

## บทที่ 6

### สื่อการเรียนการสอนวิชาเคมี

เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทดลอง และสื่อประกอบการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริงในการเรียน แต่โรงเรียนต่างๆในปัจจุบันมักประสบปัญหาขาดแคลนสื่อและอุปกรณ์การสอน หรือแม้แต่โรงเรียนที่มีฐานะดี ก็ประสบปัญหาในลักษณะคล้ายคลึงกันนี้ เมื่อใช้อุปกรณ์ไปได้สักพักแล้วเกิดการชำรุดเสียหาย เพราะขาดความรู้ในการซ่อมแซมแก้ไข ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะหมดไปถ้าผู้สอนมีความรู้ ความชำนาญในด้านสื่อและเครื่องมือทดลองอย่างแท้จริง โดยรู้หลักการประดิษฐ์ สร้างอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

#### แหล่งวัสดุในการสร้างอุปกรณ์ทางวิชาเคมี

วัสดุที่ใช้ในการสร้างสื่อและอุปกรณ์ทางวิชาเคมีไม่จำเป็นต้องเป็นวัสดุใหม่เสมอไป เราสามารถใช้วัสดุเหลือใช้จากแหล่งต่างๆดังต่อไปนี้ มาดัดแปลงสร้างวัสดุอุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทางวิชาเคมี (โซ สาลีฉัน. 2534 ; 15-17)

1. วัสดุภายในบ้าน เช่น ถ่านไฟฉายเก่าๆ เศษสังกะสี เศษสายไฟ เศษไม้ น้ำส้มชี่ถ้ำ ฯลฯ เป็นต้น
2. วัสดุภายในโรงเรียน เช่น ดินสอดำ ถูพลาสติก ไม้ปากกาลูกกลิ้ง ฯลฯ เป็นต้น
3. วัสดุภายในร้านค้า เช่น ร้านขายอาหาร ร้านกาแฟ และร้านขายของต่างๆ ซึ่งทางโรงเรียนควรขอความอนุเคราะห์ หรือขอบริจาคจากทางร้านเช่น กระจ่างนม ถูพลาสติก ถาดใส่ขนมหม้อแกง ขวดยาบำรุงกำลังต่างๆ ฯลฯ เป็นต้น
4. วัสดุจากโรงพยาบาล เช่น ถูน้ำเกลือ กระจกฉีดยาพลาสติก เข็มฉีดยา ไบมีดผ่าตัด ฯลฯ เป็นต้น
5. วัสดุจากงานเลี้ยงต่างๆ เช่น แก้วแตก หลอดกาแฟ หลอดไฟฟ้าที่ชำรุด กระจ่างเครื่องกระจ่าง ฯลฯ เป็นต้น
6. วัสดุภายในท้องถิ่น เช่น แร่ต่างๆ หิน กรวด ทราย ไม้ไผ่ ผักผลไม้ต่างๆ ฯลฯ เป็นต้น
7. วัสดุที่ได้จากการขอบริจาคจากองค์กร สมาคม มูลนิธิ บริษัทและห้างร้านต่างๆเช่น องค์กรยูเนสโก องค์กรยูนิเซฟ มูลนิธิเอเชีย มูลนิธิอื่นๆ บริษัทขายน้ำมัน ร้านค้าประเภทต่างๆ ฯลฯ เป็นต้น
8. วัสดุจากโรงงานต่างๆ เช่น โรงเลื่อยจะได้ขี้เลื่อย และเศษไม้ โรงกลึงจะได้ผงเหล็ก ซึ่งของเหล่านี้จะเป็นของที่ทางโรงงานใช้ไม่ได้ หรือเป็นของเก่าที่ไม่ใช้แล้ว เพื่อนำไปดัดแปลงเป็นอุปกรณ์ต่อไป
9. วัสดุที่ได้จากสาธารณะทั่วไป เช่น ถูพลาสติก ขวดแตก ก้อนหิน ก้อนกรวด

เศษไม้ ฯลฯ เป็นต้น

10. วัสดุตามสถานที่ทำงาน และสำนักงานทั่วไป เช่น กระจังโลหะ ขวดพลาสติก สังกะสี ถ่านไฟฉายเก่าๆ ด้ามปากกาที่ใช้แล้ว ฯลฯ

วัสดุที่ได้ควรมีการคัดแยกประเภท ทำความสะอาดและเก็บให้เรียบร้อย พร้อมสำหรับนำมาตัดแปลงใช้งาน

## หลักเกณฑ์ในการสร้างอุปกรณ์การสอนวิชาเคมี

ในการประดิษฐ์อุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองวิชาเคมี มีหลักเกณฑ์ที่ต้องคำนึงและปฏิบัติ 5 ข้อ ดังนี้ (โซ สาลีฉิน. 2534 ; 20-21)

1. ศึกษาหลักการทำงาน (Function) ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะสร้าง โดยต้องศึกษาทุกชิ้นส่วนของสิ่งที่จะสร้างให้เข้าใจเป็นอย่างดี
2. เลือกวัสดุที่จะใช้สำหรับออกแบบสร้าง ควรเลือกวัสดุที่มีอยู่แล้ว หรือวัสดุที่หาได้ง่าย ถ้าใช้วัสดุชนิดที่เลือกแล้วควรจะทำให้อุปกรณ์ และเครื่องมือทำงานได้ดี สะดวกแก่การใช้ และการเก็บรักษา

3. ดำเนินการออกแบบและสร้าง จะต้องนึกถึงชิ้นส่วนต่างๆของอุปกรณ์หรือเครื่องมือ ตลอดจนหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนแล้วจึงเขียนรูปแบบ และสร้างอุปกรณ์

4. ทำการทดลองตรวจสอบอุปกรณ์ และเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้วโดยนำมาทำการทดลองตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆว่าทุกชิ้นส่วนทำงานได้ดี และครบถ้วนหรือไม่ บันทึกข้อมูลการทดลองไว้ และทำการทดลองหลายๆครั้ง เพื่อเปรียบเทียบผลว่าอุปกรณ์ของเราให้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือหรือไม่ และน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ได้มาตรฐาน

5. ทำการปรับปรุงแก้ไข โดยหาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด แล้วลองแก้ไขแต่ละจุดของสาเหตุ และนำไปทดลองใช้ใหม่อีกตามขั้นตอนที่ 4 เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ตรงกันทุกครั้งที่ตามต้องการ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า การออกแบบอุปกรณ์นั้นใช้ได้

อุปกรณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นทุกชิ้นควรมีการทดลองใช้ให้ได้ผลตรงตามที่ต้องการเสียก่อนก่อนที่จะนำไปใช้สอนในห้องเรียน มิฉะนั้นจะทำให้ผู้เรียนขาดความเชื่อมั่นในตัวผู้สอน และอุปกรณ์ที่ใช้งาน ซึ่งจะเป็นผลเสียแก่ผู้สอนในคาบเรียนต่อไป

## ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี

โซ สาลีฉิน ได้กล่าวถึงลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี ซึ่งสรุปได้ดังนี้ (โซ สาลีฉิน. 2534 ; 27-29)

1. รูปร่างลักษณะจะต้องงู้งาย เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน
2. ต้องทำงานได้ตามต้องการ เพราะถ้าอุปกรณ์ที่ใช้ไม่ทำงาน หรือให้ผลการทดลองที่ไม่แน่นอนจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายและขาดความเชื่อถือ

3. สะดวกในการใช้และปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการทำงานไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัยทั้งผู้สอน และผู้เรียน
4. มีความคงทนถาวร เพื่อเป็นการประหยัดไม่ต้องซื้อหรือซ่อมบ่อยๆ
5. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย เช่นวัสดุที่มีในท้องถิ่น หรือวัสดุเหลือใช้ เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะได้ลงมือปฏิบัติได้ทันที
6. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก เพื่อเป็นการประหยัดเงินของสถานศึกษาและทำให้สร้างวัสดุได้จำนวนมาก
7. ควรใช้งานได้หลายอย่าง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั้นควรให้ใช้งานได้หลายๆอย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มาก และคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง
8. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างควรมีรูปร่างกะทัดรัด ถ้าทำชิ้นส่วนเป็นชุดๆ และสามารถถอดเก็บได้จะมีความสะดวกมากขึ้น แต่ไม่ควรมีจำนวนชิ้นส่วนมากนักเพราะอาจตกหายได้ง่าย
9. มีเสถียรภาพดี วัสดุที่ใช้สอนถ้าออกแบบไม่ดีอาจทำให้ล้มง่าย ซึ่งอาจทำให้เครื่องมือชำรุดเสียหาย จึงควรออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ในฐานตั้ง และต่ำใกล้ฐานจึงจะมีเสถียรภาพดีไม่ล้มง่าย
10. เวลาสาธิต และปฏิบัติทดลอง มองเห็นและสังเกตได้ง่าย อุปกรณ์ต้องไม่เล็กเกินไป ถ้าเป็นชิ้นส่วนประกอบต้องไม่บังกันเอง ถ้าเป็นวัสดุโปร่งแสงจะยิ่งดี เช่น แก้ว พลาสติกหรือพีวีซี เป็นต้น

ในการออกแบบอุปกรณ์ หรือเครื่องมือการทดลอง ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะครบทั้ง 10 ข้อข้างต้น เพราะเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก แต่ถ้ามีคุณสมบัติตรงกับที่ตั้งไว้มากก็จะเป็นผลดี ในเวลานำเครื่องมือไปใช้สอนจริง

ตัวอย่างการออกแบบสร้างเครื่องมือทดลอง

เรื่อง “การเกิดลมพัด หรือการพาความร้อนของแก๊ส”

(ที่มา : โช สาลีฉิน. (2534) เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. หน้า 21-26)

การสร้างเครื่องมือทดลอง เรื่อง “การเกิดลมพัด หรือการพาความร้อนของแก๊ส” มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือ

เครื่องมือนี้ใช้ทดลองเพื่อแสดงว่า “แก๊สได้รับความร้อนแล้วจะขยายตัว (มีความหนาแน่นน้อย)ลอยขึ้นข้างบน โดยนำความร้อนที่ได้รับไปถ่ายเทให้กับบริเวณที่ผ่านไป แก๊สที่เย็นกว่าซึ่งหนักกว่า(มีความหนาแน่นมาก)จะเคลื่อนที่เข้าไปแทนที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดลมพัด”

รูปที่ 13 เครื่องมือทดลองเรื่องการเกิดลมพัดหรือการพาความร้อนของแก๊ส  
(ที่มา : โช สาลีฉิน. (2534) เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์การสอนและ  
เครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. หน้า 22)

เมื่อพิจารณารูปเครื่องมือข้างต้น จะเห็นเป็นกล่องสี่เหลี่ยมด้านหน้ามีฝากระจกใสปิดสนิท และอีก 5 ด้านเป็นแผ่นไม้ปิดเป็นรูปกล่องปิดสนิทอากาศรั่วไม่ได้ ด้านบนมีท่อแก้ว 2 ท่อสวมรูที่เจาะไว้ 2 รู คือ ก. และ ข. ตรงท่อ ก. มีเทียนจุดไว้ด้านล่างของท่อ ด้านบนของท่อ ข. มีรูปจุดไว้เหนือปากท่อ 1 ดอก

เมื่อวิเคราะห์ดูหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆจะเห็นว่ากล่องที่เป็นไม้ 5 ด้านนั้น มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกรั่วเข้าไป ฝากระจกใสมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปและให้สามารถมองเห็นภายในกล่องได้ชัดเจนเพื่อสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในนั้น ท่อแก้วทางด้าน ก. มีหน้าที่เป็นช่องสำหรับให้อากาศหรือแก๊สร้อน ซึ่งเบากว่าไหลออก ท่อแก้วทางด้าน ข. มีหน้าที่เป็นช่องสำหรับให้อากาศเย็น ซึ่งหนักกว่าไหลเข้ารูปมีหน้าที่ทำให้เกิดควันเพื่อใช้เป็นตัวดัชนีสำหรับสังเกตการเคลื่อนที่ของอากาศหรือแก๊ส

การทำงานของเครื่องมือเริ่มต้นด้วยอากาศที่บริเวณเปลวเทียนได้รับความร้อนจะขยายตัวเบา แล้วลอยขึ้นด้านบนทางปล่อง ก. พาความร้อนไปถ่ายเทให้กับบริเวณที่ผ่านไป อากาศเย็นที่หนักกว่าทางบริเวณ ค. จะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่ไหลออกไปทาง ก. อากาศเย็นภายนอกทางปล่อง ข. ก็จะไหลเข้าไปแทนที่โดยไหลแทนที่ต่อๆเรียงกันตามลำดับ ทำให้อากาศ (แก๊ส) ไหลเคลื่อนที่เป็นลมพัดจากที่เย็นกว่าไปยังที่ร้อนกว่า โดยสังเกตดูควันรูปที่เคลื่อนที่ติดไปกับอากาศทำให้เราทราบได้ว่าอากาศ หรือลมเคลื่อนที่จากที่ไหนไปทางใด และมองเห็นได้ชัดเจนควันรูปไหลเข้าทางปล่อง ข. ผ่านบริเวณ ค. ผ่านเปลวเทียนแล้วไหลออกทางปล่อง ก.

หลักที่สำคัญของเครื่องมือนี้คือ ต้องมีภาชนะหรือกล่องใบหนึ่งอากาศเข้าออกทางอื่นไม่ได้นอกจากทางช่อง ก. และ ข. เท่านั้น ช่องหนึ่งสำหรับอากาศเย็นไหลเข้า (ท่อ ข.) อีกช่องหนึ่งสำหรับอากาศร้อนไหลออก (ท่อ ก.) ฉะนั้นหลักการทำงานของเครื่องมือนี้ก็คือต้องมีภาชนะใบหนึ่งเจาะรูหรือช่องไว้ 2 ช่อง ช่องหนึ่งอยู่เหนือเปลวเทียนที่จุดไว้ (แหล่งให้ความร้อน) เพื่อให้แก๊ส (อากาศ) ร้อนไหลออก อีกช่องหนึ่งสำหรับให้แก๊สเย็นไหลเข้าไปแทนที่แก๊สร้อนที่ไหลออกไป ดังนั้นภาชนะหรือกล่องนี้ไม่ควรมียอรั้วที่อื่นเลยนอกจาก 2 ช่องนี้

2. เลือกวัสดุสำหรับใช้ออกแบบสร้าง ถ้าเราจะสร้างตามรูปในหนังสือ เราอาจจะต้อง

ลงทุนสูง ฉะนั้นเราควรที่จะเลือกวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูกและใช้งานได้ดีเท่ากันหรืออาจจะดีกว่า เช่นเลือกจากวัสดุเหลือใช้ที่หาได้ง่ายตามทุกครัวเรือน อย่างเช่นขวดน้ำมันพืช ที่เป็นขวดพลาสติกใสนำมาตัดแล้วล้างให้สะอาด จะมองดูใสทำให้มองเห็นการทำงานของเครื่องมือขณะทดลองได้ชัดเจน วัสดุดังกล่าวอาจมีรูปร่างแตกต่างกันสามารถดัดแปลงใช้ได้ทุกแบบ แต่จะได้รูปร่างเครื่องมือที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ ส่วนหน้าที่การทำงานยังคงเดิม

3. ออกแบบและสร้าง เมื่อเลือกวัสดุได้ตามข้อ 2 ให้นำวัสดุเหล่านั้นมาพิจารณา ดำเนินการออกแบบโดยนำวัสดุเหล่านั้นมาวางรวมอยู่ด้วยกัน ควรมีปากกา ดินสอ และกระดาษ สำหรับเขียนรายละเอียดต่างๆของการออกแบบไว้ด้วย พิจารณาที่วัสดุต่างๆที่มีอยู่และนึกถึงวัสดุต่างๆของเครื่องมือ และหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนเหล่านั้นตามข้อ 1 พิจารณาดูว่าวัสดุที่มีอยู่นั้นจะนำไปทำชิ้นส่วนของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่กำลังออกแบบสร้างได้อย่างไร จะต้องดัดแปลงปรับปรุงอะไรและอย่างไรอีกบ้าง จะตัด จะเจาะ จะต่อ จะดัด และจะเชื่อมตรงไหน จะทำด้วยวิธีการอย่างไร ฯลฯ จะต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ จนกระทั่งมองเห็นได้ว่า เมื่อสำเร็จแล้วจะได้รูปร่างออกมาเป็นรูปร่างอย่างไร ในขณะที่พิจารณาออกแบบอยู่นี้ ควรเขียนภาพแบบร่างอย่างคร่าวๆไว้ด้วย ขณะคิดเปลี่ยนแปลงแก้ไข เมื่อแน่ใจว่าจะได้แบบที่สมบูรณ์แล้วจึงวาดภาพชนิดสมบูรณ์แสดงสัดส่วนและรายละเอียดต่างๆไว้ใช้เป็นแบบสำหรับดูเพื่อดำเนินการสร้าง ในการออกแบบเครื่องมือจะเห็นได้ว่าเราเลือกขวดน้ำมันพืชสำหรับสร้างไว้ 3 แบบ คือแบบมีหูหิ้ว แบบรูปขวดตรง และแบบรูปทรงขวดคอด ดังรูป (1) (2) และ (3)

#### รูปที่ 14 ขวดน้ำมันพืชแบบต่างๆ

(ที่มา : โช สาสัจฉิน. (2534) เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. หน้า 24)

จากรูปจะเห็นว่าขวดน้ำมันพืชแต่ละใบมีช่องเพียง 1 ช่อง คือปากขวด แต่ในเครื่องมือจะต้องมี 2 ช่อง มีความจำเป็นจะต้องหาทางสร้างชิ้นใหม่อีก 1 ช่อง ถ้าเอาเทียนใส่ลงไปขวดไอร้อนจะขึ้นมาทางปากขวด คอคอดจะถูกความร้อนหลอมเหลวและไหม้ จำเป็นต้องตัดคอขวดออกตามแนว ก-ข ทำให้ได้ช่องกว้าง ไอร้อนก็ไม่อาจทำให้คอขวดหลอมเหลวและไหม้ได้ ส่วน

อีก 2 ใบจะต้องเจาะรูด้านข้างอีก 1 รู ก็จะใช้ทำการทดลองได้ การเอาเทียนใส่ในขวดจะลำบาก ถ้าตัดกันขวดตามแนว ค-ง ก็ทำให้การใส่เทียนง่าย เพียงแต่จุดเทียนตั้งบนพื้นแล้วยกขวดครอบเทียนจะยิ่งสะดวกมากขึ้นดังรูปที่ 15

รูปที่ 15 การจุดเทียนใส่เครื่องมือที่สร้างขึ้น  
(ที่มา : โช สาลีฉิน. (2534) เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. หน้า 24)

สำหรับแบบที่ (2) และ (3) ถ้าเอาคอขวดที่ตัดออกมาเสียบเข้าตรงช่องที่เจาะ โดยเชื่อมโยงให้ปิดสนิท จะยิ่งสวยงาม ดังรูปที่ 16

รูปที่ 16 การนำคอขวดมาเชื่อมให้เครื่องมือสวยงาม  
(ที่มา : โช สาลีฉิน. (2534) เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. หน้า 25)

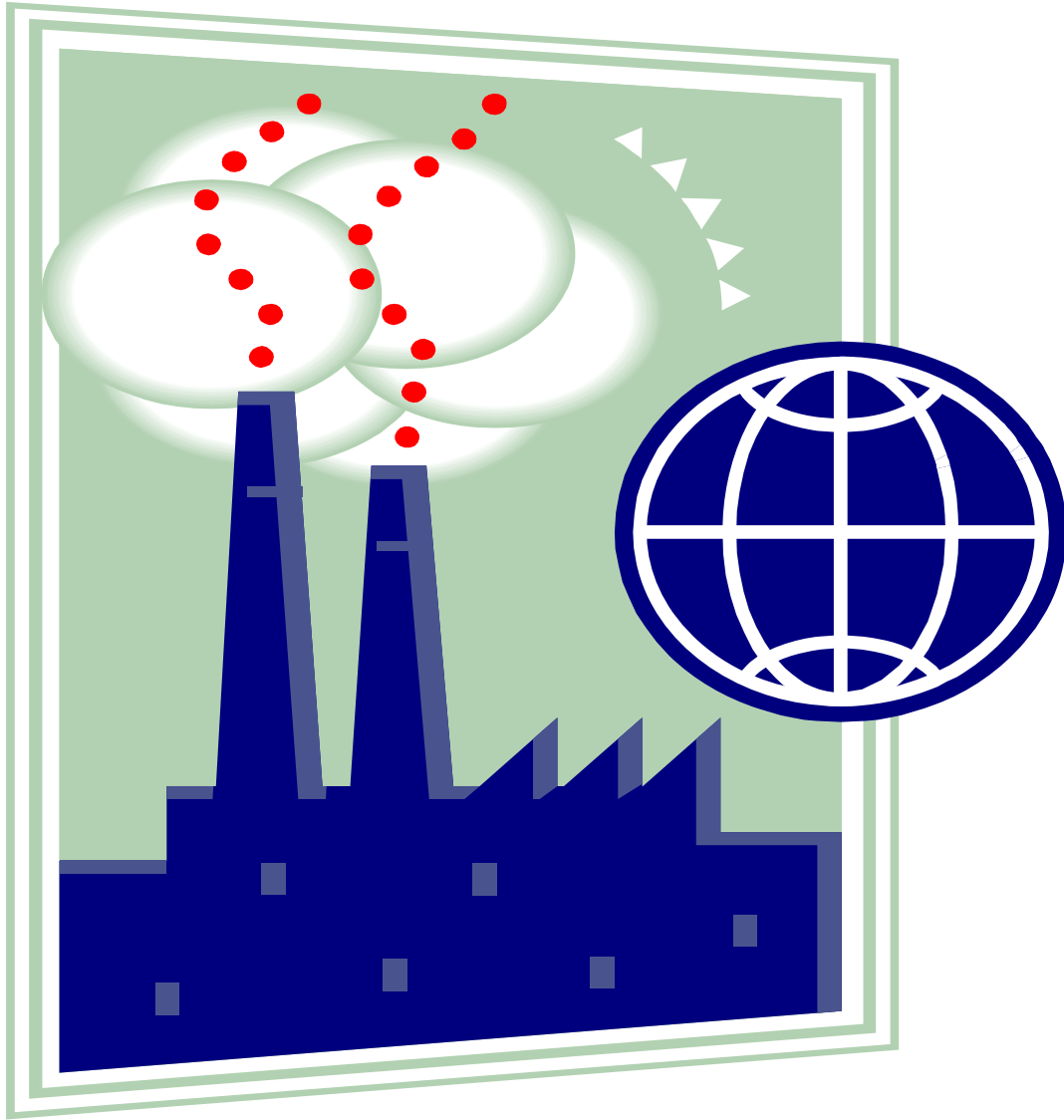
สำหรับขวดแบบที่ (2) และ (3) อาจตัดแปลงเจาะรูด้านข้างให้กว้าง ปากขวดไม่ตัดก็ได้  
ดังรูปที่ 17

รูปที่ 17 การดัดแปลงเจาะรูด้านข้างให้กว้าง  
(ที่มา : โช สาลีฉิน. (2534) เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้างอุปกรณ์การสอนและ  
เครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. หน้า 25)

ความคิดดังกล่าวก็พอจะใช้ได้ดี เมื่อแน่ใจว่าดีแล้วก็ต้องเขียนรูปแสดงสัดส่วนและรายละเอียดไว้ ต่อจากนั้นก็ลงมือสร้างตามแบบที่ออกแบบไว้เพื่อให้เสร็จสมบูรณ์

4. ทำการทดลองตรวจสอบอุปกรณ์ และเครื่องมือที่สร้าง นำเครื่องมือทุกชุดที่สร้างขึ้นมาทำการทดลองตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆว่าทำงานครบถ้วนหรือไม่ โดยนำเทียนไขไปวางตรงช่องรูใหญ่ที่ตัดออกหรือเจาะรูไว้ ต่อมานำรูปที่จุดไว้มีควันไปวางไว้ตรงอีกช่องหนึ่งที่เหลือตามรูป ทำการสังเกตและตรวจดูว่าควันรูปไหลเข้าไปในขวดน้ำมันพืชและไหลออกทางช่องบน ซึ่งเป็นช่องใหญ่หรือไม่ ถ้าไหลออกดีแสดงว่าเครื่องมือนี้ทำงานได้ดี สามารถใช้เป็นเครื่องมือหรือต้นแบบได้ ก็เสร็จสิ้นเพียงขั้นที่ 4 แต่ถ้าควันรูปไหลเข้าน้อยหรือไม่ไหลเข้าไปเลย แสดงว่าเครื่องมือนี้ยังมีข้อบกพร่องต้องนำไปแก้ไขในขั้นที่ 5 ต่อไป

5. ทำการปรับปรุงแก้ไข ถ้านำอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สร้างขึ้นมานั้นไปทำการทดลองตามขั้นที่ 4 แล้วปรากฏว่าชิ้นส่วนต่างๆไม่ทำงาน หรือทำงานได้ไม่ดีไม่ได้ผลตามเป้าหมาย แสดงว่าต้องมีข้อบกพร่องของชิ้นส่วนต่างๆ เหล่านั้นหรือออกแบบไว้ไม่ดี ต้องนำอุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้นมาทำการปรับปรุงแก้ไขเสียใหม่ ต้องพิจารณาหาสาเหตุว่าเป็นเพราะเหตุใดควันรูปจึงไม่ไหลเข้าไปในตัวเครื่องมือที่สร้างนั้น และไปออกอีกช่องหนึ่ง ซึ่งอาจจะมีสาเหตุได้หลายอย่าง เราต้องตั้งสมมติฐานของสาเหตุไว้ เช่น มีอากาศรั่วเข้าทางอื่นได้ เป็นต้นว่าไหลเข้าทางก้นด้านล่าง ไหลเข้าตรงรอยต่อของท่อ ฯลฯ เราต้องลองใช้น้ำราดพื้นเพื่อป้องกันอากาศรั่วเข้าทางด้านล่าง จะใช้ดินเหนียวหรือดินน้ำมันอุดก็ได้ลองทดลองอุดดูทุกจุดที่สงสัย ก็จะพบว่าอะไรเป็นสาเหตุและอยู่ ณ จุดใดได้ เมื่อพบแล้วก็จัดการแก้ไขแล้วนำไปทดลองตรวจสอบในขั้นที่ 4 ใหม่ ปฏิบัติซ้ำในขั้นที่ 4 และ 5 จนกว่าเครื่องมือจะทำงานได้ตามต้องการ



การเรียนการสอนยุคใหม่ต้องสอนให้ผู้เรียน คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้  
แบบฝึกหัดท้ายบท

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงบอกหลักเกณฑ์ในการประดิษฐ์อุปกรณ์และเครื่องมือทดลองวิชาเคมี

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

2. ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีควรเป็นอย่างไรจงอธิบาย

.....



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

3. จงบอกแหล่งที่ท่านสามารถหาวัสดุมาทำอุปกรณ์ประกอบการสอนวิชาเคมี มา 5 แหล่ง พร้อมยกตัวอย่างวัสดุที่สามารถหาได้จากแหล่งต่างๆ

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

4. จงสร้างอุปกรณ์ประกอบการสอนวิชาเคมีตามเนื้อหาสาระที่ท่านถนัดมา 1 ชิ้นและบอกขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว

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