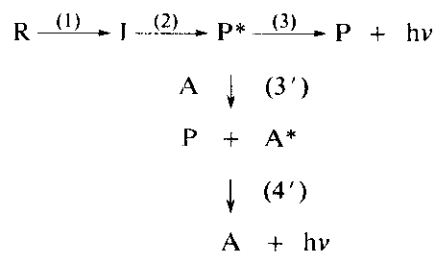


บทที่ 7

การเปล่งแสงทางเคมี (Chemiluminescence)

การเปล่งแสงทางเคมี เป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปล่งแสงซึ่งไม่มีเปลวไฟจากปฏิกิริยาเคมีที่อุณหภูมิห้อง แสงสว่างเกิดจากโมเลกุลในสภาวะเร้าคายพลังงานลงมาอยู่ในสภาวะปกติ มีลักษณะคล้ายกับขบวนการ fluorescence ต่างกันตรงที่ว่าในขบวนการ fluorescence สารจะดูดพลังงานแสงจำนวนหนึ่งทำให้ขึ้นไปอยู่ในสภาวะเร้า แล้วจึงปล่อยแสงที่มีพลังงานต่ำลงมาเล็กน้อยขณะที่โมเลกุลคลายตัวลงสู่สภาวะปกติ ส่วนการเปล่งแสงทางเคมีนั้น สารได้รับพลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้ขึ้นไปอยู่ในสภาวะเร้า โมเลกุลในสภาวะเร้า อาจปล่อยแสงโดยที่ตัวมันเองสูญเสียพลังงานลงสู่สภาวะปกติ หรืออาจจะส่งผ่านพลังงานไปยังโมเลกุลอื่น ซึ่งจะปล่อยแสงออกมาภายหลัง พลังงานแสงที่ปล่อยออกมาจากโมเลกุลในสภาวะเร้าทางอิเล็กทรอนิกส์อยู่น้อยในย่านวิสิเบิล (visible region) ของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทั่วไปขบวนการเปล่งแสงทางเคมีประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- (1) การเกิดสารมัธยันตร์ I ซึ่งมีพลังงานสูงจากสารตั้งต้น R
- (2) การแตกตัวของสารมัธยันตร์ I เพื่อเกิดสารผลิตภัณฑ์ P* ซึ่งอยู่ในสภาวะเร้าทางอิเล็กทรอนิกส์
- (3) การปล่อยแสงจาก P* ขณะที่คลายตัวลงสู่สภาวะปกติ
- หรือ (3') การส่งผ่านพลังงานจาก P* ไปยังตัวรับพลังงาน (acceptor, A) ทำให้ได้ตัวรับพลังงานในสภาวะเร้า, A*
- (4') การปล่อยแสงจาก A* ขณะที่คลายตัวลงสู่สภาวะปกติ



quantum yield หรือประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมี (ϕ_{cl}) สามารถคำนวณได้จาก

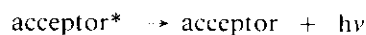
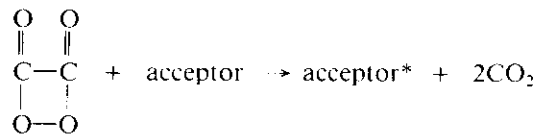
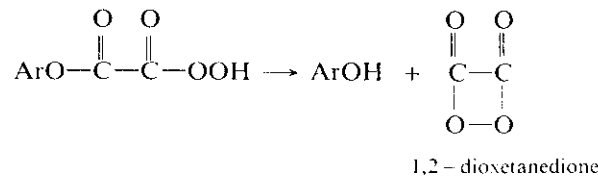
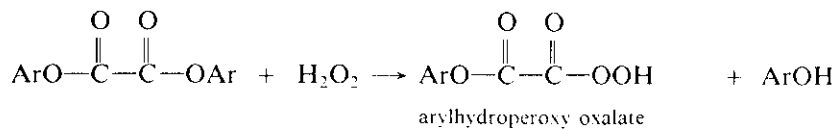
$$\phi_{CL} = \frac{\text{จำนวนโฟตอนของแสงที่ปล่อยออกมา}}{\text{จำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นที่เปลี่ยนไป}} = \phi^* \phi_f$$

โดย ϕ^* คือ ผลได้ของโมเลกุลในสภาวะเร้า

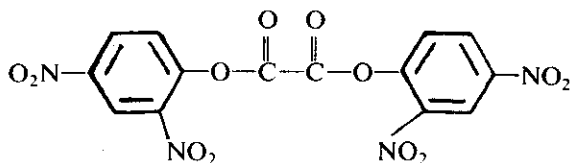
และ ϕ_f คือ quantum yield ของการปล่อยแสงของโมเลกุลในสภาวะเร้า

จะเห็นได้ว่า quantum yield ในขบวนการเปล่งแสงทางเคมีก็คือผลได้จากขั้นที่ 1 จนถึงขั้นสุดท้าย เช่นเดียวกับผลได้ของปฏิกิริยาเคมีทั่ว ๆ ไป ปัจจัยที่เป็นข้อจำกัด (limiting factor) มักจะเป็นขั้นตอนที่ 2 คือ การเกิดโมเลกุลในสภาวะเร้า การเร้าจะเกิดขึ้นได้นั้นจะต้องได้รับพลังงานที่มากพอ (50–80 kcal/mole) ดังนั้นปฏิกิริยาจึงต้องเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่มีประสิทธิภาพดี นอกจากนี้ถึงแม้ว่าจะมีพลังงานเพียงพอ แต่พลังงานมักจะสูญเสียไปในการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของสารผลิตภัณฑ์มากกว่าที่จะไปทำให้เกิดการเร้าทางอิเล็กทรอนิกส์ ปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมีจึงเกิดขึ้นได้ยาก แต่ในบางปฏิกิริยาที่สารผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างที่บิดไปมาได้ยาก (rigid) เช่น cyclic peroxides การสูญเสียพลังงานในการสั่นสะเทือนจะลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพของการเปล่งแสงทางเคมีจึงสูง (เกือบ 25%)

โดยทั่วไปปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดขบวนการเปล่งแสงทางเคมี นี้ได้แก่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาของ diaryl oxalate ester กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ปฏิกิริยานี้สามารถนำไปใช้ในเครื่องมือที่มีจำหน่ายอย่างแพร่หลาย นั่นคือ ไฟฉุกเฉิน (emergency light) มีขายในชื่อของ “Collite” ประกอบด้วยแคปซูลแก้วบรรจุสารตั้งต้นสารหนึ่ง แคปซูลนี้บรรจุอยู่ในหลอดซึ่งมีสารตั้งต้นอื่น ๆ ที่เหลือ เมื่อทุบแคปซูลให้แตก สารตั้งต้นทั้งหมดจะทำปฏิกิริยาเกิดแสงสว่างขึ้น ปฏิกิริยาประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

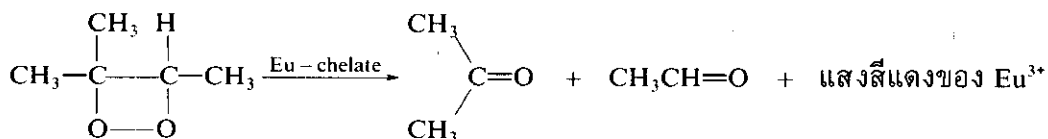


ตัวอย่าง oxalate ที่เกิดปฏิกิริยาให้ dioxetanedione ได้เช่น

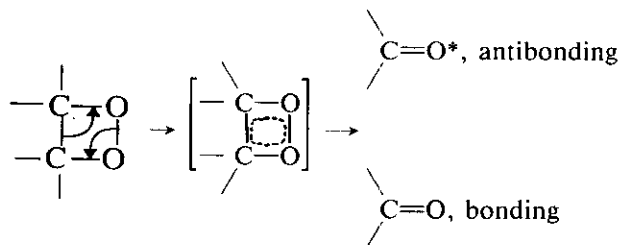


สารมัธยันต์ที่มีพลังงานสูงในปฏิกิริยานี้จะเป็น dioxetanedione ซึ่งเป็นโมเลกุลมีความเครียดสูง ปฏิกิริยาการแตกตัวของ dioxetanedione ให้ CO_2 2 โมเลกุล เป็นการคลายความเครียดของระบบ จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่ดี (100 kcal/mole) พลังงานที่ปล่อยออกมาจะถูกส่งผ่านไปยังโมเลกุลของตัวรับพลังงาน จากนั้นตัวรับพลังงานในสภาวะเร้าจึงคลายตัวลงสู่สภาวะปกติโดยปล่อยแสงออกมา

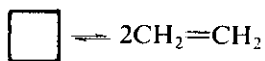
นอกจาก dioxetanedione แล้ว การสลายตัวของ oxetanes อื่น ๆ ก็ทำให้เกิดการเปล่งแสงทางเคมีเช่นเดียวกันเช่น trimethyl-1,2-dioxetane เมื่อมีตัวรับพลังงาน เช่น สารประกอบ chelate ของยูโรเปียม จะทำให้เกิดแสงสีแดง



ถ้าพิจารณาตามกฎของ Woodward-Hoffman ที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์สมมาตรของออร์บิทัล (Woodward-Hoffman rule of conservation of orbital symmetry) การแตกตัวของ dioxetane ตามกลไกแบบ pericyclic จะให้สารผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสารหนึ่งอยู่ในสภาวะเร้า



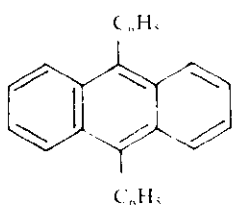
ปฏิกิริยานี้มีลักษณะคล้ายกับปฏิกิริยาการแตกตัวของ cyclobutane ให้เอทิลีน 2 โมเลกุลนั่นเอง



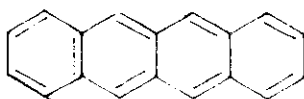
ปฏิกิริยานี้จะ forbidden สำหรับเอทิลีนในสภาวะปกติทั้ง 2 โมเลกุล แต่จะ allowed เมื่อเอทิลีนโมเลกุลหนึ่งอยู่ในสภาวะเร้า ดังนั้นการแตกตัวของ dioxetane จึงให้สารประกอบคาร์บอนิลในสภาวะเร้าโมเลกุลหนึ่งเช่นกัน

ตัวรับพลังงานที่ใช้ในปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมีจะเป็นสารประกอบใดก็ได้ที่มีคุณสมบัติเป็นสาร fluorescence ลักษณะเด่นของสาร fluorescence คือมีโครงสร้างเป็นสารประกอบอะโรแมติก ซึ่งเป็น polycyclic ถ้าระบบคอนจูเกตมีความต่อเนื่องกันกว้างขึ้น แสงที่ปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นสูงขึ้น

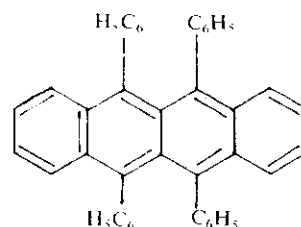
สารประกอบกลุ่มที่เป็นตัวรับพลังงานได้ดีคือ linear polycyclic hydrocarbons และอนุพันธ์ซึ่งมีหมู่ฟินิลเป็นหมู่แทนที่ เช่น



9,10 - diphenylanthracene



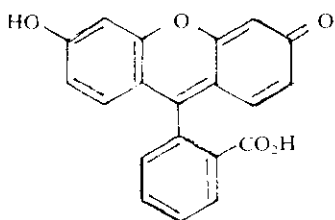
naphthalene



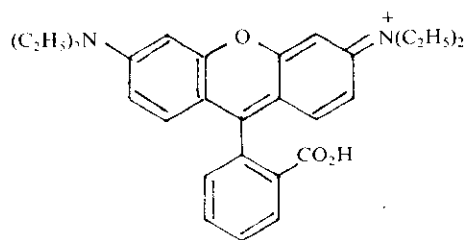
rubrene (5,6,11,12 - tetraphenylanthracene)

ตัวรับพลังงานอีกประเภทหนึ่งคือ xanthen dyes ซึ่งเป็นสาร fluorescence ที่ดี มักใช้เป็นตัวให้สีในป้ายโฆษณาหรือป้ายจราจรต่าง ๆ ในแถบเรืองแสงและในผ้าแพรพรรณ

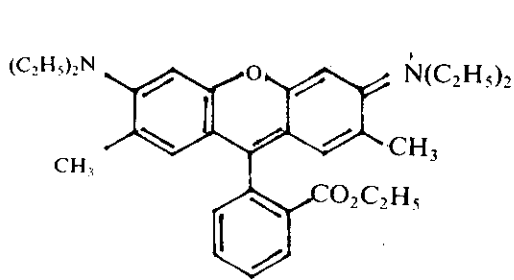
โครงสร้างที่ต่างกันทำให้สีของแสงที่ปล่อยออกมานั้นต่างกันไป เช่น การเติมหมู่อัลคิลหรือการเปลี่ยนจากเอสเทอร์เป็นกรด



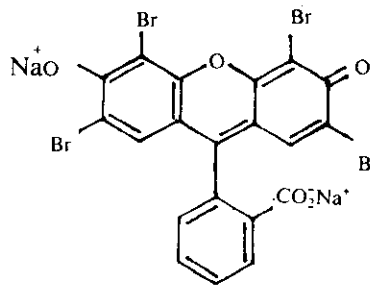
fluorescein



rhodamine B

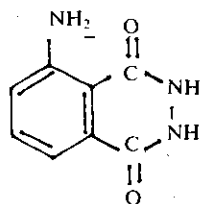


rhodamine 6 G

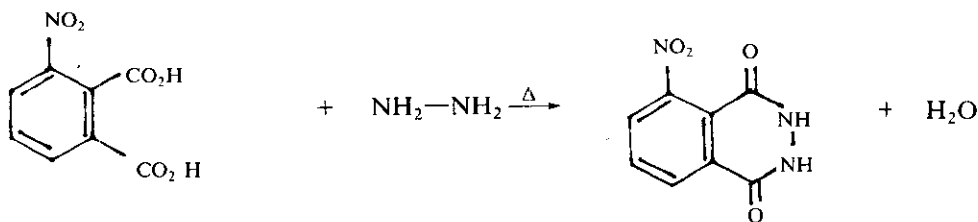


eosin

ปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมีอีกปฏิกิริยาหนึ่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไป คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบ luminol หรือ 5-aminophthalic hydrazide

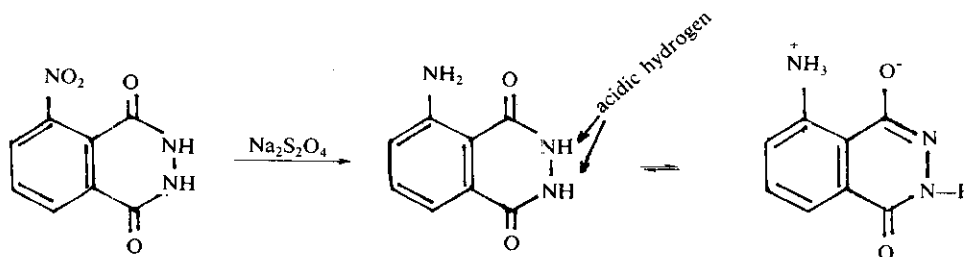


luminol สังเคราะห์ได้จาก 3-nitrophthalic acid และ hydrazine ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของ dicarboxylic acid และ diamine ให้ cyclic diamide



3-nitrophthalic hydrazide

ขั้นตอนมาเป็นปฏิกิริยารีดักชันของ 3-nitrophthalic hydrazide ด้วย sodium dithionite ให้ luminol

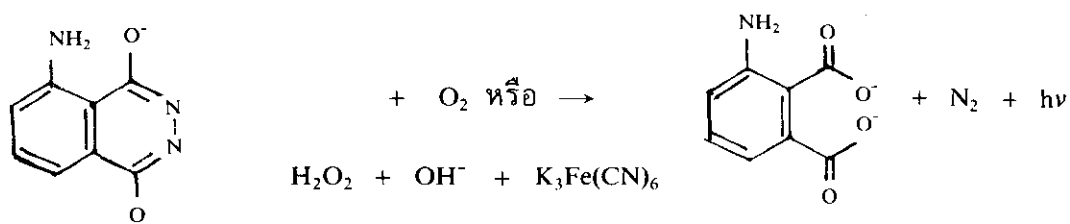


zwitterion

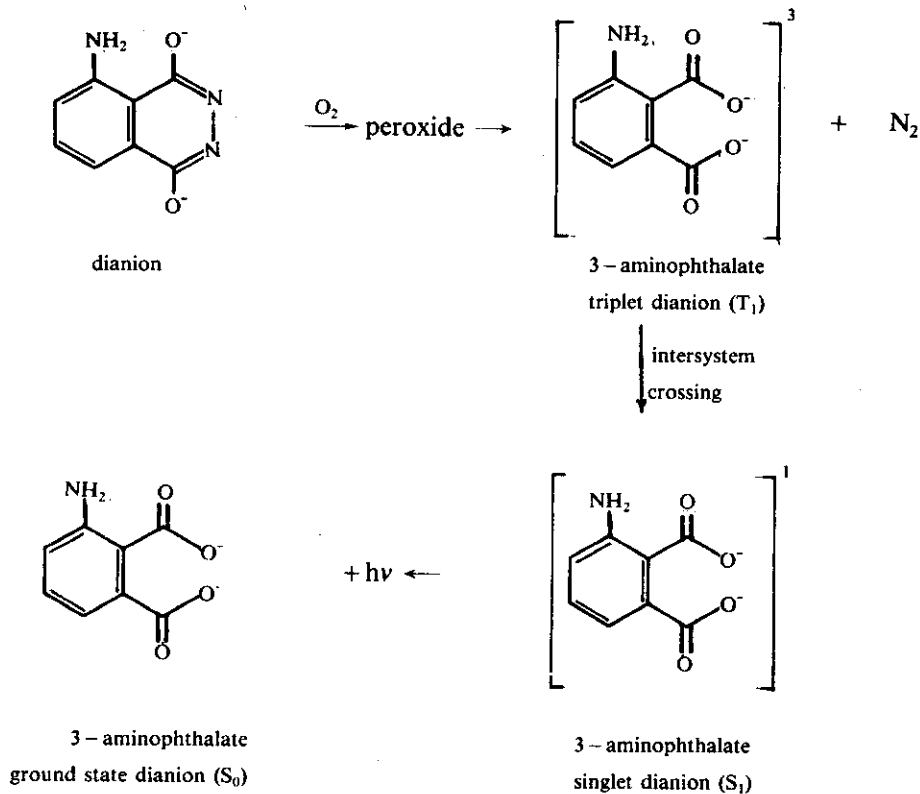
luminol ในสารละลายที่เป็นกลางจะอยู่ในรูปของ dipolar ion หรือ zwitterion ซึ่งเมื่อได้รับแสงสว่างจะสามารถเปล่งแสง fluorescence สีฟ้าจาง ๆ ได้ เนื่องจาก hydrazide hydrogen มีความเป็นกรด ในสารละลายด่าง luminol จึงอยู่ในรูปของ dianion



dianion นี้ สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนหรือตัวออกซิไดส์อื่น ๆ เช่น potassium ferricyanide กับไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ได้ dianion จะถูกออกซิไดส์ให้แก๊สไนโตรเจน และ 3-aminophthalate dianion ในสภาวะเร็ว ซึ่งจะเปล่งแสงในย่านวิสิเบิล

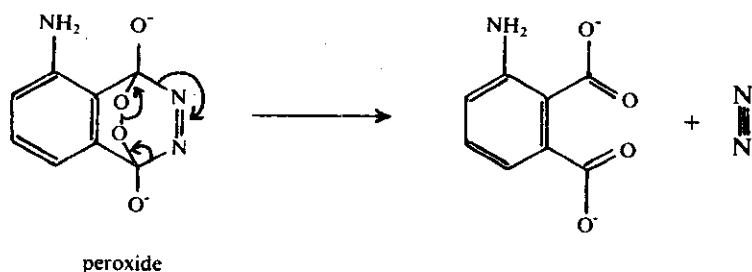


ปฏิกิริยาอาจเกิดผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้



peroxide ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นไม่เสถียร จึงแตกตัวออกให้แก๊สไนโตรเจน และ 3-aminophthalate dianion ในสภาวะเร็ว ซึ่งจะเปล่งแสงออกมาเมื่อกลับสู่สภาวะปกติ ในที่สุด

ได้มีการสันนิษฐานว่า โครงสร้างของ peroxide นี้เป็น cyclic endoperoxide ซึ่งแตกตัวออกดังนี้

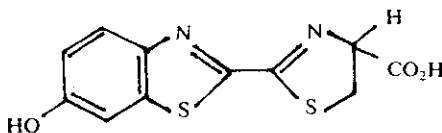


ส่วน 3-aminophthalate dianion ที่เปล่งแสงนั้น เป็น dianion ในสภาวะเร็วซึ่งเกิดขึ้นที่หนึ่ง ทั้งนี้ได้มีการพิสูจน์โดยเทียบสเปกตรัมของการเปล่งแสง fluorescence ของ 3-aminophthalate dianion ซึ่งเกิดจากการดูดกลืนแสง กับสเปกตรัมของแสงที่เกิดจากปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมี พบว่า สเปกตรัมทั้ง 2 นั้น เหมือนกันทุกประการ

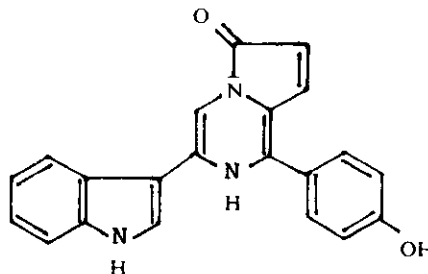
cyclic hydrazides อื่น ๆ ก็เช่นเดียวกัน จะมี dicarboxylate ion เป็นตัวที่ปล่อยพลังงานแสง พลังงานแสงที่เกิดจากปฏิกิริยาข้างต้นอาจถูกส่งผ่านไปยังสีย้อม fluorescent ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดแสงสีต่าง ๆ ในความเข้มต่าง ๆ กันตามชนิดของสีย้อม เช่น fluorescein, rhodamine B หรือ eosin เป็นต้น

Bioluminescence

เป็นขบวนการเปล่งแสงทางเคมีที่เกิดในสิ่งมีชีวิต เช่นแสงของหิ่งห้อย สัตว์ทะเลบางชนิด เช่น ปลาทะเล หรือสาหร่ายทะเล ซึ่งอยู่ในน้ำลึก สามารถปล่อยแสงได้ สารประกอบซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดแสงเรียกเป็นชื่อทั่วไปว่า luciferin



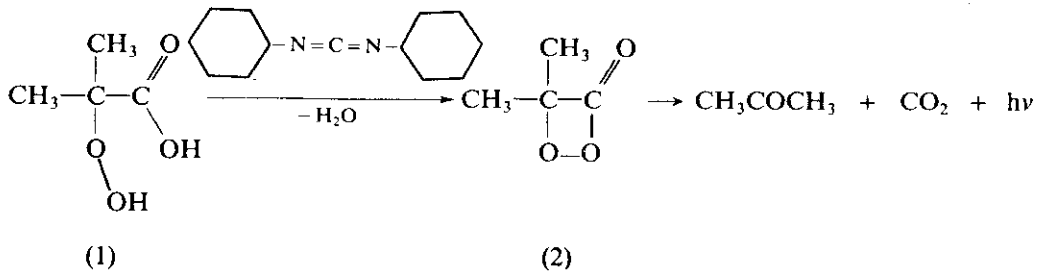
firefly luciferin



sea pansy luciferin

bioluminescence ของสารประกอบ luciferin ในหิ่งห้อย เป็นขบวนการเปล่งแสงทางเคมี ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่าที่เคยรู้จักกันมา หิ่งห้อยจะใช้แสงสำหรับหาคู่เริ่มตั้งแต่เวลาใกล้มืดจนถึงเที่ยงคืน หิ่งห้อยตัวผู้จะบินขึ้นสูงจากพื้นดิน แล้วเปล่งแสงเป็นสัญญาณเพื่อดึงดูดตัวเมีย หิ่งห้อยตัวเมียซึ่งอยู่นิ่งบนพื้นดิน จะเปล่งแสงโต้ตอบ หิ่งห้อยสามารถจำกันได้จากลักษณะการเปล่งแสงของแต่ละตัว ซึ่งจะแตกต่างกัน ทั้งอัตราเร็ว ความเข้ม และการเว้นช่วงของแสงที่เปล่งออกมา

ในปฏิกิริยา bioluminescence สารประกอบ luciferin เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เอนไซม์ชนิดนี้เรียกชื่อทั่วไปว่า luciferase

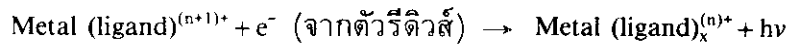


สังเกตได้ว่าปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมีนั้น ต้องใช้ออกซิเจนหรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสารที่อยู่ในสภาวะเร้าซึ่งเป็นตัวเปล่งแสงนั้นมักจะมาจากการแตกตัวของเพอร์ออกไซด์ชนิดใดชนิดหนึ่ง

การเปล่งแสงทางเคมีของสารอนินทรีย์ (Inorganic chemiluminescence)

เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายต่างของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และแก๊สคลอรีน หรือ OCl^- (hypochlorite ion) แสงสีแดงจากปฏิกิริยามีความยาวคลื่นที่ 1270, 762 และ 633 nm ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าเป็นการเปล่งแสงจากโมเลกุลของออกซิเจนซิงเกิลต์ (singlet oxygen molecules) และคู่ของโมเลกุลของออกซิเจนซิงเกิลต์ (singlet molecular oxygen pairs)

สารประกอบเชิงซ้อนของ ruthenium เช่น $\text{Ru(III)-2,2' - bipyridyl - 5 - methyl - 1, 10 - phenanthroline}$ ทำปฏิกิริยากับ OH^- หรือ hydrazide แล้วเกิดพลังงานความร้อนมากพอที่จะเร้าให้โมเลกุลอยู่ในสภาวะเร้าได้ โมเลกุลในสภาวะเร้านี้เมื่อกลับสู่สภาวะปกติจึงเปล่งแสง

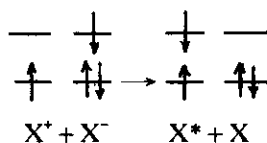
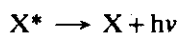
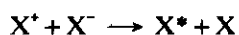


การเปล่งแสงทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemiluminescence, ECL)

ขบวนการเปล่งแสงทางเคมีอาจเกิดจาก การรวมตัวกันใหม่ของอนุมูลแคตไอออนและแอนไอออน

อนุมูลแอนไอออน (radical anion) มีอิเล็กตรอนเกิน 1 ตัว อยู่ใน antibonding orbital ส่วนอนุมูลแคตไอออน (radical cation) จะขาดอิเล็กตรอน 1 ตัวใน bonding orbital ซึ่งมีพลังงานสูงสุด

เมื่ออิเล็กตรอนถูกส่งผ่านจากแอนไอออนไปยัง antibonding orbital ของแคตไอออน จะเกิดเป็นสารประกอบในสภาวะเร้าซิงเกิลต์ ซึ่งเมื่อสูญเสียพลังงานลงสู่สภาวะปกติจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง



ในเชิงปฏิบัติอนุมูลแอนไอออนและแคตไอออนสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า (electrochemical reaction) โดยที่แอนไอออนจะเกิดที่ขั้วบวก (cathode) ในปฏิกิริยา electrolysis ของสารประกอบอินทรีย์ แอนไอออนจะกระจายตัวลงไปนสารละลาย เมื่อกลับขั้วของ electrodes แคตไอออนจะเกิดขึ้นที่ขั้วและกระจายตัวลงในสารละลาย ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ไอออนทั้งสองจะรวมกันได้โมเลกุลในสภาวะเร็ว

การทดลอง

ข้อควรระวังในการทำการทดลอง

1. สาร hydrazine เป็นสารที่มีพิษ ไม่ควรหายใจเอาไอของมันเข้าไปหรือสัมผัสถูกผิวหนัง
2. dimethylsulfoxide เป็นตัวทำละลายที่เมื่อผสมกับสารใด จะทำให้สารนั้นถูกดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว จึงควรระวังอย่าให้สัมผัสกับผิวหนัง

การเตรียม 3-nitrophthalic hydrazide

อุ่นน้ำ 20 มล. ในขวดคอแคบบน hot plate หรือเครื่องอังไอน้ำ ใช้ที่ยึดจับหลอดทดลองขนาดใหญ่ที่มีแขน (side arm test tube) ให้ตั้งในแนวตั้ง เติม 3-nitrophthalic acid 1.3 กรัม (0.0062 โมล) และสารละลาย hydrazine ในน้ำ 10% 2 มล. (0.006 โมล) ลงในหลอดทดลอง ใช้ตะเกียงเบนเสนไฟอ่อนให้ความร้อนแก่ของผสมจนของแข็งละลายหมด ค่อย ๆ เติมตัวทำละลายคือ triethylene glycol ลงไป 4 มล. และเศษกระเบื้องหรือ boiling stone ปิดจุกหลอดทดลองด้วยจุกคอร์ก หรือจุกยางที่มีเทอร์โมมิเตอร์ขนาด 250–300°C เสียบอยู่ ปรับให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ในของเหลว ต่อแขนของหลอดทดลองเข้ากับเครื่องลดความดัน (โดยผ่านขวดดัก) ใช้ตะเกียงเบนเสนไฟอ่อนต้มของผสมจนเดือดพล่าน และไอน้ำถูกดูดออกโดยเครื่องกรองดูด ต้มต่อไปให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 210 ถึง 220°C อย่างรวดเร็ว เอาไฟออกพยายามปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 210–220°C โดยให้ความร้อนเป็นครั้งคราวอีกประมาณ 2 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้หลอดทดลองเย็นลงจนถึงประมาณ 100°C เติมน้ำร้อน 20 มล. ที่เตรียมไว้

ตั้งแต่ต้น ทำหลอดทดลองให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง กรองผลึกสีเหลืองอ่อนโดยใช้เครื่องกรอง
ดูด นำผลึกของ 3-nitrophthalic hydrazide นี้ไปใช้ในขั้นต่อไปได้เลยโดยไม่ต้องทำให้แห้ง

การเตรียม luminol

นำผลึกที่ชื้นของ 3-nitrophthalic hydrazide มาใส่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่หรือ
ขวดคอแคบ เติมสารละลาย 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.5 มล. (0.018 โมล) คนของผสม
จนละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้สารละลายสีน้ำตาลอมแดง เติม sodium hydrosulfite dihydrate
(sodium dithionite) 4 กรัม (0.019 โมล) ใช้น้ำปริมาณเล็กน้อยล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างหลอด
หรือข้างขวดลงให้หมด ให้ความร้อนจนของผสมเดือด ลดไฟลงแล้วคนต่ออีก 5 นาทีโดยให้
ของผสมร้อนแต่ไม่เดือด เติมกรดแอสติค (glacial) ลงไป 2.6 มล. (0.045 โมล) แล้วจุ่มหลอด
หรือขวดคอแคบลงในน้ำเย็นเพื่อให้ของผสมเย็น ถ้ายังไม่มีผลึกเกิดขึ้นให้แช่ในน้ำแข็งและชุบ
ผึ่งแกว่งด้านใน กรองผลึกสีเหลืองที่ได้ด้วยเครื่องกรองดูด สารผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ luminol
ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการทดลอง การเปล่งแสงทางเคมีและ fluorescence ต่อไปนี้ได้โดย
ไม่ต้องตกผลึกใหม่ หรือทำให้แห้งก่อน

การทดลองโดยใช้ออกซิเจนและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

ใส่เม็ดโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ในขวดคอแคบขนาด 125 มล. เติม dimethyl-
sulfoxide 35 มล. และ luminol 0.1 กรัม ปิดจุกขวดแล้วนำเข้าไปในที่มืด เขย่า สังเกตสี
และความเข้มข้นของแสงที่เกิดขึ้น เมื่อแสงมีความเข้มข้นลดลงให้เปิดจุก เขย่าขวด แล้วปิดจุก
ใหม่เขย่าขวดแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

การทดลองโดยใช้ potassium ferricyanide ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และโซเดียม- ไฮดรอกไซด์

ละลาย luminol 0.1 กรัม ในสารละลาย 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 มล. แล้วเติมน้ำ
ลงไปอีก 45 มล. ได้สารละลายที่ 1 เตรียมสารละลายที่ 2 โดยผสมสารละลาย 3% potassium
ferricyanide 10 มล. กับสารละลาย 3% ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 10 มล. และน้ำ 80 มล.
ทำสารละลายที่ 1 ให้เจือจางโดยเติมน้ำ 85 มล. นำสารละลายที่ 1 และที่ 2 เข้าไปในห้องมืด
เทสารละลายทั้งสองลงในบีกเกอร์ขนาดใหญ่พร้อม ๆ กัน คนของผสม เมื่อความเข้มข้นของ
แสงลดลง ค่อย ๆ เติมเม็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณเล็กน้อยลงไป สังเกต สีและความ
เข้มข้นของแสง

แสงสีของสีย้อม fluorescent

การทดลองนี้เป็นการสังเกตการส่งผ่านพลังงานไปยังสีย้อม fluorescent โดยใช้สีย้อมชนิดต่าง ๆ กัน ละลายสีย้อมประมาณ 2-3 ผี๊ก ในน้ำ 2-3 มล. แล้วเติมลงในสารละลาย luminol ใน dimethylsulfoxide หรือสารละลาย luminol ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วทำการทดลองต่อตามวิธีข้างต้นวิธีใดวิธีหนึ่งแล้วแต่กรณี สังเกตสีและความเข้มของแสงที่เกิดขึ้น ทำการทดลองโดยใช้สีย้อมชนิดต่าง ๆ เช่น rhodamine B, fluorescein, eosin, rhodamine G, dichlorofluorescein และ 9-aminoacridine เป็นต้น

คำถามท้ายบท

1. ขบวนการ fluorescence และการเปล่งแสงทางเคมี มีส่วนที่เหมือนกัน และส่วนที่แตกต่างกันอย่างไร
2. ในการทดลองเรื่อง แสงสีของสีย้อม fluorescent ถามว่าสีย้อมทำหน้าที่เป็นอะไรในขบวนการทางแสงและเหตุใดแสงที่เกิดจากสีย้อมจึงมีสีต่างจากสีของสีย้อมก่อนทำการทดลอง
3. ปฏิกิริยาการเปล่งแสงทางเคมีของ luminol เป็นปฏิกิริยาประเภทใด และเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนหรือดูดความร้อน

เอกสารอ้างอิง

1. D. L. Pavia, G.M. Lampman, G. S. Kriz and R.G. Engel, "Introduction to Organic Laboratory Techniques", New York : W.B. Saunders, 1978.
2. J.D. Roberts and M.C. Caserio "Basic Principles of Organic Chemistry", 2nd ed., New York : W.A. Benjamin, 1977.
3. K.K. Rohatgi-Mukherjee "Fundamentals of Photochemistry", New York : John Wiley & Sons, 1978.