$$

$$\begin{aligned}
 kT &= 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1} \times 2100\text{K} &= 2.898 \times 10^{-13} \text{ erg} \\
 \text{Na } N_j/N_0 &= 6/2 \exp(-3.38 \times 10^{-12} \text{ erg} / 2.898 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 2.62 \times 10^{-5} \\
 \text{Mg}^+ N_j/N_0 &= 6/2 \exp(-7.11 \times 10^{-12} \text{ erg} / 2.898 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 6.64 \times 10^{-11}
 \end{aligned}$$

ข แปลงไฟไฮโดรเจน/ฮีอกซิเจน(2900เคลวิน)

$$\begin{aligned}
 kT &= 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1} \times 2900\text{K} &= 4.002 \times 10^{-13} \text{ erg} \\
 \text{Na } N_j/N_0 &= 6/2 \exp(-3.38 \times 10^{-12} \text{ erg} / 4.002 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 6.49 \times 10^{-4} \\
 \text{Mg}^+ N_j/N_0 &= 6/2 \exp(-7.11 \times 10^{-12} \text{ erg} / 4.002 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 5.77 \times 10^{-7}
 \end{aligned}$$

ค แหล่งกำเนิดอินดักทีฟพัลส์พัลลาสมา(6000เคลวิน)

$$\begin{aligned}
 kT &= 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1} \times 6000\text{K} &= 8.28 \times 10^{-13} \text{ erg} \\
 \text{Na } N_j/N_0 &= 6/2 \exp(-3.38 \times 10^{-12} \text{ erg} / 8.28 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 5.08 \times 10^{-2} \\
 \text{Mg}^+ N_j/N_0 &= 6/2 \exp(-7.11 \times 10^{-12} \text{ erg} / 8.28 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 5.60 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

๑๖ แหล่งกำเนิดอุณหภูมิตั้ง อะตอมไฮเดียมสถานะกระตุ้นให้เส้นเปล่งสองเส้นความยาวคลื่นเฉลี่ย 1139 นาโนเมตร การแทนชิลันเกิดจาก $4s$ ไป $3p$ จงคำนวณอัตราส่วนจำนวนอะตอมในสถานะกระตุ้น $4s$ ไปสถานะพื้น $3p$

ก แปลงไฟอะเซทิลีน/ฮีอกซิเจน(3000เคลวิน)

ข แหล่งกำเนิดอินดักทีฟพัลส์พัลลาสมาร้อนสุด(9000เคลวิน)

$$\text{จากสูตร } N_j/N_0 = P_j/P_0 \exp(-E_j/kT)$$

ก แปลงไฟอะเซทิลีน/ฮีอกซิเจน(3000เคลวิน)

$$P_4 = 3p = 6(\text{อิเล็กตรอน}), P_0 = 3s(\text{อิเล็กตรอน}) = 2, h = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg.s}, k = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1}$$

$$\lambda_{ms} = 1139 \text{ นาโนเมตร}$$

$$E = hc/\lambda = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1139 \times 10^{-9} \text{ m} = 3.49 \times 10^{-12} \text{ erg}$$

$$kT = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1} \times 3000\text{K} = 4.14 \times 10^{-13} \text{ erg}$$

$$N_j/N_0 = 2/6 \exp(-3.49 \times 10^{-12} \text{ erg} / 4.14 \times 10^{-13} \text{ erg}) = 7.22 \times 10^{-3}$$

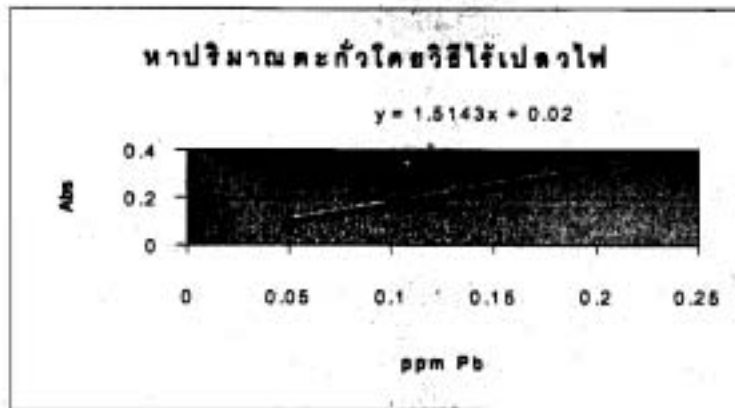
ข แหล่งกำเนิดอินดักทีฟพัลส์พัลลาสมาร้อนสุด(9000เคลวิน)

$$kT = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg.K}^{-1} \times 9000\text{K} = 1.24 \times 10^{-12} \text{ erg}$$

$$N_j/N_0 = 2/6 \exp(-3.49 \times 10^{-12} \text{ erg} / 1.24 \times 10^{-12} \text{ erg}) = 1.997 \times 10^{-2}$$

๑๗ จากรูป 6-10 สัญญาณอุทกกลืนกับความเข้มข้นสารมาตรฐานและสารตัวอย่างปริมาณ 2 ไมโครกรัมบาศก์เดซิเมตร จงคำนวณปริมาณตะกั่วเป็นส่วนในล้านส่วนของน้ำส้มในกระป๋องตัวอย่าง

ให้ค่าความดูดกลืนเท่ากับ 0.1



จากสมการ $y = 1.5143x + 0.02$

$$x = (0.1 - 0.02) / 1.5143 = 0.05 \text{ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ความเข้มข้นตะกั่ว 0.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

๑๘ อธิบายแหล่งกำเนิดสเปกตรัมในรูป 6-9 ที่เกิดจากกระบวนการทำแห้งและกระบวนการเผาชี้ได้

พิกทำแห้งเกิดจากไอน้ำขวางทางเดินแสง ส่วนพิกที่เกิดจากกระบวนการเผาชี้ได้เกิดจากไอของสารอินทรีย์ขวางทางเดินแสง

๑๙ สารละลายยูเรเนียมช่วงความเข้มข้น 500 ถึง 2000 ส่วนในล้านส่วน ให้ความดูดกลืนอะตอมเป็นเส้นตรงที่ความยาวคลื่น 351.55 นาโนเมตร ความเข้มข้นยูเรเนียมต่ำสุดเท่าใดที่เคอร์ฟไม่เป็นเส้นตรงเมื่อใส่สารละลายมีโลหะแอลคาไลน์ประมาณ 2000 ส่วนในล้านส่วน

สารละลายยูเรเนียมความเข้มข้นต่ำ ยูเรเนียมจะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนทำให้มีอะตอมน้อย การใส่สารละลายที่มีโลหะแอลคาไลน์ประมาณ 2000 ส่วนในล้านส่วนโลหะแอลคาไลน์จะไปใช้พลังงานจากแหล่งกำเนิดอะตอม(เปลวไฟ)ทำให้เปลวไฟเหลือพลังงานน้อยลง จนยูเรเนียมไม่เกิดการแตกตัวเป็นไอออน

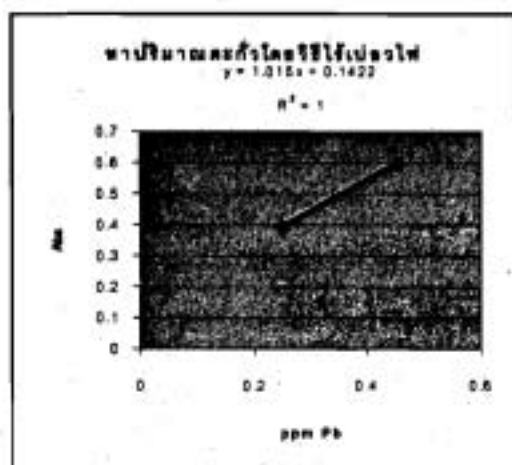
๒๐ วิธีการเดิมสารมาตรฐานภายในสำหรับการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเปล่งทำเพื่ออะไร

การวิเคราะห์สารที่สนใจและมีเมทริกซ์ปนและเกิดการรบกวน การเลือกใช้สารมาตรฐาน

ภายในที่มีสมบัติคล้ายกับสารที่สนใจ สารทั้งสองจะถูกบวกรวมด้วยเมทริกซ์เช่นกัน เทคนิคนี้ช่วยลดผลกระทบรบกวนจากเมทริกซ์ เพราะวัดสัญญาณสารที่สนใจ/สัญญาณสารมาตรฐานภายในเทียบกับความเข้มข้นสารที่สนใจ

๒๑ ตัวอย่างเลือด 5.00 ถูกบาศก์เซนติเมตรใส่กรดไทโรคลอโรแอซิดิกเพื่อแยก(ตกตะกอน)โปรตีน เซนทริฟิวซ์ ปรับสารละลายให้มีพีเอช 3.0 หาปริมาณตะกั่วโดยนำสารละลายนี้มาสกัดด้วยเมทิลไอโซบิวทิลคีโตนที่มีแอมโมเนียมไพโรฟอสเฟตปริมาณ 5 ถูกบาศก์เซนติเมตร ผ่านสารละลายที่สกัดเข้าสู่เปลวไฟอากาศอะเซทิลีน วัดค่าความดูดกลืนได้ 0.0444 ที่ความยาวคลื่น 283.3 นาโนเมตร ใช้สารละลายมาตรฐาน 5 ถูกบาศก์เซนติเมตรเข้มข้น 0.25 และ 0.45 ส่วนในล้านส่วน ทำการเช่นเดิม นำไปวัดค่าความดูดกลืนได้ 0.396 และ 0.599 จงคำนวณความเข้มข้นตะกั่วในตัวอย่าง

ppm Pb	Abs
0.25	0.396
0.45	0.599
	ตัวอย่าง
	0.444



$$\text{จากสมการ } y = 1.015x + 0.1422$$

$$x = (0.444 - 0.1422) / 1.015 = 0.297$$

ความเข้มข้นตัวอย่างตะกั่ว 0.297 ส่วนในล้านส่วน

๒๒ การหาปริมาณโซเดียมในตัวอย่างซีเมนต์โดยเทคนิคการเป่าด้วยเปลวไฟ เครื่องสารมาตรฐานเข้มข้น 0, 20, 40, 60 และ 80 ไมโครกรัม Na_2O ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อ่านค่าความเปล่งได้ 3.1, 21.5, 40.9, 57.1, และ 77.3

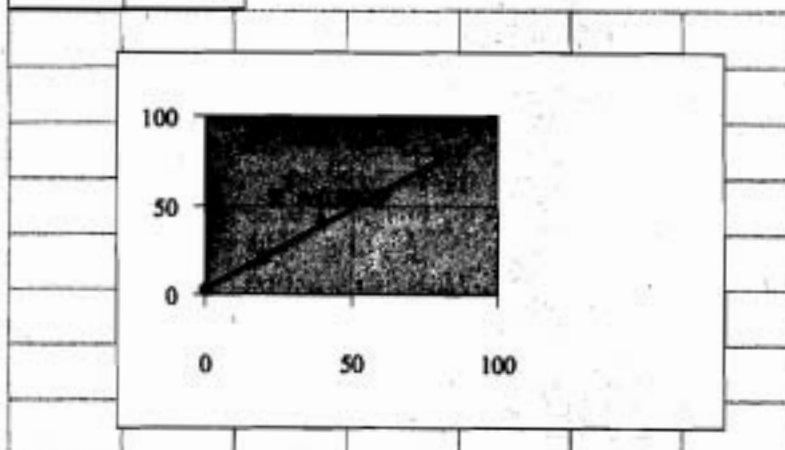
ก. พล็อตกราฟจากข้อมูลนี้

ข. ให้หาค่ากำลังสองน้อยที่สุดหาเส้นตรงจากข้อมูลนี้

ค. นำตัวอย่างซีเมนต์จากสามบริษัท ชั่ง 1.000 กรัม ละลายในกรดไฮโดรคลอริกเจือจางจนมีปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร หลังจากการทำให้เป็นกลาง นำไปวัดความเปล่งได้ข้อมูลดังตาราง จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ Na_2O ในแต่ละตัวอย่าง

ความเข้มเปล่ง				
ครั้งที่วัด	แบดจ์	แรด	กระต่าย	เต่า
1	5.1	28.6	40.7	73.1
2	4.8	28.2	41.2	72.1
3	4.9	28.9	40.2	หก
เฉลี่ย	4.93	28.57	40.7	72.6

[μg]	Emiss
0	3.1
20	21.5
40	40.9
60	57.1
80	77.3



ข สมการกำลังสองน้อยที่สุด $y = 0.92x + 3.18$, $R^2 = 0.9992$

ค ความชัน 0.92 จุดตัดเส้น 3.18 ค่าเฉลี่ย - แบนด์ -

$$x = (23.64 - 3.18)/0.92 = 22.23$$

ง ทรายแรมมี 22.23 ไมโครกรัม Na_2O ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรมี Na_2O 2223 ไมโครกรัม

$$\% \text{Na}_2\text{O} = (2223/10^6) \times 100 = 0.222$$

ค่าเฉลี่ย - แบนด์ - $40.7 - 4.93 = 35.77$

$$x = (35.77 - 3.18)/0.92 = 35.42$$

ทรายละเอียดมี 35.42 ไมโครกรัม Na_2O ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรมี Na_2O 3542 ไมโครกรัม

$$\% \text{Na}_2\text{O} = (3542/10^6) \times 100 = 0.354$$

ค่าเฉลี่ย - แบนด์ - $72.6 - 4.93 = 67.67$

$$x = (67.67 - 3.18)/0.92 = 70.10$$

ทรายหยาบมี 70.10 ไมโครกรัม Na_2O ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรมี Na_2O 7010 ไมโครกรัม

$$\% \text{Na}_2\text{O} = (7010/10^6) \times 100 = 0.701$$

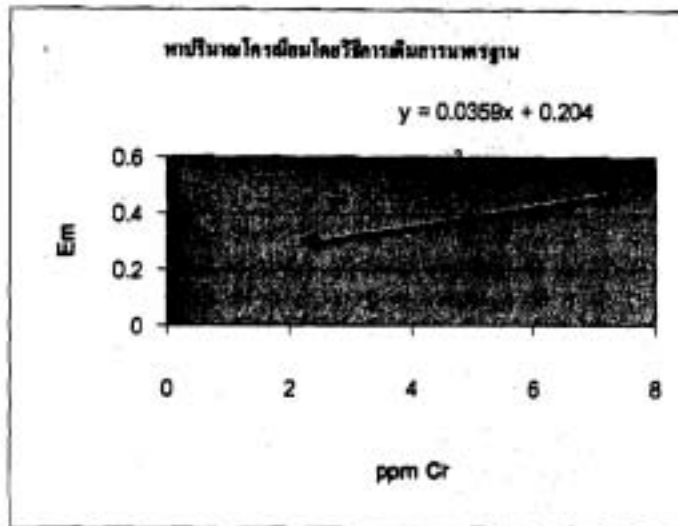
๒๓ ปีเปิดตัวอย่างสารละลายโครเมียม 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ขวดปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร 5 ใบ ใส่สารละลายมาตรฐาน 12.2 ส่วนในล้านส่วนปริมาณต่างๆลงในขวดสี่ใบ เจือจางสารละลายทั้งห้าขวดจนถึงขีดปริมาตร เขย่าขวดให้สารละลายเข้ากัน ดังตาราง

ก ทลือคเตอร์ฟจากข้อมูลนี้

ข จงหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดูดกลืนและปริมาตรสารมาตรฐาน

ค จงคำนวณความเข้มข้นโครเมียมเป็นส่วนในล้านส่วน

ปริมาตรตัวอย่าง cm^3	ปริมาตร โครเมียม cm^3	ค่าความดูดกลืน
10.0	0.0	0.201
10.0	10.0(2.44 ppm)	0.292
10.0	20.0(4.88 ppm)	0.378
10.0	30.0(7.32 ppm)	0.476
10.0	40.0(9.76 ppm)	0.554



เมื่อต่อเส้นตรงไปพบจุดตัดได้ความเข้มข้น เท่ากับ 4.8 ส่วนในล้านส่วน

ข สมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.0359x + 0.204$

ค ความชัน 0.0359 จุดตัดเส้น 0.204

ง สารละลายตัวอย่าง 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโครเมียม 4.8 มิลลิกรัม

สารละลายตัวอย่าง 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโครเมียม $(4.8 \times 50) / 1000$ มิลลิกรัม

สารละลายตัวอย่าง 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโครเมียม 0.24 มิลลิกรัม

สารละลายตัวอย่าง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโครเมียม 0.24 มิลลิกรัม

บทที่ ๗

วิธีสเปกโทรเจิงอะตอมแบบเปล่ง

อ่านหนังสือฉบับนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

สเปกตราคต่อเนื่อง สเปกตราแถบ สเปกตรารเส้น อินดิคทีฟคัพเพิลพลาสมาแบบขดลวด เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก ปรากฏไฟเทสตา อินดิคทีฟคัพเพิลพลาสมาแบบกระแสตรง พลาสมา มาตรฐานเปล่งแบบวิเคราะห์ที่ละธาตุ มาตรฐานเปล่งแบบวิเคราะห์ได้หลายธาตุ มาตรฐานเปล่งแบบสรูทสแกน หน้าต่างตรวจสอบ ตัวทำกระจายชนิด ซีดจำกัดการตรวจหา ขั้วไฟฟ้าแคโทด (แคโทด) ขั้วไฟฟ้าแอโนด ขั้วไฟฟ้าแคโทด (แคโทด) แถบสเปกตราไซยาโนเจน การอาร์ค การสปาร์ค thermal ionization มาตรฐานเปล่งแบบไม่กระจายชนิดหลายช่อง แหล่งกำเนิด เลเซอร์ไมโครโทรบ

แบบฝึกหัดบทที่ ๗

๑. สารมาตรฐานภายในคืออะไร มีวิธีการใช้อย่างไร

สารมาตรฐานภายในเป็นสารที่ตอบสนองต่อตัวแปรที่คุมไม่ได้เหมือนกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ สารนี้เติมลงในสารตัวอย่างและสารมาตรฐานด้วยปริมาณเท่ากัน สัญญาณที่วิเคราะห์คือ อัตราส่วนสัญญาณสารตัวอย่าง(หรือสารมาตรฐาน)ต่อสารมาตรฐานภายใน

๒. ทำไมวิธีการเปล่งรังสีโดยอะตอมใช้เทคนิคการกระตุ้นแบบอินดิคทีฟคัพเพิลพลาสมาจึงใช้วิเคราะห์ธาตุพร้อมกันหลายธาตุดีกว่าวิธีการดูดกลืนและเปล่งรังสีโดยเปลวไฟ

วิธีการดูดกลืนอะตอมด้วยเทคนิคเปลวไฟ เปลวไฟทำให้ธาตุที่สนใจเกิดอะตอมในสถานะพื้น จึงต้องใช้แหล่งกำเนิดรังสีให้ตรงกับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ ส่วนวิธีการเปล่งรังสีด้วยเทคนิคเปลวไฟ ธาตุหลายธาตุต้องใช้พลังงานสูงแค่พลังงานที่ได้จากเปลวไฟไม่พอ จึงวิเคราะห์โดยเทคนิคการเปล่งรังสีไม่ได้ วิธีการเปล่งรังสีโดยเทคนิคการกระตุ้นแบบอินดิคทีฟคัพเพิลพลาสมา ซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานสูงมาก ทุกธาตุที่อยู่ในพลาสมาเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะกระตุ้น พลาสมาจึงเป็นแหล่งกำเนิดรังสี ทำให้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้พร้อมกัน

๓ ทำไมเส้นสเปกตราไอออนเกิดจากเทคนิคสปาร์ก เส้นสเปกตราอะตอมเกิดจากเทคนิคอาร์ค และอินดักทีฟลิคท์เพิลทลาสมาให้เหตุผล

อุณหภูมิของสปาร์กสูงมากประมาณ 4000 เคลวิน อะตอมในสถานะกระตุ้นส่วนใหญ่เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสถานะกระตุ้นจึงได้เส้นไอออน ส่วนอุณหภูมิของการอาร์คต่ำกว่า 4000 เคลวินเฉพาะธาตุเบาเท่านั้นเกิดไอออนในสถานะกระตุ้น ส่วนธาตุหนักเกิดอะตอมในสถานะกระตุ้น ส่วนเทคนิคพลาสมาความเข้มข้น(ปริมาณ)อิเล็กตรอนในพลาสมาสูงมากจึงทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ธาตุที่สนใจเกิดไอออนในสถานะกระตุ้น เทคนิคอาร์คและอินดักทีฟลิคท์เพิลทลาสมาจึงได้เส้นจากอะตอม

๔ จงคำนวณส่วนกลับการกระจายทางทฤษฎีของเกรตติงเอชเชลท์ที่มีความยาวโฟกัส 0.75 เมตร ความหนาแน่น(จำนวนร่อง) 100 ร่องต่อมิลลิเมตร มุมเลี้ยวเบน 63 องศา 26 ลิปคา ใช้อันดับเลี้ยวเบน ก) 20 และ ข) 100

$$D^{-1} = d\lambda / dy = d\lambda / F \sin \theta = d \cos \theta / nF$$

ก) $F = 0.75$ เมตร, $n = 20$, $\cos 63.26^\circ = 0.45$, $d = 1/100$ มิลลิเมตรต่อร่อง

$$D^{-1} = 1 \times 10^{-2} \text{ มิลลิเมตร} \times 0.45 / (20 \times 750 \text{ มิลลิเมตร})$$

$$D^{-1} = 3 \times 10^{-7} \text{ มิลลิเมตร} \times 10^7 \text{ อังสตรอมต่อมิลลิเมตร} / \text{มิลลิเมตร}$$

$$D^{-1} = 3 \text{ อังสตรอมต่อมิลลิเมตร}$$

ข) $F = 0.75$ เมตร, $n = 100$, $\cos 63.26^\circ = 0.45$, $d = 1/100$ มิลลิเมตรต่อร่อง

$$D^{-1} = 1 \times 10^{-2} \text{ มิลลิเมตร} \times 0.45 / (100 \times 750 \text{ มิลลิเมตร})$$

$$D^{-1} = 3 \times 10^{-7} \text{ มิลลิเมตร} \times 10^7 \text{ อังสตรอมต่อมิลลิเมตร} / \text{มิลลิเมตร}$$

$$D^{-1} = 0.6 \text{ อังสตรอมต่อมิลลิเมตร}$$

๕ ทำไมแหล่งกระตุ้นอาร์คบริเวณช่องว่างต้องผ่านก๊าซเฉื่อย

ขั้วไฟฟ้าเป็นแกรไฟต์(คาร์บอน)ในบรรยากาศมีไนโตรเจนมาก ดังนั้นเมื่อร้อนขั้วไฟฟ้าจะทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนเกิดไซยาโนเจน จึงต้องผ่านก๊าซเฉื่อยเพื่อไม่ให้เกิดแถบสเปกตราไซยาโนเจน

๖ อธิบายวิธีการใส่(พา)ตัวอย่างเข้าเทอร์ช

ตัวอย่างเข้าเทอร์ชต้องเป็นของเหลว ต้องใช้เนบิวไลเซอร์กับออกซิเจน(อาร์กอน)เป็นตัว

พาของเหลวเข้าสู่ท่อรีซ

๘ เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแหล่งกำเนิดพลาสมาท่อรีซ ICP อาร์กอน กับอาร์กอนพลาสมา กระแสตรง

ข้อดีของแหล่งกำเนิดพลาสมาท่อรีซแบบ ICP ให้สัญญาณต่อเนื่อง อุณหภูมิพลาสมาคงที่ ข้อเสียของแหล่งกำเนิดพลาสมากระแสตรงให้สัญญาณไม่ต่อเนื่อง เพราะอุณหภูมิพลาสมาไม่คงที่ เนื่องจากขั้วไฟฟ้ามีการสึกกร่อน

๘ ทำไมการแทรกสอดเนื่องจากไอออนของ ICP จึงน้อยกว่าเทคนิคสเปกโทรเปล่งแบบเปลวไฟ

แหล่งกำเนิด ICP ความร้อนสูงได้จากพลาสมา(แคทไอออน Ar⁺ กับอิเล็กตรอน) เมทริกซ์ต่างๆไม่มีการแตกตัวเป็นไอออน ธาตุที่สนใจก็ไม่เกิดไอออน(พลาสมามีอิเล็กตรอนมาก) ส่วนแหล่งกำเนิดเปลวไฟความร้อนที่ใช้วิเคราะห์ธาตุหมู่หนึ่งซึ่งใช้เทคนิคเปล่งได้ พลังงานมากเกินความต้องการของธาตุหมู่หนึ่งจึงเกิดการแตกตัวเป็นไอออน

๘ บอกข้อดีของแหล่งกำเนิดพลาสมาเทียบกับแหล่งกำเนิดเปลวไฟจากเทคนิคสเปกโทรเปล่ง

แหล่งกำเนิดพลาสมาให้ความร้อนสูงมาก สารส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นอะตอมในสถานะกระตุ้น ไอออนในสถานะกระตุ้นเกิดกับธาตุน้อยธาตุ ส่วนเทคนิคเปลวไฟความร้อนพอประมาณ ธาตุที่ต้องการพลังงานไม่มากเปลี่ยนเป็นอะตอมในสถานะกระตุ้น บางธาตุต้องการความร้อนสูงมาก จึงศึกษาไม่ได้ ส่วนธาตุที่ต้องการพลังงานไม่มากเกิดเป็นไอออนในสถานะกระตุ้น

๑๐ ทำไมวิธีเคมิสตรามาตรฐานภายในจึงนิยมใช้กับเทคนิคสเปกโทรเปล่งแบบพลาสมา

วิธีเคมิสตรามาตรฐานภายในนิยมใช้กับเทคนิคสเปกโทรเปล่งแบบพลาสมา เพราะเทคนิคนี้ตัดการรบกวนจากเมทริกซ์ได้ เพราะการรบกวนจากเมทริกซ์มีผลกับสารที่สนใจและสารมาตรฐานภายในพอๆกัน

แบบฝึกหัดบทที่ ๘

วิธีสเปกโทรของอะตอมเชิงรังสีเอ็กซ์

อ่านหนังสือจบบทนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

การเปล่งสารรังสีเอ็กซ์จาก -ลำอิเล็กตรอน -สารรังสีเอ็กซ์ชนสารให้ฟลูออเรสเซนซ์
กระบวนการสลายสารกัมมันตรังสี รังสีขาว กฏควอนตัม เส้นสเปกตรารังสีเอ็กซ์ อนุกรม K
อนุกรม L เส้นสเปกตราคแอลฟา เส้นสเปกตราคเบตา เส้นสเปกตราคแกมมา แหล่งกำเนิด
กัมมันตรังสี การจับอิเล็กตรอน แอ็บซอร์ปชันแอดจ์ กระบวนการดูดกลืน สัมประสิทธิ์การ
ดูดกลืนเชิงเส้น รังสีเอ็กซ์ฟลูออเรสเซนซ์ การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ หลอดสุญญากาศ แหล่งกำเนิดรังสี
ฟลูออเรสเซนซ์ชุดที่สอง ฟิสิกส์สำหรับรังสีเอ็กซ์ เครื่องมือแบบกระจายความยาวคลื่น ตัวทำ
รังสีขนาน ผลึกที่ใช้วิเคราะห์(ผลึกเชิงเดี่ยว) แทรนซ์ควอเตอร์รังสีเอ็กซ์ แทรนซ์ควอเตอร์แบบ
บรรจุก๊าซ ห้องที่ก๊าซเฉื่อยแตกตัวเป็นไอออน ไอออนคู่ การขยายสัญญาณก๊าซ เครื่องนับแบบ
สัดส่วน เวลาหยุดนับ เครื่องนับไกเกอร์ ตัวตรวจจับก๊าซ เครื่องนับแปลงแสงทวี แทรนซ์ควอเตอร์
เซมิคอนดักเตอร์ ชั้นการพราง แทรนซ์ควอเตอร์ลิเทียมลอยเลื่อนในซิลิคอน เครื่องวิเคราะห์
พัลส์ไฮท์ วิเคราะห์แบบ -ดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ -แอ็บซอร์ปชันแอดจ์ -เลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์
อิเล็กตรอนไมโครโพรบ

แบบฝึกหัดบทที่ ๘

๑ จงหาขีดจำกัดความยาวคลื่นสั้นของรังสีแบบต่อเนื่องจากหลอดรังสีเอ็กซ์ที่ใช้เงินเป็นเป้าและ
ได้รับศักย์ 80 กิโลโวลต์

$$E = eV_0 = hc / \lambda_0$$

$$h = 6.624 \times 10^{-27} \text{ erg.s} \quad c = 2.998 \times 10^{10} \text{ cm.s}^{-1} \quad e = 1.6021 \times 10^{-12} \text{ erg.V}^{-1}$$

เมื่อแทนค่าคงที่ต่างๆแล้วเขียนเป็นสมการได้

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 80 \times 10^3 \text{ V}$$

$$\lambda_0 = 0.1549 \text{ อังสตรอม} = 0.155 \text{ อังสตรอม}$$

๒ จงหาศักย์ต่ำสุดที่ต้องการกระตุ้นอนุกรมเส้น K_{β} และ L_{α} ของ ก) U ข) K ค) Rb ง) W

$$\lambda_0 = 12398 / V \quad V = 12398 / \lambda_0$$

ก) U ยูเรเนียม K_{β} 0.111 อังสตรอม และ L_{α} 0.720 อังสตรอม

$$K_{\beta} \quad V = 12398 / \lambda_0 \quad L_{\alpha} \quad V = 12398 / \lambda_0$$

$$K_{\beta} \quad V = 12398 / 0.111 \quad L_{\alpha} \quad V = 12398 / 0.720$$

$$K_{\beta} \quad V = 111.7 \text{ กิโลโวลต์} \quad L_{\alpha} \quad V = 17.22 \text{ กิโลโวลต์}$$

ข) K โพแทสเซียม K_{β} 3.454 อังสตรอม และ L_{α} ไม่มีเพราะมีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกไม่พอที่จะเกิด

$$K_{\beta} \quad V = 12398 / 3.454$$

$$K_{\beta} \quad V = 3.59 \text{ กิโลโวลต์}$$

ค) Rb รูบิเดียม K_{β} 0.829 อังสตรอม และ L_{α} 7.075 อังสตรอม

$$K_{\beta} \quad V = 12398 / 0.829 \quad L_{\alpha} \quad V = 12398 / 7.075$$

$$K_{\beta} \quad V = 14.93 \text{ กิโลโวลต์} \quad L_{\alpha} \quad V = 1.75 \text{ กิโลโวลต์}$$

ง) W ทังสเตน K_{β} 0.184 อังสตรอม และ L_{α} 1.282 อังสตรอม

$$K_{\beta} \quad V = 12398 / 0.184 \quad L_{\alpha} \quad V = 12398 / 1.282$$

$$K_{\beta} \quad V = 67.38 \text{ กิโลโวลต์} \quad L_{\alpha} \quad V = 9.67 \text{ กิโลโวลต์}$$

๓ เส้น K_{α} ของแคลเซียม สังกะสี เซอร์โคเนียมและดีบุก เกิดที่ความยาวคลื่น 3.36, 1.44, 0.70 และ 0.49 อังสตรอมตามลำดับ จงคำนวณความยาวคลื่นโดยประมาณสำหรับเส้น K_{α} ก) วานเดียม ข) นิกเกิล ค) ซีลีเนียม ง) โบรมีน จ) แคดเมียม ฉ) พลวง

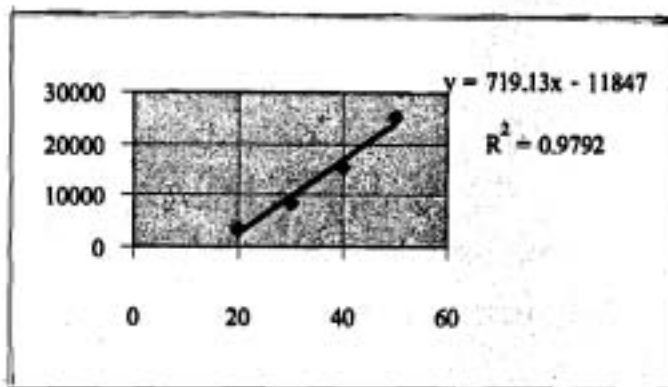
$$V = 12398 / \lambda_0$$

$$Ca = 20 \quad \lambda_0 = 3.36 \text{ อังสตรอม} \quad V = 3689 \text{ โวลต์}$$

$$Zn = 30 \quad \lambda_0 = 1.44 \text{ อังสตรอม} \quad V = 8610 \text{ โวลต์}$$

$$Zr = 40 \quad \lambda_0 = 0.79 \text{ อังสตรอม} \quad V = 15690 \text{ โวลต์}$$

$$Sn = 50 \quad \lambda_0 = 0.49 \text{ อังสตรอม} \quad V = 25300 \text{ โวลต์}$$



พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเลขอะตอมกับศักย์ได้สมการ

$$y = 719.13x - 11847 \quad R^2 = 0.9792$$

หาเส้น K_{α}

ก) V $z = 23$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 23 - 11847 = 4693$

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V = 12398 / 4.693 \times 10^3 \quad V = 2.642 \text{ อังสตรอม}$$

ข) Ni $z = 28$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 28 - 11847 = 8289$

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V = 12398 / 8.289 \times 10^3 \quad V = 1.496 \text{ อังสตรอม}$$

ค) Se $z = 34$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 34 - 11847 = 12603$

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V = 12398 / 12.603 \times 10^3 \quad V = 0.984 \text{ อังสตรอม}$$

ง) Br $z = 35$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 35 - 11847 = 13323$

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V = 12398 / 13.323 \times 10^3 \quad V = 0.931 \text{ อังสตรอม}$$

จ) Cd $z = 48$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 48 - 11847 = 22671$

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V = 12398 / 22.671 \times 10^3 \quad V = 0.547 \text{ อังสตรอม}$$

ฉ) Sb $z = 51$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 51 - 11847 = 24829$

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V = 12398 / 24.829 \times 10^3 \quad V = 0.499 \text{ อังสตรอม}$$

α เส้น L_{α} ของแคลเซียม สังกะสี เซอร์โคเนียมและดีบุก เกิดที่ความยาวคลื่น 36.3, 11.9, 6.07 และ 3.60 อังสตรอม จงคำนวณความยาวคลื่นโดยประมาณสำหรับเส้น L_{α} ก) วานเดียม ข) นิกเกิล ค) ซีลีเนียม ง) โบรมีน จ) แคดเมียม ฉ) ทลวง

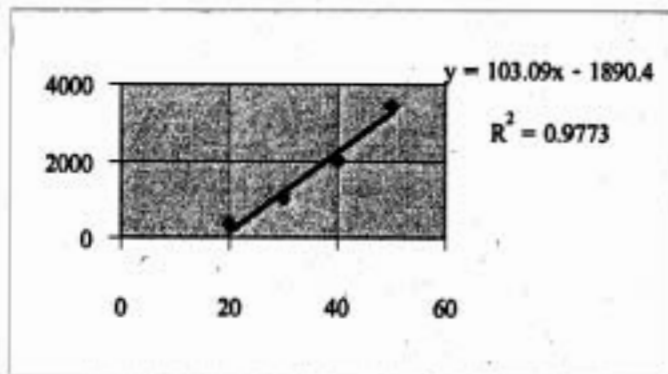
$$V = 12398 / \lambda_{\alpha}$$

Ca = 20 $\lambda_{\alpha} = 36.3$ อังสตรอม $V = 341.5$ โวลต์

Zn = 30 $\lambda_0 = 11.9$ อังสตรอม $V = 1042$ โวลต์

Zr = 40 $\lambda_0 = 6.07$ อังสตรอม $V = 2043$ โวลต์

Sn = 50 $\lambda_0 = 3.60$ อังสตรอม $V = 3444$ โวลต์



พล็อตเคอร์ฟความสัมพันธ์ระหว่างเลขอะตอมกับศักย์ได้สมการ

$$y = 103.09x - 1890.4 \quad R^2 = 0.9773$$

หาเส้น L_{α}

ก) V $z = 23$ ตรงกับศักย์ $y = 103.09 \times 23 - 1890.4 = 481$

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 481 \text{ V} = 25.793 \text{ อังสตรอม}$$

ข) Ni $z = 28$ ตรงกับศักย์ $y = 103.09 \times 28 - 1890.4 = 996$

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 996 \text{ V} = 12.446 \text{ อังสตรอม}$$

ค) Se $z = 34$ ตรงกับศักย์ $y = 103.09 \times 34 - 1890.4 = 1615$

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 1.615 \times 10^3 \text{ V} = 7.678 \text{ อังสตรอม}$$

ง) Br $z = 35$ ตรงกับศักย์ $y = 103.09 \times 35 - 1890.4 = 1718$

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 1.718 \times 10^3 \text{ V} = 7.218 \text{ อังสตรอม}$$

จ) Cd $z = 48$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 48 - 11847 = 22671$

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 22.671 \times 10^3 \text{ V} = 0.547 \text{ อังสตรอม}$$

ฉ) Sb $z = 51$ ตรงกับศักย์ $y = 719.13 \times 51 - 11847 = 24829$

$$\lambda_0 = 12398 / V = 12398 / 24.829 \times 10^3 \text{ V} = 0.499 \text{ อังสตรอม}$$

๕ สัมประสิทธิ์ดูดกลืนเชิงมวลของนิกเกิลวัดโดยใช้เส้น K_{α} ของทองแดงมีค่า 49.2 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม จงคำนวณความหนาของแผ่นนิกเกิลที่ขอมให้รังสีเส้นทองแดง K_{α} ที่ชนผ่านได้ร้อยละ 36.1 สมมติความหนาแน่นของแผ่นนิกเกิล 8.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\ln P_0 / P = \mu_m \rho x$$

$$\mu_m = 49.2 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}, \rho = 8.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, P_0 = 100, P = 36.1$$

$$\ln 100 / 36.1 = 49.2 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 8.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times X$$

$$\text{ความหนาของแผ่นนิกเกิล} = 2.29 \times 10^{-3} \text{ เซนติเมตร}$$

๖ สัมประสิทธิ์ดูดกลืนเชิงมวลสำหรับ K, I, H และ O เมื่อใช้รังสี $Mo K_{\alpha}$ 0.711 อังสตรอมมีค่า 16.7, 39.2, 0.0 และ 14.0 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม

ก) จงคำนวณสัมประสิทธิ์ดูดกลืนเชิงมวลของสารละลายที่เตรียมจากการผสม KI 8.0 กรัมกับน้ำ 92.0 กรัม

ข) ความหนาแน่นของสารละลายในข้อ ก มีค่า 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาเศษส่วนของรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสี $Mo K_{\alpha}$ ที่ผ่านชั้นสารละลายหนา 0.5 เซนติเมตร

$$\mu_K = 16.7, \mu_I = 39.2, \mu_H = 0.0, \mu_O = 14.0$$

$$\text{ก ผสม KI 8.0 กรัม น้ำ 92.0 กรัม น้ำหนักโมเลกุล KI} = 39 + 127 = 166, \text{H}_2\text{O} = 2 + 16 = 18$$

$$= 8/100[(39 \times 16.7/166) + (127 \times 39.2/166)] + 92/100[(2 \times 0.0/18) + (16 \times 14.0/18)]$$

$$= 2.71 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} + 1.226 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} = 3.936 \text{ ตารางเซนติเมตรต่อกรัม}$$

สัมประสิทธิ์ดูดกลืนเชิงมวลสารละลาย KI 3.94 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม

$$\text{ข} \quad \ln P_0 / P = \mu_m \rho x$$

$$\mu_m = 3.94 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}, \rho = 1.05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, P_0 = 100, X = 0.5 \text{ cm}$$

$$\ln 100 / P = 3.94 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 1.05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 0.5 \text{ cm}$$

$$\ln 100 / P = 2.07 = 4.60 - \ln P = 2.07$$

$$\ln P = 2.535$$

$$\text{เศษส่วนรังสีที่ผ่าน} = 0.126 \text{ หรือ } 12.6\%$$

๗ การวัดค่าความดูดกลืนรังสีเอ็กซ์เมื่อใช้อะลูมิเนียมเป็นหน้าต่างสำหรับวัดเส้น K_{α} ของเงิน สัมประสิทธิ์ดูดกลืนเชิงมวลของอะลูมิเนียมที่ความยาวคลื่นนี้มีค่า 2.74 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม

ความหนาแน่น 2.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จงคำนวณความหนาแน่นสูงสุดของแผ่นอะลูมิเนียมที่
ดูดกลืนแสงไม่เกิน 2.0%

$$\mu_n = 2.74 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}, \rho = 2.70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, P_0 = 100, P = 98$$

$$\ln P_0 / P = \mu_n \rho x$$

$$\ln 100 / 98 = 2.74 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 2.70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times X$$

ความหนาของแผ่นอะลูมิเนียม = 2.73×10^{-3} เซนติเมตร

๘ สารละลายไอโอดีนในเอทานอลมีความหนาแน่น 0.794 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ชั้น
สารละลายหนา 1.5 เซนติเมตร ยอมให้รังสีจากแหล่งกำเนิดรังสี ^{60}Co ผ่าน 27.3% สัมประสิทธิ์
ดูดกลืนเชิงมวลของไอโอดีน คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนมีค่า 39.2, 0.70, 0.00 และ 1.50 ตาราง
เซนติเมตรต่อกรัมตามลำดับ

ก) จงคำนวณ%ของไอโอดีนที่อยู่โดย ไม่ต้องคำนึงถึงการดูดกลืนจากแอลกอฮอล์

ข) จงคำนวณ%ของไอโอดีนเมื่อมีการดูดกลืนจากแอลกอฮอล์

$$\text{ก) } \rho = 0.79 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, X = 1.50 \text{ cm}, P_0 = 100, P = 27.3$$

$$\ln P_0 / P = \mu_n \rho x$$

$$\ln 100 / 27.3 = \mu_n \times 0.794 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 1.5 \text{ cm}$$

$$\mu_n = 1.09 \text{ ตารางเซนติเมตรต่อกรัม}$$

$$\mu_1 = 2 \times 39.2 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} = 78.4 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\% I_2 = (1.09 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} / 78.4 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}) \times 100 = 1.39$$

$$\% C_2H_5OH = 98.61$$

ข) หา % ไอโอดีน

น้ำหนักโมเลกุล $I_2 = 254, C_2H_5OH = 24+5+16+1 = 46$

$$\mu(C_2H_5OH) = (24/46) \times 0.70 + (6/46) \times 0.0 + (16/46) \times 1.50 = 0.887 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\mu \text{ รวม} = 1.09 + 0.887 = 1.977 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\ln 100 / P = 1.977 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 0.794 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 1.5 \text{ cm} = 2.328$$

$$\ln P = 4.606 - 2.35 = 2.2776$$

$$P = 0.082$$

$$\ln 100 / 8.2 = \mu \times 0.794 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 1.5 \text{ cm}$$

$$\mu = 2.099 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\% I_2 = \{(2.099 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}) / 78.4 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}\} \times 100 = 2.68$$

๘ จงคำนวณการปรับมุมมาตรฐานโกนิโอเมทรี 2 θ ที่ต้องการดูเส้น K_{α} ของเหล็ก(1.76 อังสตรอม) ซีลีเนียม(0.992อังสตรอม) และเงิน(0.497อังสตรอม) เมื่อใช้ผลึกนี้เดี่ยวเบนริงส์ ก) โทแพซ ข) ลิเทียมฟลูออไรด์ ค) โซเดียมคลอไรด์

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$$

ก) เหล็ก 1.76 อังสตรอม โทแพซ $d = 1.356$ อังสตรอม

$$1 \times 1.76 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 1.356 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\sin\theta = 0.648$$

$$\theta = 40.39, 2\theta = 80.78$$

ซีลีเนียม 0.992 อังสตรอม โทแพซ $d = 1.356$ อังสตรอม

$$1 \times 0.992 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 1.356 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 21.45, 2\theta = 42.90$$

เงิน 0.497 อังสตรอม โทแพซ $d = 1.356$ อังสตรอม

$$1 \times 0.497 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 1.356 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 10.56, 2\theta = 21.12$$

ข) ลิเทียมฟลูออไรด์ $d = 2.014$ เหล็ก 1.76 อังสตรอม

$$1 \times 1.76 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 2.014 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 25.90, 2\theta = 51.82$$

ซีลีเนียม 0.992 อังสตรอม

$$1 \times 0.992 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 2.014 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 14.25, 2\theta = 28.50$$

เงิน 0.497 อังสตรอม

$$1 \times 0.497 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 2.014 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 7.08, 2\theta = 14.16$$

ค) โซเดียมคลอไรด์ $d = 2.820$ เหล็ก 1.76 อังสตรอม

$$1 \times 1.76 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 2.820 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 18.18, 2\theta = 36.36$$

ซีลีเนียม 0.992 อังสตรอม

$$1 \times 0.992 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 2.820 \text{ อังสตรอม} \sin\theta$$

$$\theta = 10.13, 2\theta = 20.26$$

เงิน 0.497อังสตรอม

$$1 \times 0.497 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 2.820 \text{ อังสตรอม} \sin \theta$$
$$\theta = 5.05, 2\theta = 10.10$$

๑๐ จงคำนวณการปรับมุมมาตรฐานโกนิโอเมทรี 2 θ ที่ต้องการดูเส้น L_{β} ของโบรมีน(8.126 อังสตรอม) เมื่อใช้ผลึกนี้เดี่ยวเบนรังสี ก) เอทิลีนไดเอมีนคีตาร์เทค ข) แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

ก) เอทิลีนไดเอมีนคีตาร์เทค $d = 4.404$ อังสตรอม โบรมีน 8.126 อังสตรอม

$$1 \times 8.126 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 4.404 \text{ อังสตรอม} \sin \theta$$
$$\sin \theta = 0.9225$$
$$\theta = 67.30, 2\theta = 134.60$$

ข) แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต $d = 5.325$ อังสตรอม โบรมีน 8.126 อังสตรอม

$$1 \times 8.126 \text{ อังสตรอม} = 2 \times 5.325 \text{ อังสตรอม} \sin \theta$$
$$\sin \theta = 0.763$$
$$\theta = 49.73, 2\theta = 99.46$$

๑๑ จงคำนวณศักย์ค่าสุดที่ให้กับหลอดเพื่อกระตุ้นเส้นของธาตุต่อไปนี้ ความยาวคลื่นในวงเล็บมีหน่วยเป็นอังสตรอมและตรงกับแอมซอร์ปชันเอคซ์ ก) เส้น K_{α} ของแคลเซียม(3.064อังสตรอม) ข) เส้น L_{α} ของสารหนู(9.370 อังสตรอม) ค) เส้น L_{β} ของยูเรเนียม(0.592 อังสตรอม) ง) เส้น K_{α} ของแมกนีเซียม(0.196 อังสตรอม)

$$\lambda_{\alpha} = 12398 / V$$

ก) เส้น K_{α} ของแคลเซียม(3.064 อังสตรอม)

$$V = 12398 / 3.064 = 4.05 \text{ กิโลวัตต์}$$

ข) เส้น L_{α} ของสารหนู(9.370 อังสตรอม)

$$V = 12398 / 9.37 = 1.32 \text{ กิโลวัตต์}$$

ค) เส้น L_{β} ของยูเรเนียม(0.592 อังสตรอม)

$$V = 12398 / 0.592 = 20.9 \text{ กิโลวัตต์}$$

ง) เส้น K_{α} ของแมกนีเซียม(0.196 อังสตรอม)

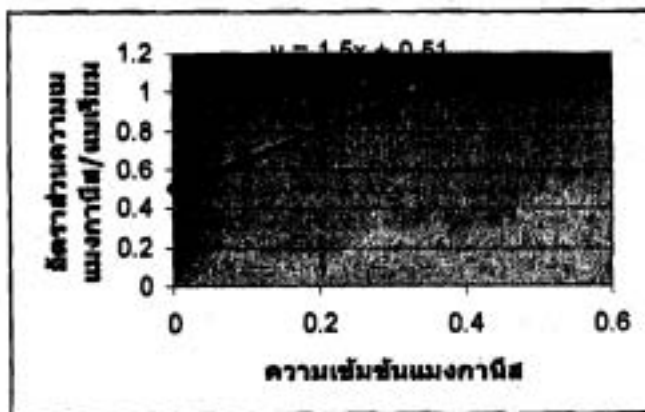
$$V = 12398 / 0.496 = 25.0 \text{ กิโลวัตต์}$$

๑๒ การหาปริมาณแมงกานีสในตัวอย่างด้วยวิธีรังสีเอกซ์โดยใช้แบเรียมเป็นสารมาตรฐานภายใน ความเข้มข้นของธาตุแสดงในตาราง

เกณฑ์ต่อวินาที

%แมงกานีส	แบเรียม	แมงกานีส	แมงกานีส/แบเรียม
0.00	156	80	0.51
0.10	160	106	0.66
0.20	159	129	0.81
0.30	160	154	0.96
0.40	151	167	1.11

จงคำนวณ % แมงกานีสในตัวอย่างที่วัดอัตราความเข้ม Mn ต่อ Ba ได้ 0.886



หาปริมาณแมงกานีสจากสมการ $y = 1.5x + 0.51, R^2 = 1.0$

$$1.5x = 0.886 - 0.51$$

$$x = 0.251$$

% แมงกานีสในตัวอย่าง 0.251

บทที่ ๕ วิธีสเปกโทรเชิงมวล

อ่านหนังสือฉบับนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

ขั้นตอนเทคนิคแมสสเปกโทรเชิงมวล หน่วยมวลเชิงอะตอม(atomic mass unit) คาลตัน (dalton) มวลแน่นอน(exact mass) มวลนอมินาต(nominal mass) น้ำหนักอะตอมเชิงเคมี น้ำหนักอะตอมเฉลี่ย อัตราส่วนมวลต่อประจุ อิเล็กตรอนมีลติพลาซเออร์ โคโนค ฉีดยาฟาราเดย์ แทรนซ์-ดีวเซอร์เปล่งแสงวิว เครื่องวิเคราะห์มวลควอคริปโทล ทางเดินไอออนในควอคริปโทล การสแกนด้วยควอคริปโทล เครื่องวิเคราะห์มวลโทมออฟฟิฟท์ เครื่องวิเคราะห์มวลฟ็อกัสสองครั้ง ไอพีเนต skimmer การแทรกสอดเชิงสเปกโทร -มวลเท่ากัน -ไอออนหลายอะตอม สปีชีส์ออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ ผลของเมทริกซ์ ซิดจำกัดการตรวจหา การทำปริมาณวิเคราะห์ การวัดอัตราส่วนไอโซโทป สเปกโทรเมตรีเชิงมวลแบบแหล่งกำเนิดการสปาร์ค สเปกโทรเมตรีเชิงมวลแบบแหล่งกำเนิดโกลว์ดีสชาร์จ

แบบฝึกหัดบทที่ ๕

๑ เครื่องสเปกโทรเชิงมวลแบบใดบ้างที่ใช้กับ ICPMS แต่ละแบบมีความแตกต่างกันอย่างไร

เครื่องสเปกโทรเชิงมวลที่ใช้กับ ICPMS มี ๘ แบบ

ชื่อ	คำย่อ	แหล่งกำเนิด	เครื่องวิเคราะห์มวล
อินดักทีฟคัพเพิลพลาสมา	ICPMS	พลาสมาอาร์กอนอุณหภูมิสูง	ควอคริปโทล
พลาสมากระแสตรง	DCPMS	พลาสมาอาร์กอนอุณหภูมิสูง	ควอคริปโทล
ไมโครเวฟอินดิวซ์พลาสมา	MIPMS	พลาสมาอาร์กอนอุณหภูมิสูง	ควอคริปโทล
แหล่งกำเนิดสปาร์ค	SSMS	Radio frequency electric spark	การโฟกัสสองครั้ง
การแตกตัวเป็นไอออนด้วยความร้อน	TIMS	Electrically heated plasma	การโฟกัสสองครั้ง
โกลว์ดีสชาร์จ	GDMS	Glow discharge plasma	การโฟกัสสองครั้ง
เลเซอร์ไมโครโพรบ	LMMS	โฟกัสด้วยลำเลเซอร์	โทมออฟฟิฟท์
ไอออนชุดที่สอง	SIMS	Accelerated ion bombardment	การโฟกัสสองครั้ง

๒ บอกหน้าที่ของ ICP ทอร์ชใน ICPMS

ทอร์ช ICP เป็นหลอดควอร์ตซ์สามจุดที่มีจุดศูนย์กลางร่วม ตรงกลางหลอดก๊าซอาร์กอนไหลผ่าน 0.3 -1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่ออนาที ทำหน้าที่พาละอองลอยสารตัวอย่าง ด้านนอกสุดของหลอดมีก๊าซอาร์กอนไหล(ปริมาณมาก)วิ่งเป็นเกลียวส่วนและเกิดพลาสมา(Ar^+e) เนื่องจาก Ar เกิดอันตรกิริยากับสนามแม่เหล็กจากขดลวดเหนี่ยวนำ ด้านบนมีน้ำหล่อเย็นระบายความร้อน เหนือทอร์ชมีความร้อนสูงมาก อาร์กอนที่ไหลอยู่ระหว่างตัวอย่าง(ช่องในสุด)กับช่องนอกสุดปริมาณไม่มากจะเกิดพลาสมาเช่นกัน พลาสมาใกล้ขดลวดจะเปล่งรังสีต่อเนื่อง ถัดขึ้นไปเล็กน้อยความร้อนยังสูงแต่ไม่มีรังสีแบล็กกราวด์(รังสีต่อเนื่อง) จะมีเส้นสเปกตราเนื่องจากไอออนและอะตอมของสารตัวอย่าง

๓ แกนตั้งและแกนราบของเครื่องสเปกโทรเจมิววลแทนอะไร

เครื่องสเปกโทรเจมิววลแกนราบแทนเลขมวล แกนตั้งแทนสัญญาณนับ เครื่องสเปกโทรเจมิววลแบบอะตอม แบบแรกจัดเครื่องวิเคราะห์มวลตั้งฉากกับแหล่งผลิตอะตอมบวก ส่วนเครื่องรุ่นใหม่เครื่องวิเคราะห์มวลอยู่ในแนวเดียวกับแหล่งผลิตอะตอม เพราะเพิ่มขีดจำกัดการตรวจหา 4 ถึง 10 เท่า

๔ เพราะเหตุใดเทคนิค ICPMS จึงนิยมใช้วิเคราะห์ตัวอย่าง

เครื่องสเปกโทรเจมิววลแบบอะตอมนิยมใช้แหล่งกำเนิด ICP เพราะพลาสมาให้ความร้อนสูงมาก สารตัวอย่างเปลี่ยนเป็นไออะตอมบวกซึ่งมีมวลเฉพาะ จึงไม่มีการรบกวนจากเมทริกซ์ ส่วนเทคนิค ICP แบบเปล่ง(ICP ชรรวม)มีการรบกวนเนื่องจากเมทริกซ์

๕ อธิบายเทคนิคอินเทอร์เฟสระหว่าง ICP ทอร์ชกับเครื่องสเปกโทรเจมิววล ICPMS

ICP ทอร์ชทำงานที่บรรยากาศปกติและมีความร้อนสูงมาก ส่วน MS ทำงานที่ความดันน้อยกว่า 10^{-4} บรรยากาศ การอินเทอร์เฟสมีปั๊มช่วย ไออะตอมบวกออกทางกรวยรูเล็กขนาดน้อยกว่า 1.0 มิลลิเมตรพร้อมพลาสมา บริเวณช่องที่กรวยอยู่มีความดัน 1 บรรยากาศ(มีปั๊มช่วยลดความดัน) บริเวณนี้ก๊าซมีการขยายตัวเนื่องจากบริเวณนี้มีน้ำหล่อเย็นล้อมรอบ ก๊าซบริเวณนี้มีไอออนบวกตัวอย่าง Ar^+ และอิเล็กตรอนเข้าสู่กรวยเล็กชุดที่สอง(skimmer) ไอออนบวกถูกแยกออกจากอิเล็กตรอนและสปิซิทโมเลกุลด้วยศักย์ลบแล้วถูกเร่งเข้าสู่เลนส์เพื่อเร่งไอออนบวกเข้าสู่ช่องเล็ก

ของเครื่องวิเคราะห์ ควอครัพโทลที่มีความดันต่ำ ซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์มวล

๖ เลเซอร์ทำหน้าที่อย่างไรในการวิเคราะห์ตัวอย่างของแข็งด้วยเทคนิค ICPMS

ถ้าเลเซอร์แบบพัลส์ความเข้ม 10^{12} วัตต์ต่อตารางเซนติเมตรโฟกัสบนผิวของแข็ง(ตารางไมโครเมตร)ของแข็งเปลี่ยนเป็นไอด้วยพลังงานสูง(ablation) ใช้ก๊าซอาร์กอนพาไอตัวอย่างเข้าสู่เทอร์ช ICP เกิดอะตอมและไอออนบวกกับพลาสมา แล้วเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์มวล เทคนิคนี้เหมาะกับตัวอย่างทางธรณี อัญมณี ดิน

๗ การแทรกสอดในวิธีสเปกโทรเชิงมวลแบบอะตอมมีกี่แบบ

การแทรกสอดในวิธีสเปกโทรเชิงมวลแบบอะตอมมี ๔ แบบ

๑ การแทรกสอดจากไอออนที่มีมวลเท่ากัน(isobaric ion interference) ไอโซโทปของธาตุสองชนิดมีมวลเท่ากัน(ใกล้เคียงกันหรือน้อยกว่าหนึ่งหน่วย) ถ้าเครื่องวิเคราะห์มีประสิทธิภาพสูงจะแยกจากกันได้ ตัวอย่าง $^{113}\text{In}^+$ กับ $^{113}\text{Cd}^+$, $^{115}\text{In}^+$ กับ $^{115}\text{Sn}^+$ พิกซ์เคมี $^{40}\text{Ar}^+$ กับ $^{40}\text{Ca}^+$ (97%) ต้องวิเคราะห์แก้เคลือบด้วย $^{40}\text{Ca}^+$ (2.1%)

๒ การแทรกสอดจากไอออนหลายอะตอม(Polyatomic ion interference) การแทรกสอดแบบนี้มีผลมากกว่าแบบ ๑ โดยเฉพาะสปีชีส์ที่มีมวลต่ำกว่า ๘๒ เช่น $^{40}\text{Ar}^+$, $^{40}\text{ArH}^+$, $^{16}\text{O}_2^+$, $\text{H}_2^{16}\text{O}^+$, $^{16}\text{OH}^+$, $^{14}\text{N}^+$, ไอออนเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อการวิเคราะห์ เช่น $^{14}\text{N}_2^+$ กับ $^{28}\text{Si}^+$, NOH^+ กับ $^{31}\text{P}^+$, $^{16}\text{O}_2^+$ กับ $^{32}\text{Si}^+$, $^{40}\text{ArO}^+$ กับ $^{80}\text{Fe}^+$

๓ ไอออนที่มีประจุสองเท่า (doubly charged ion) จะรบกวนไอออนที่มีประจุบวกหนึ่งได้ $^{40}\text{Ar}_2^+$ กับ $^{80}\text{Se}^+$

๔ การแทรกสอดจากสปีชีส์ออกไซด์และไฮดรอกไซด์ ก ไอออนที่สนใจทำปฏิกิริยาออกไซด์และไฮดรอกไซด์ ข องค์ประกอบที่อยู่ในเมทริกซ์ ค ตัวทำละลาย ง พลาสมาก๊าซ การแทรกสอดจากสารประกอบออกไซด์และไฮดรอกไซด์และเมทริกซ์มีผลต่อการวิเคราะห์ไอออนที่สนใจมาก สปีชีส์เหล่านี้เกิด MO^+ และ MOH^+ แทนไอออนที่สนใจหรือเมทริกซ์ สปีชีส์เหล่านี้ให้พิกซ์ทับกับไอออนของธาตุที่สนใจ เช่น $^{44}\text{TiO}^+$, $^{46}\text{TiO}^+$, $^{48}\text{TiO}^+$, $^{50}\text{TiO}^+$, $^{52}\text{TiO}^+$, มวล 62,63,64,65,66 รบกวนการวิเคราะห์ $^{63}\text{Ni}^+$, $^{65}\text{Cu}^+$, $^{66}\text{Zn}^+$, $^{67}\text{Cu}^+$, $^{68}\text{Zn}^+$

๘ เหตุใดการทำปริมาณวิเคราะห์โดย ICPMS จึงใช้วิธีการเติมสารมาตรฐานภายใน

การวิเคราะห์สารที่สนใจและมีเมทริกซ์ปนอยู่มากต้องหาสารมาตรฐานที่มีเมทริกซ์คล้าย สารตัวอย่างมากที่สุดเพื่อให้ผลวิเคราะห์แม่นยำ เทคนิคนี้ช่วยแก้ผลจาก ก เครื่องมือไม่เสถียร ข ค่าที่วัดได้ไม่คงที่ ค ผลของเมทริกซ์ สารมาตรฐานภายในที่ใช้ต้องไม่มีในสารตัวอย่าง สารนี้ต้องมีมวลและศักย์แตกตัวเป็นไอออนใกล้เคียงกับสารที่วิเคราะห์

๕ อธิบายเทคนิคการเจือจางไอโซโทปที่ใช้ในวิธีสเปกโทรเชิงมวลแบบอะตอม

ใช้ไอโซโทปของสารที่สนใจมีปริมาณแน่นอนเติมลงในสารตัวอย่าง เข้าสู่ ICP torch เข้าสู่ MS ที่มีระบบการโฟกัสสองครั้ง วัดอัตราส่วนไอโซโทป การวัดควรใช้เวลาวัดนานเพื่อให้ผลที่วิเคราะห์เที่ยง

๑๐ อธิบายการทำงานของวิธีสเปกโทรเชิงมวลที่ใช้แหล่งกำเนิดไอออนโคโรนา และบอกข้อดีของเทคนิคนี้

แหล่งกำเนิดไอออนโคโรนา ชั่วไฟฟ้าทำให้ Ar เกิด Ar⁺ และอิเล็กตรอน แคโทดทำจากตัวอย่าง ถ้าเป็นของเหลวจุ่มแคโทดในของเหลว ใช้รังสีอินฟราเรดทำให้แห้ง ป้อนศักย์ที่แคโทดเป็นลบ แอโนดเป็นบวก Ar⁺ ชนิดตัวอย่างของแข็งที่แห้ง(แคโทด)เกิดไอ(sputter) สูดทำเป็นไอออนบวก ป้อนปัดเฟอเรนเรียลทำหน้าที่พาไอออนบวกเข้าสู่มาตรฐานสเปกโทรเชิงมวลแบบควอดรอปโพลหรือโฟกัสสองครั้ง เทคนิคนี้ส่วนความมาตรฐานสเปกโทรไม่ยุ่งยาก

๑๑ วิธีสเปกโทรเชิงมวลโดยใช้ไอออนชุดที่สองเป็นอย่างไร วิธีนี้ให้ข้อมูลวิเคราะห์แบบใด

ไอออนชุดที่สองได้จากไอออน Ar⁺, Cs⁺, N₂⁺ หรือ O₂⁺ พลังงานสูง 5-20 กิโลโวลต์ ไอออนเหล่านี้ถูกเร่งจนมีพลังงานจลน์สูงมากชนชั้นผิวอะตอมจนอะตอมหลุด(อะตอมที่เป็นกลางจำนวนมาก ไอออนชุดที่สองซึ่งมีประจุบวกหรือลบจำนวนน้อย) เข้าสู่เครื่องวิเคราะห์มวล เทคนิคนี้วิเคราะห์ได้ทั้งที่ผิวและชั้นความลึกต่างๆของผิว

บทที่ ๑๐

บทนำวิธีสเปกโทรเชิงโมเลกุลดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต/วิสิเบิล

อ่านหนังสือบทนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของค่าเหล่านี้ได้หรือยัง

ความส่องผ่าน ความดูดกลืน สภาพดูดกลืน สภาพดูดกลืนโมลาร์ กฎของเบียร์ ขีดจำกัดการใช้กฎของเบียร์ การเบี่ยงเบน -ทางเคมี -รังสีหลายความยาวคลื่น -รังสีอื่นลอดเข้าไป แหล่งกำเนิดการรบกวนจากเครื่องมือ -การรบกวนเทอร์มอล -การรบกวนซีด -การรบกวนฟลักเกอร์ ผลของความกว้างช่องเล็กยาวที่มีต่อค่าความดูดกลืน -ผลของการกระเจิงรังสีบริเวณความยาวคลื่นเริ่มต้นและสุดท้ายของมาตรฐานสเปกโทร องค์ประกอบของมาตรฐานสเปกโทร แหล่งกำเนิดรังสี หลอดควิเทอเรียม -หลอดทังสเตน -หลอดทังสเตนฮาโลเจน -หลอดอาร์กซินอด เซลล์(คิวเวตต์) การเทียบมาตรฐานความยาวคลื่น โคติเมียม ไฮเมียมออกไซด์ โพแทสเซียมไดโครเมต มาตรฐานสเปกโทรลำแสงเดี่ยว มาตรฐานสเปกโทรลำแสงคู่ มาตรฐานสเปกโทรแบบโพรบ มาตรฐานสเปกโทรหลายช่อง มาตรฐานโฟโต มาตรฐานแสงวิสิเบิล กระแสมีด การเลือกฟิลเตอร์ มาตรฐานแสงดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต มาตรฐานสเปกโทรโฟโต มาตรฐานสเปกโทรแบบขบวนไดโอด

แบบฝึกหัดบทที่ ๑๐

๑ จงเปลี่ยนค่าความดูดกลืนต่อไปนี้เป็นเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่าน

ก) 0.051 ข) 0.918 ค) 0.379 ง) 0.261 จ) 0.485 ฉ) 0.072

$$A = -\log T$$

ก) 0.051 0.051 $-\log T$, $T = 0.889$ %T = 88.9

ข) 0.918 0.981 $-\log T$, $T = 0.121$ %T = 12.1

ค) 0.379 0.379 $-\log T$, $T = 0.418$ %T = 41.8

ง) 0.261 0.379 $-\log T$, $T = 0.418$ %T = 41.8

จ) 0.485 0.485 $-\log T$, $T = 0.327$ %T = 32.7

ฉ) 0.072 0.072 $-\log T$, $T = 0.847$ %T = 84.7

๒ จงเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านและความส่องผ่านต่อไปนี้เป็นค่าความดูดกลืน

ก) 25.5% ข) 0.567 ค) 32.8% ง) 3.58% จ) 0.085 ฉ) 53.8%

	A	= -log T	
ก) 25.5%	A	= -log 0.255	= 0.593
ข) 0.567	A	= -log 0.567	= 0.246
ค) 32.8%	A	= -log 0.328	= 0.484
ง) 3.58%	A	= -log 0.0358	= 1.45
จ) 0.085	A	= -log 0.085	= 1.07
ฉ) 53.8%	A	= -log 0.538	= 0.269

๓ จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ความส่งผ่านของสารละลายที่ให้ค่าความดูดกลืนเป็นสองเท่าของสารละลายในข้อ ๑

	A	= -log T	
ก) 0.102	0.102	= -log T , T = 0.791	%T = 79.1
ข) 1.836	1.836	= -log T , T = 0.146	%T = 1.46
ค) 0.758	0.758	= -log T , T = 0.175	%T = 17.5
ง) 0.522	0.522	= -log T , T = 0.301	%T = 30.1
จ) 0.970	0.970	= -log T , T = 0.107	%T = 10.7
ฉ) 0.144	0.144	= -log T , T = 0.718	%T = 71.8

๔ จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารละลายที่ให้ค่าความส่งผ่านเป็นครึ่งหนึ่งของสารละลายในข้อ ๒

	A	= -log T	
ก) 12.75%	A	= -log 0.1275	= 0.894
ข) 0.2835	A	= -log 0.2835	= 0.547
ค) 16.4%	A	= -log 0.164	= 0.785
ง) 1.79%	A	= -log 0.0179	= 1.75
จ) 0.0425	A	= -log 0.0425	= 1.37
ฉ) 26.9%	A	= -log 0.269	= 0.570

๕ สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 4.48 ส่วนในล้านส่วนให้ค่าความส่งผ่าน 0.309 ในเซลล์ขนาด 1 เซนติเมตรที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร จงคำนวณสภาพดูดกลืนโมลาร์ของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

$$\begin{aligned}
 A &= -\log T = \epsilon bc \\
 [\text{KMnO}_4] = 4.48 \text{ mg.dm}^{-3} &= 4.48 \text{ mg} \times 10^{-3} \text{ g.mg}^{-1} / 158 \text{ g.mol}^{-1} \cdot \text{dm}^3 = 2.83 \times 10^{-5} \text{ mol.dm}^{-3} \\
 -\log 0.309 &= \epsilon \times 1 \text{ cm} \times 2.83 \times 10^{-5} \text{ mol.dm}^{-3} \\
 \epsilon &= 1.80 \times 10^4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}
 \end{aligned}$$

๖ สารละลายหนึ่งเข้มข้น 3.75 มิลลิกรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร(น้ำหนักโมเลกุล 220 กรัมต่อโมล) มีเปอร์เซ็นต์ความส่งผ่าน 39.6 ในเซลล์ 1.50 เซนติเมตรที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร จงคำนวณสภาพดูดกลืนโมลาร์ของสารละลายนี้

$$\begin{aligned}
 A &= -\log T = \epsilon bc \\
 [\text{สารละลาย}] = 37.5 \text{ mg} \times 10^{-3} \text{ g.mg}^{-1} / 220 \text{ g.mol}^{-1} \cdot \text{dm}^3 &= 1.70 \times 10^{-4} \text{ mol.dm}^{-3} \text{ (37.5 มิลลิกรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร)} \\
 -\log 0.396 &= \epsilon \times 1.5 \text{ cm} \times 1.70 \times 10^{-4} \text{ mol.dm}^{-3} \\
 \epsilon &= 1.58 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}
 \end{aligned}$$

๗ สารเชิงซ้อนระหว่าง Bi(III) กับไทโอยูเรียมีค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์ $9.32 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

- ก) จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารเชิงซ้อนนี้ $6.24 \times 10^{-4} \text{ mol.dm}^{-3}$ ใช้เซลล์ 1.0 cm
- ข) จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ความส่งผ่านของสารละลายในข้อ ก
- ค) จงคำนวณความเข้มข้นเป็น โมลาร์ของสารเชิงซ้อนนี้ในสารละลายที่ให้ค่าความดูดกลืนในข้อ ก ใช้เซลล์ 5.0 cm

$$\begin{aligned}
 A &= -\log T = \epsilon bc \\
 \text{ก) } [\text{Bi}] = 6.24 \times 10^{-4} \text{ mol.dm}^{-3} \quad \epsilon = 9.32 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \quad b = 1.0 \text{ cm} \\
 A &= 9.32 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 1.0 \text{ cm} \times 6.24 \times 10^{-4} \text{ mol.dm}^{-3} = 0.58 \\
 \text{ข) } -\log T &= 0.58 \quad T = .262 \quad \%T = 26.2 \\
 \text{ค) } 0.58 &= 9.32 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 5.0 \text{ cm} [\text{Bi}] \\
 [\text{Bi}] &= 1.24 \times 10^{-5} \text{ mol.dm}^{-3}
 \end{aligned}$$

๘ ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร จงหาความดูดกลืนสูงสุดของสารเชิงซ้อน FeSCN^{2+} มีค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์ $7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

- ก) จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารเชิงซ้อนนี้ $2.50 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ใช้เซลล์ 1.0 cm
 ข) จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารเชิงซ้อนซึ่งมีความเข้มข้นเป็นสองเท่าของข้อ ก
 ค) จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านของสารละลายในข้อ ก และ ข
 ง) จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารเชิงซ้อนที่ให้ค่าความส่องผ่านเป็นครึ่งหนึ่งของข้อ ก

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

ก $[\text{FeSCN}^{2+}] = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ $\epsilon = 7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ $b = 1.0 \text{ cm}$

$$A = 7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 1.0 \text{ cm} \times 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$A = 0.175$$

ข $[\text{FeSCN}^{2+}] = 5.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ $\epsilon = 7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ $b = 1.0 \text{ cm}$

$$A = 7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 1.0 \text{ cm} \times 5.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0.35$$

ค $-\log T = A$, $-\log T = 0.175$, $\%T = 66.8$

$$-\log T = A$$
, $-\log T = 0.35$, $\%T = 44.6$

ง $A = -\log T$, $A = -\log 0.334$, $A = 0.476$

๙ สารละลายเหล็ก(III) 2.50 ลูกบาศก์เซนติเมตรเข้มข้น 3.8 ส่วนในล้านส่วน นำมาเติม KSCN มากเกินพอ เจือจางจนสารละลายมีปริมาตร 50.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารละลายนี้ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร ใช้เซลล์ 2.50 เซนติเมตร ค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์ของสารละลายนี้ 7.0×10^3 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อ โมลต่อเซนติเมตร

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

$$[\text{FeSCN}^{2+}] = (3.8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{mg}^{-1} \times 25 \text{ cm}^3) / 55.8 \text{ g} \cdot \text{mole}^{-1} \times 50 \text{ cm}^3 = 3.405 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$A = 7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 2.5 \text{ cm} \times 3.405 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$A = 0.0595 = 0.060$$

๑๐ สังกะสี(II) กับลิแกนด์ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตรเมื่อใช้ความเข้มข้นลิแกนด์มากเกินพอได้ ZnL_4 ค่าความดูดกลืนของสารละลายขึ้นกับความเข้มข้นแคทไอออน ลิแกนด์ไม่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้ สังกะสี(II)เข้มข้น 1.60×10^{-4} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ลิแกนด์เข้มข้น 1.0×10^{-3} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ค่าความดูดกลืน 0.464 ใช้เซลล์ 1.0 เซนติเมตร

ก. เปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านของสารละลายนี้

ข. เปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านของสารละลายนี้ใช้เซลล์ 2.50 เซนติเมตร

ค. ค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์ของสารเชิงซ้อนนี้

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

ก. เปอร์เซ็นต์ความส่องผ่าน

$$0.464 = -\log T, \%T = 34.3$$

ข. เปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านของสารละลายนี้ใช้เซลล์ 2.50 เซนติเมตร

$$-\log T = \epsilon bc$$

เซลล์ 1.00 เซนติเมตร $-\log 0.343 = \epsilon \times 1 \times c \dots\dots 1$

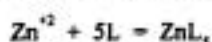
เซลล์ 2.50 เซนติเมตร $-\log T = \epsilon \times 2.5 \times c \dots\dots 2$

สมการ 1 หารสมการ 2 ได้ $-\log T = 1.16 \quad \%T = 6.92$

$$-\log T = 7.00 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 2.5 \text{ cm} \times 3.405 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$A = 0.0595 \quad \epsilon = 0.060$$

ค. ค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์



จำนวนโมลสังกะสี / 1 = จำนวนโมลสังกะสี / 5

สังกะสี(II)เข้มข้น $1.60 \times 10^{-4} \text{ M}$ ต้องใช้ลิแกนด์ 5 เท่า $1.60 \times 10^{-4} \text{ M} \times 5 = 0.8 \times 10^{-3} \text{ M}$ แต่ใช้ลิแกนด์เข้มข้น

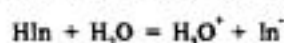
$1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ ซึ่งเกินพอจึงเกิดสารเชิงซ้อน ค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์คิดจากสังกะสีเพราะสังกะสี

(II) ทั้งหมดเกิดสารเชิงซ้อน

$$0.464 = \epsilon \times 1.0 \text{ cm} \times 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\epsilon = 2.9 \times 10^4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

๑๑. ค่าคงที่สมดุลของคู่กรด/เบส มีค่า 8.00×10^{-5} จากข้อมูลนี้



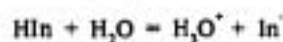
$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 8.00 \times 10^{-5}$$

สภาพดูดกลืนโมลาร์

สปีชีส์	ความยาวคลื่น(nm)	ที่ 430 nm	ที่ 430 nm
HIn	430	8.04×10^3	1.23×10^3
In ⁻	600	0.775×10^3	6.96×10^3

ก จงคำนวณค่าความดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 430 และ 600 นาโนเมตรของอินดิเคเตอร์ที่มีความเข้มข้น 3.0×10^{-4} , 2.0×10^{-4} , 1.0×10^{-4} , 0.5×10^{-4} และ 0.25×10^{-4} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ข พล็อตค่าความดูดกลืนเทียบกับความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 8.00 \times 10^{-5}$$

กำหนด $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{In}^-]$, $K = \frac{[\text{In}^-]^2}{[\text{HIn}]} = 8.00 \times 10^{-5}$

ก $[\text{HIn}] + [\text{In}^-] = 3.0 \times 10^{-4} \text{ M}$

$$[\text{HIn}] = 3.0 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]$$

$$8.00 \times 10^{-5} = \frac{[\text{In}^-]^2}{3.0 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]}$$

$$[\text{In}^-] = 1.2 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{HIn}] = 1.8 \times 10^{-4} \text{ M}$$

ที่ 430 นาโนเมตร $A = 8.04 \times 10^3 \times 1 \times 1.8 \times 10^{-4} + 1.23 \times 10^3 \times 1 \times 1.2 \times 10^{-4}$ $A = 1.54$

ที่ 600 นาโนเมตร $A = 0.775 \times 10^3 \times 1 \times 1.8 \times 10^{-4} + 6.96 \times 10^3 \times 1 \times 1.2 \times 10^{-4}$ $A = 1.06$

$$[\text{HIn}] + [\text{In}^-] = 2.0 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{HIn}] = 2.0 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]$$

$$8.00 \times 10^{-5} = \frac{[\text{In}^-]^2}{2.0 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]}$$

$$[\text{In}^-] = 9.27 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{HIn}] = 1.07 \times 10^{-4} \text{ M}$$

ที่ 430 นาโนเมตร $A = 8.04 \times 10^3 \times 1 \times 1.0 \times 10^{-4} + 1.23 \times 10^3 \times 1 \times 9.27 \times 10^{-5}$ $A = 0.932$

ที่ 600 นาโนเมตร $A = 0.775 \times 10^3 \times 1 \times 1.07 \times 10^{-4} + 6.96 \times 10^3 \times 1 \times 9.27 \times 10^{-5}$ $A = 0.777$

$$[\text{HIn}] + [\text{In}^-] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{HIn}] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]$$

$$8.00 \times 10^{-5} = \frac{[\text{In}^-]^2}{1.0 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]}$$

$$[\text{In}^-] = 5.8 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{HIn}] = 4.2 \times 10^{-5} \text{ M}$$

ที่ 430 นาโนเมตร $A = 8.04 \times 10^3 \times 1 \times 4.2 \times 10^{-5} + 1.23 \times 10^3 \times 1 \times 5.8 \times 10^{-5}$ $A = 0.383$

ที่ 600 นาโนเมตร $A = 0.775 \times 10^3 \times 1 \times 4.2 \times 10^{-5} + 6.96 \times 10^3 \times 1 \times 5.8 \times 10^{-5}$ $A = 0.455$

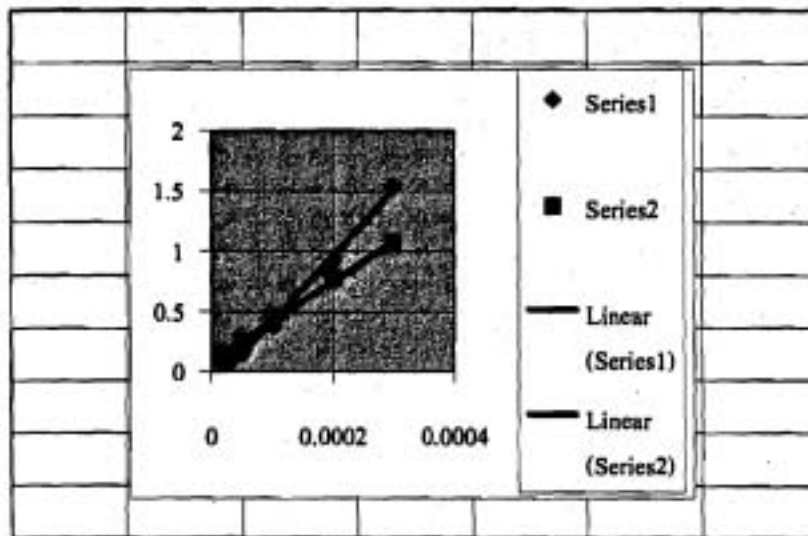
$$[\text{HIn}] + [\text{In}^-] = 0.5 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{HIn}] = 0.5 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]$$

$$8.00 \times 10^{-5} = \frac{[\text{In}^-]^2}{0.5 \times 10^{-4} \text{ M} - [\text{In}^-]}$$

$$\begin{aligned}
 [In] &= 3.48 \times 10^{-5} \text{ M} \\
 [HIn] &= 1.52 \times 10^{-5} \text{ M} \\
 \text{ที่ } 430 \text{ นาโนเมตร } A &= 8.04 \times 10^3 \times 1 \times 1.52 \times 10^{-5} + 1.23 \times 10^3 \times 1 \times 3.48 \times 10^{-5} \quad A = 0.149 \\
 \text{ที่ } 600 \text{ นาโนเมตร } A &= 0.775 \times 10^3 \times 1 \times 1.52 \times 10^{-5} + 6.96 \times 10^3 \times 1 \times 3.48 \times 10^{-5} \quad A = 0.261 \\
 [HIn] + [In] &= 0.25 \times 10^{-4} \text{ M} \\
 [HIn] &= 0.25 \times 10^{-4} \text{ M} - [In] \\
 8.00 \times 10^{-5} &= [In]^2 / 0.25 \times 10^{-4} \text{ M} - [In] \\
 [In] &= 3.48 \times 10^{-5} \text{ M} \\
 [HIn] &= 1.52 \times 10^{-5} \text{ M} \\
 \text{ที่ } 430 \text{ นาโนเมตร } A &= 8.04 \times 10^3 \times 1 \times 0.5 \times 10^{-5} + 1.23 \times 10^3 \times 1 \times 2.0 \times 10^{-5} \quad A = 0.056 \\
 \text{ที่ } 600 \text{ นาโนเมตร } A &= 0.775 \times 10^3 \times 1 \times 0.5 \times 10^{-5} + 6.96 \times 10^3 \times 1 \times 2.0 \times 10^{-5} \quad A = 0.145 \\
 \text{ข} &\text{ พล็อตค่าความดูดกลืนเทียบกับความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์}
 \end{aligned}$$

[ind]	430nm	600nm
$2.5 \times 10^{-5} \text{ M}$	0.056	0.145
$5.0 \times 10^{-5} \text{ M}$	0.149	0.261
$1.0 \times 10^{-4} \text{ M}$	0.383	0.455
$2.0 \times 10^{-5} \text{ M}$	0.932	0.777
$3.0 \times 10^{-5} \text{ M}$	1.54	1.06



Series1 ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร

Series2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

๑๒ ของอธิบายความแตกต่างระหว่างสิ่งต่อไปนี้และให้ข้อดีของแต่ละอันที่ท่านเห็นชอบ

ก) หลอดไฮโดรเจนและหลอดควเทอริยมเป็นแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ข) ตัวเลือกความยาวคลื่นฟิลเตอร์และตัวทำแสงเอกรงค์

ค) เซลล์โฟโตวอลตาอิกและหลอดโฟโตสำหรับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

ง) มาตรฐานและมาตราสี

จ) มาตรฐานและมาตรฐานสเปกโทรโฟโต

ฉ) เครื่องมือวัดค่าความดูดกลืนของเครื่องมือลำแสงเดี่ยวและลำแสงคู่

ช) มาตรฐานสเปกโทรโฟโตแบบพื้นฐานและขบวนการโฟโตไดโอด

ก หลอดไฮโดรเจนเกิดจากโมเลกุล H_2 ได้รับพลังงานจากการอาร์คสลายเป็นอะตอมไฮโดรเจนพร้อมกับให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตความเข้มสูงพอประมาณ หลอดควเทอริยมเป็นไอโซโทปของไฮโดรเจน เมื่อเกิดการสลายเป็นอะตอมให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตความเข้มสูงมาก และมีความเข้มรังสีมากกว่าหลอดไฮโดรเจน

ข อุปกรณ์เลือกความยาวคลื่น

ฟิลเตอร์ให้ความเข้มรังสีสูงกว่าตัวทำแสงเอกรงค์ จึงให้สัญญาณต่อการรบกวนมาก เครื่องมือแบบนี้ราคาถูกเพราะใช้แทรนซ์ควเซอร์ไม่แพง การวิเคราะห์ที่ไม่ต้องการความบริสุทธิ์สูงจะใช้ฟิลเตอร์เลือกสเปกตรา ตัวทำแสงเอกรงค์ให้ความบริสุทธิ์สเปกตราสูง ปริมาณรังสีผ่านน้อย ต้องใช้แทรนซ์ควเซอร์คุณภาพดี เครื่องมือราคาแพง ใช้กับงานวิเคราะห์ที่ต้องการความละเอียด

ค เซลล์โฟโตวอลตาอิกเป็นแทรนซ์ควเซอร์ที่ใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำ ไม่ต้องใช้แหล่งให้พลังงาน จึงทำเป็นอุปกรณ์สนามได้ รังสีที่วัดต้องมีความเข้มสูงและมีความยาวคลื่นใกล้ 550 นาโนเมตร ส่วนการตอบสนองที่ความยาวคลื่น 350-700 นาโนเมตรมีค่าลดลง 10% หลอดโฟโตใช้ธาตุ(หมู่หนึ่ง)ไวแสงเป็นแคโทด เมื่อรังสีชนแคโทดจะให้ไอเล็กตรอน ศักย์ที่คร่อมแอโนด(+) แคโทด(-) จะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งไปแอโนด การตอบสนองต่อรังสีดีกว่าเซลล์โฟโตวอลตาอิก

ง มาตรฐานใช้ฟิลเตอร์เป็นอุปกรณ์เลือกความยาวคลื่น ใช้วัดการดูดกลืนรังสี อัลตราไวโอเล็ต วิสิเบิลและอินฟราเรดใช้หลอดโฟโต เทอร์มอคัพเพิลเป็นแทรนซ์ควเซอร์ มาตรฐานใช้วัดการดูดกลืน

รังสีโดยใช้ดัชนีค่าเปรียบเทียบระหว่างสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน

จ มาตรฐานใช้ฟิลเตอร์เป็นอุปกรณ์เลือกความยาวคลื่น มาตรฐานเปล่งโทร โฟโตเชิงแสงใช้ตัวทำแสงเอกรงค์แยกความยาวคลื่น มีช่องเล็กยาวซึ่งทำให้รังสีผ่านน้อย ต้องใช้ทรานซ์ดิวเซอร์ (หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์) วัดความเข้มรังสี

ฉ เครื่องมือลำแสงเดี่ยว อุปกรณ์ลำแสงขนานช่วยให้รังสีจากแหล่งกำเนิดผ่านฟิลเตอร์(หรือตัวทำแสงเอกรงค์) แล้วผ่านสารตัวอย่าง รังสีที่เหลือจากการดูดกลืนของสารตัวอย่างวัดด้วยทรานซ์ดิวเซอร์ หลักการทำงานของเครื่อง

๑ ตั้งความยาวคลื่นที่ใช้

๒ ใช้วัดดูดซับแสง ปรับเครื่องให้อ่าน 0 %T(กระแสมืด)

๓ ใช้ตัวทำละลายบั๊งแสง ปรับเครื่องให้อ่าน 100 %T

๔ วัดสารตัวอย่าง

ทุกครั้งที่เปลี่ยนความยาวคลื่นต้องทำ ข้อ ๑ และ ๔ เพราะแหล่งกำเนิดแสงให้ความเข้มแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆกันค่าต่างกัน

เครื่องมือลำแสงคู่มีอุปกรณ์แยกแสงเป็นสองส่วน ปริมาณแสงจึงผ่านตัวอย่างน้อย การทำงานของเครื่อง

๑ ตั้งความยาวคลื่นที่ใช้

๒ ใช้วัดดูดซับแสง ปรับเครื่องให้อ่าน 0 %T(กระแสมืด)

๓ ใช้ตัวทำละลายบั๊งแสงทางด้านสารอ้างอิงและสารตัวอย่าง ปรับเครื่องให้อ่าน 100 %T

๔ วัดสารตัวอย่าง

การเปลี่ยนความยาวคลื่นไม่ต้องปรับข้อ ๓ เพราะการวัดสัญญาณเป็นแบบสัดส่วนระหว่างตัวอย่าง/ตัวทำละลาย จึงทำการบันทึกสเปกตราเป็นแบบต่อเนื่อง

ซ มาตรฐานเปล่งโทร โฟโตแบบพื้นฐานวัดรังสีที่เหลือจากการดูดกลืนสารตัวอย่างได้ที่ความยาวคลื่น โดยจัดตัวทำแสงเอกรงค์ไว้หน้าสารตัวอย่าง มาตรฐานเปล่งโทร โฟโตแบบขบวนโฟโตไดโอดจัดตัวทำแสงเอกรงค์ไว้หลังสารตัวอย่าง จัดทรานซ์ดิวเซอร์นี้ไว้ตรงระนาบโฟกัสของตัวทำแสงเอกรงค์เกรตติงแบบเว้า จึงวัดรังสีที่เหลือจากการดูดกลืนของสารตัวอย่างได้ทุกความยาวคลื่นในเวลาเดียวกัน

๑๓ มาตรฐานฉบับกระเป๋ายกให้การตอบสนองเชิงเส้นอ่านสัญญาณขณะใช้แบตเตอรี่วางทางเดินแสงได้ 73.6 ไมโครแอมแปร์ เมื่อแทนแบตเตอรี่ด้วยสารละลายตัวอย่างอ่านค่าได้ 24.9 ไมโครแอมแปร์ จงคำนวณ

ก) เปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านของสารละลายตัวอย่าง

ข) ค่าความดูดกลืนของสารละลายตัวอย่าง

ค) ค่าความส่องผ่านของสารละลายตัวอย่างซึ่งดูดกลืนแสงได้เพียงเศษหนึ่งส่วนสามของสารละลายเดิม

ง) ค่าความส่องผ่านของสารละลายตัวอย่างซึ่งดูดกลืนแสงได้สองเท่าของสารละลายเดิม

$$A = -\log T$$

ก) $A = \log(P_0/P) = \log(73.6/24.9) = 0.47$

$$0.47 = -\log T, \%T = 33.8$$

ข) ความดูดกลืน = 0.47

ค) กำหนด [ใหม่] = 1/3[เก่า]

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

$$-\log .338 = \epsilon bc \quad \dots\dots 1$$

$$-\log T = \epsilon b(1/3c) \quad \dots\dots 2$$

นำสมการ 1 ไปหารสมการ 2 ได้

$$\%T = 69.66$$

ง) กำหนด [ใหม่] = 2[เก่า]

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

$$-\log .338 = \epsilon bc \quad \dots\dots 1$$

$$-\log T = \epsilon b(2c) \quad \dots\dots 2$$

นำสมการ 1 ไปหารสมการ 2 ได้

$$\%T = 11.5$$

๑๔ มาตรฐานให้การตอบสนองเชิงเส้นอ่านสัญญาณขณะใช้แบตเตอรี่วางทางเดินแสงได้ 685 มิลลิโวลต์ เมื่อแทนแบตเตอรี่ด้วยสารละลายตัวอย่างอ่านค่าได้ 179 มิลลิโวลต์ จงคำนวณ

ก) เปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านและค่าความดูดกลืนของสารละลายตัวอย่าง

ข) ค่าความส่องผ่านของสารละลายตัวอย่างซึ่งดูดกลืนแสงได้เพียงเศษหนึ่งส่วนสองของ

สารละลายเดิม

ก) ค่าความส่องผ่านถ้าทางเดินแสงยาวเป็นสองเท่าของของเดิม

$$A = -\log T$$

$$\text{ก} \quad A = \log(P_0/P) = \log(685/179) = 0.58$$

$$0.58 = -\log T, \%T = 26.13$$

ข) กำหนด [ใหม่] = 1/2[เก่า]

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

$$-\log .2613 = \epsilon bc \quad \dots\dots 1$$

$$-\log T = \epsilon b1/2c \quad \dots\dots 2$$

นำสมการ 1 ไปหารสมการ 2 ได้

$$\%T = 51.11$$

ค) กำหนด [ใหม่] = 2[เก่า]

$$A = -\log T = \epsilon bc$$

$$-\log .2613 = \epsilon bc \quad \dots\dots 1$$

$$-\log T = \epsilon b2c \quad \dots\dots 2$$

นำสมการ 1 ไปหารสมการ 2 ได้

$$\%T = 6.83$$

๑๕ ทำไมหลอดควิเทอริยมให้สเปกตราคต่อเนื่องมากกว่าสเปกตรัมแบบเส้นในช่วงอัลตราไวโอเลต

พลังงานไฟฟ้าทำให้โมเลกุลควิเทอริยมซึ่งอยู่ในหลอดความดันต่ำเกิดโมเลกุลควิเทอริยมในสถานะกระตุ้นซึ่งไม่อยู่ตัวจะเกิดการแตกตัวให้อะตอมควิเทอริยมสองอะตอมกับรังสีอัลตราไวโอเลต(พลังงานจลน์ E_1 กับ E_2 ซึ่งตรงกับความยาวคลื่น 160 และ 375 นาโนเมตร นอกจากนี้ยังให้เส้นสเปกตราในช่วงวิสิเบิลความยาวคลื่น 486.0 และ 656.1 นาโนเมตร

$$D_1 + E_1 = D_2 \text{ สลายให้ } D' + D'' + h\nu$$

๑๖ จงบอกความแตกต่างของแทรนซ์ควิเซอร์แสง(โฟตอน)กับเครื่องตรวจหาความร้อน

แทรนซ์ควิเซอร์แสง(โฟตอน)หรือควอนตัมมีหลักการสองแบบ แบบ ๑ ใช้ผิวของสารที่มีสมบัติไวแสง(ความสามารถดูดกลืนแสง) เมื่อมีรังสีชนผิวให้อิเล็กตรอน ทำการวัดปริมาณ

อิเล็กทรอนิกส์แบบ ๒ ใช้หลักการของเซมิคอนดักเตอร์ เมื่อรังสีชนสารนี้จะทำให้อิเล็กทรอนิกส์จากแถบเวเลนซ์เป็นแถบนำ(เพิ่มการนำไฟฟ้าหรือphotoconduction)

แทรนซิสเตอร์ความร้อน รังสีชนผิวตัวรับแสงทำให้ตัวรับแสง -มีอุณหภูมิสูงขึ้น -ความต้านทาน -เกิดการโพลาไรส์ สองวิธีแรกต้องใช้ตัวเปรียบเทียบ(อ้างอิง) ผลต่างที่เกิดขึ้นคือศักย์ซึ่งแปรโดยตรงกับความเข้มรังสีอินฟราเรด ส่วนการโพลาไรส์(มีขั้วได้)ขึ้นกับปริมาณความเข้มรังสีอินฟราเรดที่ชน(ต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่า 47 องศาเซลเซียส)

๑๗ อธิบายการวัดความเข้มรังสีอินฟราเรด

การวัดความเข้มรังสีอินฟราเรดมี ๓ วิธี

๑ การเปลี่ยนอุณหภูมิ รังสีอินฟราเรดชนผิวโลหะสองชนิด เช่น Bi, Sb ตัวหนึ่งร้อน(อุณหภูมิเปลี่ยน) อีกตัวอุณหภูมิไม่เปลี่ยน(คงที่) ผลต่างอุณหภูมิคือศักย์ ศักย์นี้แปรโดยตรงกับปริมาณรังสีอินฟราเรด

๒ การเปลี่ยนความต้านทาน รังสีอินฟราเรดชนผิวโลหะสองชนิด เช่น Pt, Ni ตัวหนึ่งความต้านทานเปลี่ยน อีกตัวความต้านทานไม่เปลี่ยน(คงที่) ผลต่างความต้านทานคือศักย์ ศักย์นี้แปรโดยตรงกับปริมาณรังสีอินฟราเรด

๓ การโพลาไรส์ รังสีอินฟราเรดชนผลึกที่ตรงกลางอสมมาตรจะเกิดการมีขั้วได้ ความสามารถในการเกิดขั้วแปรโดยตรงกับปริมาณรังสีอินฟราเรด

๑๘ ทำไมหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ใช้วัดรังสีอินฟราเรดไม่ได้

การวัดรังสีอินฟราเรดใช้หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ไม่ได้ เพราะรังสีอินฟราเรดมีพลังงานน้อยจนไม่สามารถทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวแคโทด

๑๙ ทำไมการใส่ไอโอดีนลงในหลอดทั้งสแตนจึงให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตได้

ไอโอดีนที่ใส่ลงในหลอดทั้งสแตนช่วยให้อายุการใช้งานหลอดเพิ่มเป็นสองเท่า ไอโอดีนทำปฏิกิริยากับไส้หลอดทั้งสแตนซึ่งกลายเป็นไอเกิด ทั้งสแตนไอโอดด์ เมื่อโมเลกุลนี้สลายตัว ไอทั้งสแตนจะกลับไปเกาะ ไส้หลอดทั้งสแตน หลอดทั้งสแตนที่ใส่ไอโอดีนยังให้รังสีความยาวคลื่นสั้นกว่าปกติเล็กน้อย(ให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 300 นาโนเมตรได้)

๒๐ มาตรฐานที่ใช้วัดค่าความดูดกลืนต่างจากมาตรฐานแสงฟลูออเรสเซนซ์อย่างไร

มาตรฐานที่ใช้วัดค่าความดูดกลืนมีฟิลเตอร์เลือกความยาวคลื่นช่วงแคบผ่านสารตัวอย่าง แสงที่เหลือจากการดูดกลืนเข้าสู่ทรานซ์ดิวเซอร์ มาตรฐานฟลูออเรสเซนซ์ใช้ฟิลเตอร์สองตัว ตัวแรกเลือกความยาวคลื่นช่วงแคบผ่านสารตัวอย่าง ตัวอย่างมีสมบัติพิเศษ เปล่งรังสีความยาวคลื่นแน่นอน ใช้ฟิลเตอร์ตัวที่สองเลือกความยาวคลื่นช่วงแคบ ก่อนเข้าสู่ทรานซ์ดิวเซอร์

๒๑ อธิบายความแตกต่างของการออกแบบมาตรฐานสเปกโทรสำหรับการดูดกลืนกับการเปล่ง

มาตรฐานสเปกโทรสำหรับการดูดกลืนมีการออกแบบเครื่องดังนี้ ๑ แหล่งกำเนิดรังสี ๒ อุปกรณ์เลือกความยาวคลื่นช่วงแคบ ๓ ที่ใส่สารตัวอย่าง ๔ ทรานซ์ดิวเซอร์วัดรังสีที่เหลือจากการดูดกลืนของสารตัวอย่าง ๕ ที่แสดงผล

มาตรฐานสเปกโทรสำหรับการเปล่ง ๑ แหล่งให้พลังงานทำให้ตัวอย่างอยู่ในสถานะกระตุ้น ๒ อุปกรณ์เลือกความยาวคลื่นช่วงแคบ ๓ ทรานซ์ดิวเซอร์วัดรังสีที่ตัวอย่างในสถานะกระตุ้นเปล่งรังสี ๔ ที่แสดงผล

๒๒ ต้องใช้ข้อมูลอะไรอธิบายการทำงานของฟิลเตอร์แทรกสอด

ฟิลเตอร์แทรกสอดต้องมีชั้นโคอีเล็กทริกซึ่งเป็นตัวกำหนดความยาวคลื่นจากสมการ $n\lambda' - 2m\pi$ รังสีที่ชั้นโคอีเล็กทริกต้องทำมุมเล็กมาก เพื่อให้รังสีเดินทางในชั้นโคอีเล็กทริกพอกับความหนาชั้นโคอีเล็กทริก ดังสมการ $n\lambda' - 2t\cos\theta$ โดย $\cos\theta = \cos\theta' = 1$

๒๓ ให้ความหมาย ก) กระแสมีด ข) ทรานซ์ดิวเซอร์ ค) รังสีถูกกระเจิงในตัวทำแสงเอกรงค์ ง) เซมิคอนดักเตอร์แบบ n จ) เซมิคอนดักเตอร์แบบ p ฉ) การนำพาหลัก(major carrier) ช) ชั้นการพร่อง(depletion layer)

ก) กระแสมีดได้จากการกั้นแสง(รังสี)ไม่ให้รังสีชนหลอดวัดแสง(ทรานซ์ดิวเซอร์) แต่เครื่องยังอ่านสัญญาณได้ จึงต้องใช้วงจรป้อนกลับ(feed back circuit)เพื่อชดเชยกระแสมีด

ข) ทรานซ์ดิวเซอร์คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

ค) รังสีถูกกระเจิง(ในตัวทำแสงเอกรงค์) การกระเจิงรังสี รังสีหลายความยาวคลื่นชนอนุภาคที่มีขนาด 400 นาโนเมตร อนุภาคนี้จะดูดกลืนรังสีเฉพาะความยาวคลื่นนี้(400)และเกิดการ โทลาไรซ์

ช่วงขณะ แล้วเปล่งรังสีความยาวคลื่น(400)ออกจากอนุภาคทุกทิศทาง

ง) เซมิคอนดักเตอร์แบบ n ได้จากการโดพ(พอก) Si, Ge ด้วยธาตุหมู่ ๕ As, Sb เมื่ออะตอมหมู่ ๕ ไปแทนที่อะตอม Si อิเล็กตรอนอิสระหนึ่งตัว(ตัวที่ ๕)เข้าไปในโครงสร้าง Si พลังงานความร้อนปริมาณเล็กน้อยจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระเกิดการนำ เซมิคอนดักเตอร์แบบ n จะมีอิเล็กตรอนที่ไม่เกิดพันธะ อิเล็กตรอน(ประจุ-)เป็นตัวการนำประจุ ส่วนโฮลยังคงอยู่ในหลัก Si ที่ไม่ถูกโดพ ซึ่งปนอยู่กับอะตอม Si แต่โฮลมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับอิเล็กตรอน ดังนั้นโฮลแทนการนำ(พา)รอง minority carriers ในเซมิคอนดักเตอร์ n

จ) เซมิคอนดักเตอร์แบบ p ได้จากการโดพ(พอก) Si, Ge ด้วยธาตุหมู่ ๓ In, Ga ซึ่งมีอิเล็กตรอนวงนอก ๓ ตัว โฮลจะเกิดเมื่ออิเล็กตรอนที่ติดอะตอม Si กระโดดไปยังวงที่ว่างของอะตอมหมู่ ๓ เป็น impurity การเคลื่อนที่ของโฮลจากอะตอม Si หนึ่งไปยังอีกอะตอม Si เป็นการนำพาหลัก โฮลเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าอิเล็กตรอนอิสระ การนำของเซมิคอนดักเตอร์ p จึงน้อยกว่าการนำเซมิคอนดักเตอร์ n

ฉ) การนำพาหลัก การนำประจุ(อิเล็กตรอน)จากเซมิคอนดักเตอร์ n การนำพาของโฮลจากเซมิคอนดักเตอร์ p เป็นการนำพารอง

ช) ชั้นการพ้อง ช่องว่างระหว่างรอยต่อโฮลเคลื่อนที่จากบริเวณ p ไปยังบริเวณ n หรือช่องว่างระหว่างการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากบริเวณ n ไปยังบริเวณ p โฮลและอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ทิศตรงข้ามกัน บริเวณนี้คือบริเวณขาดประจุจึงมีความต้านทานสูง(ชั้นการพ้อง)

๒๔ อธิบายการสร้างฟิลเตอร์แทรกสอดใช้แยกแถบความถี่ความยาวคลื่น 4.54 ไมโครเมตร

ก) ใช้แยกรังสีอันดับหนึ่งจากฟิลเตอร์แทรกสอด ฟิลเตอร์ต้องมีชั้นไดอิเล็กทริกหนาเท่าใด ครรชนหักเห ไดอิเล็กทริก 1.34

ข) รังสีอันดับอื่นที่ออกมีความยาวคลื่นเท่าใด

ฟิลเตอร์แทรกสอดที่ใช้งานที่ความยาวคลื่น 4.54 ไมโครเมตร ต้องใช้ชั้นไดอิเล็กทริกหนา 1.69 ไมโครเมตร ด้านซ้ายแผ่นแก้วที่แสงผ่านได้ครึ่งหนึ่ง ด้านหลังเป็นแผ่นแก้วที่สะท้อนได้ครึ่งหนึ่ง และยังทำหน้าที่ตัดแสงอันดับสองและมากกว่าสองออก

$$n\lambda = 2m$$

$$1 \times 4.54 \text{ um} = 2 \times 1.34$$

$$\text{ความหนาชั้น ไดอิเล็กทริก} = 1.69 \text{ ไมโครเมตร}$$

ข รังสีอันดับอื่นที่ออกมีความยาวคลื่น

อันดับ	1	2	3	4
ความยาวคลื่น(ไมโครเมตร)	4.54	2.27	1.51	1.13

๒๕ จงอธิบายแถบความกว้างยังผลของฟิลเตอร์

แถบความกว้างยังผลคือความกว้างที่ครึ่งความสูงพีค

๒๖ เกรตติงเลี้ยวเบนใช้แยกรังสีอันดับหนึ่งที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร เมื่อรังสีทำมุมตกกับเกรตติง 60 องศา มุมเลี้ยวเบน 10 องศา จงหาความหนาแน่นร่องของเกรตติง

$$n\lambda = d(\sin i + \sin r)$$

$$n = 1, \lambda = 500 \text{ nm}, i = 60^\circ, r = 10^\circ$$

$$1 \times 500 = d(0.866 + 0.174)$$

$$\text{ระยะห่างระหว่างร่อง} = 500/1.04 = 480.93 \text{ นาโนเมตร}$$

$$\text{ระยะห่าง } 480.93 \times 10^{-9} \text{ มิลลิเมตร เท่ากับ } 1 \text{ ร่อง}$$

$$\text{ระยะห่าง } 1 \text{ มิลลิเมตร เท่ากับ } 1 \times 10^9 / (480.93 \times 10^{-9}) \text{ ร่อง}$$

เกรตติงมี 2079 ร่องต่อมิลลิเมตร

๒๗ เกรตติงเลี้ยวเบนใช้งานช่วงรังสีอินฟราเรด 72.0 ร่องต่อมิลลิเมตร จงคำนวณความยาวคลื่นอันดับหนึ่งและสองที่เกิดจากการเลี้ยวเบนที่มุมสะท้อนดังต่อไปนี้ ก) 0 องศา ข) +15 องศา โดยมีมุมตก 50 องศา

$$n\lambda = d(\sin i + \sin r)$$

$$ก) n = 1, 2 \quad d = 1/72 \text{ mm} \text{ ต่อร่อง}, i = 50^\circ, r = 0$$

$$1 \times \lambda = 1/72 \text{ mm} \text{ ต่อร่อง} (0.766 + 0)$$

$$\lambda = 0.01064 \text{ มิลลิเมตร} \times 10^3 \text{ ไมโครเมตรต่อมิลลิเมตร}$$

ความยาวคลื่นอันดับหนึ่ง 10.64 ไมโครเมตร อันดับสอง 5.32 ไมโครเมตร

$$ข) n = 1, 2 \quad d = 1/72 \text{ mm} \text{ ต่อร่อง}, i = 50^\circ, r = 15^\circ$$

$$1 \times \lambda = 1/72 \text{ mm} \text{ ต่อร่อง} (0.766 + 0.26)$$

λ - 0.01423 มิลลิเมตร $\times 10^3$ ไมโครเมตรต่อมิลลิเมตร
ความยาวคลื่นอันดับหนึ่ง 14.23 ไมโครเมตร อันดับสอง 7.115 ไมโครเมตร

๒๘ อธิบายความหมาย สเปกโทรสโคป สเปกโทรกราฟ มาตรฐานสเปกโทรโฟโตต่างกันอย่างไร

สเปกโทรสโคป เครื่องมือเชิงแสงใช้วัดเส้นเปล่งจากอะตอม ช่องเล็กยาวออกของตัวทำ
แสงเอกรงค์มีเลนส์ใกล้ตาที่จัดให้เลือนตามระนาบโฟกัส ความยาวคลื่นเส้นเปล่งคำนวณจาก
 $n\lambda = d(\sin i + \sin r)$

สเปกโทรกราฟ เครื่องมือเชิงแสง บริเวณช่องเล็กยาวออกของตัวทำแสงเอกรงค์จัดฟิล์มรับ
แสงบนระนาบโฟกัสหรือใช้ขบวนโคโคด

มาตรฐานสเปกโทรโฟโต เครื่องมือเชิงแสง บริเวณช่องเล็กยาวออกจัดแทรกซ์คิวเซอร์ไว้วัด
แสง(temporal) ถ้ามีช่องเล็กยาวออกหลายอันจะมีแทรกซ์คิวเซอร์หลายอัน(spatial)

๒๙ ทำไมการทำปริมาณวิเคราะห์และคุณภาพวิเคราะห์จึงใช้แถบความกว้าง(ช่องเล็กยาว)ต่างกัน

การทำคุณภาพวิเคราะห์ใช้ความกว้างช่องเล็กยาวแคบๆเพื่อให้การแยกสเปกตราคติ การทำ
ปริมาณวิเคราะห์ใช้ความกว้างช่องเล็กยาวมาก เพื่อให้ปริมาณแสงผ่านมาก การวัดความแตกต่าง
การดูดกลืนแสงของสารที่สนใจและแบล็กคัมมีค่ามาก