

บทที่ ๑

บทนำ

อ่านหนังสือฉบับนี้แล้วท่านได้ทำนุรู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

เคต้าโคเมน โคเมนไม่ใช่ไฟฟ้า โคเมนไฟฟ้า โคเมนแอนาล็อก(กระแส ศักย์ ประจุ)
โคเมนเวลา(ความถี่ ความกว้างพัลส์ เฟส) โคเมนดิจิทัล(แกนค อนุกรม ขนาน) ดิเทคเตอร์
แทรนซ์คิวเซอร์ เซ็นเซอร์ ผลึกเพียโซอิเล็กทริก figure of merit ความแม่นยำ ความเที่ยง
ไบแอส สภาวะไว ชิดจำกัดการตรวจหา ช่วงไดนามิก ชิดจำกัดค่าสุดของการวัดปริมาณ
ชิดจำกัดสูงสุดของการวัดปริมาณ

เฉลยแบบฝึกหัดที่ ๑

๑ แทรนซ์คิวเซอร์ในเครื่องมือวิเคราะห์คืออะไร

แทรนซ์คิวเซอร์ในเครื่องมือวิเคราะห์คือ อุปกรณ์เปลี่ยนข้อมูลเชิงแสงเป็นข้อมูลโคเมน
ไฟฟ้าหรือกลับกัน เช่น หลอดโฟโตไดโอด หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ โฟโตดิเทคเตอร์
อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งวัดกำลังรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนเป็นกระแสหรือศักย์ เช่น เทอร์มิสเตอร์
เข็มวัดความเครียดและแทรนซ์คิวเซอร์วัดความแรงสนามแม่เหล็ก

๒ กลไกการวัดสารละลายที่มีสีของเครื่องมือเป็นอย่างไร

กลไกการวัดของเครื่องมือประกอบด้วย

๑ แหล่งกำเนิดรังสีเป็นแบบเปล่งรังสีต่อเนื่อง ทำหน้าที่กระตุ้นสารตัวอย่าง

๒ สารละลายตัวอย่างที่มีสีอยู่ในภาชนะโปร่งแสง อาจมีฟิลเตอร์อยู่หน้าเพื่อเลือกช่วงสีที่ต้องการ

๓ ระบบที่ตอบสนองการเปลี่ยนความเข้มแสงเป็นสัญญาณที่รู้ได้(แทรนซ์คิวเซอร์)

๓ ดิเทคเตอร์ที่ใช้วัดเส้นสเปกตราในเครื่องสเปกโตรกราฟเป็นแผ่นฟิล์ม มีหลักการ
ทำงานอย่างไร

จัดแผ่นฟิล์มไว้บนส่วนวงกลม(ช่องเล็กยาวออก)ของตัวทำแสงเอกรงค์วงกลม โรว์แลนด์
รังสี(เส้นสเปกตรา)จะชนแผ่นฟิล์มทำให้แผ่นฟิล์มมีเฉพาะบริเวณที่รังสีชน นำฟิล์มไปล้าง วัด

ความเข้มเส้นสเปกตรา ความเข้มเส้นแปรโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ชน(ความเข้มข้น)

๔ แทรนซ์ควิซอร์ตรวจควินเป็นอย่างไร

ระบบตรวจควินจัดเป็นเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่วิเคราะห์ก๊าซหรือควินแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณเสียงเพื่อเตือนภัย

๕ เดต้าโดเมนคืออะไร

เดต้าโดเมนคืออุปกรณ์เปลี่ยนข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปอีกรูปแบบหนึ่ง อุปกรณ์นี้เปลี่ยนข้อมูลเป็นรหัส เช่น สัญญาณแสงจากกระบวนการดูดกลืนเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าในรูป ศักย์กระแส ประจุ

๖ แอนาล็อกโดเมนคืออะไร ข้อมูลถูกทำให้เป็นรหัสในแอนาล็อกโดเมนได้อย่างไร

แอนาล็อกโดเมนคืออุปกรณ์เปลี่ยนข้อมูลให้เป็นรหัสในรูปขนาดปริมาณไฟฟ้า เช่น ศักย์กระแส ประจุหรือกำลัง ปริมาณหรือแอมพลิจูดมีค่าต่อเนื่องเทียบกับเวลา เช่น ตัวอย่างสัญญาณ $Fe(SCN)^{2-}$ จากเทคนิคโฟลว์อินเจกชัน

๗ ให้ยกตัวอย่างทรานซ์ควิซอร์มาสี่ชนิด และอธิบายวิธีการใช้งาน

ทรานซ์ควิซอร์สี่ชนิดได้แก่ ก หลอดโฟโตไดโอด(photodiode) ใช้หลักการไบแอสแบบผกผันรอยต่อ pn บนแผ่นซิลิคอน ช่องว่างพลังงาน(energy gap)ของชั้นการพ้องมีค่ามาก เมื่อรังสีที่ชนโฟโตไดโอดแล้วมีพลังงานมากกว่าช่องว่างพลังงานนี้ จะเกิดโฮลและอิเล็กตรอน(กระแส) กระแสที่วัดได้แปรโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ชน

ข หลอดโฟโตสูญญากาศ(vacuum phototube) รังสีชนแคโทด โดยรังสีมีพลังงานมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนกับนิวเคลียส อิเล็กตรอนจะหลุดออกมาและวิ่งสู่แอโนด ซึ่งมีศักย์สูงกว่าแคโทด 90 โวลต์ กระแสที่วัดได้แปรโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ชน

ค เทอร์มอคัพเพิล(thermocouple) รังสีอินฟราเรดชนเทอร์มอคัพเพิล ซึ่งเป็นโลหะสองชนิดที่ปลายหลอมติดกันและมีสมบัติในการนำความร้อนต่างกันอยู่ในระบบสูญญากาศ จัดโลหะที่นำความร้อนดีไว้รับรังสี ส่วนโลหะที่นำความร้อนไม่ดีไม่ถูกรังสีชน บริเวณรอยต่อจะมีอุณหภูมิต่างกันและเกิดศักย์ขึ้น ศักย์ที่วัดได้แปรโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ชน

ง ไพโรอิเล็กทริก(pyroelectric) ริงสีอินฟราเรดชนโคโรไกตซินซัลเฟต(ไพโรอิเล็กทริก)จะเกิดการมีขั้วได้(โพลาไรส์) การเกิดขั้วขึ้นกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของไพโรอิเล็กทริก ขั้วไฟฟ้าสองอันที่อยู่สองข้างไพโรอิเล็กทริกจะทำหน้าที่วัดขนาดของการมีขั้วได้ซึ่งแปรโดยตรงกับปริมาณริงสีที่ชน

๘ Figure of merit คืออะไร

Figure of merit คือตัวเลขที่ช่วยให้การเลือกเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์สะดวก ตัวเลขนี้ได้แก่

เงื่อนไข	ตัวประกอบการพิจารณา
๑ ความเที่ยง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมบูรณ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ สัมประสิทธิ์การแปร แวเรียนซ์
๒ ไบแอส	ระบบผิดพลาดสัมบูรณ์ ระบบผิดพลาดสัมพัทธ์
๓ สภาพไว	สภาพไวเทียบมาตรฐาน สภาพไววิเคราะห์
๔ ซีดจำกัดการตรวจหา	เบสไลน์+สามเท่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเบสไลน์
๕ ช่วงความเข้มข้น	ความเข้มข้นต่ำสุดที่หาได้ LOQ ถึงความเข้มข้นสูงสุดที่เคอร์ฟเป็นเส้นตรง LOL
๖ ความจำเพาะ	สัมประสิทธิ์ความจำเพาะ

๙ ข้อมูลการหาพีซีซี ก ในสารละลายโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแสดงในตาราง

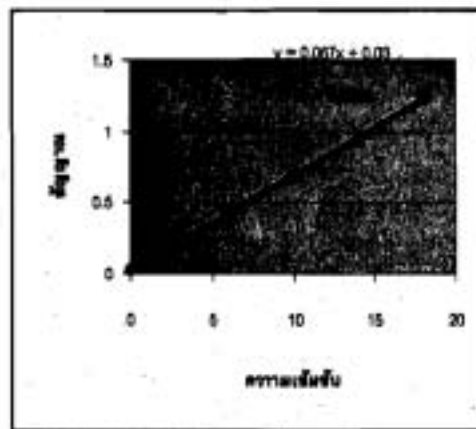
[ก] C _n ppm	จำนวนครั้งที่วัด N	สัญญาณเฉลี่ย S	SD มาตรฐาน ppm
0.00	25	0.031	0.0079
2.00	5	0.173	0.0094
6.00	5	0.422	0.0084
10.00	5	0.702	0.0084
14.00	5	0.956	0.0085
18.00	5	1.248	0.0110

ก จงคำนวณสภาพไวมาตรฐาน

ข จงคำนวณสภาพไววิเคราะห์ทุกความเข้มข้น

ค จงคำนวณสัมประสิทธิ์ตัวแปรของค่าเฉลี่ยจากการวัดแต่ละความเข้มข้น

ง จงคำนวณขีดจำกัดการตรวจหาของวิธีวิเคราะห์



จากกราฟได้สมการ $y = .067x + .03$

ก สภาพไวมาตรฐาน = m ความชันเส้นตรง .067

ข สภาพไววิเคราะห์ $\gamma = m/s$, ความชัน/ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค สัมประสิทธิ์ตัวแปร $(s/x) \times 100\%$

ความเข้มข้น ppm	$\gamma = m/s$	สัมประสิทธิ์ตัวแปร $(s/x) \times 100\%$
2.00	$0.067/0.0094 = 7.13$	$(0.0094/5) \times 100\% = 0.19$
6.00	$0.067/0.0084 = 7.98$	$(0.0084/5) \times 100\% = 0.17$
10.00	$0.067/0.0084 = 7.98$	$(0.0094/5) \times 100\% = 0.17$
14.00	$0.067/0.0085 = 7.88$	$(0.0085/5) \times 100\% = 0.17$
18.00	$0.067/0.0110 = 6.09$	$(0.011/5) \times 100\% = 0.22$

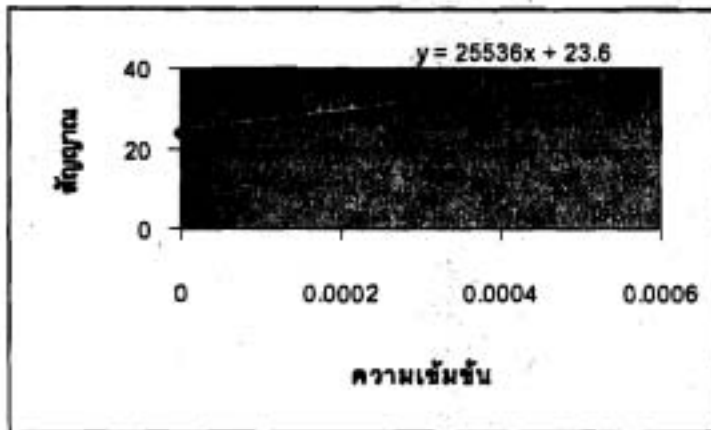
ง ขีดจำกัดการตรวจหา

สัญญาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้

$$S_m = S_u + k S_u = 0.031 + 3(0.00079) \\ = 5.47 \times 10^{-2}$$

$$C_m = (S_m - S_u)/m \\ = (0.055 - 0.031)/0.067 = 0.36 \text{ ส่วนในล้านส่วน}$$

๑๐ สารละลายตัวอย่างทองแดง(II) 25.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปวัดสัญญาณได้ 23.6 (แก้ค่าเบสตั้ง) ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานทองแดงไนเตรด 0.0287 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 0.500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในสารตัวอย่าง วัดสัญญาณได้ 37.9 (แก้ค่าเบสตั้ง) จงหาความเข้มข้นทองแดง สมมติสัญญาณแปรโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้



เขียนกราฟได้สมการ

$$y = 25400x + 23.6$$

เมื่อต่อจุดตัดพบที่ -0.00086 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

คำนวณความเข้มข้นจากสมการ

$$C_2 = S_1 V_1 C_1 / (S_2 - S_1) V_2$$

$S_1 = 23.6$ $V_1 = 0.5$ ลูกบาศก์เซนติเมตร $C_1 = 0.0287$ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

$S_2 = 37.9$ $V_2 = 25.0$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$C_2 = 3.387 \times 10^{-1} / 357.5 = 0.00095 \text{ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร}$$

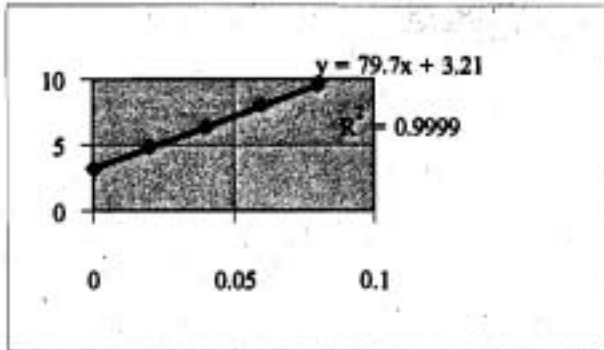
$$S_1 V_1 C_1 = 23.6 \times 0.5 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 0.0287 \text{ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร}$$

$$(S_2 - S_1) V_2 = (37.9 - 23.6) \times 25.0 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$C_2 = 3.387 \times 10^{-1} / 357.5 = 0.00095 \text{ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร}$$

๑๑ ปิเปตต์สารละลายที่มีฟีนอลาร์บิทัลปนอยู่ 5.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่กรดปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรจำนวน 5 ใบ ทำให้สารละลายนี้เป็นด่างด้วย KOH ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานฟีนอลาร์บิทัล 2.00 ส่วนในล้านส่วน (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ลงในขวดที่ 1 ถึง

- 5 จำนวน 0.00, 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 ถูกบาศก์เซนติเมตร เชื้อจางสารละลายจนถึงขีดปริมาตร
 นำสารละลายนี้ไปวัดความเข้มฟลูออเรสเซนซ์ได้ 3.20, 4.80, 6.41, 8.02 และ 9.56 ตามลำดับ
- ก พล็อตกราฟจากข้อมูลนี้
- ข จากกราฟ(ก) จงคำนวณความเข้มข้นฟีนอลาร์บิทัลในสารตัวอย่าง
- ค จงหาสมการกำลังสองน้อยที่สุด
- ง จงคำนวณความเข้มข้นมีฟีนอลาร์บิทัลจากสมการข้อ(ค)
- จ จงคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นจากข้อ(ง)



ได้สมการ

$$y = 79.7x + 3.2$$

ข ความเข้มข้น = $bC_s / mV_s = 3.2 \text{ ppm} \times 2.00 \text{ cm}^3 / (79.7 \times 5 \text{ cm}^3)$
 = 0.016 ส่วนในล้านส่วน จากกราฟได้ 0.029 ส่วนในล้านส่วน

ค สมการกำลังสองน้อยที่สุด $y = 79.7x + 3.2$

ความเข้มข้นคำนวณจากสมการได้ 0.016 ส่วนในล้านส่วน

ง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\sigma_M = (M)^{1/2} = (0.016)^{1/2} = 0.126$$

บทที่ ๒

สัญญาณและการรบกวน

อ่านหนังสือจบบทนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

สัญญาณ การรบกวน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ การรบกวนทางเคมี การรบกวนทางเครื่องมือ การรบกวนคุณภาพหรือจอนห์สัน การรบกวนซีด การรบกวนฟลักเกอร์ การรบกวนสิ่งแวดล้อม การรบกวนไวท์ ความถี่และแถบความถี่ที่มีผลต่อชนิดของการรบกวน การเพิ่มสัญญาณต่อการรบกวน อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ลดการรบกวน

แบบฝึกหัดบทที่ ๒

- ๑ การรบกวนแบบโคไซน์กับความถี่ และการรบกวนแบบโคไซน์กับความถี่

การรบกวนคุณภาพไม่ขึ้นกับความถี่ แต่ขึ้นกับแถบความถี่ ดังสมการ $V_{rms} = (4kTR\Delta f)^{1/2}$ โดย V_{rms} รากกำลังสองเฉลี่ยของการรบกวนในช่วงแถบความกว้างความถี่ Δf k ค่าคงที่โบลซ์มันน์ R ความต้านทานของอุปกรณ์ T อุณหภูมิเป็นเคลวิน

การรบกวนซีดไม่ขึ้นกับความถี่ แต่ขึ้นกับแถบความถี่ ดังสมการ $I_{rms} = (2Ie\Delta f)^{1/2}$ โดย I_{rms} รากกำลังสองเฉลี่ยของกระแสที่แกว่ง ค่านี้ขึ้นกับกระแสตรง I ประจุอิเล็กตรอน e 1.60×10^{-19} คูโลมบ์ Δf แถบความกว้างความถี่

การรบกวนฟลักเกอร์ขึ้นกับความถี่ แต่เป็นแบบผกผัน $I = 1/f$

- ๒ การรบกวนแบบโคไซน์ที่ลดได้โดย

ก การลดอุณหภูมิขณะวัด

ข การลดความถี่ขณะวัด

ค การลดแถบความถี่ขณะวัด

การรบกวนคุณภาพลดลงเมื่อลดอุณหภูมิขณะวัด การรบกวนคุณภาพลดลงเมื่อลดแถบความถี่ขณะวัด

การรบกวนซีดมีค่าลดลงเมื่อลดแถบความถี่ขณะวัด

การรบกวนฟลักเกอร์มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความถี่

๓ ช่วงความถี่ใดที่มีการรบกวนน้อยสุด อธิบาย

ช่วงความถี่สูงไม่ค่อยมีการรบกวนจากสิ่งแวดล้อม ส่วนช่วงความถี่ต่ำจะเกิดการรบกวนมากและมักเกิดอย่างต่อเนื่อง แหล่งกำเนิดเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิที่แปรเปลี่ยนประจำวัน คลื่นวิทยุ AM คลื่นโทรทัศน์ สถานีจ่ายกระแสไฟฟ้า

๔ ทำไมการออกแบบการซัดคืนในขั้วไฟฟ้าแก้วที่มีความต้านทานภายใน 10^6 โอห์มหรือมากกว่าจึงสำคัญมาก

แตรอนซ์คิวเซอร์ที่มีความต้านทานสูงจะมีการรบกวนมาก การกำบังอย่างดีจะช่วยลดการรบกวนเนื่องจาก ตัวกำบังจะดูดคลื่นรังสีจากตัวรบกวนได้ดีกว่าตัวนำ(ขั้วไฟฟ้าแก้ว)ที่กำบังวัด ดังนั้นผลที่วัดได้จึง(แม่นยำ)ถูกต้อง

บทที่ ๓

บทนำวิธีวิเคราะห์เชิงสเปกโทร

อ่านหนังสือจบบทนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

ความยาวคลื่น ความถี่ ความเร็ว เลขคลื่น กำลังรังสี ความเข้ม สเปกตรัม แม่เหล็กไฟฟ้า การแทรกสอดของรังสี บิด การเลี้ยวเบนรังสี รังสีอาพันธ์ กฎสเนล การกระจาย การกระจายปกติ การกระจายวิปริต การสะท้อนของรังสี การหักเหของรังสี การกระเจิงของรังสี การโพลาไรซ์ของรังสี โฟตอน ควอนตา การกระเจิงเรย์ลี การกระเจิงทินคอลลี ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ศักย์หยุด ฟังก์ชันงาน สเปกตราแบบเส้น สเปกตราแบบแถบ สเปกตราแบบต่อเนื่อง การดูดกลืนรังสีของอะตอมและโมเลกุล การเปล่งรังสีของอะตอมและโมเลกุล วิธีการกระตุ้น การเปล่งรังสีครั้งที่สอง รังสีความร้อน(วัตถุดำ) การเปล่งรังสีเอ็กซ์ รังสีฟลูออเรสเซนซ์(วาวแสง) รังสีฟอสฟอเรสเซนซ์(เรืองแสง) เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์ นอนเรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์ การผ่อนคลาย การเลื่อนสโต๊ก กฎของความไม่แน่นอน กระแสมีด ความส่งผ่าน ความดูดกลืน ออปติคัลปีเคนซิติ แอปซอร์ปทิวิตี(สภาพดูดกลืน) สภาพดูดกลืนโมลาร์ ซัคเคอร์ มาตราแสง

แบบฝึกหัดบทที่ ๓

๑ อธิบายความหมายต่อไปนี้

ก รังสีอาพันธ์(coherent radiation) ข การกระจาย(dispersion)แสงของสารโปร่งใส ค การกระจายวิปริต(anomalous dispersion) ง ฟังก์ชันงานของสาร(work function) จ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก(photoelectric effect) ฉ โมเลกุลที่สถานะพื้น ช การกระตุ้นอิเล็กทรอนิกส์ ซ รังสีวัตถุดำ ฌ ฟลูออเรสเซนซ์ ญ ฟอสฟอเรสเซนซ์ ฎ เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์ ฏ โฟตอน ฐ แอปซอร์ปทิวิตี ฑ เลขคลื่น ฒ การผ่อนคลาย ณ การเลื่อนสโต๊ก

ก รังสีอาพันธ์ คือ

๑ แหล่งกำเนิดรังสีทั้งสองมีความถี่เท่ากัน(ความยาวคลื่นเท่ากัน)

๒ ความสัมพันธ์ของเฟสระหว่างกำลังรังสีทั้งสองมีค่าคงที่เทียบกับเวลา

ข การกระจาย คือค่าครรชนหักเหของสารเปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนความยาวคลื่น(ความถี่)

ค การกระจายวิปริต คือค่าความถี่ของสารเปลี่ยนแปลงมาก เมื่อความยาวคลื่นเปลี่ยนไปเล็กน้อย

ง พลังงานของสาร คือพลังงาน(ความถี่)ที่ใช้เพื่อให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวของสารนั้น

จ ปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กทริก รั้งสีความยาวคลื่นเดียวชนหลอดโฟโตแคโทด อิเล็กตรอนจะหลุดจากผิวซึ่งมีช่วงพลังงานจลน์ค่าหนึ่ง ถ้าป้อนศักย์ระหว่างแอโนดและแคโทดให้เหมาะสม อิเล็กตรอนจะวิ่งจากแคโทดไปแอโนดทำให้เกิดกระแสขึ้น เมื่อเปลี่ยนศักย์ให้แอโนดเป็นลบมากกว่าแคโทดเล็กน้อย อิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวและวิ่งไปแอโนดจะถูกผลักโดยแอโนด กระแสลดลงเป็น 0 แต่จะมีอิเล็กตรอนบางตัววิ่งไปแอโนด(เกิดกระแส)

ฉ โมเลกุลที่สถานะพื้น โมเลกุลในสถานะปกติจะมีพลังงานต่ำสุด E_0 มีระดับการสั่นต่ำสุด $v = 0$ และระดับการสั่นสูงขึ้น

ช การกระตุ้นอิเล็กตรอนิกส์ เมื่อให้พลังงานเหมาะสมกับโมเลกุล โมเลกุลจะรับพลังงานเกิดการแทนที่ชั้นเชิงไฟฟ้า(เปลี่ยนจาก E_0 ไป E_1 ระดับการสั่น 0 หรือระดับการสั่นสูง) ถ้าให้พลังงานเหมาะสมแต่มีค่ามากอาจเกิดการแทนที่ชั้นเชิงไฟฟ้าไป E_2

ซ รั้งสีวัดค่า เมื่อนำของแข็งไปเผาจนร้อน ของแข็งจะเปลี่ยนไปสู่สถานะกระตุ้นแล้วเปล่งรั้งสีหลายความยาวคลื่นออกมา โดยรั้งสีที่ออกมาจะมีความเข้มสูงสุดที่ความยาวคลื่นหนึ่ง

ด ฟลูออเรสเซนซ์ โมเลกุลในสถานะกระตุ้น E_1 ซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับการสั่นต่ำสุด $v = 0$ กลับสู่สถานะพื้นซึ่งเกิดขึ้นที่ $E_0, v = 0$ หรือระดับการสั่นต่างๆ

ด ฟอสฟอเรสเซนซ์ โมเลกุลในสถานะกระตุ้น E_1 ทรูเปล็ดที่ระดับการสั่นต่ำสุด $v = 0$ กลับสู่สถานะพื้นซึ่งเกิดขึ้นที่ $E_0, v = 0$ หรือระดับการสั่นต่างๆ

จ เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์ โมเลกุลในสถานะพื้น $E_0, v = 0$ รับพลังงานเหมาะสมไปสู่สถานะกระตุ้น $E_1, v = 0$ หรือ $E_2, v = 0$ โมเลกุลในสถานะกระตุ้นนี้กลับสู่สถานะพื้น $E_0, v = 0$

ฉ โฟตอน คืออนุภาค(รั้งสีแม่เหล็กไฟฟ้า)ที่มีพลังงานแน่นอน พลังงานแปรโดยตรงกับความถี่

ช แอปซอร์ปทิวิตี คือความสามารถของอนุภาคดูดกลืนแสงได้ A/bc A ความดูดกลืน b ทางเดินแสง เซนติเมตร c ความเข้มข้น กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ช เลขคลื่น คือส่วนกลับความยาวคลื่นใช้กับรั้งสีช่วงรั้งสีอินฟราเรด

ฉ การผ่อนคลาย อะตอมหรือโมเลกุลในสถานะกระตุ้นเปลี่ยนระดับพลังงานการสั่นโดยให้พลังงานความร้อนกับตัวทำละลาย

ฉ การเลื่อนสโตก รั้งสีเปล่งมีความถี่น้อยกว่าหรือความยาวคลื่นมากกว่าความยาวคลื่นดูดกลืน

โมเลกุลสถานะพื้น $s_0, v=0$ ดูดกลืนรังสีไปสู่สถานะเสมือน ต่ำกว่าสถานะกระตุ้น s_1 , จากนั้นเกิดการผ่อนคลายไปสู่สถานะพื้น s_0, v มากกว่า 0

๒ จงคำนวณความถี่เป็นเฮิรตซ์ พลังงานเป็นจูลน์และเป็นอิเล็กตรอนโวลต์ของโฟตอนรังสีเอ็กซ์ ความยาวคลื่น 2.70 อังสตรอม

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^{10} \text{ cm.s}^{-1} / 2.7 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

$$E = 7.36 \times 10^{-16} \text{ จูลน์}$$

$$1 \text{ จูลน์ มีค่า } 6.24 \times 10^{18} \text{ อิเล็กตรอนโวลต์}$$

$$E = 7.36 \times 10^{-16} \text{ จูลน์} \times 6.24 \times 10^{18} \text{ อิเล็กตรอนโวลต์ต่อจูลน์}$$

$$E = 4.59 \times 10^3 \text{ อิเล็กตรอนโวลต์}$$

๓ จงคำนวณความถี่เป็นเฮิรตซ์ เลขคลื่น พลังงานเป็นจูลน์และเป็นกิโลจูลน์ต่อโมลของอะติฟา ดิกคิโทนซึ่งมีแถบดูดกลืนเนื่องจากการสั่นที่ 5.715 ไมโครเมตร

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^{10} \text{ cm.s}^{-1} / 5.715 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$E = 3.48 \times 10^{-20} \text{ จูลน์}$$

$$\nu = c/\lambda = 3 \times 10^{10} \text{ cm.s}^{-1} / 5.715 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$\nu = 5.25 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} = 5.25 \times 10^{13} \text{ เฮิรตซ์}$$

$$\sigma = 1/5.715 \times 10^{-4} \text{ cm} = 1.75 \times 10^3 \text{ ต่อเซนติเมตร}$$

พลังงาน 3.48×10^{-20} จูลน์ต่อโฟตอน

$$E = 3.48 \times 10^{-20} \text{ J} \times 10^{-3} \text{ kJ/J} = 3.48 \times 10^{-23} \text{ กิโลจูลน์ต่อโฟตอน}$$

1 โมล = 6.02×10^{23} โฟตอน

$$E = 3.48 \times 10^{-23} \text{ กิโลจูลน์ต่อโฟตอน} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ โฟตอนต่อโมล}$$

$$E = 2.095 \times 10^1 \text{ กิโลจูลน์ต่อโมล}$$

๔ จงคำนวณความยาวคลื่นและพลังงานเป็นจูลน์ของสัญญาณ NMR ที่ 220 เมกะเฮิรตซ์

$$\nu = c/\lambda = 3 \times 10^{10} \text{ cm.s}^{-1} / 5.715 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$220 \times 10^6 \text{ cycle.s}^{-1} = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / \lambda$$

$$\lambda = 1.36 \text{ เมตร}$$

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 220 \times 10^6 \text{ cycle.s}^{-1}$$

$$E = 1.46 \times 10^{-23} \text{ จูล์}$$

๕ จงคำนวณความเร็ว ความถี่และความยาวคลื่นของรังสีโซเดียมเส้น D ที่ความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร

หาความถี่ในตัวกลางอากาศซึ่งมีค่าคงที่ n ในอากาศ = 1.00027

$$v = c/n\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1.00027 \times 589 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$v = 5.09 \times 10^{14} \text{ เฮิรตซ์}$$

ความเร็วในตัวกลางอากาศ

$$v = v\lambda = 5.09 \times 10^{14} \text{ cycle.s}^{-1} \times 589 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$v = 2.999 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

ความยาวคลื่นในอากาศ

$$\lambda = c/nv = 2.999 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1.43 \times 5.09 \times 10^{14} \text{ เฮิรตซ์}$$

$$\lambda = 4.12 \times 10^{-7} \text{ เมตร} = 412 \text{ นาโนเมตร}$$

๖ เมื่อรังสีโซเดียมเส้น D ขนรอยต่อระหว่างผิวหน้าอากาศ/เพชร โดยทำมุมตก 30.0 องศา มุมหักเห 11.9 องศา จงหาครรชนีหักเหของเพชร

จากกฎสเนล

$$n_{\text{อากาศ}} \sin \theta_{\text{อากาศ}} = n_{\text{แก้ว}} \sin \theta_{\text{แก้ว}}$$

$$1.00 \sin 30^\circ = n_{\text{แก้ว}} \sin 11.9^\circ$$

$$n_{\text{แก้ว}} = (1.0 \times 0.5) / 0.206 = 2.43$$

๗ จงคำนวณความยาวคลื่นโฟตอนซึ่งมีพลังงานเพิ่มขึ้นสามเท่า จากโฟตอนชุดแรกความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$E = h \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$E = 6.0 \times 10^{-14} \text{ h}$$

เมื่อเพิ่มพลังงานสามเท่า จะได้ $18.0 \times 10^{-14} \text{ h}$

$$18.0 \times 10^{-14} \text{ h} = h \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / \lambda$$

$$\lambda = 1.67 \times 10^{-7} \text{ เมตร } 167 \text{ นาโนเมตร}$$

๘ เงินไอโอดีนมีพลังงานพันธะประมาณ 255 กิโลจูลต่อโมล(เงินเป็นองค์ประกอบในแว่นตากันแดด) จงคำนวณความยาวคลื่นมากที่สุดที่ทำให้พันธะเงินไอโอดีนแตกได้

1 โมลมี 6.02×10^{23} โฟตอน

เปลี่ยนพลังงานต่อโมลเป็นต่อโฟตอน = $255 \text{ กิโลจูลต่อโมล} / 6.02 \times 10^{23} \text{ โฟตอนต่อโมล}$

$$4.236 \times 10^{-22} \text{ กิโลจูล}$$

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$4.236 \times 10^{-22} \text{ kJ} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ kJ.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / \lambda$$

$$\lambda = 4.69 \times 10^{-7} \text{ เมตร } 469 \text{ นาโนเมตร}$$

ความยาวคลื่นมากที่สุดที่ทำให้พันธะเงินไอโอดีนแตกได้คือ 469 นาโนเมตร

๙ ซาตุซีเซียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำโฟโตเซลล์และจอภาพทีวี จงหาพลังงาน(ไอออไนซ์)การแตกตัวต่ำสุดของซาตุซีเซียม

ก จงหาพลังงานสูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดจากซีเซียมที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ถ้าใช้ความยาวคลื่นมากกว่า 660 นาโนเมตรชนผิวซีเซียมจะไม่มีโฟโตอิเล็กตรอนหลุดออกมา

ข จำนวนความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนจากมวลหยุดนิ่งของอิเล็กตรอน

ก พลังงานของคลื่น 500 นาโนเมตร

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$E = 3.978 \times 10^{-19} \text{ จูล}$$

พลังงานของคลื่น 660 นาโนเมตร

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 660 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$E = 3.0136 \times 10^{-19} \text{ จูล}$$

พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดจากซีเซียม 3.978×10^{-19} จูลน์ - 3.0136×10^{-19} จูลน์
 $= 9.64 \times 10^{-20}$ จูลน์

ข $E = 1/2 mc^2$

9.64×10^{-20} จูลน์ $= 1/2 \times 9.101 \times 10^{-31} c^2$

$c = 4.60 \times 10^8$ เมตรต่อวินาที

ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนจากมวลหยุดนิ่งของอิเล็กตรอน 4.60×10^8 เมตรต่อวินาที

๑๐ วัณแทนกฏของวัตถุดำด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเคลวินและความยาวคลื่นเปล่งสูงสุดมีค่าคงที่ k ($k = T \lambda_{\text{max}}$) จงคำนวณความยาวคลื่นเปล่งสูงสุดสำหรับแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดไกลบาร์ที่ 1400 เคลวิน ใช้ข้อมูลรูป 3-18 คำนวณค่า

จากรูป ใช้แนนซ์ไกลว์เออร์หาค่าคงที่ได้ 8 หน่วย

$E = h\nu = hc/\lambda$

8 หน่วย $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / \lambda$

$= 2.48$ ไมโครเมตร

๑๑ จงคำนวณความยาวคลื่น

ก เส้นโซเดียมที่ 589 นาโนเมตรในสารละลายที่มีดัชนีหักเห 1.35

ข กำลังรังสีรูบิเลเซอร์ที่ 694 นาโนเมตรผ่านหน้าต่างควอตซ์ที่มีดัชนีหักเห 1.55

ก หาค่าความถี่ของเส้นโซเดียมในอากาศ

$\eta = c/v = c/\nu\lambda$

$\nu = c/\eta\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1.00027 \times 589 \times 10^{-9} \text{ m}$

$\nu = 5.09 \times 10^{14}$ เฮิร์ตซ์

หาค่าความยาวคลื่นเส้นโซเดียมในสารละลาย

$\lambda = c/\eta\nu = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1.35 \times 5.09 \times 10^{14} \text{ เฮิร์ตซ์ (ไซเคิล.ส}^{-1}\text{)}$

$\lambda = 4.36 \times 10^{-7} \text{ m} = 436$ นาโนเมตร

ข หาค่าความถี่ของกำลังรังสีรูบิเลเซอร์ในอากาศ

$\eta = c/v = c/\nu\lambda$

$\nu = c/\eta\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1.00027 \times 694 \times 10^{-9} \text{ m}$

$\nu = 4.32 \times 10^{14}$ เฮิร์ตซ์

หาความยาวคลื่นรูบิเลเซอร์ในควอรัคซ์

$$\lambda = c / \eta v = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1.55 \times 4.32 \times 10^{14} \text{ เฮิรตซ์ (ไซเคิล.s}^{-1}\text{)}$$

$$\lambda = 4.48 \times 10^{-7} \text{ m} = 448 \text{ นาโนเมตร}$$

๑๒ จงคำนวณความสูญเสียเนื่องจากการหักเหของลำรังสีผ่านเซลล์ควอรัคซ์ว่างเปล่าซึ่งมีครรชนีหักเห 1.55

รังสีจากอากาศสู่ควอรัคซ์

$$I_r / I_o = (\eta_2 - \eta_1)^2 / (\eta_2 + \eta_1)^2$$

$$I_r / I_o = (1.55 - 1.0)^2 / (1.55 + 1.0)^2$$

$$I_r = 4.65 \times 10^{-2} I_o$$

ความเข้มแสงที่เข้าสู่ควอรัคซ์ $I_o - 4.65 \times 10^{-2} I_o = 0.954 I_o$

รังสีจากควอรัคซ์สู่อากาศ

$$I_r / 0.954 I_o = (\eta_2 - \eta_1)^2 / (\eta_2 + \eta_1)^2$$

$$I_r / 0.954 I_o = (1.0 - 1.55)^2 / (1.0 + 1.55)^2$$

$$I_r = 4.43 \times 10^{-2} I_o$$

ความเข้มแสงที่เข้าสู่อากาศ $0.954 I_o - 4.43 \times 10^{-2} I_o = 0.9097 I_o$

รังสีจากอากาศสู่ควอรัคซ์

$$I_r / .9097 I_o = (\eta_2 - \eta_1)^2 / (\eta_2 + \eta_1)^2$$

$$I_r / .9097 I_o = (1.55 - 1.0)^2 / (1.55 + 1.0)^2$$

$$I_r = 4.426 \times 10^{-2} I_o$$

ความเข้มแสงที่เข้าสู่ควอรัคซ์ $0.9097 I_o - 4.426 \times 10^{-2} I_o = 0.8674 I_o$

รังสีจากควอรัคซ์สู่อากาศ

$$I_r / 0.8674 I_o = (\eta_2 - \eta_1)^2 / (\eta_2 + \eta_1)^2$$

$$I_r / 0.8674 I_o = (1.0 - 1.55)^2 / (1.0 + 1.55)^2$$

$$I_r = 4.03 \times 10^{-2} I_o$$

ความเข้มแสงที่เข้าควอรัคซ์ $0.8674 I_o - 4.03 \times 10^{-2} I_o = 0.827 I_o$

ปริมาณแสงที่ลดลง $I_o - 0.827 I_o = 0.1729 I_o$

เปอร์เซ็นต์แสงที่ลดลง $= 0.1729 I_o \times 100 / I_o = 17.29$

๑๓ เพราะเหตุใดโมเดลกลิ่นที่ใช้อธิบายสมบัติรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าใช้อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกไม่ได้

โมเดลกลิ่นอธิบายกระบวนการดูดกลืนและการเปล่งรังสีไม่ได้ จึงอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกไม่ได้

๑๔ จงเปลี่ยนข้อมูลค่าความดูดกลืนต่อไปนี้เป็นเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่าน

ก 0.375 ข 1.325 ค 0.012

จาก A = -log T

ก A = 0.375 = -log T

T = 0.4216 = 42.2 %

ข A = 1.325 = -log T

T = 0.0473 = 4.73 %

ค A = 0.012 = -log T

T = 0.9727 = 97.3 %

๑๕ จงเปลี่ยนข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านต่อไปนี้เป็นค่าความดูดกลืน

ก 33.6 ข 92.1 ค 1.75

จาก A = -log T

ก % T = 33.6 T = 0.336

A = -log .336 = 0.474

ข % T = 92.1 T = 0.921

A = -log .921 = 0.0357

ค % T = 1.75 T = .0175

A = -log .0175 = 1.756 = 1.76

๑๖ จงคำนวณเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านของสารละลายซึ่งมีความดูดกลืนเป็นครึ่งหนึ่งของข้อ ๑๔

ก 0.1875 ข 0.6625 ค 0.006

จาก A = -log T

จาก	A	=	- log T	
ก	A	=	0.1875	= - log T
	T	=	0.6494	= 64.9 %
ข	A	=	0.6625	= - log T
	T	=	0.2175	= 21.8 %
ค	A	=	0.006	= - log T
	T	=	0.9863	= 98.6 %

๑๗ จงคำนวณค่าความดูดกลืนของสารละลายซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความส่องผ่านเป็นครึ่งหนึ่งของข้อ ๑๕

ก 16.8 ข 46.05 ค 0.875

จาก	A	=	- log T	
ก	% T	=	16.8	T = 0.168
	A	=	- log .168	= 0.775
ข	% T	=	46.05	T = 0.4605
	A	=	- log .4605	= 0.3368 = 0.337
ค	% T	=	0.875	T = .00875
	A	=	- log .00875	= 2.0579 = 2.06

๑๘ สารละลายหนึ่งเข้มข้น 4.14×10^{-3} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ค่าความส่องผ่าน 0.1236 ในเซลล์ทางเดินแสง 2 เซนติเมตร จงหาความเข้มข้นของสารละลายเดิมแต่ให้ค่าความส่องผ่านเป็นสามเท่าในเซลล์ทางเดินแสง 1 เซนติเมตร

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

$$T = 0.126 \quad b = 2 \text{ cm} \quad c = 4.14 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$-\log .126 = \epsilon \times 2 \text{ cm} \times 4.14 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\epsilon = 108.65 \text{ dm}^3 \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

หาความเข้มข้นเมื่อ T มีค่า 0.378 (สามเท่า) $b = 1 \text{ cm}$ $\epsilon = 108.65 \text{ dm}^3 \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

$$c = -\log 0.378 / 1 \text{ cm} \times 108.65 \text{ dm}^3 \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

ความเข้มข้น 3.89×10^{-3} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

๑๘ สารประกอบมีค่าสภาพดูดกลืน โมลาร์ 2.17×10^3 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อโมลต่อเซนติเมตร จงหา
ความเข้มข้นของสารละลายซึ่งให้ค่าความส่องผ่าน 8.42% ในเซลล์ทางเดินแสง 2.5 เซนติเมตร

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

$$b = 2.5 \text{ cm}, \epsilon = 2.17 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \quad T = 0.0842$$

$$c = -\log .0842 / 2.5 \text{ cm} \times 2.17 \times 10^3 \text{ dm}^3 \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

ความเข้มข้น 1.98×10^{-4} โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

บทที่ ๔

องค์ประกอบเครื่องสเปกโทรเชิงแสง

อ่านหนังสือฉบับนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

ปรากฏการณ์สเปกโทรเชิงแสง - การดูดกลืน - ฟลูออเรสเซนซ์ - ฟอสฟอเรสเซนซ์ - การกระเจิง - การเปล่ง - เคมีอุมิเนสเซนซ์ องค์ประกอบของเครื่องสเปกโทร แหล่งกำเนิดแสง - แบบต่อเนื่อง - แบบเส้น - เลเซอร์ หลอดไฮโดรเจน หลอดควิเทอร์ม หลอดอาร์กซีนอล แหล่งกำเนิดแนนซ์โกล์เจอร์ แหล่งกำเนิดโกลว์บาร์ แหล่งกำเนิดลวดนิโครม หลอดไฮปรอท หลอดหลอดไอแคโทด เลเซอร์ การบีบปี การเปล่งรังสีทันทีทันโค การเปล่งรังสีที่ถูกกระตุ้น การดูดกลืน เลเซอร์สามระดับ เลเซอร์สี่ระดับ โซลิตสเตทเลเซอร์ รูบี เลเซอร์ก๊าซ เลเซอร์นีโอดีมียมแย็ก เลเซอร์ฮีเลียม/นีออน เลเซอร์ไอออนอาร์กอน เลเซอร์เอ็กซิเมอร์ เลเซอร์ดีอีเอ็ม เลเซอร์เซมิคอนดักเตอร์ เลเซอร์ไดโอด ฉนวน อุปกรณ์เลือกความยาวคลื่น ฟิลเตอร์ดูดกลืน ฟิลเตอร์แทรกสอด ฟิลเตอร์ลึ้ม รังสีทาร์แยชชีล offaxis ความคลาดทรงกลม ความคลาดเอียง โคมา ความคลาดรงค์ เกรตติงส่งผ่าน ตัวคัดเลือกอันดับ เกรตติงสะท้อนแสงเอ็ชเล็ด มุมเบลซ เกรตติงสะท้อนเอชลีหรือเอชเชล เกรตติงสะท้อนแสงแบบเว้า เกรตติงสะท้อนแสงไฮโลกราฟิค การกระจายเชิงเส้น การกระจายเชิงมุม มุมเบี่ยงเบน มุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด การกระจายเชิงแสง การกระจายเชิงเรขาคณิต การแยก ตัวทำแสงเอกรงค์ลิโททวี ตัวทำแสงเอกรงค์เออร์เบิร์ต ตัวทำแสงเอกรงค์เซอร์นิเทอร์เนอร์ ตัวทำแสงเอกรงค์เซอร์นิเทอร์เนอร์แบบไซวี ตัวทำแสงเอกรงค์เชยานามิโอกะ ช่วงสเปกตราที่ไม่มีการรบกวน ช่องเล็กยาว แอบความกว้าง แอบความกว้างยังผล การเลือกแถบความกว้างช่องเล็กยาว รังสีลอดเข้าไป เซลล์แบริเออร์เลเยอร์ เซลล์โฟโตโวลตาอิก หลอดโฟโต หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ ไดโอด แทรนซ์ควิเซอร์ซิลิคอนไดโอด ขบวนการโฟโตไดโอด เซมิคอนดักเตอร์ชนิด n เซมิคอนดักเตอร์ชนิด p ชั้นการพ้อง อุปกรณ์ถ่ายโอนประจุ อุปกรณ์ฉีคประจุ อุปกรณ์ควบคู่ประจุ บ่อศักย์ ตัวเก็บประจุ แทรนซ์ควิเซอร์สภาพนำแสง แทรนซ์ควิเซอร์ความร้อน เทอร์มอคัพเพิล เทอร์มอโพลี เทอร์มิสเตอร์(มาตรฐานไบโอ) โกลย์นิวมานิก แทรนซ์ควิเซอร์ไพโรอิลีกทริก จุดควี เส้นใยนำแสง เซ็นเซอร์เส้นใยนำแสง เครื่องควบคู่สคาร์ สเปกโทรสโคป สเปกโทรกราฟ นาครตี มาตรฐานแสง มาตรฐานสเปกโทรเทมเพอรัล -แบบกระจาย -แบบไม่กระจาย มาตรฐานสเปกโทรสปีชีล -แบบกระจาย -แบบไม่กระจาย เครื่องมือแบบสแกนเชิงเส้นที่ละความยาวคลื่น เครื่องมือแบบสแกน

เชิงเส้นที่ละความยาวคลื่นและทำการสแกนแบบซ้ำๆกัน มาตรฐานสเปกโทรเมตริกพีเอสพี ฟลูอิดรีฟ
แทรนซ์ฟอร์ม การแยกธาตุ สเปกโทรโดเมนเวลา สเปกโทรโดเมนความถี่ มาตรฐานแทรกสอดไม
เกล็ดสัน

แบบฝึกหัดบทที่ ๔

๑ ทำไมต้องแปรความกว้างช่องเลี้ยวปริซึมเพื่อให้ได้แถบความกว้างยังผลคงที่ขณะที่ใช้ความ
กว้างช่องเลี้ยวเกือบคงที่กับตัวทำแสงเอกรงค์

การแยกของตัวทำแสงเอกรงค์ปริซึมเป็นแบบไม่เชิงเส้น ช่วงการกระจายวิปริต การแยกดี
(เส้นอยู่ห่างกัน)จึงเปิดความกว้างช่องเลี้ยวได้มาก โดยเฉพาะช่วงความยาวคลื่นน้อย ส่วนช่วง
ความยาวคลื่นมากการแยกไม่ดีจึงต้องเปิดความกว้างช่องเลี้ยวแคบ D' (ส่วนกลับการกระจายเชิง
เส้น)เปลี่ยนเมื่อเปลี่ยนความยาวคลื่น

ตัวทำแสงเอกรงค์เกรตติง การแยกมีค่าคงที่ทุกช่วงความยาวคลื่น จึงเปิดความกว้างช่อง
เลี้ยวคงที่ $\Delta\lambda_{gr} = w \cdot D'$ D' มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความยาวคลื่น

๒ เหตุใดการทำปริมาณวิเคราะห์และคุณภาพวิเคราะห์ต้องใช้ความกว้างช่องเลี้ยวของตัวทำ
แสงเอกรงค์ต่างกัน

จุดประสงค์ของการทำคุณภาพวิเคราะห์คือการดูเส้นสเปกตรัมของธาตุที่สนใจ ซึ่งอาจมี
เส้นรบกวนอยู่ใกล้จึงต้องเปิดช่องเลี้ยวแคบเพื่อให้เส้นสเปกตรัมที่สนใจแยกจากกันได้ ส่วนการ
ทำปริมาณวิเคราะห์ เลือกเส้นสเปกตรัมที่สนใจได้แล้วจึงทำการเปิดความกว้างช่องเลี้ยวกว้างได้
เพื่อให้ปริมาณแสงผ่านมากได้ เป็นผลให้ปริมาณแสงก่อนและหลังการดูดกลืนของสารที่สนใจมีค่า
มาก โดยมีข้อแม้ความกว้างช่องเลี้ยวนี้ให้พื้นที่คงที่(สูงสุด)และความสูงพิกสูงสุด

๓ กฎการแทนที่ของไวน์กล่าวว่าความยาวคลื่นสูงสุดเป็นไมโครเมตรของรังสีวัดดูค่ามี
ความสัมพันธ์ $\lambda_{max} \cdot T = 2.90 \times 10^3$ T อุณหภูมิเป็นองศาเคลวิน จงคำนวณความยาวคลื่นสูงสุดของ
วัตถุที่อุณหภูมิ ก 4000 เคลวิน ข 2000 เคลวิน และ ค 1000 เคลวิน

$$\lambda_{max} \cdot T = 2.90 \times 10^3$$

ก 4000 เคลวิน

$$\lambda_{max} = 2.90 \times 10^3 / T = 2.90 \times 10^3 / 4000$$

$$\lambda_{\text{max}} = 0.725 \text{ ไมโครเมตร} = 725 \text{ นาโนเมตร}$$

ข 2000 เคลวิน

$$\lambda_{\text{max}} = 2.90 \times 10^3 / T = 2.90 \times 10^3 / 2000$$

$$\lambda_{\text{max}} = 1.45 \text{ ไมโครเมตร} = 1450 \text{ นาโนเมตร}$$

ค 1000 เคลวิน

$$\lambda_{\text{max}} = 2.90 \times 10^3 / T = 2.90 \times 10^3 / 1000$$

$$\lambda_{\text{max}} = 2.90 \text{ ไมโครเมตร} = 2900 \text{ นาโนเมตร}$$

๔ กุฏเตฟานกล่าวว่าพลังงานทั้งหมดที่วัตถุแผ่รังสีออกต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่เขียนเป็นสมการได้ $E_T = \alpha \cdot T^4$ α ค่าคงที่ 5.69×10^{-8} วัตต์(เมตร)²(องศาเคลวิน)⁴ จงคำนวณพลังงานทั้งหมดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรของแต่ละวัตถุในข้อ ๓

$$E_T = \alpha \cdot T^4$$

ก 4000 เคลวิน

$$E_T = 5.69 \times 10^{-8} \text{ วัตต์(เมตร)}^2 \text{(องศาเคลวิน)}^4 \times (4000 \text{ เคลวิน})^4$$

$$E_T = 1.46 \times 10^7 \text{ วัตต์(เมตร)}^2$$

ข 2000 เคลวิน

$$E_T = 5.69 \times 10^{-8} \text{ วัตต์(เมตร)}^2 \text{(องศาเคลวิน)}^4 \times (2000 \text{ เคลวิน})^4$$

$$E_T = 0.91046 \text{ วัตต์(เมตร)}^2$$

ข 1000 เคลวิน

$$E_T = 5.69 \times 10^{-8} \text{ วัตต์(เมตร)}^2 \text{(องศาเคลวิน)}^4 \times (1000 \text{ เคลวิน})^4$$

$$E_T = 0.0569 \text{ วัตต์(เมตร)}^2$$

๕ ใช้ความสัมพันธ์ของโจทยข้อ ๓ และข้อ ๔ ในการแก้ปัญหา

ก จงคำนวณความยาวคลื่นเปล่งสูงสุดของหลอดทั้งสี่เตนทำงานที่อุณหภูมิ 2870 องศาเคลวินและที่ 3000 องศาเคลวิน

ข จงคำนวณพลังงานที่ได้จากหลอดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

ค คำนวณความยาวคลื่น

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2.90 \times 10^3$$

ที่ 2870 องศาเคลวิน

$$\lambda_{\text{max}} = 2.90 \times 10^3 / 2840 = 1.01045 \text{ ไมโครเมตร} = 1010 \text{ นาโนเมตร}$$

ที่ 3000 องศาเคลวิน

$$\lambda_{\text{max}} = 2.90 \times 10^3 / 3000 = 0.9667 \text{ ไมโครเมตร} = 967 \text{ นาโนเมตร}$$

ข คำนวณพลังงาน

$$E_T = \alpha \cdot T^4$$

ที่ 2870 องศาเคลวิน

$$E_T = 5.69 \times 10^8 \text{ วัตต์(เมตร)}^2 (\text{องศาเคลวิน})^4 \times (2870 \text{ เคลวิน})^4$$

$$E_T = 3.86 \times 10^8 \text{ วัตต์(เมตร)}^2$$

ที่ 3000 องศาเคลวิน

$$E_T = 5.69 \times 10^8 \text{ วัตต์(เมตร)}^2 (\text{องศาเคลวิน})^4 \times (3000 \text{ เคลวิน})^4$$

$$E_T = 4.61 \times 10^8 \text{ วัตต์(เมตร)}^2$$

บ บอกความแตกต่างระหว่างการเปล่งรังสีที่พื้นผิวและ การเปล่งรังสีที่ถูกกระตุ้น

การเปล่งรังสีที่พื้นผิว รังสีที่เปล่งออกมามีความยาวคลื่นเท่ากับสถานะกระตุ้นระดับการสั่นต่ำสุดสู่สถานะพื้นระดับการสั่นต่ำสุด แต่เปล่งออกมาทุกทิศทาง จึงไม่มีการแทรกสอดกัน

การเปล่งรังสีที่ถูกกระตุ้น รังสีที่เปล่งออกมามีความยาวคลื่นเท่ากับสถานะกระตุ้นระดับการสั่นต่ำสุดสู่สถานะพื้นระดับการสั่นต่ำสุด โดยรังสีเปล่งออกมาทิศทางเดียวกันและอยู่ในเฟสเดียวกัน จึงเกิดการแทรกสอดกันได้แอมพลิจูดเพิ่มขึ้น

๗ ทำไมเลเซอร์ที่ระดับจึงดีกว่าเลเซอร์สามระดับ

เลเซอร์ที่ระดับเกิดง่ายกว่าเลเซอร์สามระดับเพราะประชากรที่สถานะพื้นระดับการสั่น 0 บางส่วนไปอยู่ที่ระดับการสั่นไม่ใช่ 0 สมมติเลเซอร์ที่ระดับประชากรที่สถานะพื้นระดับการสั่น 0 มี 70% เปลี่ยนไปสู่สถานะกระตุ้น 36% ก็เกิดการเปล่งแสงได้ ส่วนเลเซอร์สามระดับประชากรที่สถานะพื้นระดับการสั่น 0 มี 100% ต้องเปลี่ยนประชากรไปสู่สถานะกระตุ้น 51% จึงเกิดการเปล่งแสงได้

๘ ให้ความหมายแถบความกว้างขั้วของฟิลเตอร์

แถบความกว้างยังผลคือความกว้างที่ครึ่งความสูงพิค มีหน่วยเป็นความยาวคลื่น

๘ ต้องสร้างฟิลเตอร์แทรกสอดเพื่อใช้ศึกษาแถบดูดกลืน CS_2 ที่ 4.54 ไมโครเมตรอย่างไร
ก ศึกษาการแทรกสอดอันดับหนึ่ง ความหนาชั้น ไดอิเล็กทริกต้องมีค่าเท่าใด(ครรรชนีหักเหไดอิเล็กทริก 1.34)

ข มีความยาวคลื่นเท่าใดบ้างผ่าน

ก ความหนาชั้น ไดอิเล็กทริก

$$n\lambda = 2t\eta$$

$$1 \times 4.54 \times 10^3 \text{ นาโนเมตร} = 2t \times 1.34$$

$$t = 1.69 \times 10^3 \text{ นาโนเมตร} = 1.69 \text{ ไมโครเมตร}$$

ข ความยาวคลื่นที่ผ่าน

รังสีอันดับหนึ่ง 4.54 ไมโครเมตร

รังสีอันดับสอง 2.27 ไมโครเมตร

รังสีอันดับสาม 1.51 ไมโครเมตร

๑๐ ฟิลเตอร์ลิ้มขนาด 10 เซนติเมตร สร้างไว้ใช้งานการกระจายปกติความยาวคลื่น 460 ถึง 700 นาโนเมตร จงบอกวิธีสร้างฟิลเตอร์นี้ ให้ครรรชนีหักเหไดอิเล็กทริก 1.32

กำหนดความยาวคลื่น 460 ถึง 700 นาโนเมตร

$$n\lambda = 2t\eta$$

ที่ 400 นาโนเมตร

$$1 \times 400 \text{ นาโนเมตร} = 2t \times 1.32$$

$$t = 151.5 \text{ นาโนเมตร} = 0.152 \text{ ไมโครเมตร}$$

ที่ 700 นาโนเมตร

$$1 \times 700 \text{ นาโนเมตร} = 2t \times 1.32$$

$$t = 265.2 \text{ นาโนเมตร} = 0.265 \text{ ไมโครเมตร}$$

ต้องสร้างฟิลเตอร์ลิ้มให้มีความหนาชั้น ไดอิเล็กทริกด้านแคบเท่ากับ 0.152 ไมโครเมตร ด้านกว้างเท่ากับ 0.265 ไมโครเมตร เพื่อให้รังสีความยาวคลื่น 460 ถึง 700 นาโนเมตรผ่าน

๑๑ ทำไมปริซึมแก้วจึงใช้งานแยกความยาวคลื่นจาก 400 ถึง 800 นาโนเมตรดีกว่าปริซึมพิวส์ซิลิกา
ปริซึมแก้วมีการกระจายแบบวิปริต(การกระจายเชิงแสง)ในช่วงวิสิเบิลดีกว่าปริซึมควอร์ตซ์

๑๒ ต้องใช้เกรตติงจำนวนร่องจำนวนเท่าใดในการศึกษาการเลี้ยวเบนรังสีความยาวคลื่นจาก 500
นาโนเมตร โดยให้มุมตกมีค่า 60 องศา มุมสะท้อนมีค่า 10 องศา

$$\begin{aligned}n \lambda &= d(\sin i + \sin r) \\1 \times 500 &= d(0.866 + 0.174) \\d &= 500 / 1.0396 = 480.93 \text{ นาโนเมตร}\end{aligned}$$

ระยะห่างระหว่างร่อง 480.93 นาโนเมตร

ระยะ 480.93 นาโนเมตรเป็นของเกรตติง 1 ร่อง

ระยะ 1 มิลลิเมตรเป็นของเกรตติง ~ 1 ร่อง / $\{480.93 \text{ nm} \times 10^{-6} \text{ mm}(\text{nm})^{-1}\} \times 1 \text{ mm} = 2079$ ร่อง

ต้องใช้เกรตติง 2079 ร่องในการศึกษานี้

๑๓ เกรตติงใช้งานช่วงอินฟราเรด 72.0 ร่องต่อมิลลิเมตร พื้นที่รับแสงขนาด 10 นาโนเมตร จง
คำนวณการแยกอันดับหนึ่ง ($\lambda / \Delta\lambda$) ของเกรตติงนี้ ศูนย์กลางเส้นสองเส้นอยู่ที่เลขคลื่น 1000 ต่อ
เซนติเมตร เลขคลื่นทั้งสองที่อยู่ใกล้กันและสามารถแยกจากกันมีค่าเท่าใด

เกรตติงใช้งานช่วงอินฟราเรดมี 72 ร่องต่อมิลลิเมตร

$$R = nN = \lambda \text{ เฉลี่ย} / \Delta\lambda$$

$$R = nN = 1 \times 720 \text{ ร่องต่อเซนติเมตร} = 720 \text{ ต่อเซนติเมตร}$$

การแยกรังสีอันดับหนึ่ง 720

$$R = \lambda \text{ เฉลี่ย} / \Delta\lambda$$

$$720 \text{ ต่อเซนติเมตร} = 1000 \text{ ต่อเซนติเมตร} / \Delta\lambda$$

$$\Delta\lambda = 1000 \text{ ต่อเซนติเมตร} / 720 \text{ ต่อเซนติเมตร} = 1.39$$

เลขคลื่นทั้งสองที่แยกจากกัน 1.39

๑๔ เมื่อใช้เกรตติงในข้อ ๑๓ จงคำนวณความยาวคลื่นของสเปกตร้าอันดับหนึ่งอันดับสองและ
อันดับอื่นเมื่อมุมสะท้อนมีค่า ก) 20 องศา ข) 0 องศา โดยมุมตกมีค่า 50 องศา

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

เกรตติงมี 72 ร่องบนแผ่นขนาด 1 มิลลิเมตร
 เกรตติงมี 1 ร่องบนแผ่นขนาด 1/72 มิลลิเมตร = 1.39×10^{-2} มิลลิเมตร

รังสีอันดับหนึ่ง $i = 50^\circ, \sin 50 = 0.77$ $r = 20^\circ, \sin 20 = 0.34$

$$i \times \lambda = d(\sin i + \sin r) = 1.39 \times 10^{-2} \text{ มิลลิเมตร} \times 1.11$$

$$\lambda = 1.54 \times 10^{-2} \text{ มิลลิเมตร} = 15.4 \text{ ไมโครเมตร}$$

รังสีอันดับสอง = $\lambda / 2 = 7.7$ ไมโครเมตร

รังสีอันดับสอง $i = 50^\circ, \sin 50 = 0.77$ $r = 0^\circ, \sin 0 = 0$

$$i \times \lambda = d(\sin i + 0)$$

$$\lambda = 1.39 \times 10^{-2} \text{ มิลลิเมตร} \times 0.77 = 1.07 \times 10^{-2} \text{ มิลลิเมตร} = 10.7 \text{ ไมโครเมตร}$$

รังสีอันดับสอง = $\lambda / 2 = 5.35$ ไมโครเมตร

๑๕ ใช้รูป ๕-๒ และ ๕-๓ แนะนำเครื่องและองค์ประกอบวัสดุที่ใช้ในการประกอบเครื่องเพื่อใช้งานวัตถุประสงค์นี้

ก หาโครงสร้างแถบดูดกลืนและรายละเอียดในช่วงความยาวคลื่น 450 ถึง 750 นาโนเมตร

ข ได้สเปกตราดูดกลืนในช่วงอินฟราเรด(20 ถึง 50 ไมโครเมตร)

ค เครื่องกระเป่าหิวใช้หาปริมาณเหล็กในน้ำธรรมชาติโดยใช้หลักการดูดกลืนสารเชิงซ้อน

$\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ ซึ่งมีสีแดง

ง วิเคราะห์ไนโตรเบนซีนในตัวอย่างอากาศโดยวัดที่ดูดกลืนที่ 11.8 ไมโครเมตร

จ หาความยาวคลื่นเส้นเปล่งของธาตุโลหะโดยเปลวไฟในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 780 นาโนเมตร

ฉ ศึกษาการดูดกลืนในช่วงอัลตราไวโอเล็ต

ช ศึกษาการดูดกลืนในช่วงอินฟราเรด

	แหล่งกำเนิด	ที่แยกความยาวคลื่น	ที่ใส่สารตัวอย่าง	แทรนซ์ดิวเซอร์
ก	หลอดทังสเตน	เกรตติง > 600 ร่องต่อ มิลลิเมตร ปริซึม แก้ว	แก้วซิลิเกต	โฟโตมัลติพลายเออร์
ข	โกลบาร์	เกรตติง 50 ร่องต่อ มิลลิเมตร	เซลล์โพแทสเซียม โบรไรด์	โกเลีย
ค	หลอดทังสเตน	ฟิลเตอร์แก้ว(เขียว)	หลอดทดสอบแก้ว	เซลล์โฟโต
ง	ลวดนิโครม	ฟิลเตอร์แทรกสอด	เซลล์ TaBr	เทอร์มอคัพเพิล
จ	เปลวไฟก๊าซอะเซทิลีน/O ₂	เกรตติง ปริซึม ควอตซ์	เปลวไฟ	โฟโตมัลติพลายเออร์
ฉ	หลอดอาร์กอนหรือซีนอน	เกรตติง 3000 ร่องต่อ มิลลิเมตร	เซลล์โพแทสเซียม โบรไรด์	โฟโตมัลติพลายเออร์
ช	หลอดทังสเตน	เกรตติง ปริซึมแก้ว	เซลล์แก้ว	โฟโตคอนดัคเตอร์

๑๖ ความเร็วเลนส์ต้องมีค่าเท่าใดเมื่อใช้เลนส์นูนเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.2 เซนติเมตรและความยาวโฟกัส 8.1 เซนติเมตร

$$f = F/d$$

f ความเร็วเลนส์ F ความยาวโฟกัส 8.1 เซนติเมตร d เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.2 เซนติเมตร

$$f = 8.1 \text{ เซนติเมตร} / 4.2 \text{ เซนติเมตร} = 1.93$$

กำลังการรวมแสง $1/f^2 = 0.269$

๑๗ จงเปรียบเทียบกำลังการรวมแสงของเลนส์ในข้อ ๑๖ กับเลนส์เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร ความยาวโฟกัส 8.1 เซนติเมตร

$$f = F/d$$

f ความเร็วเลนส์ F ความยาวโฟกัส 8.1 เซนติเมตร d เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร

$$f = 8.1 \text{ เซนติเมตร} / 2.6 \text{ เซนติเมตร} = 3.12$$

กำลังการรวมแสง $1/f^2 = 0.103$

กำลังการรวมแสง d 2.6 / กำลังการรวมแสง d 4.2 = $0.103 / 0.269 = 1/2.6$

หรือกำลังการรวมแสงข้อ ๑๗ เป็น 2.6 เท่าของข้อ ๑๖

๑๘ ตัวทำแสงเอกรงค์มีความยาวโฟกัส 1.6 เมตร กระจกรวมแสงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 เซนติเมตร ใช้วัสดุกระจายแสงเป็นเกรตติง 1250 ร่องต่อมิลลิเมตรสำหรับรังสีอันดับหนึ่ง

ก จงหากำลังการแยกของตัวทำแสงเอกรงค์ถ้าสร้างสเปกตรัมเกรตติงขนาด 2.0 เซนติเมตร

ข จงหาส่วนกลับการกระจายอันดับหนึ่งและอันดับสองของตัวทำแสงเอกรงค์

ก กำลังการแยก $R = n\lambda$

เกรตติงขนาด 2 เซนติเมตรมีจำนวนร่อง $= 20 \text{ มิลลิเมตร} \times 1250 \text{ ร่องต่อมิลลิเมตร} = 25000 \text{ ร่อง}$

$$R = 1 \times 25000 = 2.5 \times 10^4$$

ข ส่วนกลับการกระจายอันดับหนึ่ง

$$D^{-1} = d / n\lambda$$

ความยาวโฟกัส 1.6 เมตร ระยะห่างระหว่างร่อง $= 1/1250 = 8 \times 10^{-4} \text{ มิลลิเมตร } n=1$

$$D^{-1} = 8 \times 10^{-4} \text{ มิลลิเมตร} \times 10^9 \text{ นาโนเมตรต่อมิลลิเมตร} / 1 \times 1.6 \times 10^3 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$D^{-1} = 0.5 \text{ นาโนเมตรต่อมิลลิเมตร}$$

อันดับสอง

$$D^{-1} = 8 \times 10^{-4} \text{ มิลลิเมตร} \times 10^9 \text{ นาโนเมตรต่อมิลลิเมตร} / 2 \times 1.6 \times 10^3 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$D^{-1} = 0.25 \text{ นาโนเมตรต่อมิลลิเมตร}$$

๑๙ ตัวทำแสงเอกรงค์เกรตติงเอชเล็คมีความยาวโฟกัส 0.65 เมตร มี 2000 ร่องต่อมิลลิเมตร

ก จงหาส่วนกลับการกระจายของเครื่องสำหรับสเปกตรัมอันดับหนึ่ง

ข พื้นที่รับแสงของเกรตติงมีค่า 3.0 เซนติเมตร จงหากำลังการแยกอันดับหนึ่งของตัวทำแสงเอกรงค์

ค จงหาผลต่างความยาวคลื่นน้อยสุดเพื่อแยกความยาวคลื่นได้อย่างสมบูรณ์ที่ 560 นาโนเมตร

ก ส่วนกลับการกระจาย

$$D^{-1} = d / n\lambda$$

ความยาวโฟกัส 0.65 เมตร ระยะห่างระหว่างร่อง $= 1/2000 = 5 \times 10^{-4} \text{ มิลลิเมตร } n=1$

$$D^{-1} = 5 \times 10^{-4} \text{ มิลลิเมตร} \times 10^9 \text{ นาโนเมตรต่อมิลลิเมตร} / 1 \times 0.65 \times 10^3 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$D^{-1} = 0.77 \text{ นาโนเมตรต่อมิลลิเมตร}$$

ข กำลังการแยกอันดับหนึ่ง

เกรตติงขนาด 3 เซนติเมตรมีจำนวนร่อง $= 30 \text{ มิลลิเมตร} \times 2000 \text{ ร่องต่อมิลลิเมตร} = 60000 \text{ ร่อง}$

$$R = 1 \times 60000 = 6.0 \times 10^4$$

ก ผลต่างความยาวคลื่นน้อยสุด

$$R = \lambda_{เฉลี่ย} / \Delta \lambda$$

$$6.0 \times 10^4 = 560 \text{ นาโนเมตร} / \Delta \lambda$$

$$\Delta \lambda = 560 \text{ นาโนเมตร} / 6.0 \times 10^4 = 0.0093 \text{ นาโนเมตร}$$

๒๐ จงอธิบายหลักการพื้นฐานของแตรอนซ์คิวเซอร์ชนิดคอนไดโอดที่ใช้วัสดุรังสี

ถ้าการโคจรผ่านชนิดคอนไดโอดหนึ่งเป็น p โดยใส่ธาตุหมู่ ๓ ปริมาณเล็กน้อย ส่วนด้านตรงข้ามใส่ธาตุหมู่ ๕ ปริมาณเล็กน้อยให้เป็น n ใสศักย์ตรงข้ามกับด้าน p และ n เพื่อสะเทินโฮลและอิเล็กตรอน เป็นผลให้ช่องว่างของพลังงานมากขึ้น(energy gap)หรือชั้นการพ้องกว้างขึ้น เมื่อรังสีชนแผ่นนี้และมีพลังงาน(ความเข้ม)มากกว่าชั้นการพ้อง จะเกิดโฮลและอิเล็กตรอน (นำไฟฟ้า)

๒๑ จงบอกความแตกต่างระหว่าง ก สเปกโทรสโคป ข สเปกโทรกราฟ ค มาตรฐานสเปกโทรโฟโต

ก สเปกโทรสโคป วัดเส้นเปล่งจากอะตอมซึ่งผ่านการแยกเส้นด้วยตัวทำแสงเกรตติ้ง รังสีที่ออกสู่ช่องเล็กยาวออกมาจากผลของมุมตก ลำรังสีที่กระจายจากเกรตติ้งหรือปริซึมวัดด้วยเลนส์ใกล้ตา

ข สเปกโทรกราฟ หลักการเหมือนสเปกโทรสโคป แต่รังสีที่ถูกกระจายถูกวัดพร้อมกันบนแผ่นฟิล์ม หรือ ขบวนการไดโอด

ค มาตรฐานสเปกโทรโฟโต ใช้วัดทั้งการดูดกลืนและการเปล่ง รังสีที่ถูกกระจายจากเกรตติ้งหรือปริซึมออกสู่ช่องเล็กยาวออกแบบหนึ่งช่อง(temporal)หรือหลายช่อง(spatial) วัดรังสีด้วยหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ หรือ โฟโตอิเล็กทริก

๒๒ ความเร็วระจกเงาของมาตรอินเทอร์ฟีรหรือไมเคิลสัน 1.25 เซนติเมตรต่อวินาที จงหาความถี่ของอินเทอร์ฟีรแกรมในช่วง ก)รังสีอัลตราไวโอเล็ต 300 นาโนเมตร ข)รังสีวิสิเบิล 700 นาโนเมตร ค)รังสีอินฟราเรด 7.5 ไมโครเมตร ง)รังสีอินฟราเรด 20 ไมโครเมตร

$$v_m \tau = \lambda / 2$$

v_m ความเร็วระจกเงา 1.25 เซนติเมตรต่อวินาที τ เวลาที่ระจกเงาเลื่อน

$$\text{ความถี่ } f = 1/\tau = 2v_m / \lambda$$

ก รังสีอัลตราไวโอเล็ต 300 นาโนเมตร

$$f = 2 v_m / \lambda = 2 \times 1.25 \text{ cm.s}^{-1} / 300 \text{ nm} \times 10^{-7} \text{ cm/nm}^{-1} = 8.33 \times 10^4 \text{ เฮิรตซ์}$$

ข รังสีวิสิเบต 700 นาโนเมตร

$$f = 2 v_m / \lambda = 2 \times 1.25 \text{ cm.s}^{-1} / 700 \text{ nm} \times 10^{-7} \text{ cm/nm}^{-1} = 3.57 \times 10^4 \text{ เฮิรตซ์}$$

ค รังสีอินฟราเรด 7.5 ไมโครเมตร

$$f = 2 v_m / \lambda = 2 \times 1.25 \text{ cm.s}^{-1} / 7.5 \text{ um} \times 10^{-4} \text{ cm/um}^{-1} = 3.33 \times 10^3 \text{ เฮิรตซ์}$$

ง รังสีอินฟราเรด 20 ไมโครเมตร

$$1/\tau = f = 2 v_m / \lambda = 2 \times 1.25 \text{ cm.s}^{-1} / 20 \text{ um} \times 10^{-4} \text{ cm/um}^{-1} = 1.25 \times 10^3 \text{ เฮิรตซ์}$$

๒๓ จงหาความยาววางกระจกของมาตรอินเทอร์ฟีรอมเคิลตันเพื่อใช้แยกทีคต่อไปนี้ออกจากกัน

ก) ฟิคอินฟราเรดที่ 20.34 และ 20.35 ไมโครเมตร

ข) ฟิคอินฟราเรดที่ 2.500 และ 2.501 ไมโครเมตร

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 1/\delta$$

Δv การแยกของเส้นสองเส้น v_2 และ v_1

คลื่นทั้งสองเกิดการแทรกสอดได้เมื่อ $\delta v_2 - \delta v_1 = -1$

$$\text{หรือ } v_2 - v_1 = 1/\delta$$

$$\text{ก } \lambda_1 20.34 \text{ um } v_1 = 49.164 \times 10^{-2} \text{ um}^{-1}$$

$$\lambda_2 20.35 \text{ um } v_2 = 49.1401 \times 10^{-2} \text{ um}^{-1}$$

$$49.164 \times 10^{-2} \text{ um}^{-1} - 49.1401 \times 10^{-2} \text{ um}^{-1} = 1/\delta$$

$$\delta = 41.67 \times 10^3 \text{ um} \times 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{um}^{-1} = 4.17 \text{ เซนติเมตร}$$

กระจกเงาเลื่อนใช้ระยะทางเพียงครึ่งเดียว 4.17/2 เซนติเมตร 2.09 เซนติเมตร - 2.1 เซนติเมตร

$$\text{ข } \lambda_1 2.500 \text{ um } v_1 = 4.0 \times 10^{-1} \text{ um}^{-1}$$

$$\lambda_2 2.501 \text{ um } v_2 = 3.998 \times 10^{-1} \text{ um}^{-1}$$

$$4.0 \times 10^{-1} \text{ um}^{-1} - 3.998 \times 10^{-1} \text{ um}^{-1} = 1/\delta$$

$$\delta = 6.252 \times 10^3 \text{ um} \times 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{um}^{-1} = 0.625 \text{ เซนติเมตร}$$

กระจกเงาเลื่อนใช้ระยะทางเพียงครึ่งเดียว 0.625/2 เซนติเมตร 0.313 เซนติเมตร - 0.31 เซนติเมตร

บทที่ ๕

บทนำวิธีสเปกโทรเชิงแสง

อ่านหนังสือจบบทนี้แล้วท่านได้รู้จักและอธิบายความหมายของคำเหล่านี้ได้หรือยัง

แผนภูมิระดับพลังงาน -อะตอม -ไอออน อิเล็กตรอนซิงเกิลด์ -เข้าสู่ -ไม่เข้าสู่ สเปกตราเปล่งของอะตอม สเปกตรารูดกลืนของอะตอม สเปกตรารฟลูออเรสเซนซ์เชิงอะตอม ความกว้างเส้นอะตอม แหล่งกำเนิดความกว้างเส้น หลักของความไม่แน่นอน ความกว้างดอปเพลอร์ ความกว้างเนื่องจากความดัน สมการโบล์ซมันน์ ดูปรีร์ผลผลิตอะตอม -เปลวไฟ -เตาไฟฟ้า -การเกิดไฮไดรด์ -อินดิคทีฟคัพเพิลพลาสมา -พลาสมากระแสตรง -ไมโครเวฟอินดิวิชอาร์กอนพลาสมา -โกลด์คิสซาร์จ -การอาร์คด้วยไฟฟ้า -การสปาร์คด้วยไฟฟ้า สปีดเคอร์ริง แอบเลชัน วิธีหาตัวอย่าง -เนบิวลาเซออร์ หลอดนิวม้าติงจุดศูนย์กลางร่วม ปฏิกิริยาเบอริลเนบิวลา เนบิวลาเซออร์แบบไหลตัด เนบิวลาเซออร์แบบเบบิงตัน อัลตราโซนิกเนบิวลาเซออร์ เทคนิคการเกิดไฮไดรด์ การทำให้เป็นไอด้วยการอาร์ค การทำให้เป็นไอด้วยการสปาร์ค การทำให้เป็นไอด้วยเลเซอร์ โกลด์คิสซาร์จ

แบบฝึกหัดบทที่ ๕

๑. ทำไมสเปกตรัม CaOH ในรูป ๕-๑ กว้างกว่าเส้นเปล่งแบบเรียว

สเปกตรัม CaOH เกิดจากโมเลกุลในสถานะกระตุ้นกลับสู่สถานะพื้น โมเลกุลมีระดับพลังงานการสั่นและการหมุนใกล้เคียงกันมากจึงให้หลายพลังงาน(ความยาวคลื่น) เส้นจึงกว้างกว่าอะตอมแบบเรียว

๒. เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์คืออะไร

เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์เกิดจากไออะตอมที่สถานะพื้น เช่น $\text{Mg } 3s$ รูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต 285.2 นาโนเมตร เปลี่ยนไปสู่สถานะกระตุ้น $3p$ อะตอมในสถานะกระตุ้น $3p$ ไม่เสถียรกลับสู่สถานะพื้น $3s$ โดยการเปล่งรังสีที่ความยาวคลื่นเดิม 285.2 นาโนเมตร

๓. สภาพใดที่ทำให้เกิดการเลื่อนสโตคในสเปกโทรสโคปีเชิงอะตอม

การเลื่อนสโต๊กเกิดจากกลไกอะตอมิกฟลูออเรสเซนซ์ เช่น อะตอมเทลเลียมที่สถานะพื้น $5s^2 6p^2 P^0_{1,2}$ ถูกกระตุ้นด้วยเปลวไฟไปสู่สถานะกระตุ้น $6s^2 7s^2 S_{1,1}$ (λ 3776 อังสตรอม) อะตอมนี้กลับสู่สถานะพื้นโดย

๑ ให้รังสี λ 3776 อังสตรอม (เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์)

๒ ให้รังสี λ 5350 อังสตรอม กลับสู่สถานะพื้น $6s^2 6p^2 P^0_{1,2}$ สถานะพลังงานสูงกว่าสถานะพื้นเล็กน้อยแล้วกลับสู่ $5s^2 6p^2 P^0_{1,2}$ โดยไม่ให้รังสี(คลายความร้อน)

๔ ความกว้างเส้นธรรมชาติของเทคนิคการเปล่งและการดูดกลืนอะตอมต่างกันอย่างไร

ความกว้างเส้นธรรมชาติของเทคนิคการเปล่งจะกว้างกว่าเทคนิคการดูดกลืนเนื่องจากอะตอมอยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง เป็นผลให้มีความดันสูง อะตอมจะเกิดการชนกัน(มีการเปลี่ยนระดับการสั่น) อะตอมสถานะกระตุ้นกลับสู่สถานะพื้นหลายที่(ระดับการสั่นต่างๆ) เส้นจึงกว้างขึ้น

๕ ทำไมความเข้มเส้นเปล่งโซเดียมที่ 589.0 และ 589.6 นาโนเมตรในสารละลายที่มี KCl มีค่ามากกว่าสารละลายโซเดียมอย่างเดียว

โพแทสเซียมที่ปนอยู่กับโซเดียมจะรับพลังงานจากเปลวไฟส่วนที่เกินความต้องการที่จะทำให้อะตอมโซเดียมอยู่ในสถานะกระตุ้น ถ้าไม่มีโพแทสเซียมพลังงานจากเปลวไฟซึ่งมีค่ามากไปมีผลให้อะตอมโซเดียมบางส่วนเกิดไอออนโซเดียม เป็นผลให้ความเข้มเส้นเปล่งจากอะตอมโซเดียมลดลง

๖ ความเข้มเส้นอะตอมซีเซียมในเปลวไฟก๊าซธรรมชาติที่ 1800 องศาเซลเซียสมีค่าน้อยกว่าเปลวไฟออกซิเจน/ไฮโดรเจนที่ 2700 องศาเซลเซียส หาเหตุผลมาอธิบาย

พลังงานจากเปลวไฟก๊าซธรรมชาติน้อยกว่าพลังงานจากเปลวไฟออกซิเจน/ไฮโดรเจนทำให้อะตอมซีเซียมในสารประกอบเกิดอะตอมในสถานะกระตุ้นได้น้อย จึงให้ความเข้มเส้นน้อย

๗ บอกรูปแบบการทำให้เกิดอะตอมชนิดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องของสเปกโทรสโคปีเชิงอะตอมสัญญาณที่ได้จากเครื่องสเปกโทรสโกปีทั้งสองต่างกันหรือเหมือนกัน

นิวตามิกเนบูลเซอร์ใช้ออกซิเจนเป็นตัวพาสารละลายเข้าสู่เนบูลเซอร์ เนบูลเซอร์ด้านหนึ่งคั่น ด้านตรงข้ามเป็นช่องเล็กๆ(เกิดความดันสูง) ภายในภาชนะใส่สารละลายความดันปกติ สารละลายจึงถูกดูดเข้าเนบูลเซอร์ทำให้สารละลายเกิดระลอกลอย ฝอยเม็ดได้ออกสู่ที่ดักจับ

ของเหลว ละอองลอยจะรวมกับเชื้อเพลิงเป็น mist เข้าสู่ตะเกียงทำให้เกิดอะตอมอย่างต่อเนื่อง วัดสัญญาณได้ต่อเนื่อง

เตาไฟฟ้าใช้กับตัวอย่างของแข็งโดยนำตัวอย่างวางบนแกรไฟต์ซึ่งร้อนจัดเพื่อทำให้เกิดอะตอม ใช้ก๊าซเฉื่อยพาไอสารตัวอย่างเข้าสู่แหล่งผลิตอะตอม(ระบบปิด) วัดสัญญาณได้ไม่กัวินาที (ชั่วคราว)

๔ ปฏิกิริยาคือโฟตอนเป็นแหล่งกำเนิดผลความกว้างเส้นสเปกโทรสโคปีเชิงอะตอม อะตอมวิ่งเข้าหาแหล่งกำเนิดแสงจะเปล่งแสงที่มีความถี่เพิ่มขึ้นมากกว่าอะตอมที่วิ่งออกจากแหล่งกำเนิดแสง ผลต่างความยาวคลื่นมีค่า $\Delta\lambda$ ถ้าอะตอมวิ่งด้วยความเร็ว v (เทียบกับอะตอมหยุดนิ่ง) มีค่า $\Delta\lambda / \lambda_0 = v / c$ c ความเร็วแสง จงหาความกว้างเส้นเป็นอังสตรอมของโซเดียมเส้น d (5893 อังสตรอม) เมื่ออะตอมดูดกลืนอยู่ที่อุณหภูมิ ก) 2200 องศาเซลวิน ข) 3000 องศาเซลวิน ความเร็วเฉลี่ยของอะตอมมีค่า $(8kT / \pi m)^{1/2}$ k ค่าคงที่โบลซ์มันน์ T อุณหภูมิ m มวล

$$\Delta\lambda / \lambda_0 = v / c$$

ก ที่ 2200 องศาเซลวิน

$$\text{ความเร็วอะตอม} = (8kT / \pi m)^{1/2} = (8 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 2000 \text{ K} / (3.14 \times 0.023 \text{ kg} / 6.02 \times 10^{23})^{1/2})$$

$$\text{ความเร็วอะตอม} = 1356.65 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\Delta\lambda / \lambda_0 = v / c$$

$$\Delta\lambda = 1356.65 \text{ m.s}^{-1} \times 5893 \text{ อังสตรอม} / 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} = 0.0266 \text{ อังสตรอม}$$

$$\Delta\lambda = 0.0266 \text{ อังสตรอม}$$

ข ที่ 3000 องศาเซลวิน

$$\text{ความเร็วอะตอม} = (8kT / \pi m)^{1/2} = (8 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 3000 \text{ K} / 3.14 \times 0.023 \text{ kg} / 6.02 \times 10^{23})^{1/2}$$

$$\text{ความเร็วอะตอม} = 1661.55 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\Delta\lambda / \lambda_0 = v / c$$

$$\Delta\lambda = 1661.55 \text{ m.s}^{-1} \times 5893 \text{ อังสตรอม} / 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} = 0.03264 \text{ อังสตรอม}$$

$$\Delta\lambda = 0.033 \text{ อังสตรอม}$$

๕ อะตอม Na ไอออน Mg^+ จงหาอัตราส่วนจำนวนอนุภาคในสถานะกระตุ้น $3p$ เทียบกับสถานะพื้น $3s$

ก. เปลวไฟอากาศ/ก๊าซธรรมชาติ 2100 เคลวิน

ข. เปลวไฟออกซิเจน/ไฮโดรเจน 2100 เคลวิน

ค. แหล่งกำเนิดอินดิคทีฟลิคัทเพิลลาสมา 6000 เคลวิน

อัตราส่วนจำนวนอนุภาคในสถานะกระตุ้น $3p$ เทียบกับสถานะพื้น $3s$ ที่ 2100 เคลวิน

$$N_j/N_0 = P_j/P_0 \exp(-E_j/kT)$$

สำหรับไฮเดียมที่ 2100 เคลวิน

$$N_j/N_0 = 6/2 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 589.0 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 2100 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 2.62 \times 10^{-2}$$

ข. สำหรับไฮเดียมที่ 2900 เคลวิน

$$N_j/N_0 = 6/2 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 589.0 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 2900 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 6.5 \times 10^{-4}$$

ค. สำหรับไฮเดียมที่ 6000 เคลวิน

$$N_j/N_0 = 6/2 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 589.0 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 6000 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 1.02 \times 10^{-1}$$

สำหรับไอออนแมกนีเซียมที่ 2100 เคลวิน

$$N_j/N_0 = 6/2 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 280.3 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 2100 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 6.97 \times 10^{-11}$$

สำหรับไอออนแมกนีเซียมที่ 2900 เคลวิน

$$N_j/N_0 = 6/2 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 280.3 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 2900 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 5.9 \times 10^{-8}$$

สำหรับไอออนแมกนีเซียมที่ 6000 เคลวิน

$$N_j/N_0 = 6/2 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 280.3 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 6000 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 5.7 \times 10^{-4}$$

๑๐ แหล่งกำเนิดพลังงานสูง ไอออนไฮเดียมเปล่งฟิสิกส์ที่ความยาวคลื่นเฉลี่ย 1139 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับทรานซิชันจากสถานะ $4s$ ไป $4p$ จงคำนวณไอออนไฮเดียมในสถานะกระตุ้น $4s$ เทียบกับสถานะพื้น $3p$

ก. เปลวไฟออกซิเจน/อะเซทิลีน 3000 องศาเคลวิน

ข. แหล่งกำเนิดอินดิคทีฟลิคัทเพิลลาสมาที่ร้อนสุด 9000 เคลวิน

เปลวไฟออกซิเจน/อะเซทิลีน

$$N_j/N_0 = P_j/P_0 \exp(-E_j/kT)$$

ไอออนไฮเดียมที่ 3000 องศาเคลวิน สถานะกระตุ้น $4s$ เทียบกับสถานะพื้น $3p$

$$N_j/N_0 = 1/6 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1139 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 3000 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 4.9 \times 10^{-3}$$

ไอออนไฮเดียมที่ 9000 องศาเคลวิน

$$N_j/N_0 = 1/6 \exp(-6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} / 1139 \times 10^{-9} \text{ m} \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \times 9000 \text{ K})$$

$$N_j/N_0 = 8.2 \times 10^{-3}$$

๑๑ ความสัมพันธ์ระหว่างความดูกลืนกับความเข้มข้นของยูเรเนียมมีความเข้มข้นช่วง 500 ถึง 2000 ส่วนในล้านส่วนเป็นเส้นตรงที่ความยาวคลื่น 351.5 นาโนเมตร สารละลายยูเรเนียมความเข้มข้นต่ำยังให้เคอร์ฟเป็นเส้นตรงได้เมื่อเติมเกลือโลหะแอลคาไลน์ลงไป 2000 ส่วนในล้านส่วน อธิบาย

เกลือโลหะแอลคาไลน์ที่เติมลงไปช่วยลดพลังงานที่จะทำให้ยูเรเนียมเกิดการแตกตัวเป็นไอออน เป็นผลให้เกิดเฉพาะอะตอมยูเรเนียม ไม่เกิดไอออนยูเรเนียมในสถานะพื้น ความเข้มข้นยูเรเนียมต่ำจึงให้เคอร์ฟเส้นตรง