

บทที่ 9

แอลกอฮอล์และฟีนอล

9.1 ความหมาย

แอลกอฮอล์เป็นสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, $-OH$) หนึ่งหมู่หรือหลายหมู่ แอลกอฮอล์แบ่งชนิดตามจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลได้ดังนี้

1. Monohydric alcohol คือแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหนึ่งหมู่
 2. Dihydric alcohol คือแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลสองหมู่
 3. Trihydric alcohol คือแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลสามหมู่
 4. Polyhydric alcohol คือแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลสี่หมู่หรือมากกว่าสี่หมู่
- Monohydric alcohol มีสูตรทั่วไปคือ ROH มีสามชนิดคือ


1. แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิ (primary alcohol) คือแอลกอฮอล์ที่หมู่ไฮดรอกซิลเกาะกับอะตอมของคาร์บอนซึ่งเป็นชนิดปฐมภูมิ มีสูตรทั่วไปคือ $R-CH_2-OH$

2. แอลกอฮอล์ชนิดทุติยภูมิ (secondary alcohol) คือแอลกอฮอล์ที่หมู่ไฮดรอกซิลเกาะกับอะตอมของคาร์บอนซึ่งเป็นชนิดทุติยภูมิ มีสูตรทั่วไปคือ $R-\underset{\substack{| \\ R'}}{CH}-OH$

3. แอลกอฮอล์ชนิดตติยภูมิ (tertiary alcohol) คือแอลกอฮอล์ที่หมู่ไฮดรอกซิล

เกาะกับอะตอมของคาร์บอนซึ่งเป็นชนิดตติยภูมิ มีสูตรทั่วไปคือ $R-\underset{\substack{| \\ R''}}{\overset{R'}{C}}-OH$

สารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะกับวงเบนซีนเรียกว่าฟีนอล มีสูตรโครงสร้าง

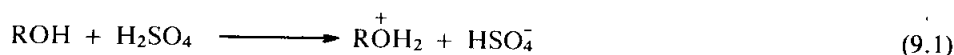
เป็น -OH หรือเขียนเป็นสูตรย่อ ๆ ว่า PhOH เมื่อ Ph คือหมู่ฟีนิล (phenyl group) ฟีนอลที่ไฮโดรเจนในวงเบนซีนถูกแทนที่มีสูตรทั่วไปคือ ArOH

9.2 สมบัติทางกายภาพ

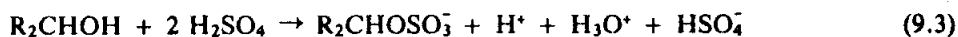
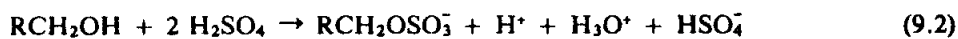
9.2.1 ความสามารถในการละลาย แอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลจึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ดังนั้นแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย ๆ ที่มีจำนวนคาร์บอน 1-3 อะตอมจะละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากันแต่มีโซ่กิ่งมากกว่าจะละลายน้ำได้ดีกว่า ดังนั้นแอลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอน 4 อะตอมและเป็นชนิดตติยภูมิจะละลายน้ำได้ดี แต่แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอน 4 อะตอมและเป็นชนิดทุติยภูมิและปฐมภูมิจะละลายน้ำได้น้อยลงตามลำดับ ความสามารถในการละลายของแอลกอฮอล์จะลดลงเมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนมากขึ้น เพราะแอลกอฮอล์ที่มีโซ่ยาวขึ้นจะมีลักษณะของอัลเคนมากขึ้นและมีลักษณะของน้ำน้อยลง นอกจากนี้แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลมากขึ้นจะละลายน้ำได้ดีขึ้น เช่น น้ำตาลซึ่งมีจำนวนคาร์บอน 12 อะตอมและมีหมู่ไฮดรอกซิล 8 หมู่สามารถละลายในน้ำได้ดี

พันธะไฮโดรเจนระหว่างฟีนอลและน้ำแข็งแรงกว่าพันธะไฮโดรเจนระหว่างแอลกอฮอล์และน้ำ หมู่ฟีนิลมีความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับจำนวนคาร์บอน 3-4 อะตอม หรือเท่ากับหมู่เมทิลีน (methylene group) จำนวน $3\frac{1}{2}$ หมู่ ดังนั้นฟีนอลจึงมีความสามารถในการละลายในน้ำอยู่ก้ำกึ่งระหว่าง 1-propanol และ 1-butanol

สารประกอบเกือบทุกชนิดที่มีอะตอมของออกซิเจนสามารถละลายหรือทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นได้ สารประกอบเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นเบสอ่อนเพราะมีอิเล็กตรอนคู่อิสระอยู่ที่อะตอมของออกซิเจน โปรตอนจากกรดซัลฟิวริกจึงสามารถเกาะที่อะตอมของออกซิเจนเกิดเป็น oxonium ion ซึ่งสามารถละลายในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นได้ ดังสมการ 9.1



พวกแอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิสามารถทำปฏิกิริยาต่อไปกับกรดซัลฟิวริกให้สารประกอบไอออนิกประเภทอัลคิลไฮโดรเจนซัลเฟต (alkyl hydrogen sulfate) ซึ่งสามารถละลายในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ดังสมการ 9.2 และ 9.3



พวกแอลกอฮอล์ชนิดทุติยภูมิและตติยภูมิหลายชนิดจะเกิดปฏิกิริยาขจัดน้ำในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่อุณหภูมิห้องให้สารผลิตภัณฑ์เป็นอัลคีน และกรดซัลฟิวริกที่มากเกินไปมักจะเร่งให้อัลคีนเกิดเป็นพอลิอัลคีน (polyalkene) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากและไม่ละลายในกรดซัลฟิวริก

การทดลองที่ 1 ความสามารถในการละลาย

วิธีทำ เตรียมหลอดทดลองมา 7 หลอด ใส่น้ำลงในหลอดทดลองทุกหลอด ๆ ละ 3 มล. เติมสารประกอบต่อไปนี้ลงในหลอดทดลอง ๆ ละหนึ่งอย่าง ๆ ละ 0.2 มล. ถ้าเป็นของแข็งใช้ 0.1 กรัม โดยค่อย ๆ ใส่ทีละน้อยพร้อมทั้งเขย่า : เอทานอล 1-butanol 2-methyl-2-propanol ไชโคลเฮกซานอล เอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) ฟีนอล และ 2-naphthol (ระวังอย่าให้ฟีนอลถูกผิวหนัง ถ้าผิวหนังถูกฟีนอลกัด ให้ล้างด้วยสบู่และน้ำ) สังเกตการละลาย บันทึกผลการทดลอง

ทำการทดลองซ้ำโดยใช้เอเทอร์และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นแทนน้ำ

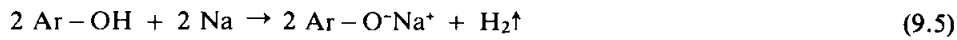
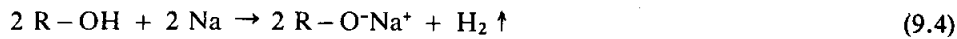
หมายเหตุ 1. ในกรณีของเหลวมีลักษณะใส ไม่มีสี อาจเป็นการยากที่จะสังเกตการละลายให้เขย่าหลอดทดลองแรง ๆ ถ้าหากของเหลวไม่ละลาย สารละลายจะขุ่น

2. ถ้าสารที่ต้องการทดสอบเป็นของแข็งและไม่ละลายน้ำ ให้ทดลองอุ่นในเครื่องอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 50 °ซ ลักครู เมื่อสารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วจึงสังเกตการละลาย

9.3 สมบัติทางเคมี

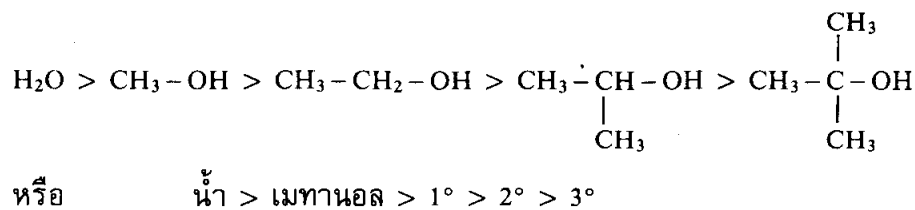
9.3.1 ความเป็นกรด

9.3.1.1 ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม อะตอมของไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิลของแอลกอฮอล์และฟีนอลถูกแทนที่ได้ด้วยโลหะโซเดียม ดังสมการ 9.4 และ 9.5



การเกิดฟองก๊าซเมื่อใส่โลหะโซเดียมแสดงว่ามีอะตอมของไฮโดรเจนที่เป็นกรดอยู่ในโมเลกุล สารผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมและแอลกอฮอล์คืออัลคอกไซด์ไอออน (alkoxide ion) มีประโยชน์ใช้เป็นเบสแก่ซึ่งแก่กว่าไฮดรอกไซด์ไอออนและเป็นประโยชน์ในทางสังเคราะห์เมื่อต้องการเพิ่มหมู่ -OR เข้าไปในโมเลกุล

ความว่องไวต่อปฏิกิริยาแทนที่ไฮโดรเจนด้วยโลหะโซเดียมขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ ซึ่งเรียงตามลำดับได้ดังนี้



จะเห็นได้ว่าหมู่แอลคิลทำให้แอลกอฮอล์เป็นกรดอ่อนกว่าน้ำ และจำนวนหมู่แอลคิลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แอลกอฮอล์เป็นกรดอ่อนลงด้วย

นอกจากนี้หมู่แอลคิลที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้ความเป็นกรดอ่อนลงหรือทำให้การแทนที่ไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิลโดยโลหะโซเดียมมีความว่องไวน้อยลงด้วย:



หมู่แอลคิลที่เพิ่มขึ้นหรือหมู่แอลคิลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในโมเลกุลของแอลกอฮอล์จะเป็นที่กีดขวางต่อการห้อมล้อมของตัวทำละลาย (solvation effect) การห้อมล้อมของตัวทำละลายซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างประจุของอัลคอกไซด์ไอออนและประจุขั้วคู่ของตัวทำละลาย (ion-dipole interaction) จะช่วยให้อัลคอกไซด์ไอออนมีความเสถียรมากขึ้น ดังนั้นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่แอลคิลที่เล็กกว่าจึงเป็นกรดที่แก่กว่าหรือมีความว่องไวต่อการแทนที่ไฮโดรเจนด้วยโลหะ

โซเดียมได้ดีกว่า เพราะอัลคอกไซด์ที่เกิดขึ้นจะถูกห้อมล้อมโดยตัวทำละลายได้ดีกว่าและมีความเสถียรมากกว่า

การทดลองที่ 2 ปฏิกริยากับโลหะโซเดียม

วิธีทำ เตรียมหลอดทดลองที่แห้งมา 5 หลอด ใส่สารประกอบต่อไปนี้ลงในหลอดทดลอง ๆ ละหนึ่งอย่าง ๆ ละ 2 มล. : เมทานอล 1-butanol 2-butanol 2-methyl-2-propanol และ *o*-cresol (ถ้า *o*-cresol เป็นของแข็ง ให้อยู่เล็กน้อยเพื่อให้หลอมเหลว) ใส่ชิ้นโลหะโซเดียมขนาดกว้างด้านละประมาณ 2 มม. ซึ่งซบให้แห้งด้วยกระดาษกรองแล้ว ลงในหลอดทดลอง ๆ ละหนึ่งชิ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ถ้าปฏิกิริยาเกิดช้ามาก ให้อุ่นสารละลายในเครื่องอังน้ำ

เฉพาะหลอดทดลองที่ทดสอบกับเมทานอล เมื่อโซเดียมทำปฏิกิริยาจนหมดแล้ว ให้เทสารละลายเพียงครึ่งหนึ่งลงบนกระดาษนาฬิกา ตั้งทิ้งไว้จนแห้ง สังเกตสิ่งที่เหลือบนกระดาษนาฬิกา เติมน้ำลงไป 2-3 หยด ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส บันทึกผลการทดลอง

หยดสารละลายฟีนอลทาลีน (phenolphthalein) หนึ่งหยดลงในสารละลายที่เหลืออีกครั้งหนึ่ง สารละลายมีสีอะไร มีสภาพเป็นกรดหรือด่าง บันทึกผลการทดลอง

ข้อควรระวัง โซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรง เมื่อบันทึกผลการทดลองแล้วเติมเมทานอลลงในหลอดทดลองทุกหลอดเพื่อทำลายโซเดียมที่เหลือจากปฏิกิริยา เมื่อโซเดียมละลายหมดแล้วจึงเทสารละลายในหลอดทดลองทิ้งได้

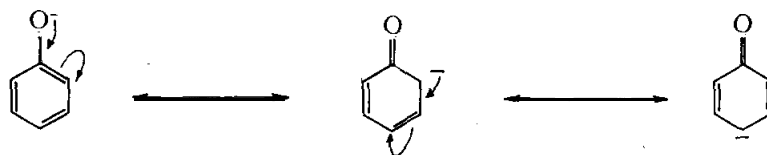
9.3.1.2 ปฏิกริยากับเบส ถึงแม้ว่าทั้งแอลกอฮอล์และฟีนอลมีสมบัติเป็นกรด แต่แอลกอฮอล์และฟีนอลมีความเป็นกรดไม่เท่ากัน ความเป็นกรดของแอลกอฮอล์และฟีนอลเมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบอื่น ๆ จะเป็นไปตามลำดับดังนี้

ความเป็นกรด : $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{ArOH} > \text{H}_2\text{O} > \text{ROH} > \text{HC}\equiv\text{CH} > \text{NH}_3 > \text{RH}$

ความเป็นเบส : $\text{HCO}_2^- < \text{ArO}^- < \text{OH}^- < \text{RO}^- < \text{HC}\equiv\text{C}^- < \text{NH}_2^- < \text{R}^-$

ฟีนอลเป็นกรดแก่กว่าน้ำและแอลกอฮอล์ เพราะประจุลบที่อะตอมของออกซิเจนในฟีนอกไซด์ไอออน (phenoxide ion) สามารถเคลื่อนที่เข้าไปในวงเบนซีนได้โดยการเรโซแนนซ์

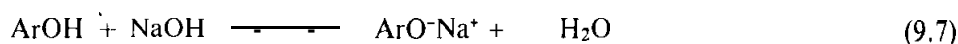
แต่ประจุลบที่อะตอมของออกซิเจนของอัลคอกไซด์ไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนจะอยู่กับที่
ที่อะตอมของออกซิเจน



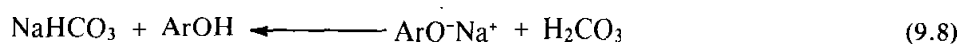
เนื่องจากแอลกอฮอล์เป็นกรดที่อ่อนกว่าน้ำ อัลคอกไซด์ไอออนจึงเป็นเบสที่แก่กว่า
ไฮดรอกไซด์ไอออน ดังนั้นเมื่อผสมแอลกอฮอล์กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเกิด
อัลคอกไซด์ไอออนและน้ำเล็กน้อย ส่วนใหญ่จะยังคงสภาพเป็นไฮดรอกไซด์ไอออนและ
แอลกอฮอล์ ดังสมการ 9.6



เนื่องจากฟีนอลเป็นกรดที่แก่กว่าน้ำ ดังนั้นฟีนอกไซด์ไอออนจึงเป็นเบสที่อ่อนกว่า
ไฮดรอกไซด์ไอออน ฉะนั้นเมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปในฟีนอล ไฮดรอกไซด์ไอออน
จะเป็นเบสแก่ที่สามารถดึงอะตอมของไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิลของฟีนอลเกิดเป็นฟีนอกไซด์-
ไอออนได้ ดังสมการ 9.7



ฟีนอลเป็นกรดที่อ่อนกว่ากรดคาร์บอนิก ดังนั้นฟีนอกไซด์ไอออนจึงเป็นเบสที่แก่กว่า
ไบคาร์บอเนตไอออน การใส่โซเดียมไบคาร์บอเนตลงไปในฟีนอลจึงไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นแต่
อย่างใด



ดังนั้นสารประกอบที่มีอะตอมของไฮโดรเจนแทนที่ได้โดยโลหะ ไม่ละลายในโซเดียม-ไบคาร์บอเนต แต่ละลายได้ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงว่าเป็นสารประกอบประเภทฟีนอล และสารประกอบที่มีอะตอมของไฮโดรเจนแทนที่ได้โดยโลหะ ไม่ละลายในโซเดียม-ไบคาร์บอเนต ไม่ละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงว่าเป็นสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์

การทดลองที่ 3 ปฏิกริยากับเบส

วิธีทำ ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10% ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด ๆ ละ 2 มล. ใส่ไซโคลเฮกซานอล 1 มล. ลงในหลอดทดลองหลอดที่หนึ่ง ใส่ฟีนอล 1 มล. ลงในหลอดทดลองหลอดที่สอง เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลอง

เฉพาะหลอดทดลองที่ใส่ฟีนอลให้เติมกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 10% ลงไปจนสารละลายเป็นกรดซึ่งทดสอบได้ด้วยกระดาษลิตมัส สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลอง

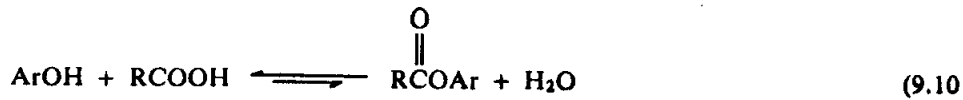
ทำการทดลองซ้ำโดยใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 10% แทนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไม่ต้องเติมกรดไฮโดรคลอริก

9.3.2 ปฏิกริยากับกรดคาร์บอกซิลิก (การเตรียมเอสเทอร์) เมื่อต้มแอลกอฮอล์กับกรดคาร์บอกซิลิกและมีกรดอินทรีย์ เช่น กรดซัลฟิวริก หรือกรดไฮโดรคลอริก เป็นตัวเร่ง จะให้สารผลิตภัณฑ์ประเภทเอสเทอร์ ดังสมการ 9.9 ปฏิกริยานี้ผันกลับได้ (reversible) ดังนั้น



ถ้าใช้แอลกอฮอล์และกรดคาร์บอกซิลิกอย่างละหนึ่งโมลจะได้เอสเทอร์ประมาณ $\frac{2}{3}$ โมล

ฟีนอลสามารถใช้เตรียมเอสเทอร์ได้เช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ แต่ไม่ได้เตรียมโดยให้ทำปฏิกริยากับกรดคาร์บอกซิลิกเพราะเป็นปฏิกริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) การเตรียมเอสเทอร์จากฟีนอลทำได้โดยให้ฟีนอลทำปฏิกริยากับกรดเฮไลต์หรือกรดแอนไฮไดรด์ และมีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่ง



เอสเทอร์เป็นของเหลวที่มีกลิ่นหอมของดอกไม้หรือผลไม้ เช่น ethyl acetate (กลิ่นดอกนมแมว) *n*-butyl acetate (กลิ่นกล้วยหอม), *n*-octyl acetate (กลิ่นส้ม), ethyl butyrate (กลิ่นส้มประด), methyl salicylate (กลิ่นน้ำมันระกำ) เป็นต้น

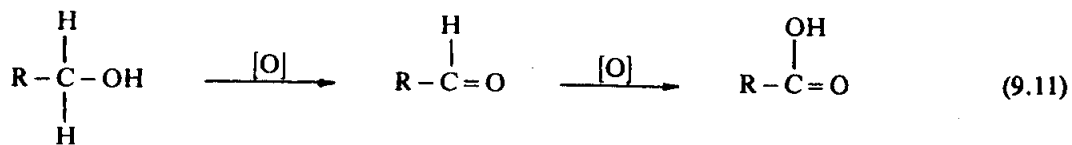
การทดลองที่ 4 ปฏิกริยาของเอทานอลกับกรดอะซิติก

วิธีทำ ใส่กรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) 1 มล. ลงในหลอดทดลอง เดิมเอทานอลลงไปหลอดทดลอง 1 มล. เขย่าให้สารละลายทั้งสองผสมกัน ค่อย ๆ หยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ละหยดพร้อมทั้งเขย่าจนครบ 1 มล. อุณหภูมิในเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 50 °ซ เป็นเวลาประมาณ 5 นาที แล้วเทลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งทุบเป็นก้อนเล็ก ๆ ประมาณ 10 กรัม บรรจุอยู่ ตมกลิ่นสารที่เกิดขึ้น

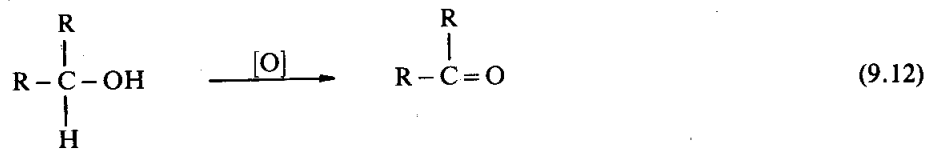
9.3.3 ปฏิกริยาออกซิเดชัน

แอลกอฮอล์เมื่อถูกออกซิไดส์จะสูญเสียอะตอมของไฮโดรเจนที่เกาะกับคาร์บอนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเรียกว่า แอลฟาไฮโดรเจน (α -hydrogen) แอลฟาไฮโดรเจนที่สูญเสียไปอาจเป็นอะตอมเดียวหรือมากกว่าหนึ่งอะตอม ชนิดของสารผลิตภัณฑ์ขึ้นกับชนิดของแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิมีแอลฟาไฮโดรเจนสองอะตอม เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจสูญเสียแอลฟาไฮโดรเจนไปเพียงอะตอมเดียวให้สารผลิตภัณฑ์เป็นอัลดีไฮด์ และอัลดีไฮด์อาจสูญเสียแอลฟาไฮโดรเจนไปอีกหนึ่งอะตอมให้สารผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิก ดังสมการ 9.11



แอลกอฮอล์ชนิดทุติยภูมิเมื่อถูกออกซิไดส์จะสูญเสียแอลฟาไฮโดรเจนซึ่งมีอยู่เพียง
อะตอมเดียวไป ให้สารผลิตภัณฑ์เป็นคีโตนดังสมการ 9.12

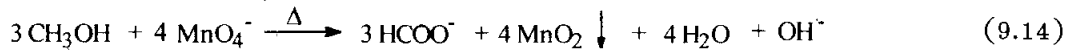
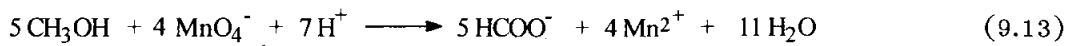


แอลกอฮอล์ชนิดทุติยภูมิไม่มีแอลฟาไฮโดรเจนจึงไม่ถูกออกซิไดส์

ตัวออกซิไดส์ที่นิยมใช้ออกซิไดส์แอลกอฮอล์คือโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารละลายที่เป็นกรดและต่าง กรดโครมิก และกรดไนตริกเจือจาง โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมักจะออกซิไดส์แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิเป็นกรดคาร์บอกซิลิก กรดโครมิกมักจะออกซิไดส์แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิเป็นอัลดีไฮด์

ฟีนอลถูกออกซิไดส์ยาก เพราะการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่คาร์บอนิลจะทำให้สูญเสียความเป็นอะโรเมติกไป เมื่อฟีนอลถูกออกซิไดส์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะทำให้วงเบนซีนแตกออก

9.3.3.1 ปฏิริยาออกซิเดชันด้วยเปอร์แมงกาเนต อัตราเร็วของปฏิริยาออกซิเดชันนอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของทั้งแอลกอฮอล์และตัวออกซิไดส์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะกรด-ต่างของสารละลายในปฏิริยาด้วย โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารที่นิยมใช้ทดสอบปฏิริยาออกซิเดชันเพราะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น สีของสารละลายจะสังเกตได้ง่าย ปฏิริยาออกซิเดชันด้วยเปอร์แมงกาเนตมีประสิทธิภาพทั้งในสารละลายที่เป็นกรด กลาง หรือต่าง อัตราเร็วและความรุนแรงของปฏิริยาออกซิเดชันด้วยเปอร์แมงกาเนตขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลาย กล่าวคือ ในสารละลายที่เป็นกรด ปฏิริยาออกซิเดชันด้วยเปอร์แมงกาเนต MnO_4^- จะเกิดทันทีที่อุณหภูมิห้อง เปอร์แมงกาเนตไอออนซึ่งมีสีม่วงแดงถูกรีดิวซ์เป็นแมงกานีสไอออน Mn^{2+} ซึ่งมีสีชมพูอ่อนดังสมการ 9.13 เปอร์แมงกาเนตในสารละลายที่เป็นต่างหรือเป็นกลางเมื่อร้อนจะถูกรีดิวซ์เป็นแมงกานีสออกไซด์ MnO_2 ซึ่งเป็นตะกอนสีดำดังสมการ 9.14 นอกจากนี้อาจพบว่าเปอร์แมงกาเนตในต่างแก่ถูกต่างรีดิวซ์เป็นแมงกาเนตไอออน MnO_4^{2-} ซึ่งมีสีเขียว



การทดลองที่ 5 ปฏิกริยากับเปอร์แมงกานेट

วิธีทำ ละลายเมทานอล 1.5 มล. ในน้ำ 15 มล. แบ่งสารละลายใส่หลอดทดลอง 3 หลอด ๆ ละประมาณ 5 มล.

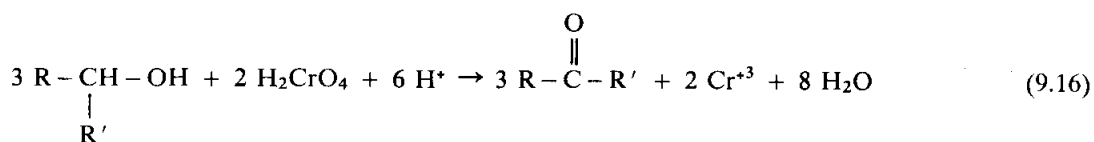
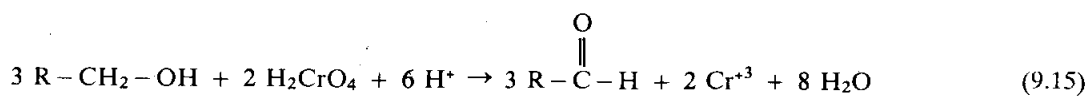
หลอดที่หนึ่ง : เติม 1 หยดของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10%

หลอดที่สอง : เติม 1 หยดของกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 10%

หลอดที่สาม : สารละลายเป็นกลาง

เติม 2 หยดของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกานेटที่มีความเข้มข้น 0.5% ลงในหลอดทดลอง เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้นำไปอุ่นในเครื่องอังน้ำ เปรียบเทียบอัตราเร็วของปฏิกริยาออกซิเดชัน บันทึกผลการทดลอง

9.3.3.2 ปฏิกริยาออกซิเดชันด้วยกรดโครมิก กรดโครมิก (chromic acid, H_2CrO_4) ซึ่งเตรียมได้จากโซเดียมไดโครเมต ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) หรือ โครเมียม (VI) ออกไซด์ (CrO_3) กับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นหรือกรดอะซีติก สามารถออกซิไดส์แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิให้อัลดีไฮด์ ดังสมการ 9.15 และออกซิไดส์แอลกอฮอล์ชนิดทุติยภูมิได้อัลดีไฮด์ดังสมการ 9.16 ส่วนแอลกอฮอล์ชนิดตติยภูมิไม่เกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน

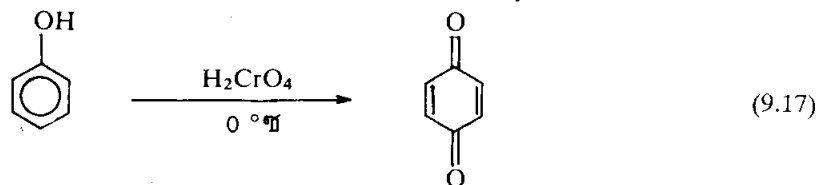


ปฏิกริยาออกซิเดชันด้วยกรดโครมิกมีประโยชน์ใช้ทดสอบชนิดของแอลกอฮอล์ได้

กล่าวคือ แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิจะทำปฏิกิริยากับกรดโครมิกซึ่งมีสีส้มให้สารละลายสีเขียวแทนภายในเวลา 3 วินาที ที่อุณหภูมิ 24°C ส่วนแอลกอฮอล์ชนิดตติยภูมิจะไม่ทำปฏิกิริยา ดังนั้นจะไม่ให้สารละลายสีเขียวที่อุณหภูมิห้อง

พีนอลถูกออกซิไดส์ด้วยกรดโครมิกให้ *p*-benzoquinone ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เหลืองดังสมการ

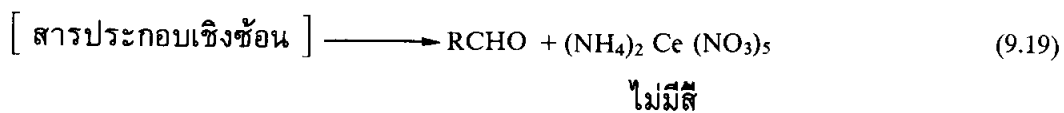
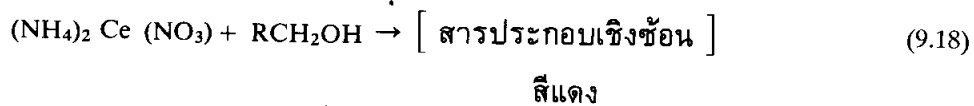
9.17



การทดลองที่ 6 ปฏิกิริยากับกรดโครมิก

วิธีทำ ใส่สารละลายไซเดียมไดโครเมตหรือโพแทสเซียมไดโครเมตที่มีความเข้มข้น 5% ลงในหลอดทดลอง 4 หลอด ๆ ละ 3 มล. หยดกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงในหลอดทดลอง ๆ ละ 3 หยด เขย่าให้สารละลายผสมกัน แช่วหลอดทดลองหลอดหนึ่งในน้ำผสมน้ำแข็ง ประมาณ 5 นาที เติมสารประกอบต่อไปนี้ ลงในหลอดทดลอง ๆ ละหนึ่งอย่าง ๆ ละ 5 หยด : 1-butanol, 2-butanol, 2-methyl-2-propanol และเติมพีนอลลงไปหลอดทดลองที่แช่น้ำแข็ง เขย่าให้สารละลายผสมกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลอง

9.3.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยสารละลายเซริกในกรด สารละลายเซริกในกรดที่ใช้ทดสอบคือสารละลายของ ammonium hexanitratocerium (IV) $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อผสมสารละลายนี้กับแอลกอฮอล์จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีสีแดงและในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสารละลายใสไม่มีสีของ ammonium pentanitratocerium (III) $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_5$ ปฏิกิริยาจะเกิดได้กับแอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ และมีจำนวนคาร์บอนไม่เกิน 10 อะตอม ถ้ามีจำนวนคาร์บอนเกิน 10 อะตอม การทดลองจะไม่ค่อยได้ผลเพราะเกิดสีจางเกินไป



ฟีนอลจะไม่ให้สารละลายสีแดง จะถูกออกซิไดส์ให้สารผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลหรือดำ

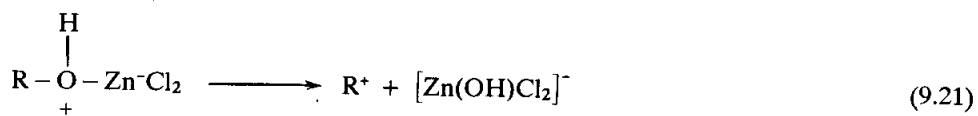
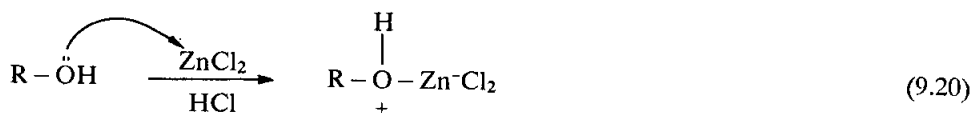
การทดลองที่ 7 ปฏิกริยากับสารละลายเซริกไนเตรต

วิธีทำ ใส่สารละลายเซริกไนเตรต 1 มล. ลงในหลอดทดลอง แล้วหยด 1-butanol ลงไปในหลอดทดลอง 2-3 หยด สังเกตสีของสารละลายและบันทึกผลการทดลอง

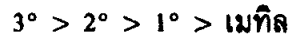
ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ 2-butanol, 2-methyl-2-propanol และ ฟีนอล แทน 1-butanol ตามลำดับ

9.3.4 ปฏิกริยาเฉพาะของแอลกอฮอล์

9.3.4.1 ปฏิกริยากับสารละลายลูคัส แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอนไม่เกิน 6 อะตอม จะทำปฏิกริยากับสารละลายลูคัส (Lucas reagent) ซึ่งเป็นสารละลายของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นที่มีสังกะสีคลอไรด์เป็นตัวเร่ง ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นอัลคิลคลอไรด์ซึ่งไม่ละลาย กลไกของปฏิกริยาจะเกิดเป็นคาร์โบเนียมไอออนก่อน แล้วคลอไรด์จึงเข้ามาเกาะกับคาร์โบเนียมไอออนในภายหลัง ดังแสดงในสมการ 9.20, 9.21 และ 9.22



อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับความเสถียรของคาร์โบเนียมไอออนซึ่งเป็นไปตามลำดับดังนี้



ดังนั้นเมื่อผสมแอลกอฮอล์กับสารละลายลูคัส แล้วสารละลายเปลี่ยนจากใสเป็นขุ่นและแยกเป็นสองชั้นในเวลาต่อมา แสดงว่ามีอัลคิลคลอไรด์เกิดขึ้น

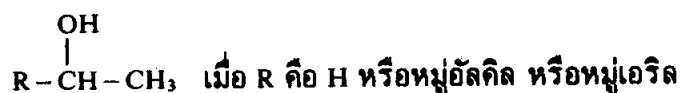
เบนซิลแอลกอฮอล์และแอลกอฮอล์ชนิดตติยภูมิจะทำปฏิกิริยากับสารละลายลูคัสทันที แอลกอฮอล์ชนิดทุติยภูมิจะเกิดปฏิกิริยาภายในเวลา 5 นาที ส่วนแอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิจะไม่ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีทดสอบแอลกอฮอล์โดยใช้สารละลายลูคัสจึงมีประโยชน์ใช้ทดสอบชนิดของแอลกอฮอล์ว่าเป็นชนิดปฐมภูมิ ทุติยภูมิ หรือตติยภูมิ

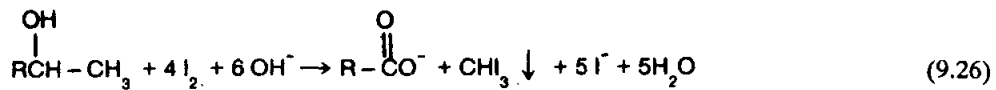
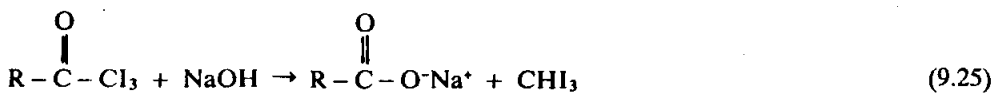
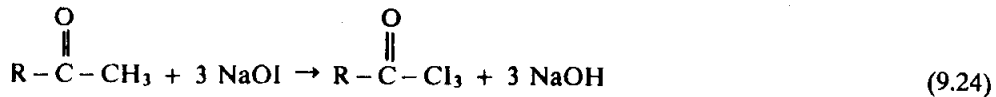
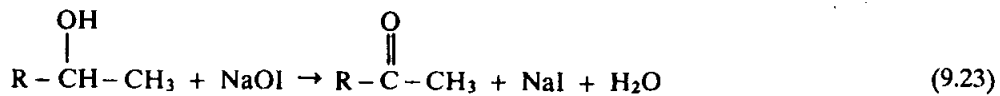
การทดลองที่ 8 ปฏิกิริยากับสารละลายลูคัส

วิธีทำ นำหลอดทดลองมา 4 หลอด ใส่สารประกอบต่อไปนี้ลงในหลอดทดลอง ๑ ละหนึ่งอย่าง ๑ ละ 10 หยด : 1-butanol, 2-butanol, 2-methyl-2-propanol และเบนซิลแอลกอฮอล์ เติมสารละลายลูคัสลงในหลอดทดลอง ๑ ละ 5 มล. ปิดจุกหลอดทดลอง เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง ถ้าหลอดทดลองใดไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 10 นาที ให้อุ่นสารละลายในเครื่องอ่างน้ำ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลองหมายเหตุ ถ้าหากไม่ได้เตรียมสารละลายลูคัสไว้ให้ ให้นักศึกษาเตรียมเอง โดยละลาย 32 กรัมของสังกะสีคลอไรด์ที่ปราศจากน้ำใน 20 มล. ของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นและเป็น

9.3.4.2 ปฏิกิริยาการเกิดไอโอดิฟอร์ม ปฏิกิริยาการเกิดไอโอดิฟอร์ม (iodoform test) ใช้ทดสอบแอลกอฮอล์ ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล หมู่เมทิล และอะตอมของไฮโดรเจนเกาะอยู่กับอะตอมของคาร์บอนเดียวกัน



สารละลายที่ใช้ทดสอบคือสารละลายของไอโอดีนในโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งจะเกิดเป็นสารละลายโซเดียมไฮโปไอโอดิต (sodium hypiodite, NaOI) ขั้นตอนของปฏิกิริยามีสามขั้น คือ การออกซิเดชัน แอลกอฮอล์ และ การขจัดหมู่ไอโอดีน ดังสมการ 9.23, 9.24 และ 9.25 ตามลำดับ เมื่อรวมสมการ 9.23, 9.24 และ 9.25 จะได้สมการ 9.26



จากสมการจะเห็นว่า สารประกอบคีโตนที่มีสูตรโครงสร้างเป็น $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ จะเกิดไอโอดีนได้ด้วย

การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นคือมีตะกอนสีเหลืองของไอโอดีน (CHI_3)

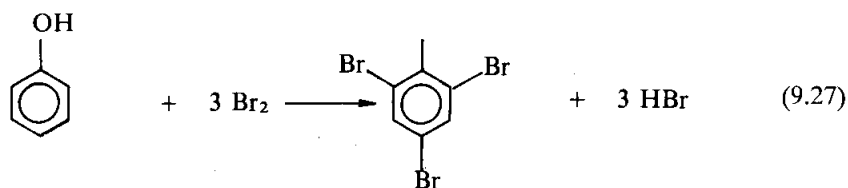
การทดลองที่ 9 ปฏิกิริยาการเกิดไอโอดีน

วิธีทำ นำหลอดทดลองมา 5 หลอด ใส่น้ำลงในหลอดทดลอง ๆ ละ 2 มล. ใส่สารประกอบต่อไปนี้ลงในหลอดทดลอง ๆ ละหนึ่งอย่าง ๆ ละ 5 หยด : เอทานอล 1-butanol, 2-butanol, 2-methyl-2-propanol, และ 2-propanol เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10% ลงไปในหลอดทดลอง ๆ ละ 2 มล. ค่อย ๆ หยดสารละลายของไอโอดีนในโพแทสเซียมไฮโปไอโอดิตที่มีความเข้มข้น 10% ลงไปในหลอดทดลองพร้อมทั้งเขย่าจนกระทั่งสีน้ำตาลของไอโอดีนไม่จางหายไป ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ถ้าไม่เกิดตะกอนให้อุ่นในเครื่องอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 60 °C ถ้าสีของไอโอดีนจางหายไป เติมสารละลายของไอโอดีนในโพแทสเซียมไฮโปไอโอดิตอีก

ที่ละลายจนกระทั่งปรากฏสีน้ำตาลของไอโอดีนเป็นเวลาอย่างน้อย 2 นาที ที่อุณหภูมิ 60 °ซ
 หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10% ที่ละลายพร้อมทั้งเขย่าจนกระทั่ง
 สีน้ำตาลจางหายไป นำหลอดทดลองออกจากเครื่องอังน้ำ เติมน้ำประมาณ 5-10 มล. (อย่า
 ให้ล้นหลอดทดลอง) ถ้ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นจะมีตะกอนสีเหลืองของไอโอดิฟอร์ม บันทึกผล
 การทดลอง

9.3.5 ปฏิกิริยาเฉพาะของฟีนอล

9.3.5.1 ปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน ฟีนอลมีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่ที่เพิ่มความว่องไว
 ให้กับวงเบนซีนในปฏิกิริยาแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ เมื่อให้ฟีนอลทำปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน
 (bromine water) จะเกิดการแทนที่ไฮโดรเจนในวงเบนซีนที่ตำแหน่งออร์โทและพารา ให้
 สารผลิตภัณฑ์คือ 2,4,6-tribromophenol ซึ่งเป็นตะกอนสีขาว ดังสมการ 9.27



การทดลองที่ 10 ปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน

วิธีทำ ละลายฟีนอล 0.1 กรัม (ประมาณเท่าหัวไม้ขีดไฟ) ในน้ำ 2 มล. เติมน้ำโบรมีนที่ละ
 หยดพร้อมทั้งเขย่าจนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองเล็กน้อยและไม่จางหายไปซึ่งแสดงว่ามีโบรมีน
 มากเกินพอ สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลการทดลอง

9.3.5.2 ปฏิกิริยากับเฟร์ริกคลอไรด์ ฟีนอลและอินอล (enol) จะเกิดเป็นสารประกอบ
 เชิงซ้อนกับสารละลายเฟร์ริกคลอไรด์ซึ่งจะมีสีต่าง ๆ ฟีนอลและอินอลบางชนิดไม่เกิดสีกับ
 สารละลายเฟร์ริกคลอไรด์ ฉะนั้นถ้าไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นไม่ได้แสดงว่าไม่ใช่สารประกอบ
 ประเภทฟีนอลหรืออินอล ต้องทดสอบด้วยวิธีอื่นด้วย ในการทดสอบด้วยเฟร์ริกคลอไรด์

สีที่เกิดขึ้นอาจจะจางหายไปอย่างรวดเร็ว ฉะนั้นต้องจับตามูลสารละลายขณะที่หยดสารละลาย
เฟร์ริกคลอไรด์ลงไป



การทดลองที่ 11 ปฏิกริยากับเฟร์ริกคลอไรด์

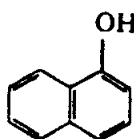
วิธีทำ ละลายฟีนอลขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟในหลอดทดลองด้วยน้ำ 3 มล. หยดสารละลาย
เฟร์ริกคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 1% ลงในหลอดทดลอง 2-3 หยด เขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง
บันทึกผลการทดลอง

ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ resorcinol, pyrogallol, catechol และ 1-naphthol แทน
ฟีนอล

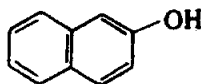
หมายเหตุ

- 1-Butanol เป็นชื่อในระบบ IUPAC มีชื่อสามัญว่า *n*-butyl alcohol เป็นแอลกอฮอล์
ปฐมภูมิ
- 2-Butanol เป็นชื่อในระบบ IUPAC มีชื่อสามัญว่า *sec*-butyl alcohol เป็นแอลกอฮอล์
ทุติยภูมิ
- 2-Methyl-2-propanol เป็นชื่อในระบบ IUPAC มีชื่อสามัญว่า *tert*-butyl alcohol เป็น
ตติยภูมิ

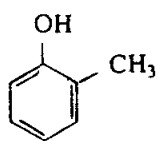
4. 1-naphthol มีสูตร



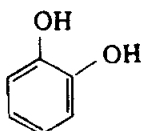
5. 2-naphthol มีสูตร



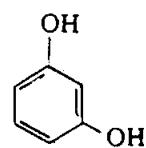
6. o-cresol มีสูตร



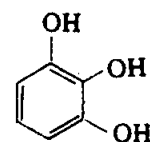
7. catechol มีสูตร



8. resorcinol มีสูตร



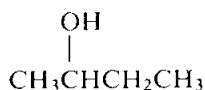
9. pyrogallol มีสูตร



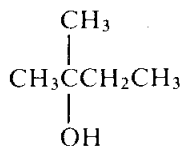
คำถามบทที่ 9

- 9.1 จงบอกชื่อสารเคมีและการสังเกตเพื่อทดสอบความแตกต่างของสารประกอบแต่ละคู่ต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นด้วย
- 9.1.1 1-butanol และ butane
 - 9.1.2 ไซโคลเฮกซานอล และไซโคลเฮกซีน
 - 9.1.3 ไซโคลเฮกซานอล และเฮกซานอล
 - 9.1.4 ไซโคลเฮกซานอล และฟีนอล
 - 9.1.5 ไซโคลเฮกซานอล และ 2-pentanol
- 9.2 จงเปรียบเทียบอัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยกรดโครมิกของสารประกอบต่อไปนี้ :
- 1-pentanol 3-pentanol และ 2-methyl-2-butanol
- 9.3 จงเปรียบเทียบอัตราเร็วของปฏิกิริยาระหว่างโลหะโซเดียมกับสารประกอบต่อไปนี้ :
เมทานอล เอทานอล 1-butanol
- เมื่อเปรียบเทียบกันในบรรดาสารประกอบทั้งสามนี้ แอลกอฮอล์ใดเป็นกรดแก่ที่สุด ?
- 9.4 จงเปรียบเทียบอัตราเร็วของปฏิกิริยาระหว่างสารละลายลูคัสกับสารประกอบต่อไปนี้ :
1-pentanol 3-pentanol และ 2-methyl-2-butanol
- 9.5 จงบอกชื่อสารเคมีและการสังเกตมา 3 วิธี เพื่อทดสอบความแตกต่างของสารประกอบแต่ละคู่ต่อไปนี้
- 9.5.1 ฟีนอล และ 2-butanol
 - 9.5.2 3-methyl-3-pentanol และ 1-pentanol
 - 9.5.3 2-methyl-2-propanol และ 2-propanol
- 9.6 ในการทดสอบปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์และโลหะโซเดียม ทำไมจึงต้องใช้หลอดทดลองที่แห้ง ?

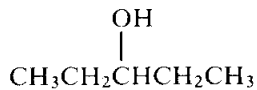
9.7 สารประกอบใดต่อไปนี้สามารถทำปฏิกิริยากับไอโอดีนในโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วเกิดตะกอนสีเหลืองของไอโอดิฟอร์มได้ ?



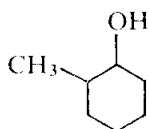
I



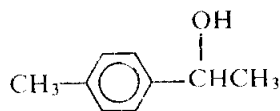
II



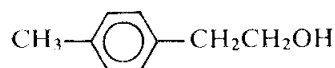
III



IV



V



VI

9.8 สารประกอบ ก. มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ละลายได้ในน้ำ ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมให้ฟองก๊าซ ทำปฏิกิริยากับกรดโครมิกเกิดตะกอนสีเขียว และทำปฏิกิริยากับไอโอดีนในโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ตะกอนสีเหลือง จงเขียนสูตรโครงสร้างและชื่อตามระบบ IUPAC ของสารประกอบ ก. พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

แบบรายงานการทดลองบทที่ 9 แอลกอฮอล์และฟีนอล

ผู้เขียนรายงาน..... รหัส.....
 ผู้ร่วมงาน..... รหัส.....
 วันที่ทำการทดลอง..... กลุ่ม.....

การทดลองที่ 1 ความสามารถในการละลาย

สารประกอบ	น้ำ	อีเทอร์	กรดซัลฟิวริก
เอทานอล
1-butanol
2-methyl-2-propanol
ไซโคลเฮกซานอล
เอทิลีนไกลคอล
ฟีนอล
2-naphthol

หมายเหตุ ถ้าไม่มีอีเทอร์ ใช้เมทิลีนคลอไรด์ (ไดคลอโรมีเทน) แทน

การทดลองที่ 2 ปฏิกริยากับโลหะโซเดียม

สารประกอบ	โลหะโซเดียม		
	การเปลี่ยนแปลง	ระยะเวลาของปฏิกริยา	อันดับอัตราเร็ว
เมทานอล
1-butanol
2-butanol
2-methyl-2-propanol
o-cresol

สมการเคมีแสดงปฏิกริยาที่เกิดขึ้น :

.....

เมื่อสารละลายของเมทานอลถูกระเหยจนแห้ง สิ่งที่เหลืออยู่บนกระจกนาฬิกา มีลักษณะ
 มีสูตรคือ.....

เมื่อละลายสิ่งที่เหลือบนกระจกนาฬิกาด้วยน้ำ :

การเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส.....

แสดงว่า สารละลายมีฤทธิ์เป็น.....(กรด กลาง หรือต่าง)

การเปลี่ยนแปลง เมื่อทดสอบด้วยฟีนอลทาลีน.....

แสดงว่าสารละลายมีฤทธิ์เป็น.....

สมการเคมีแสดงปฏิกริยาการละลายน้ำของสิ่งที่เหลือบนกระจกนาฬิกา :

.....

การทดลองที่ 3 ปฏิกริยากับเบส

สารประกอบ	10% NaOH		10% NaHCO ₃
	การเปลี่ยนแปลง	10% HCl	
ไซโคลเฮกซานอล
ฟีนอล

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 4 ปฏิกิริยาของเอทานอลกับกรดอะซีติก

ผลการทดลอง.....

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

การทดลองที่ 5 ปฏิกริยากับเปอร์แมงกาเนต

ภาวะของ ปฏิกิริยา	0.5% KMnO ₄	
	อุณหภูมิห้อง	ให้ความร้อน
เป็นด่าง
เป็นกรด
เป็นกลาง

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

.....

การทดลองที่ 6 ปฏิกริยากับกรดโครมิก

สารประกอบ	กรดโครมิก
1-butanol
2-butanol
2-methyl-2-propanol

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 7 ปฏิกริยากับสารละลายเซริกไนเตรต

สารประกอบ	สารละลายเซริกไนเตรต
1-butanol
2-butanol
2-methyl-2-propanol
ฟีนอล

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 8 ปฏิกริยากับสารละลายจุกัส

สารประกอบ	สารละลายจุกัส
1-butanol
2-butanol
2-methyl-2-propanol
เบนซิลแอลกอฮอล์

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 9 ปฏิริยาการเกิดไอโอดฟอร์ม

สารประกอบ	I ₂ /NaOH
เอทานอล
1-butanol
2-butanol
2-methyl-2-propanol
2-propanol

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....
.....
.....

การทดลองที่ 10 ปฏิริยากับน้ำโบรมีน

ผลการทดลอง.....

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

การทดลองที่ 11 ปฏิกริยากับเฟร์ริกคลอไรด์

สารประกอบ	สารละลายเฟร์ริกคลอไรด์
ฟีนอล
resorcinol
pyrogallal
catechol
1-naphthol

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....

.....

.....

.....

.....

ตอบคำถาม

.....

.....

.....