T-EDU-O-160-04

การกำหนดเนื้อหาและวิธีการสอนวิชาในหลักสูตรวิศวกรรมเคมีภาษาไทย

Selection of Content and Teaching Methods for Subjects in the Chemical Engineering Curriculum

ผึ่งผาย พรรณวดี[1]

Phungphai Phanawadee[1]

[1]*Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University*

*ติดต่อ E-mail:fengphi@ku.ac.th,เบอร์โทรศัพท์:0814887244

บทคัดย่อ

การสอนให้มีประสิทธิผลเป็นประเด็นที่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักศึกษาเป็นคนหนุ่มสาวยุคสังคมดิจิตอล การสอนแบบบรรยายเป็นหลักไม่น่าจะเหมาะกับคนรุ่นนี้ การสอนแบบให้นักศึกษามีส่วนร่วมได้รับความสนใจมากขึ้นตามลำดับ อย่างไรก็ดี ประเด็นสำคัญประเด็นหนึ่งคืออาจารย์ผู้สอนทุกคนในหลักสูตร ต้องเข้าใจตรงกันในเรื่องของวัตถุประสงค์ของหลักสูตร โดยทั่วไปวัตถุประสงค์หลักของหลักสูตรวิศวกรรมเคมี คือ บัณฑิตสามารถออกแบบ และกำหนดสภาวะการปฏิบัติการของกระบวนการและหน่วยผลิต วัตถุประสงค์รองอาจแตกต่างกันในแต่ละสถาบัน ผู้สอนต้องกำหนดเนื้อหาและวิธีการสอนที่เหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวิชาที่เชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร การประเมินผลและการเลือกประสบการณ์เรียนรู้ให้กับนักศึกษา เช่นงานที่อาจารย์กำหนดให้นักศึกษาทำก็ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและของวิชาด้วย และเป็นเรื่องจำเป็นที่นักศึกษาต้องทราบวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและของวิชา ผู้สอนยังควรสอนเพื่อให้นิสิตได้เชื่อมโยงเนื้อหาสาระของวิชาที่สอนกับวิชาอื่นๆ โดยไม่รอให้นักศึกษาเรียนวิชาออกแบบอุปกรณ์/โรงงาน หรือทำโครงงานในปีสุดท้าย จึงจะเชื่อมโยงหรือบูรณาการเนื้อหาสาระของวิชาต่างๆในหลักสูตร ทั้งนี้เป็นหน้าที่ของอาจารย์ทุกคน เพื่อสร้างแรงจูงใจและทำให้นักศึกษาเรียนอย่างมีทิศทางตั้งแต่ต้น ประเด็นอื่นที่ร่วมกำหนดวิธีการสอนและประสบการณ์การเรียนรู้คือลักษณะเฉพาะของบัณฑิตที่เป็นอัตลักษณ์ของสถาบัน

คำสำคัญ:หลักสูตรวิศวกรรมเคมี, วัตถุประสงค์ของหลักสูตร, วิธีการสอน, การกำหนดเนื้อหา

Abstract

Effective teaching for students in a digital society is an important issue. Lecture-based teaching seems to be not suitable. Active learning technique becomes more attractive. However, one important concern is that all lecturers in the program have to agree with the objectives of curriculum. The main objective of the chemical engineering curriculum is generally described as that the graduates can design and operate the processes/production units. Other minor objectives may differ for different institutes. Selection of content and teaching methods for each subject must be in accordance with the subject objectives that are in line with the curriculum objectives. . Student evaluation and selection of learning experiences have to follow the subject and curriculum objectives. It is also necessary that students know the subject and curriculum objectives. In addition, lecturers should show connection among subjects as early as possible rather than doing it only in the equipment/plant design classes or letting students learn when they work on projects when they are senior. This would help students having motivation and being on the right track from the beginning. Desired graduate characteristics defined by the institute should also be concerned when selecting methods of teaching and learning experiences.
Keywords: Chemical Engineering Curriculum, Curriculum Objectives, Teaching Methods, Selection of Content

บทนำ

การวางแผนการสอนและการกำหนดวิธีการสอนของอาจารย์ในยุคปัจจุบันยุ่งยากกว่าแต่ก่อน เนื่องจากคนหนุ่มสาวยุคดิจิตอลแตกต่างจากคนในยุคก่อนๆอย่างเห็นได้ชัด ผนวกกับแรงกดดันจากระบบประกันคุณภาพที่กำหนดให้อาจารย์ต้องสอนอย่างมีประสิทธิผล เทคนิคการสอนหลายแบบเป็นที่สนใจมากขึ้น อาจารย์บางท่านให้ความเห็นว่าอาจารย์ยุคใหม่ต้องสร้างความบันเทิงในห้องเรียนเพื่อทำให้นักศึกษาสนใจที่จะเข้าเรียน อาจารย์บางท่านให้ความเห็นว่าความสนใจในบทเรียนขึ้นกับความสำคัญของเนื้อหาสาระที่สอน ปัจจุบันการสอนแบบที่นักศึกษามีส่วนร่วมได้ถูกเผยแพร่ และได้รับการยอมรับมากขึ้นตามลำดับ อย่างไรก็ดี เทคนิคการสอนที่อาจารย์เลือกย่อมขึ้นกับบุคคลิกของอาจารย์เองด้วย

ในความเห็นของผู้เขียน ถึงแม้เทคนิคการสอนมีความสำคัญ แต่ก็มีประเด็นสำคัญอื่นๆที่สำคัญและมักถูกมองข้าม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ใหม่ที่เพิ่งจบการศึกษา และได้รับมอบหมายให้สอนเป็นครั้งแรก สังเกตได้ว่าอาจารย์ใหม่มักเตรียมการสอนโดยมุ่งเน้นเพียงเนื้อหาสาระของวิชา และปริมาณเนื้อหาที่สอนมากเกินไป การประเมินนักศึกษาหรือการออกข้อสอบก็มักจะอิงกับเนื้อหาที่สอน โดยละเลยวัตถุประสงค์ของวิชาหรือวัตถุประสงค์ของหลักสูตร นอกจากนี้ การสอนของอาจารย์จำนวนมากมักจะไม่เกี่ยวโยงกับลักษณะเฉพาะของ

บัณฑิตที่สถาบันกำหนดให้เป็นอัตลักษณ์ ในบทความนี้ ผู้เขียนจะนำเสนอประเด็นสำคัญที่อาจารย์ผู้สอนต้องคำนึงถึงในการกำหนดเนื้อหาและวิธีการสอน ประเด็นเหล่านี้ ได้แก่ วัตถุประสงค์ของหลักสูตร วัตถุประสงค์ของวิชา ปริมาณเนื้อหาที่เหมาะสม ความเชื่อมโยงของวิชา และลักษณะพึงประสงค์ของบัณฑิต

วัตถุประสงค์ของของหลักสูตร

อาจารย์ในภาควิชาต้องมีความเข้าใจวัตถุประสงค์ของหลักสูตรตรงกัน วัตถุประสงค์ของหลักสูตรจะอธิบายว่าบัณฑิตที่จบหลักสูตรนี้จะมีความสามารถทำอะไรบ้าง (ไม่ใช่ รู้อะไรบ้าง) เมื่อดูจากข้อมูลเผยแพร่เกี่ยวกับอาชีพวิศวกรรมเคมีจากที่ต่างๆ ซึ่งอาจเขียนแตกต่างกันบ้าง แต่ก็พบว่ามีสิ่งที่เหมือนกันที่สรุปได้ว่ากิจกรรมที่วิศวกรเคมีทำได้เป็นหลักคือ การออกแบบและการปฏิบัติการ (design and operate) การปฏิบัติการในที่นี้หมายถึงการกำหนดสภาวะของการปฏิบัติการ ถ้าพูดด้วยภาษาง่ายๆก็คือการกำหนดกรรมวิธีการผลิต หากพิจารณาเนื้อหาวิชาต่างๆในหลักสูตร เช่นวิชาจลนพลศาสตร์ ถ้าโจทย์ถามขนาดปฏิกรณ์ ก็คือนักศึกษากำลังออกแบบ ถ้าโจทย์ถามอุณหภูมิที่ทำให้การแปลงผัน (conversion) เท่ากับร้อยละที่กำหนด ก็คือนักศึกษากำลังกำหนดสภาวะการปฏิบัติการ วิชา unit operations ก็ทำนองเดียวกัน ดังนั้นนักศึกษาจึงออกแบบตั้งแต่เรียนวิชาในปีที่ 3 การคำนวณหาขนาดของหน่วยผลิต ถือเป็นกิจกรรมการออกแบบ เพียงแต่การออกแบบโดยละเอียดจะทำในวิชาออกแบบอุปกรณ์

ผู้เขียนมีความเห็นว่าโดยทั่วไปวิศวกรเคมีที่จบจากสถาบันต่างๆย่อมต้องสามารถออกแบบและปฏิบัติการได้ วัตถุประสงค์หลักโดยทั่วไปมักระบุว่าบัณฑิตสามารถออกแบบและปฏิบัติการกระบวนการทางวิศวกรรมเคมี นอกจากนี้วิศวกรเคมียังสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ต้นทุนลดลงด้วย การปรับปรุงอาจทำโดยการปรับเปลี่ยนสภาวะการปฏิบัติการหรือการเพิ่มหน่วยผลิต การปรับปรุงนี้จึงอยู่ในขอบเขตของการออกแบบและปฏิบัติการกระบวนการทางวิศวกรรมเคมีด้วยเช่นกัน นักศึกษาควรทราบดีว่ากระบวนการทางวิศวกรรมเคมีเป็นกระบวนการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี/ทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมีหลายอย่าง เช่นจุดเดือด ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มข้น อุปกรณ์หรือหน่วยผลิตในกระบวนการทางวิศวกรรมเคมีคือปฏิกรณ์และการปฏิบัติการเฉพาะหน่วย (unit operations)

นอกจากวัตถุประสงค์หลักแล้ว แต่ละสถาบันยังมีวัตถุประสงค์รองที่อาจแตกต่างกันระหว่างสถาบัน สิ่งที่สำคัญคือ ไม่เพียงแต่อาจารย์ในหลักสูตรต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของหลักสูตร นักศึกษาก็ต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของหลักสูตรด้วย อย่างไรก็ดี อาจารย์ต้องทำความเข้าใจกับนักศึกษาด้วยว่า ถึงแม้หลักสูตรออกแบบมาด้วยวัตถุประสงค์ต่างๆเหล่านี้ แต่ในชีวิตจริง บัณฑิตมีงานที่กว้างขวางมาก หลายหน่วยงานในหลายบริษัทต้องการให้วิศวกรเคมีร่วมงานด้วย เช่น ฝ่ายจัดซื้อ เพราะวิศวกรจะเข้าใจความต้องการของฝ่ายผลิต และหากสามารถจัดซื้อได้อย่างมีประสิทธิผล ก็ย่อมจะลดต้นทุนการผลิตได้มาก หรือแม้แต่ฝ่ายขายของหลายบริษัทก็อยากได้วิศวกรเคมีร่วมงานด้วย เพราะวิศวกรเคมีสามารถเข้าใจความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว

วัตถุประสงค์ของวิชา

ผู้สอนต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของวิชาอย่างชัดเจนว่าเมื่อนักศึกษาเรียนวิชาที่สอนแล้วนักศึกษาจะสามารถทำอะไร และต้องเข้าใจว่าวิชานี้เชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรอย่างไร อาจารย์จะได้สอนอย่างมีทิศทาง และสามารถกำหนดเนื้อหาที่จะสอนได้อย่างเหมาะสม อาจารย์จะทราบว่าเนื้อหาส่วนใดสำคัญและต้องเน้นมากกว่าส่วนอื่น นอกจากนี้ผู้สอนยังต้องทำให้นักศึกษาเข้าใจและอธิบายได้เช่นกันว่าวัตถุประสงค์ของวิชาเกี่ยวโยงกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรอย่างไร เมื่อนักศึกษาเข้าใจวัตถุประสงค์ก็จะเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนและจะเรียนอย่างมีทิศทางด้วย เราสังเกตได้ว่านักศึกษาโดยทั่วไปไม่สามารถอธิบายสิ่งต่างๆเหล่านี้ได้

ปัญหาหนึ่งที่อาจารย์อาจพบได้บ่อยครั้งคือ นักศึกษา “เรียนแล้วลืม” นักศึกษาอาจจำเนื้อหาบางอย่างเป็นชิ้นเล็กๆ แต่ไม่มีภาพรวมชัดเจนของเนื้อหาทั้งหมดและไม่เห็นบทบาทของแต่ละวิชาที่จะใช้ในวิชาชีพ “เรียนแล้วลืม” เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นง่ายเมื่อนักศึกษาไม่ทราบวัตถุประสงค์ของวิชาที่โยงกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร วัตถุประสงค์ของหลักสูตรและวัตถุประสงค์ของวิชาถือเป็นโครงหลัก โดยมีเนื้อหาสาระของแต่ละวิชาวางอยู่บนโครงนี้ หากนักศึกษาไม่มีโครงหลักในใจก็จะมีโอกาสที่จะเรียนแล้วลืม อาจารย์ทราบดีว่าบริษัทหลายแห่งให้ความสำคัญกับการสอบสัมภาษณ์เชิงเทคนิค และสภาวะ “เรียนแล้วลืม” ของบัณฑิตย่อมส่งผลเชิงลบกับการพิจารณารับเข้าทำงาน จึงเป็นหน้าที่ของอาจารย์ที่จะต้องเน้นเรื่องวัตถุประสงค์อยู่เสมอในชั้นเรียน

ในแต่ละวิชาเพื่อเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับนักศึกษา อาจารย์จะเลือกกำหนดกิจกรรมหรืองานให้นักศึกษาทำ เช่นการบ้าน โครงงาน การแลกเปลี่ยนความเห็น ฯลฯ อาจารย์ต้องไม่ลืมว่ากิจกรรมหรืองานที่มอบหมายต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวิชา การประเมินหรือการออกข้อสอบก็เช่นกัน ต้องยึดวัตถุประสงค์ของวิชา[1] ไม่ใช่เพียงสนใจเนื้อหาสาระ ผู้เขียนขอยกตัวอย่างเช่น วิชาอุณหพลศาสตร์วิศวกรรมเคมี1 มีวัตถุประสงค์หลักคือ นักศึกษาสามารถหาความร้อนและงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ดังนั้น ข้อสอบที่ถามเพียงการเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปี จึงมีความเหมาะสมน้อยกว่าการหาความงานที่คำนวณผ่านการเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปี

เนื้อหาที่เหมาะสม

เนื้อหาที่กำหนดในแต่ละวิชาต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวิชา ผู้เขียนมีความเห็นว่าอาจารย์บางท่านโดยเฉพาะอาจารย์ใหม่จะบรรจุเนื้อหามากเกินไป ปัจจุบันอาจารย์จำนวนหนึ่งเริ่มสนใจการสอนแบบนักศึกษามีส่วนร่วม แต่มักเกรงว่าจะทำให้สอนบทเรียนไม่ทัน ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะปริมาณเนื้อหามากเกินความจำเป็น ผู้เขียนมีความเห็นว่า นักศึกษาต้องพัฒนาพื้นฐานให้เข้มแข็ง เพื่อที่จะสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ด้วยตนเอง อาจารย์อาจสอนภาพกว้างที่ครอบคลุม โดยให้รายละเอียดเฉพาะเรื่องที่เป็นพื้นฐานสำคัญ หากไม่สอนมากเกินไป อาจารย์จะสามารถเน้นสิ่งสำคัญ โดยเน้นบ่อยๆได้ ส่วนจะเน้นโดยวิธีใดก็ตามความถนัดของอาจารย์แต่ละคน ผู้เขียนมักเน้นโดยการให้นักศึกษาทำ quiz ซึ่งสามารถทำซ้ำๆสำหรับเนื้อหาที่ถือว่าสำคัญ

ผู้เขียนเคยได้รับความเห็นจากบัณฑิตให้สอนนักศึกษาในลักษณะที่เป็นการฝึกนักศึกษาเพื่อการสอบสัมภาษณ์ด้วย การสอนในลักษณะนี้สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการเน้นเนื้อหาสำคัญภายใต้กรอบของภาพรวม เราสามารถทำได้หลายวิธีเช่นการถามให้นักศึกษาได้ฝึกตอบในชั้นเรียนในลักษณะบรรยาย ข้อสอบก็ไม่ควรมีแต่การคำนวณ แต่ต้องมีแบบบรรยายด้วย คำถามที่ดีควรเป็นคำถามในเชิงเหตุผล จึงควรเริ่มคำถามด้วย “ทำไม” การตอบคำถามแบบนี้ไม่เพียงทำให้นักศึกษาเข้าใจบทเรียน แต่ยังเป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาได้คิดแบบมีตรรกะด้วย ผู้รู้ถือว่า “ทำไม” เป็นคำสำคัญในกระบวนการคิดแบบมีตรรกะ [2]

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการเน้นพื้นฐานในวิชาอุณหพลศาสตร์ นักศึกษามักไม่เข้าใจตัวแปรบางตัว ทั้งๆที่เป็นเรื่องไม่ยาก นักศึกษาที่เรียนวิชาอุณหพลศาสตร์ต้องตอบได้ว่า เอนทาลปีคืออะไร ไม่มีคำตอบใดที่ดีกว่านิยามของมัน ซึ่งก็คือ พลังงานภายในบวกกับผลคูณระหว่างความดันและปริมาตร เพียงแต่นักศึกษาต้องเข้าใจว่าทำไมจึงนิยามแบบนี้ (ผู้เขียนมักถามนักศึกษาว่า เอนทาลปีเกิดมาทำไม) เมื่อนักศึกษาตอบคำถามดังกล่าวนี้ได้ นักศึกษาจะเข้าใจได้ว่า ถ้าไม่มีนิยามเอนทาลปี เราก็ยังทำดุลพลังงานได้ เพียงแต่จะยุ่งยากขึ้นเพราะต้องเอาพลังงานภายในบวกกับผลคูณระหว่างความดันและปริมาตร นอกจากนี้ ในวิชานี้ นักศึกษามักสับสนระหว่างเอนทาลปีกับความร้อน เช่นถ้ามีมวลที่อุณหภูมิสูงไหลเข้าระบบ นักศึกษาจำนวนมากมักจะเข้าใจผิด คิดว่าความร้อนไหลเข้าระบบตามมวลที่ไหลเข้าระบบ อาจารย์ต้องเน้นบ่อยๆว่า เมื่อมวลไหล เอนทาลปีก็ไหล ในขณะที่ความร้อนคือพลังงานที่ถ่ายโอนเข้าหรือออกจากระบบ (ข้าม boundary) เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสองข้างของ boundary

ความเชื่อมโยงของแต่ละวิชา

โดยปกติ การบูรณาการเนื้อหาแต่ละวิชามักทำในวิชาออกแบบอุปกรณ์/โรงงาน รวมทั้งการทำโครงงานวิศวกรรมเคมีเมื่อนักศึกษาขึ้นชั้นปีที่ 4 ผู้เขียนมีความเห็นว่าการบูรณาการไม่ควรรอจนนักศึกษาขึ้นชั้นปีที่ 4 นักศึกษาควรเข้าใจความเชื่อมโยงของเนื้อหาในละวิชาตั้งแต่ในช่วงเริ่มต้น และควรบูรณาการได้อย่างน้อยก็ระดับหนึ่งก่อนจะขึ้นชั้นปี 4 ผู้เขียนขอยกตัวอย่างความเชื่อมโยงระหว่างอุณหพลศาสตร์กับการถ่ายโอนมวลระหว่างเฟสและระหว่างอุณหพลศาสตร์กับจลนพลศาสตร์

การถ่ายโอนมวลระหว่างเฟส

ผู้เขียนจะใช้กระบวนการดูดซึมก๊าซ (gas absorption) เป็นตัวอย่าง ในกระบวนการนี้ สมมติว่าสาร A ถ่ายโอนจากเฟสก๊าซไปยังเฟสของเหลว ในที่นี้ ผู้เขียนให้ความสนใจประเด็นการเลือกแรงขับ แรงขับที่เหมาะสมเป็นแรงขับที่เท่ากับศูนย์เมื่ออยู่ที่สถานะสมดุลเฟส และแรงขับมีค่าสูงเมื่อสถานะอยู่ไกลจากสถานะสมดุลเฟส ในวิชาอุณหพลศาสตร์ ที่สถานะสมดุล เราเขียนได้ว่า [3]

$$\hat{f}_A^V = \hat{f}_A^L \tag{1}$$

$\hat{f}_A^V$ และ $\hat{f}_A^L$ คือ fugacity ของ A ในเฟสก๊าซและเฟสของเหลวตามลำดับ
ที่สถานะสมดุลเฟส ไม่มีการแพร่ของสาร A จากเฟสก๊าซไปยังเฟสของเหลว หากสาร A จะแพร่จากเฟสก๊าซไปยังเฟสของเหลว $\hat{f}_A^V$ ต้องมีค่าสูงกว่า $\hat{f}_A^L$ และผลต่างของสองตัวนี้เหมาะจะเป็นแรงขับ
เราจึงเขียนสมการอัตราเร็วของการถ่ายโอนต่อพื้นที่ระหว่างเฟสดังนี้

$$flux = k(\hat{f}_A^V - \hat{f}_A^L) \tag{2}$$

สมการที่ (2) เขียนในรูปของสัมประสิทธิ์คูณกับแรงขับ สมมติว่าแบบจำลอง Modified Raoult's law [3] ใช้ได้ เราเขียนว่า

$$\hat{f}_A^V - \hat{f}_A^L = y_A P - \gamma_A x_A P_A^{sat} \tag{3}$$

ที่สถานะสมดุลเฟส เราเขียนได้ว่า

$$\gamma_A x_A P_A^{sat} = y_A^* P \tag{4}$$

y_A^* คือค่า y_A ที่สถานะสมดุลเมื่อเฟสของเหลวมีเศษส่วนโมลของ A เท่ากับค่า x_A ในขณะนั้นหรือ ณ พิกัดนั้น
จากสมการที่ (3) และ (4) เราสามารถเขียน

$$\hat{f}_A^V - \hat{f}_A^L = y_A P - y_A^* P \tag{5}$$

สมการที่ (2) กลายเป็น

$$flux = kP(y_A - y_A^*) = k'(y_A - y_A^*) \tag{6}$$

สมการที่ (6) มีรูปแบบที่คุ้นเคยกว่าสมการที่ (2) ทั้งสองสมการแสดงว่าอุณหพลศาสตร์มีบทบาทในการกำหนดแรงขับ ถ้าสถานะอยู่ไกลจากสมดุล แรงขับและอัตราเร็วจะสูง เมื่อสถานะเข้าใกล้สมดุล แรงขับและอัตราเร็วจะต่ำ และเมื่อสถานะอยู่ที่สมดุล แรงขับและอัตราเร็วจะเท่ากับศูนย์ หลักการนี้เป็นหลักการทั่วไปที่

สำคัญ เนื้อหาที่นักศึกษาคุ้นเคยคือการถ่ายโอนความร้อนที่แรงขับคือความแตกต่างของอุณหภูมิ เมื่อถึงสถานะสมดุลทางความร้อน (thermal equilibrium) แรงขับหรือความแตกต่างของอุณหภูมิเท่ากับศูนย์ ก็คืออัตราการถ่ายโอนความร้อนเท่ากับศูนย์ และเมื่อระบบอยู่ไกลจากสมดุล แรงขับจะสูง และอัตราการถ่ายโอนก็สูง หลักการนี้ประยุกต์ใช้กับจลนพลศาสตร์เช่นเดียวกัน

จลนพลศาสตร์

สมมติว่าเราสนใจปฏิกิริยาผันกลับได้ (reversible reaction) ในเฟสก๊าซ

$$A + B = C + D \tag{7}$$

สำหรับแบบจำลองอย่างง่าย อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นกับความดันย่อยดังนี้

$$-r_A = k_1 P_A P_B - k_2 P_C P_D \tag{8}$$

สมการที่ (8) สามารถเขียนได้เป็น

$$-r_A = k_1 P_A P_B (1 - \frac{P_C P_D}{K_P P_A P_B}) \tag{9}$$

โดยที่ $K_P = \frac{k_1}{k_2}$ และ K_P คือ ค่าคงที่สมดุลปฏิกิริยาเคมี และตามวิชาอุณหพลศาสตร์ [3] ที่สถานะสมดุลสำหรับก๊าซอุดมคติ

$$K_P = \Pi P_i^{\nu_i} = \frac{P_C P_D}{P_A P_B} \tag{10}$$

สมการที่ (10) สามารถจัดได้เป็น

$$1 - \frac{P_C P_D}{K_P P_A P_B} = 0 \tag{11}$$

เทอม $(1 - \frac{P_C P_D}{K_P P_A P_B})$ เป็นเทอมทางอุณหพลศาสตร์ที่ปรากฏในสมการที่ (9) และเทอมนี้มีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อถึงสถานะสมดุล อัตราเร็วของปฏิกิริยาจึงมีค่ากับศูนย์ที่สถานะสมดุล

เรากล่าวได้ว่าอัตราเร็วเท่ากับสัมประสิทธิ์คูณกับแรงขับ ในที่นี้แรงขับคือ $P_A P_B (1 - \frac{P_C P_D}{K_P P_A P_B})$ ซึ่งเท่ากับศูนย์เมื่อถึงสถานะสมดุล ในกรณีที่ปฏิกิริยาเกี่ยวข้องกับตัวเร่งปฏิกิริยา และแบบจำลองของปฏิกิริยาเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา เทอมทางอุณหพลศาสตร์จะปรากฏในนิพจน์อัตราเร็วเช่นเดียวกัน [4]

บทเรียนในระดับปริญญาตรีมักเน้นปฏิกิริยาไม่ผันกลับ ทั้งนี้ก็เพื่อให้สมการคณิตศาสตร์ง่ายต่อการหาปริมาตรของปฏิกรณ์ ทำให้นักศึกษาไม่เห็นความเชื่อมโยงระหว่างจลนพลศาสตร์กับอุณหพลศาสตร์ บทเรียนจึงควรต้องเน้นปฏิกิริยาผันกลับด้วย และนักศึกษาควรทราบว่าปฏิกิริยาส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ข้อความสำคัญที่อาจารย์ควรบอกนักศึกษาคือ ถึงแม้วิชาอุณหพลศาสตร์จะสนใจเพียงสถานะสมดุล แต่ข้อมูลทางอุณหพลศาสตร์มีบทบาทในการกำหนดขนาดของแรงขับและอัตราเร็ว ทั้งกรณีของอัตราเร็วของปฏิกิริยาและอัตราการถ่ายโอนมวลระหว่างเฟส

ลักษณะเฉพาะของบัณฑิต

เพื่อที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในอาชีพวิศวกร นอกจากความสามารถในเชิงเทคนิค บัณฑิตยังจำเป็นต้องมีลักษณะเฉพาะที่พึงประสงค์ เช่น ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น การสื่อสาร ความเป็นผู้นำ ความซื่อสัตย์ การพัฒนาหรือปลูกฝังลักษณะเฉพาะให้กับนักศึกษาเป็นหน้าที่สำคัญของอาจารย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันที่ได้ระบุอัตลักษณ์ของสถาบันหรือลักษณะเฉพาะที่พึงประสงค์ของบัณฑิตไว้ แต่เราคงปฏิเสธไม่ได้ว่าอาจารย์จำนวนหนึ่งไม่ได้ให้ความสำคัญกับการออกแบบวิธีสอนหรือกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาลักษณะพึงประสงค์ของนักศึกษาตามที่ระบุโดยสถาบัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากความสนใจของอาจารย์ที่มุ่งเน้นที่จะสอนเนื้อหาสาระของวิชา จนละเลยประเด็นสำคัญอื่นๆ

ในยุคสังคมดิจิตอลที่ความรู้ถูกเผยแพร่อย่างดาษดื่น ความเห็นหนึ่งที่เผยแพร่มากขึ้นคืออาจารย์อาจมีบทบาทน้อยลงในฐานะผู้สอนเนื้อหาเชิงวิชาการ อย่างไรก็ดี ถึงแม้นักศึกษามีโอกาสศึกษาด้วยตัวเองจากสื่อต่างๆ มากขึ้นกว่าเดิม การศึกษาเนื้อหาวิชาการจากสื่อทำให้นักศึกษาได้ความรู้เชิงวิชาการเพียงเท่านั้น นักศึกษาจะขาดประสบการณ์หลายอย่าง เช่นการทำกิจกรรมและการทำงานร่วมกับเพื่อนนักศึกษา ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะเฉพาะที่พึงประสงค์บางอย่าง หรืออาจขาดโอกาสที่จะถูกปลูกฝังจริยธรรมที่เกิดจากกิจกรรมในชั้นเรียนหรือในมหาวิทยาลัย ผู้เขียนมีความเห็นว่าห้องเรียนเปรียบเสมือนจุดนัดพบที่อาจารย์กับนักศึกษามีกิจกรรมร่วมกันด้านการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอตลอดภาคการศึกษา อาจารย์จึงควรใช้ห้องเรียนให้เป็นประโยชน์ โดยการกำหนดวิธีการสอนและออกแบบกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อให้นักศึกษาได้พัฒนาลักษณะพึงประสงค์ หรือได้รับการปลูกฝังจริยธรรมด้านต่างๆ เช่นจริยธรรมด้านความซื่อสัตย์ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ถูกระบุในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (2560-2564) หากอาจารย์เห็นความสำคัญก็สามารถออกแบบกิจกรรมเพื่อปลูกฝังความซื่อสัตย์ในชั้นเรียนได้ [5]

สรุป

การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผลเริ่มจากความชัดเจนของวัตถุประสงค์ของหลักสูตร อาจารย์ทุกคนเข้าใจตรงกันว่าวัตถุประสงค์ของหลักสูตรคืออะไร ทั้งวัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รอง การกำหนดเนื้อหาสาระของวิชาและประสบการณ์การเรียนรู้ของนักศึกษาต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวิชาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร นักศึกษาต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของวิชาและของหลักสูตรอย่างชัดเจนด้วย อาจารย์ควรทำให้นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาสำคัญ และไม่ควรสอนเนื้อหามากเกินไป เป็นการเปิดโอกาสให้อาจารย์สามารถใช้วิธีการสอนแบบที่ให้นักศึกษามีส่วนร่วมได้ด้วย

นอกจากนี้ การกำหนดวิธีการสอน งานที่มอบหมายและกิจกรรมในชั้นเรียนยังสามารถพัฒนาลักษณะพึงประสงค์ของบัณฑิตด้วย บัณฑิตควรทราบลักษณะพึงประสงค์ที่ระบุโดยสถาบันและทราบดีว่าพวกเขาได้ผ่านประสบการณ์อะไรที่ทำให้พวกเขาเป็นแบบนั้น จะเป็นเรื่องน่ายินดีสักเพียงใดหากนักศึกษาแสดงความภูมิใจที่จบจากสถาบันของตน โดยทุกคนบอกความภูมิใจด้วยเหตุผลเดียวกัน เช่น ภูมิใจเพราะสถาบันทำให้พวกเขาเป็นคนซื่อสัตย์ อย่างไรก็ดี เป็นเรื่องไม่ง่ายที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้ และถือเป็นความท้าทายอย่างหนึ่งสำหรับคณะผู้บริหารหลักสูตร

กิตติกรรมประกาศ

ความเห็นและข้อเสนอแนะหลายข้อที่นำเสนอในบทความนี้ได้จากบุคคลมากมายทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน ผู้เขียนขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1]Taba, H. (1962).Curriculum Development Theory and Practice. Harcourt, Brace and World: New York.

[2]Katsumi Nishimura แปลโดย รังสรรค์ เลิศในสัตย์ (2549). Logical Thinking คิดอย่างมีตรรกะ ชนะทุกเงื่อนไข. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[3]Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M. (2005). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7th Edition. McGraw Hill: Boston.

[4]Fogler, H. S. (2016).Elements of Chemical Reaction Engineering, 5th Edition. Pearson Education: Indiana.

[5]ผึ่งผาย พรรณวดี. (2560). กิจกรรมเพื่อปลูกฝังจริยธรรมด้านความซื่อสัตย์: กรณีศึกษาในชั้นเรียนวิชาอุณหพลศาสตร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27 (หน้า 681-683). กรุงเทพฯ: โรงแรมแชงกรี-ลา.