สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

โครงการการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ
ด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่๒)

คู่มือครู
วิชาคณิตศาสตร์

มัธยมศึกษาปีที่
๔-๖

สนับสนุนโดย
กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

ดำเนินการโดย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คำนำ

คู่มือครูนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เสริมในการเรียน การสอน ด้านพลังงานแบบบูรณาการของโครงการวิจัย “โครงการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่ 2)” ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ดำเนินการโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คู่มือครูนี้ได้ออกแบบและจัดทำให้สอดคล้องกับความรู้ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้นการศึกษาตามสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ คำศัพท์วิชาการที่ใช้ส่วนใหญ่อ้างอิงจาก พจนานุกรมศัพท์พลังงาน (อังกฤษ-ไทย) ราชบัณฑิตยสถาน (2551) โดยชุดคู่มือครูนี้ ได้ถูกแบ่งออกเป็น 8 สาระวิชาเพื่อให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังที่กล่าวมาข้างต้น คือ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศ และคณะทำงานได้จัดทำชุดสื่อการสอน (บัตรรูปภาพ/บัตรคำศัพท์, ชุดทดลอง, สื่อภาพเคลื่อนไหว อนิเมชั่นและโปรแกรมอินเตอร์แอคทีฟต่างๆ) เพื่อใช้ประกอบการสอนในชุดคู่มือครูนี้

นอกจากนี้คณะทำงานได้จัดทำหนังสือความรู้พื้นฐานด้านพลังงานสำหรับครูเพื่อใช้ในการอบรมครู โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่1 สำหรับชั้นประถมศึกษาและผู้ไม่มีพื้นฐานด้านพลังงาน ระดับที่2 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับที่3 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินโครงการนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและคุณครูทุกท่านที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในโครงการนี้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูชุดนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในประเทศไทยโดยมีการเพิ่มสาระด้านพลังงานเพื่อทำให้คุณครูสามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการเรียน การสอน ให้แก่นักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องของพลังงาน ตลอดจนสามารถนำไปปรับใช้กับชีวิตประจำวันทั้งในปัจจุบันและในอนาคตซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาพลังงานของประเทศไทยอย่างยั่งยืนสืบไป

คณะผู้จัดทำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.4

สารบัญ

คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.4

1. แผนผังสาระการเรียนรู้ 1

1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 1

1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 6 หัวข้อหลักดังแผนภาพ. 2

2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์ 3

2.1 การใช้สถิติและข้อมูลเพื่อศึกษาการใช้แก๊สธรรมชาติ การสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์อย่างง่ายจากข้อมูลในอดีตและการคาดการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติในอนาคต 4

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 4

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)..... 5

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 5

กิจกรรมที่ 1: แก๊สธรรมชาติจะใช้ได้อีกแค่ไหน? 6

2.2 การหาสัดส่วนการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในแต่ละภาคส่วน การคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวและเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง 18

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 18

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)..... 19

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 19

กิจกรรมที่ 2: แก๊สปิโตรเลียมเหลว 21

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้ 25

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม 28

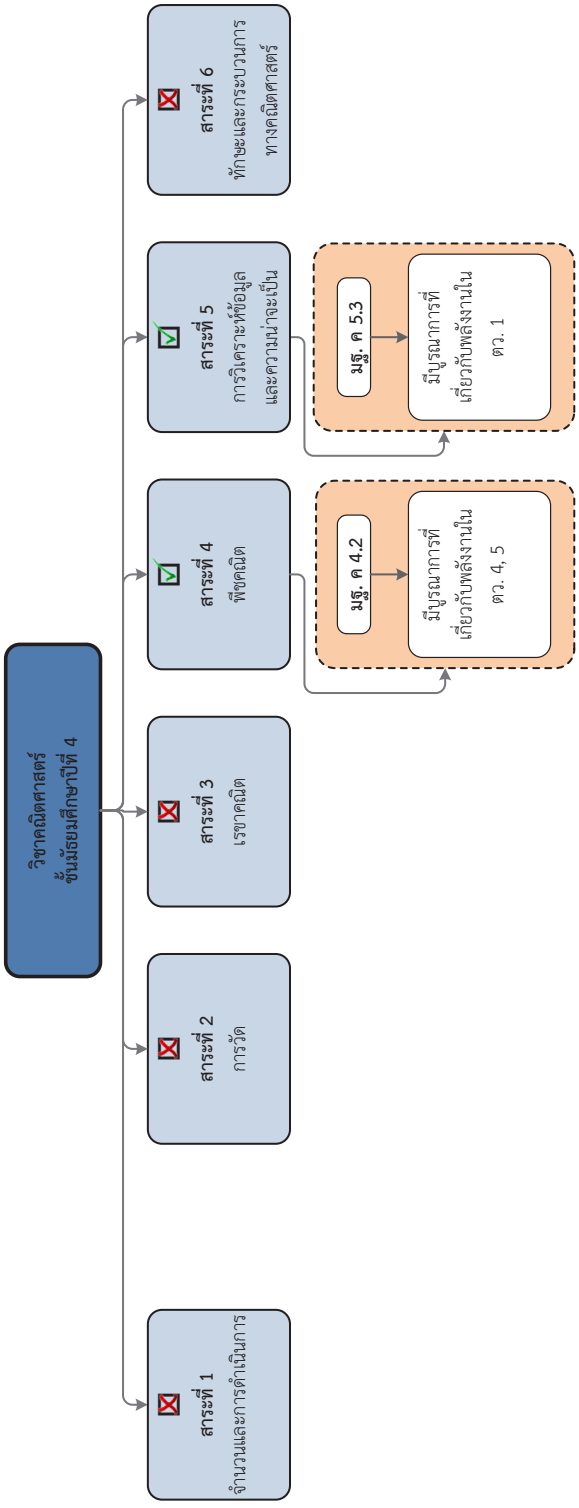
แบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.4

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 1: การคำนวณพลังงานจากเซลเชื้อเพลิง 30

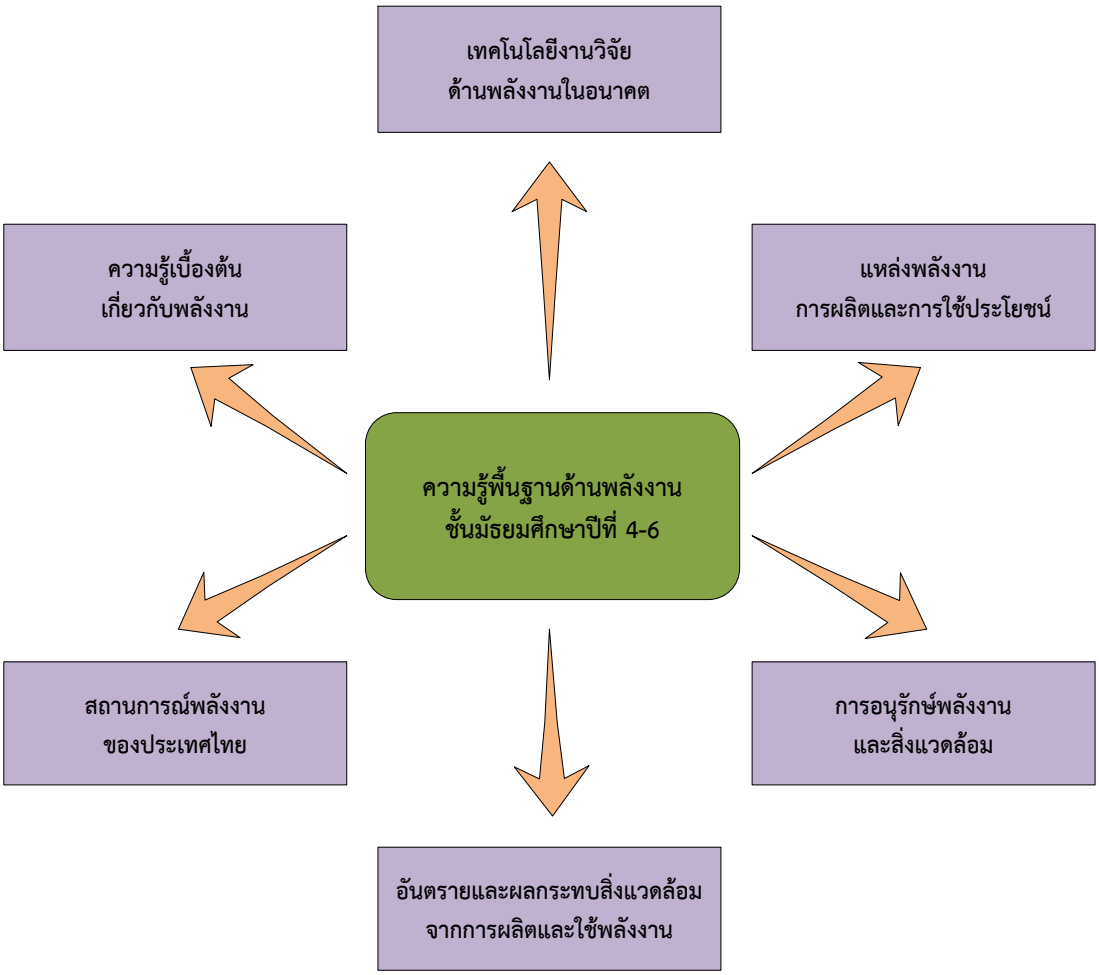
แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 2: แก๊สปิโตรเลียมเหลว 33

1. แผนผังสาระการเรียนรู้

1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551

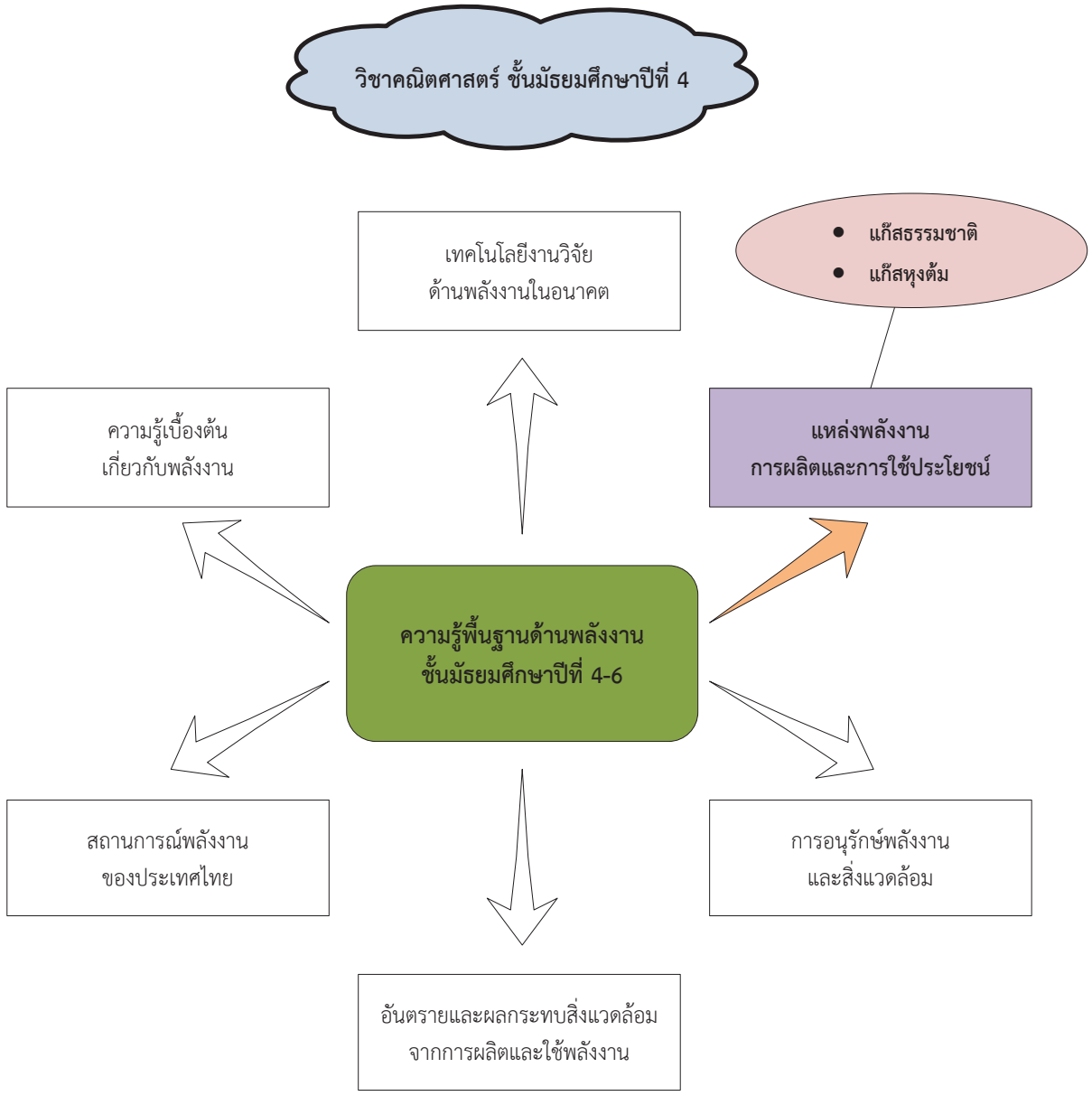


1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 6 หัวข้อหลักดังแผนภาพ



2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์

การบูรณาการสาระด้านพลังงานเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ด้านพลังงานที่เสริมในรายวิชา โดยเป็นความรู้ผ่านการเรียนรู้สาระแกนกลางพร้อมทั้งกิจกรรมเพื่อเสริมกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจในเรื่องของเทคโนโลยี การใช้ประโยชน์และผลกระทบทางด้านพลังงานดังหัวข้อต่อไปนี้



ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้จะเสริมความรู้เกี่ยวกับแก๊สธรรมชาติและแก๊สหุงต้ม รวมไปถึงสถานการณ์การผลิตและการใช้แก๊สธรรมชาติและแก๊สหุงต้มในประเทศไทย ผ่านการสร้างฟังก์ชันตามสถิติการใช้แก๊สธรรมชาติและแก๊สหุงต้ม เพื่อนำไปใช้คาดการณ์ความต้องการใช้ในอนาคต ทั้งนี้จะครอบคลุมสาระที่ 4 และ 5

2.1 การใช้สถิติและข้อมูลเพื่อศึกษาการใช้แก๊สธรรมชาติ การสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์อย่างง่ายจากข้อมูลในอดีตและการคาดการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติในอนาคต

การศึกษาข้อมูลการใช้แก๊สธรรมชาติในอดีตผ่านรูปแบบของกราฟ แล้วนำมาสร้างฟังก์ชันเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้แก๊สธรรชาติและการผลิตแก๊สธรรมชาติกับเวลา ทั้งนี้จะทำให้นักเรียนเห็นสถานการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติที่เกิดขึ้น เห็นว่าแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป เพื่อสร้างความตระหนักถึงปัญหาพลังงาน ทั้งนี้การบูรณาการด้านพลังงานครอบคลุมสาระที่ 4 และ 5

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงเซต และนำไปใช้แก้ปัญหา	• แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์
	2. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผลโดยใช้แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์	• การให้เหตุผล
	3. แก้สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง	• สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง
	4.สร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	• ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน
	5. ใช้กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชันในการแก้ปัญหา	• กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน และการนำไปใช้
	6. เข้าใจความหมายของผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้	• อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1.ใช้ข้อมูลข่าวสารและค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ	• สถิติและข้อมูล
	2. ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา	• ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

หมายเหตุ: ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เน้นในแถบสีเป็นสาระที่นำเอาองค์ความรู้ด้านพลังงานและกิจกรรมมาบูรณาการภายใต้หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 เฉพาะที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

แก๊สธรรมชาติ

แก๊สธรรมชาติ (natural gas) คือแก๊สเชื้อเพลิงที่มีแก๊สมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก (ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์) แก๊สส่วนที่เหลือได้แก่ อีเทน โพรเพน บิวเทน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์เป็นต้น แก๊สธรรมชาติเกิดจากการทับถมของสิ่งมีชีวิตนับล้านปี เนื่องจากแก๊สธรรมชาติมีสัดส่วนของคาร์บอนน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่าและปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อย แก๊สธรรมชาติมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าอากาศดังนั้นจึงเบากว่าและลอยขึ้นเมื่อรั่วไหลออกสู่ภายนอก (http://pttweb2.pttplc.com/webngv/kw_if.aspx) แก๊สธรรมชาติมีอีกชื่อหนึ่งที่คนไทยคุ้นเคยคือ NGV ซึ่งย่อมาจาก Natural gas for Vehicle ซึ่งหมายถึงแก๊สธรรมชาติที่เอาไปใช้ในอุตสาหกรรมและขนส่ง ประเทศไทยเริ่มผลิตแก๊สธรรมชาติในปี พ.ศ. 2524 จากแหล่งเอราวัณ ต่อมาได้มีการผลิตมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2555 มีการผลิตอยู่ในระดับ 4,994 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน และนำเข้า 950 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน การใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศไทยแบ่งได้ 4 ประเภทหลักคือ ใช้เพื่อผลิตไฟฟ้า 58.9 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในโรงแยกแก๊ส 21.1 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในภาคอุตสาหกรรม 13.8 เปอร์เซ็นต์ และใช้ในการขนส่ง 6.1 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน)

กิจกรรมที่ 1: แก๊สธรรมชาติจะใช้ได้อีกแค่ไหน?

ครอบคลุมสาระที่ 4 มาตรฐาน ค 4.2 ตัวชี้วัดที่ 4 และ 5 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน และกราฟของสมการและการนำไปใช้

ครอบคลุมสาระที่ 5 มาตรฐาน ค 5.3 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง สถิติและข้อมูล

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 150 นาที

วัตถุประสงค์:

1. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์ได้
2. นักเรียนสามารถนำฟังก์ชันที่พัฒนาจากสถานการณ์ไปทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้
3. นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจได้
4. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการคาดการณ์ที่เหมาะสมในการคาดการณ์สถานการณ์ที่แตกต่างกันได้

คำอธิบายกิจกรรม:

คุณครูแสดงตารางสถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2552-2555

1. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554
2. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554
3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบกราฟที่สร้างในข้อ 1-2 และอภิปรายผล
4. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555
5. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555
6. คุณครูแสดงข้อมูลอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทั้งประเทศไทยให้นักเรียนดู (หรือให้นักเรียนหาข้อมูลเองจากแหล่งต่างๆ) แล้วให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2555
7. ให้นักเรียนคาดการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติรวมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555

8. คุณครูแสดงข้อมูลกำลังการผลิตแก๊สธรรมชาติแล้วให้นักเรียนคาดการณ์ปีที่แหล่งแก๊สธรรมชาติในประเทศไทยจะหมดไป

รายละเอียดกิจกรรม:

คุณครูแสดงตารางสถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมในช่วงปี พ .ศ. 2552-2555 ให้นักเรียนดูตามตารางที่ 1.1 และ 1.2 (หรือให้นักเรียนหาข้อมูลเองจากแหล่งต่างๆ)

ตารางที่ 1.1 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า(หน่วย : ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2552	2553	2554	2555
มกราคม	1,854	2,397	2,338	2,297
กุมภาพันธ์	2,325	2,719	2,564	2,559
มีนาคม	2,473	2,686	2,581	2,713
เมษายน	2,364	2,735	2,469	2,433
พฤษภาคม	2,511	2,891	2,697	2,691
มิถุนายน	2,565	2,946	2,680	2,816
กรกฎาคม	2,461	2,767	2,514	2,822
สิงหาคม	2,531	2,713	2,633	2,632
กันยายน	2,617	2,811	2,478	2,666
ตุลาคม	2,599	2,777	2,232	2,783
พฤศจิกายน	2,554	2,697	2,314	2,919
ธันวาคม	2,369	2,612	2,216	2,710

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

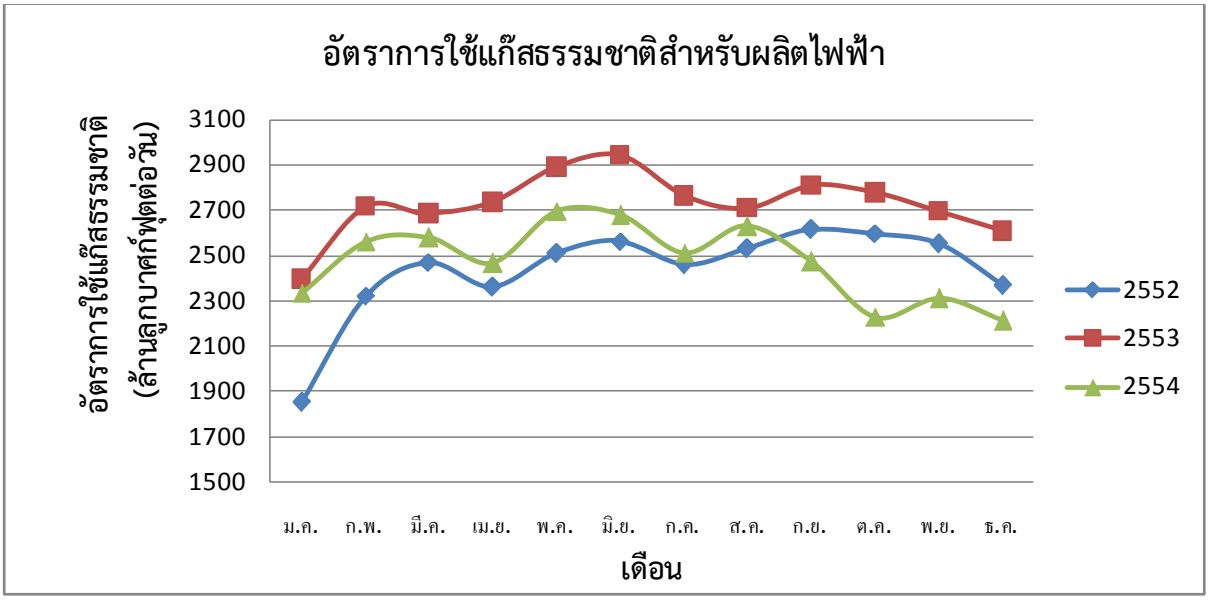
ตารางที่ 1.2 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในภาคอุตสาหกรรม (หน่วย: ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2552	2553	2554	2555
มกราคม	341	428	485	584
กุมภาพันธ์	357	473	501	626
มีนาคม	374	499	576	601
เมษายน	363	450	562	631
พฤษภาคม	373	464	570	635
มิถุนายน	403	488	605	631
กรกฎาคม	372	472	591	639
สิงหาคม	376	492	601	642
กันยายน	420	506	627	655
ตุลาคม	434	472	581	646
พฤศจิกายน	432	491	563	647
ธันวาคม	397	498	568	600

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

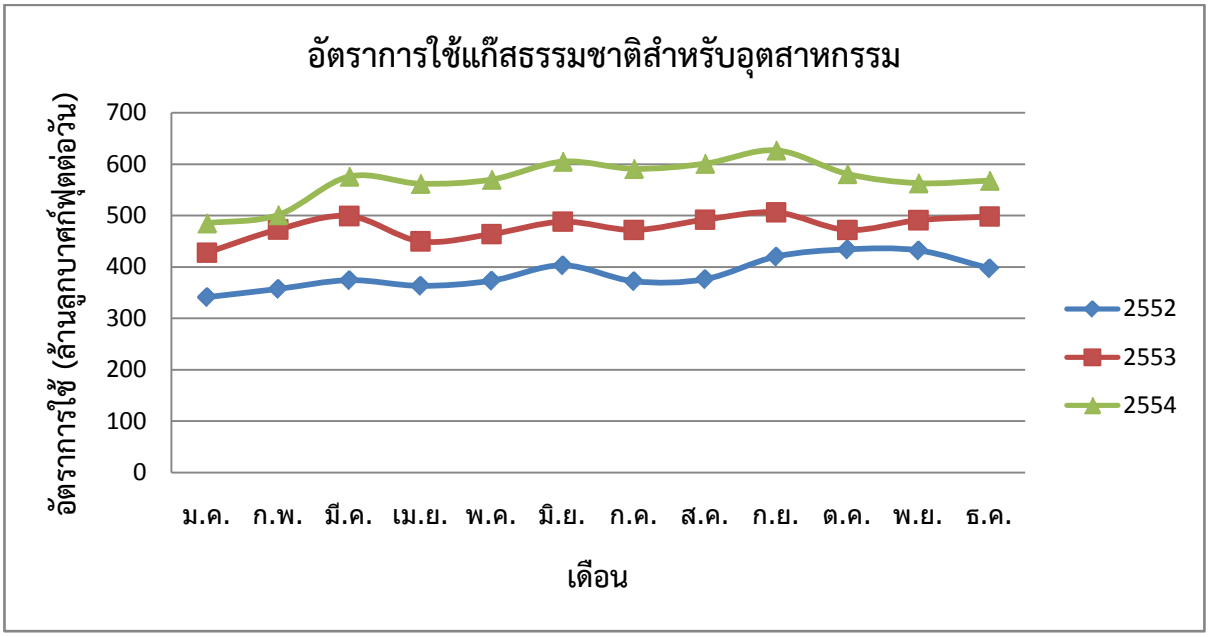
1. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554

เฉลย



2. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554

เฉลย



3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบกราฟที่สร้างในข้อ 1-2 และอภิปรายผล

เฉลย: กราฟในข้อ 1 จะแสดงรูปแบบของแนวโน้มตามฤดูกาลเพราะอัตราการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยขึ้นกับฤดูกาลเช่นช่วงฤดูร้อนมีการใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้นในขณะที่ฤดูหนาวการใช้เครื่องปรับอากาศน้อยลงทำให้อัตราการใช้ไฟฟ้าต่ำลง อย่างไรก็ดีจเห็นว่าเดือนเมษายนของแต่ละปีอัตราการแก๊สธรรมชาติเพื่อผลิตไฟฟ้าลดลง อาจจะเป็นเพราะว่าช่วงเดือนเมษายนมีช่วงวันหยุดยาวที่ภาคอุตสาหกรรมหลายแห่งหยุดทำงาน ทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลง กราฟในข้อ 2 แสดงรูปแบบของการเพิ่มขึ้นของแนวโน้มตามเวลาในแต่ละปีเนื่องจากการใช้แก๊สในอุตสาหกรรมเป็นการใช้เพื่อเป็นพลังงานในการผลิต ดังนั้นเมื่อเวลานานขึ้นเศรษฐกิจโตขึ้นการใช้แก๊สธรรมชาติมากขึ้น

4. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555

เฉลย: การคาดการณ์การใช้ในข้อนี้จะใช้วิธีการประมาณจากค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2552-2554 ซึ่งมีลักษณะเป็นฤดูกาล ตัวอย่างเช่น อัตราการใช้คาดการณ์เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 คิดจากค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับผลิตไฟฟ้าจริงในเดือนมกราคมของปี พ.ศ. 2552-2554 จากตารางที่ 1.1 ดังนี้

ค่าคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 = (1854 + 2397 + 2338)/3 = 2196 ลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ค่าร้อยละความแตกต่างคิดเทียบกับค่าใช้จริงจะได้ (2297 – 2196) x 100/2297 = 4.40 แปลความว่าค่าคาดการณ์ที่ได้สูงกว่าอัตราการใช้จริงร้อยละ 4.40

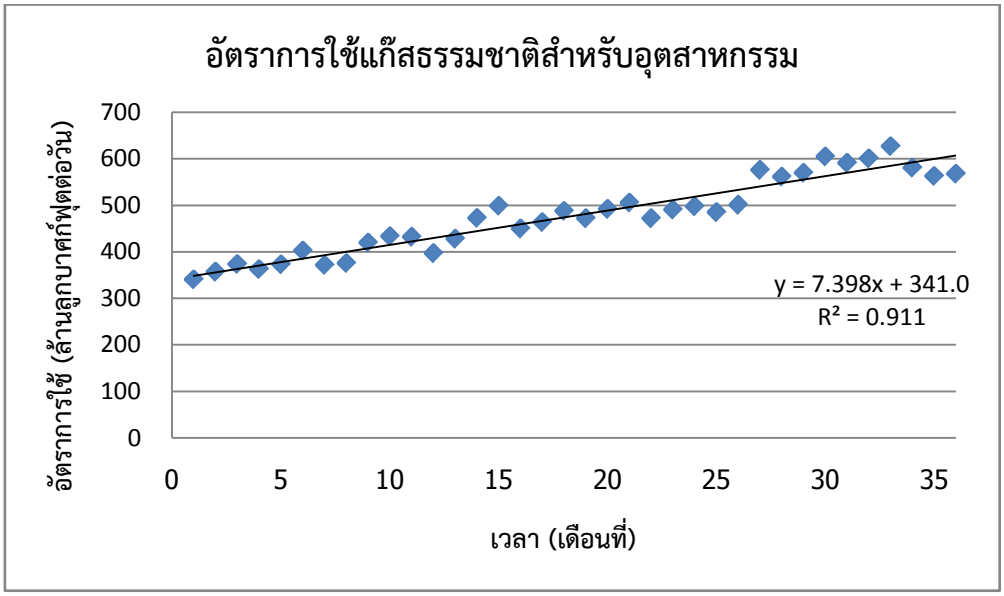
สำหรับเดือนที่เหลือก็ใช้วิธีเดียวกัน ผลที่ได้แสดงเป็นตารางดังนี้

เดือน (พ.ศ. 2555)	**ม.ค.**	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**
อัตราการใช้จริง (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)	2297	2559	2713	2433	2691	2816	2822	2632	2666	2783	2919	2710
อัตราการใช้คาดการณ์ (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)	2196	2536	2580	2523	2700	2730	2581	2626	2635	2536	2522	2399
ความแตกต่าง	101	23	133	-90	-9	86	241	6	31	247	397	311
ร้อยละความแตกต่าง	4.40	0.90	4.90	-3.69	-0.32	3.04	8.55	0.24	1.15	8.88	13.61	11.48

หมายเหตุ: คุณครูอาจให้นักเรียนลองคิดเองหลายๆวิธีก่อนแล้วค่อยเฉลย

5. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555

เฉลย: ข้อนี้ควรใช้ลักษณะของเส้นแนวโน้มในการคาดการณ์โดยวิธีสมการถดถอยหรือ regression เพราะมีลักษณะเพิ่มขึ้นตามเวลา โดยการสร้างกราฟให้แกน X เป็นแกนเวลาเริ่มจาก เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 เป็นเดือนที่ 1 ไปจนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เป็นเดือนที่ 36 แกน y เป็นอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรม ซึ่งกราฟและเส้นแนวโน้มที่ได้เป็นดังนี้



ทั้งนี้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression) อยู่ในรูปของ y = mX + C เมื่อ m คือค่าความชันของสมการเส้นตรงและ C คือค่าคงที่หรือค่าที่แสดงจุดตัดแกน y ที่ค่า X = 0 หรือเดือนที่ 0 หรือจะเรียกได้ว่าเป็นค่าชดเชยของสมการก็ได้ ค่า m และค่า C หาได้จาก

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i y_i) - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i)\sum_{i=1}^{n}(y_i)}{n}}{\sum_{i=1}^{n}(x_i^2) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i)\right)^2}{n}}$$

$$= \frac{(1x341 + 2x357 + \ldots + 36x568) - \frac{(1+2+3+\ldots+36)(341+357+\ldots+568)}{36}}{1^2 + 2^2 + \ldots + 36^2 - \frac{(1+2+\ldots+36)^2}{36}} = 7.3986$$

$$C = \bar{Y} - m\bar{X} = \frac{(341+357+\ldots+368)}{36} - 7.3986x\frac{(1+2+\ldots+36)}{36} = 341.04$$

ทั้งนี้ค่าตัวเลขแทนเดือนมกราคม 2552 เทียบเท่ากับ 1 ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ 2552 เทียบเท่ากับ 2 เรื่อยๆจนถึงเดือนธันวาคม 2554 เทียบเท่ากับ 36 ทั้งนี้สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติ (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน) (y) และเวลา (X) เป็นดังนี้

$$y = 7.3986X + 341.04$$

นอกจากค่า m และ C แล้ว เรายังสามารถหาค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าแสดงความใกล้เคียงของค่าจากสมการกับค่าจริง โดยที่เมื่อค่า R^2 มีค่ามากหมายความว่าค่าจากสมการใกล้คียงค่าจริงมาก ค่า R^2 จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 และคำนวณได้จาก

$$R^2 = \frac{m \text{ x} \left(\sum_{i=1}^{n}(x_i y_i) - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i)\sum_{i=1}^{n}(y_i)}{n} \right)}{\sum_{i=1}^{n}(y_i^2) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(y_i)\right)^2}{n}}$$

$$= 7.3968 \text{ x} \frac{(1\text{x}341 + 2\text{x}357 + ... + 36\text{x}568) - \frac{(1+2+3+...+36)(341+357+...+568)}{36}}{341^2 + 357^2 + ... + 568^2 - \frac{(341+357+...+568)^2}{36}} = 0.9117$$

ซึ่งจาก R^2 ในข้อนี้มีค่าเท่ากับ 0.9117 แปลว่าค่าคาดหมายจากสมการใกล้เคียงค่าจริงมาก (ค่า R^2 ยิ่งมีค่าใกล้ 1 เท่าไหร่ แปลว่าความแตกต่างของค่าจริงและค่าคาดการณ์น้อยลงเท่านั้น) สมการถดถอยที่ได้จึงสามารถนำมาใช้คาดการณ์ได้

หลังจากนั้นสามารถคาดการณ์อัตราการใช้ในเดือนถัดไป เช่น เดือน มกราคม พ.ศ. 2555 เป็นเดือนที่ 37 (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เป็นเดือนที่ 36) ได้ดังนี้

y = 7.3986 x (37) + 341.04 = 614.78 หรือ 615 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน

ดังนั้นค่าคาดหมายของอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในอุตสาหกรรมสำหรับเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 คือ 615 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน

ค่าร้อยละความแตกต่างคิดเทียบกับค่าใช้จริงสามารถดำนวณได้ดังนี้ (615 – 584) x 100/584 = -5.27 แปลความว่าค่าคาดการณ์ที่ได้ต่ำกว่าอัตราการใช้จริงร้อยละ 5.27

สำหรับเดือนอื่นๆก็คิดได้ด้วยวิธีเดียวกัน แสดงค่าได้ดังตาราง

เดือน (พ.ศ. 2555)	**ม.ค.**	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**
อัตราการใช้จริง (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)	584	626	601	631	635	631	639	642	655	646	647	600
อัตราการใช้คาดการณ์ (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)	615	622	630	637	644	652	659	667	674	681	689	696
ความแตกต่าง	-31	4	-29	-6	-9	-21	-20	-25	-19	-35	-42	-96
ร้อยละความแตกต่าง	-5.27	0.61	-4.76	-0.95	-1.48	-3.29	-3.16	-3.83	-2.90	-5.48	-6.46	-16.03

หมายเหตุ: ข้อนี้ไม่สามารถใช้วิธีเฉลี่ยค่าจากปีที่ผ่านมาได้ เพราะอัตราการใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

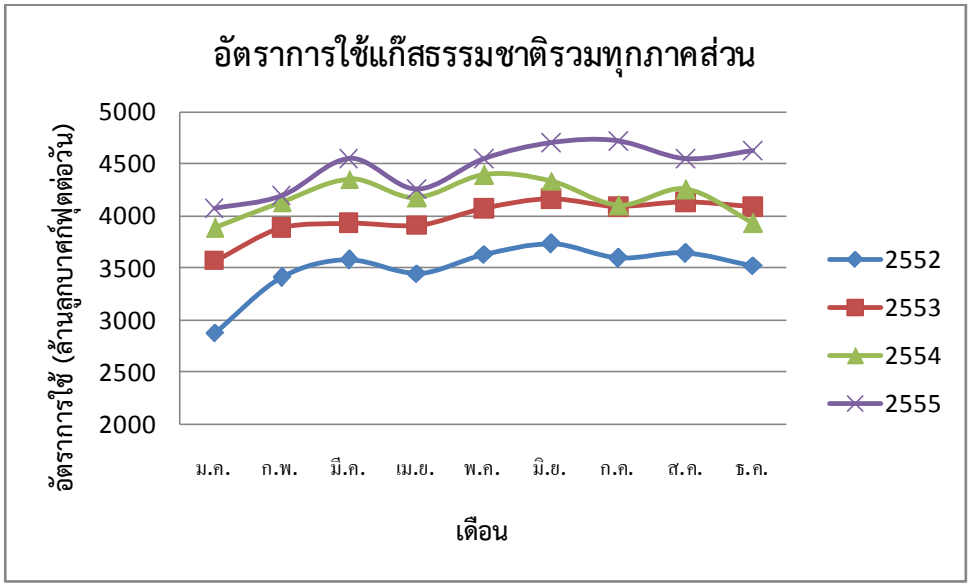
6. คุณครูแสดงข้อมูลอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทุกภาคส่วนทั้งประเทศไทยให้นักเรียนดู (หรือให้นักเรียนหาข้อมูลเองจากแหล่งต่างๆ) แล้วให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2555

ตารางที่ 1.3 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทุกภาคส่วน(หน่วย : ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2552	2553	2554	2555
มกราคม	2,881	3,576	3,890	4,072
กุมภาพันธ์	3,413	3,884	4,135	4,192
มีนาคม	3,578	3,933	4,360	4,552
เมษายน	3,451	3,913	4,178	4,257
พฤษภาคม	3,635	4,074	4,401	4,553
มิถุนายน	3,735	4,166	4,342	4,706
กรกฎาคม	3,597	4,091	4,103	4,723
สิงหาคม	3,643	4,131	4,265	4,550
กันยายน	3,793	4,256	4,327	4,547
ตุลาคม	3,761	4,278	3,838	4,730
พฤศจิกายน	3,752	4,075	3,945	4,892
ธันวาคม	3,526	4,086	3,934	4,624

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

เฉลย:



จากรูปนี้จะเห็นว่าลักษณะกราฟมีทั้งรูปแบบฤดูกาลและแบบเส้นแนวโน้มตามเวลา ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนแก๊สธรรมชาติถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุด คือประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันการใช้แก๊สธรรมชาติในภาคอื่นๆซึ่งใช้ในภาคผลิตมีลักษณะเป็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาเนื่องจากเศรษฐกิจขยายตัว การผลิตมากขึ้น ทั้งในภาคอุตสาหกรรม ขนส่งและการนำไปใช้ในโรงแยกแก๊ส

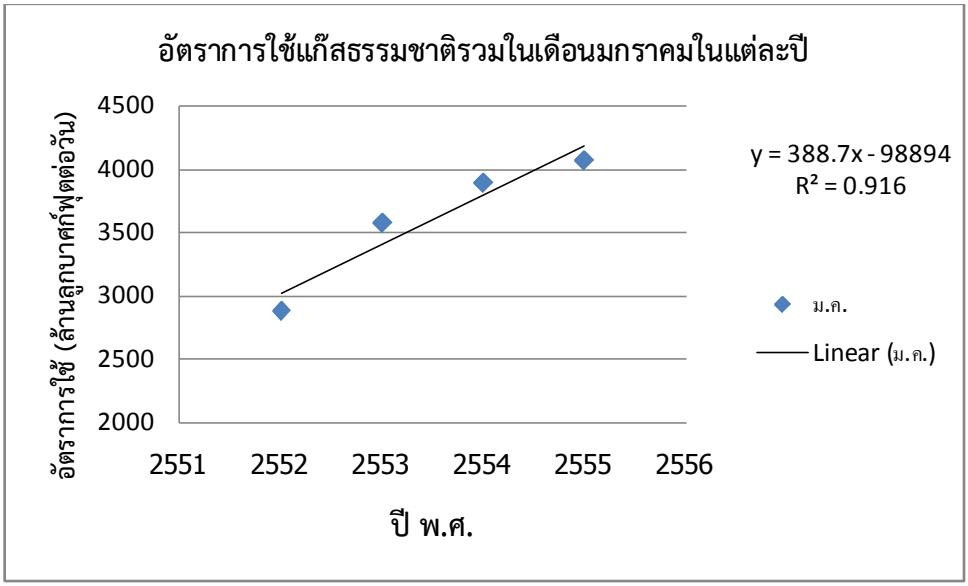
7. ให้นักเรียนคาดการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติรวมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2556 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2555 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2556

ตารางที่ 1.4 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทุกภาคส่วนปี พ.ศ. 2556 (หน่วย: ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2556
มกราคม	4,412
กุมภาพันธ์	4,656
มีนาคม	4,961
เมษายน	4,499

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

เฉลย: จากผลที่ได้ในข้อ 6 วิธีการที่ใช้ในการคาดการณ์ที่ถูกต้องที่สุดควรใช้ทั้งแบบแนวโน้มตามฤดูกาลและแบบแนวโน้มตามเวลาประกอบกัน ตัวอย่างเช่นหากจะคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ให้ทำกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติของเดือนมกราคมในแต่ละปี หลังจากนั้นหาสมการถดถอย ดังกราฟ



สมการเส้นตรงหาได้ด้วยวิธีเดียวกับที่แสดงในข้อ 2

จากกราฟสมการถดถอยที่ได้คือ

$$y = 388.7X - 988941$$

เมื่อ Y คืออัตราการใช้แก๊สธรรมชาติ (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน) และ X คือปี พ.ศ. (เนื่องจากกราฟนี้อาศัยข้อมูลเฉพาะเดือนมกราคม ค่า X จึงหมายถึงเฉพาะเดือนมกราคมในปี พ.ศ. นั้น ซึ่งหากทำด้วยวิธีการเดียวกันสำหรับเดือนอื่นๆ ก็จะสามารถสร้างสมการถดถอยสำหรับพยากรณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติเดือนอื่นๆในปี พ.ศ. 2556

จากสมการที่ได้เมื่อแทนค่า ปี พ.ศ. 2556 ลงในสมการ จะได้ $y = 388.7 \times 2556 - 988941 = 4576.2$ หมายถึงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติใน**เดือนมกราคม พ.ศ. 2556** เท่ากับ 4576.2 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ร้อยละความแตกต่างเทียบกับปริมาณใช้จริงมีค่า $(4412 - 4576.2) \times 100/4412 = -3.7$ แปลความว่าค่าคาดการณ์ที่ได้ต่ำกว่าอัตราการใช้จริงร้อยละ 3.7

ทั้งนี้จากการคาดการณ์ด้วยวิธีนี้และเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงช่วงเดือน ม.ค. – เม.ย. 2556 จะได้ผลตามตารางด้านล่างนี้

	อัตราการใช้คาดการณ์	**อัตราการใช้จริง**	**ความแตกต่าง**	**ร้อยละความแตกต่าง**
ม.ค.-56	4576.2	4412	-164.2	-3.7
ก.พ.-56	4552.8	4656	103.2	2.2
มี.ค.-56	4943.4	4961	17.6	0.4
เม.ย.-56	4620.8	4499	-121.8	-2.7

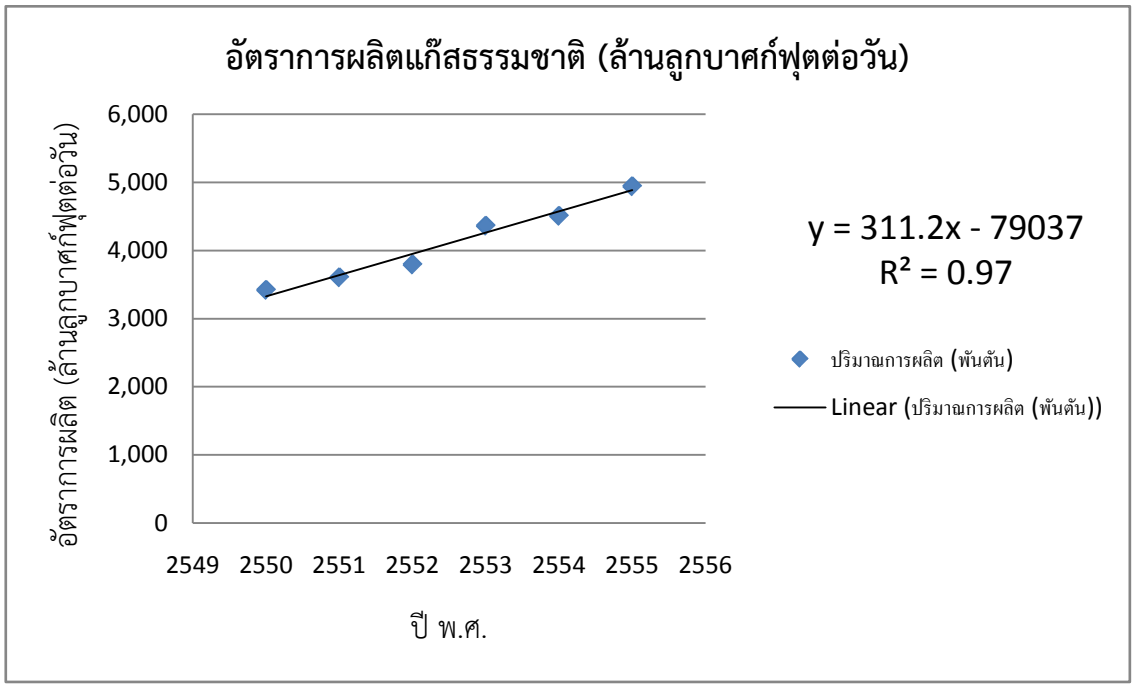
8. จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานพบว่าสถิติการผลิตแก๊สธรรมชาติในประเทศไทยช่วงปี พ.ศ. 2550-2555 เป็นดังตารางที่ 1.4

พ.ศ.	**อัตราการผลิต (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)**
2550	3,421
2551	3,606
2552	3,794
2553	4,364
2554	4,509
2555	4,944

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

และจากข้อมูลของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติที่สำรวจ ณ.สิ้นปี พ.ศ. 2554 ระบุว่าปริมาณสำรองแก๊สธรรมชาติที่พิสูจน์แล้วของประเทศไทยคงเหลืออยู่ 10,061.13 พันล้านลูกบาศก์ฟุต และแก๊สธรรมชาติเหลว 238.71 ล้านบาร์เรล (แก๊สธรรมชาติเหลวจะขยายตัวเป็นแก๊สธรรมชาติโดยมีปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 600 เท่า) (http://www.dmf.go.th/index.php?act=service&sec=yearReserve) จากข้อมูลที่มีให้นักเรียนคาดการณ์ว่าประเทศไทยสามารถผลิตแก๊สธรรมชาติได้อีกจนถึงปีใด หากอัตราการผลิตเติบโตด้วยอัตราเดียวกับช่วง พ.ศ. 2550-2555

เฉลย จากข้อมูลที่ได้สามารถสร้างกราฟแสดงการเติบโตของกำลังการผลิตแก๊สธรรมชาติได้ดังนี้



ซึ่งหากทำการคาดการณ์ต่อไปในอนาคตประเทศไทยยังมีแก๊สธรรมชาติสำรองเท่ากับ 10,061.13 พันล้านลูกบาศก์ฟุต และแก๊สธรรมชาติเหลวอีก 238.71 ล้านบาร์เรลหรือ 238.71 x 5.615 = 1340.36 ล้านลูกบาศก์ฟุต (1 บาร์เรลเท่ากับ 5.615 ลูกบาศก์ฟุต) ซึ่งหากขยายตัวเป็นแก๊สแล้วจะได้ปริมาณแก๊สทั้งสิ้น 1340.36 x 600 = 804214 ล้านลูกบาศก์ฟุต (แก๊สธรรมชาติเหลวสามารถขยายตัวเป็นแก๊สได้ 600 เท่า) นั่นหมายความว่าปริมาณแก๊สธรรมชาติสำรองในประเทศไทยที่พิสูจน์แล้วทั้งหมดมีทั้งสิ้น 10,865.344 พันล้านลูกบาศก์ฟุต ดังนั้นหากพยากรณ์การผลิตโดยใช้อัตราเร่งเดียวกับที่ปรากฏในสมการถดถอยข้างต้น จะสามารถประมาณการการใช้แก๊สธรรมชาติและปริมาณแก๊สธรรมชาติคงเหลือได้ดังตาราง

ปี พ.ศ.	อัตราการผลิต (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)	อัตราการผลิตต่อปี (ล้านลูกบาศก์ฟุต)	ปริมาณสำรองคงเหลือ (ล้านลูกบาศก์ฟุต)
			10,865,344.0
2555	4,944.0	1,804,560.0	9,060,784.0
2556	5,202.6	1,898,934.4	7,161,849.6
2557	4,944.0	1,804,560.0	5,357,289.6
2558	5,825.1	2,126,154.2	3,231,135.4
2559	4,944.0	1,804,560.0	1,426,575.4
2560	6,447.6	2,353,374.0	-926,798.6

จะเห็นได้ว่าประเทศไทยจะมีปริมาณแก๊สธรรมชาติใช้ได้จนถึงปี พ.ศ. 2559 เท่านั้นหากปริมาณสำรองคงเหลือไม่มากขึ้น ทั้งนี้การวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์ในสมมติฐานที่ว่ามีการนำเข้าแก๊สธรรมชาติในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกับการผลิต แต่หากใช้สมมติฐานว่าไม่มีการนำเข้าแก๊สธรรมชาติเลย ประเทศไทยจะไม่มีแก๊สธรรมชาติใช้ในเวลาที่สั้นลงกว่านี้

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติได้		4/4.2/4
2. นักเรียนสามารถนำฟังก์ชันที่พัฒนาจากสถานการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติไปทำนายหรือคาดการณ์ปริมาณแก๊สธรรมชาติที่จะใช้ในอนาคตได้		4/4.2/5
3. นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจสำหรับการเปรียบเทียบอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า ในอุตสาหกรรมและการผลิตภาพรวมได้		5/5.3/1
4. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการคาดการณ์ที่เหมาะสมในการคาดการณ์สถานการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติที่มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันได้		5/5.3/1

2.2 การหาสัดส่วนการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในแต่ละภาคส่วน การคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวและเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง

การหาสัดส่วนอัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในแต่ละภาคส่วน การคาดการณ์การใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของประเทศผ่านวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่นการหาสมการเชิงเส้นตรงอย่างง่าย การคาดการณ์จากค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง ในส่วนนี้นักเรียนจะพบว่าไม่สามารถใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์มาคาดการณ์ได้ เพราะสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไปตามนโยบายของรัฐบาล นอกจากนี้นักเรียนจะพบว่าการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นจะต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดและสภาพแวดล้อมที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเท่านั้น การบูรณาการนี้ครอบคลุมสาระที่ 4 และ 5

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงเซต และนำไปใช้แก้ปัญหา	• แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์
	2. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผลโดยใช้แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์	• การให้เหตุผล
	3. แก้สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง	• สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง
	4.สร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	• ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน
	5. ใช้กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชันในการแก้ปัญหา	• กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน และการนำไปใช้
	6. เข้าใจความหมายของผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้	• อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. ใช้ข้อมูลข่าวสารและค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ	• สถิติและข้อมูล
	2. ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา	• ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

หมายเหตุ: ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เน้นในแถบสีเป็นสาระที่นำเอาองค์ความรู้ด้านพลังงานและกิจกรรมมาบูรณาการภายใต้หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 เฉพาะที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

แก๊สปิโตรเลียมเหลว

แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) เป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยคาร์บอน 3 หรือ 4 อะตอมใน 1 โมเลกุล เช่นโพรเพน (C_3H_8) บิวเทน (C_4H_{10}) เป็นต้น แก๊สปิโตรเลียมเหลวมีสมบัติทางธรรมชาติที่แตกต่างกันไปตามลักษณะโมเลกุลเช่น โพรเพนมีจุดเดือด -42 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 507 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5077 ที่ 15 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไอโซบิวเทนมีจุดเดือดที่ -11.7 องศาเซลเซียส และมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ 0.5631 ที่ 15 องศาเซลเซียส (http://www.doeb.go.th/v3/knowledge/knowledge_article_Natural2.htm) คนไทยรู้จักแก๊สปิโตรเลียมเหลวในชื่อแก๊สหุงต้มเพราะถูกนำมาใช้ประกอบอาหาร แก๊สปิโตรเลียมเหลวมีคาร์บอนต่ำเช่นเดียวกับแก๊สธรรมชาติ ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในกระบวนการสันดาป ข้อเปรียบเทียบของแก๊สธรรมชาติและแก๊สปิโตรเลียมเหลวแสดงดังตารางข้างล่างนี้

ข้อเปรียบเทียบ	แก๊สธรรมชาติ	แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG)
ความปลอดภัย	มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากเบากว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหล จะลอยขึ้นสู่อากาศทันที	มีความปลอดภัยน้อย เนื่องจากหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหล จะกระจายอยู่ตามพื้นราบ
ความพร้อมในการนำมาใช้งาน	สถานะเป็นแก๊ส นำไปใช้ได้เลย	สถานะเป็นของเหลว ต้องทำให้เป็นแก๊ส ก่อนนำไปใช้งาน
ประสิทธิภาพการเผาไหม้	เผาไหม้ได้สมบูรณ์	เผาไหม้ได้สมบูรณ์
คุณลักษณะของเชื้อเพลิง	ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เผาไหม้ปราศจากเขม่า และกำมะถัน	ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่โดยทั่วไปจะเติมสารเคมี เพื่อความปลอดภัย
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	ไม่ต้องสร้างถังเก็บสำรองเชื้อเพลิง	ต้องมีถังเก็บสำรอง ต้องสั่งซื้อเชื้อเพลิงล่วงหน้า

ที่มา: **ศูนย์บริการลูกค้าตลาดท่อจัดจำหน่ายก๊าซธรรมชาติ,https://pttweb.pttplc.com/cscind_internet/ Information/ Information.aspx?INFO=6)**

กิจกรรมที่ 2: แก๊สปิโตรเลียมเหลว

ครอบคลุมสาระที่ 4 มาตรฐาน ค 4.2 ตัวชี้วัดที่ 4 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน

ครอบคลุมสาระที่ 5 มาตรฐาน ค 5.3 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง สถิติและข้อมูล

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 120 นาที

วัตถุประสงค์:

1. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์ได้
2. นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจได้
3. นักเรียนรู้ตรรกะในการเลือกใช้วิธีการคาดการณ์ที่เหมาะสมในการคาดการณ์สถานการณ์ที่แตกต่างกันได้

คำอธิบายกิจกรรม:

คุณครูแสดงข้อมูลการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในช่วงปี พ.ศ. 2550-2555 ให้นักเรียนดู

1. ให้นักเรียนหาสัดส่วนของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554
2. ให้นักเรียนหาอัตราการเติบโตของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในแต่ละปี
3. ให้นักเรียนใช้ข้อมูลอัตราการใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 เพื่อคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในปี พ.ศ. 2555 แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง และอภิปรายผล

รายละเอียดกิจกรรม:

แก๊สปิโตรเลียมเหลวหรือที่เราคุ้นเคยว่า LPG ถูกใช้อย่างมากขึ้นในประเทศไทย ให้คุณครูนำข้อมูล (หรือให้นักเรียนหาข้อมูลการใช้ LPG ของภาคต่างๆในประเทศด้วยตัวเอง) มาแสดงในห้องเรียนดังตารางที่ 2.1

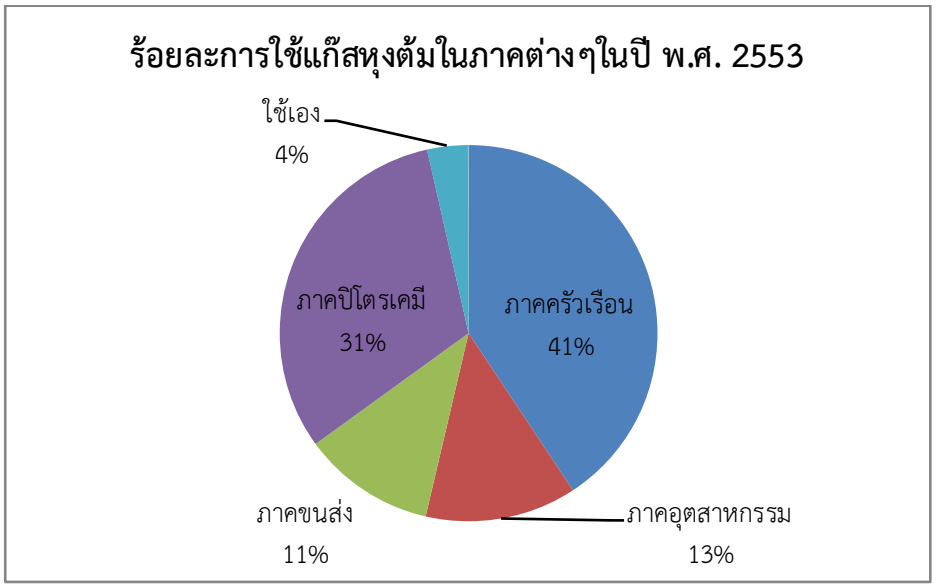
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในภาคต่างๆ (หน่วย: พันตัน)

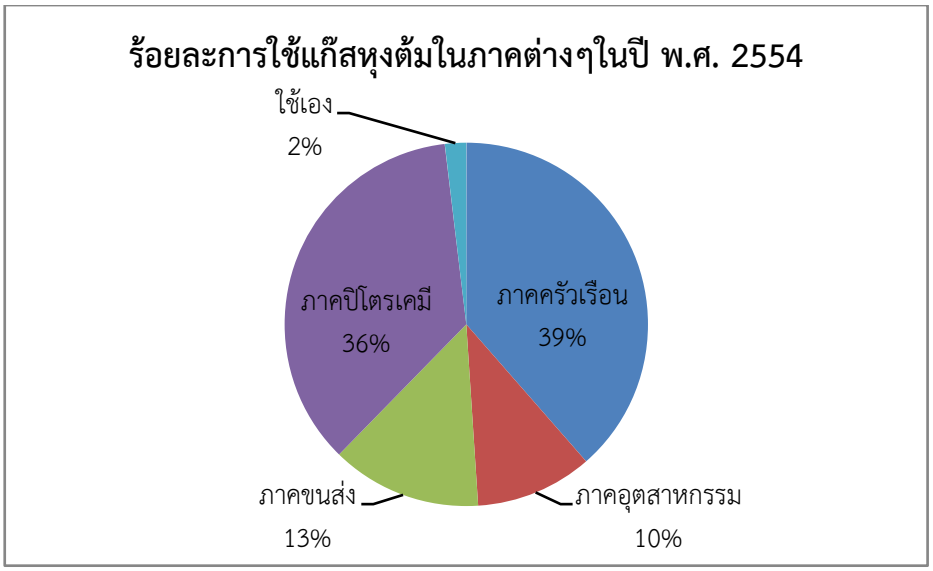
	2550	2551	2552	2553	2554	2555
ภาคครัวเรือน	1,884	2,124	2,231	2,435	2,656	3,047
ภาคอุตสาหกรรม	611	665	593	778	718	614
ภาคขนส่ง	572	776	666	680	920	1,061
ภาคปิโตรเคมี	968	1,094	1,478	1,881	2,465	2,555
ใช้เองในโรงแยก	81	130	240	213	131	110
รวม	4,116	4,788	5,208	5,987	6,890	7,386

แหล่งที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (http://www.eppo.go.th/info/2petroleum_stat.htm)

1. ให้นักเรียนหาสัดส่วนของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554

เฉลย:





2. ให้นักเรียนหาอัตราการเติบโตของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในแต่ละปี

เฉลย

	2551	2552	2553	2554	2555
ภาคครัวเรือน	12.70	5.05	9.2	9.1	14.7
ภาคอุตสาหกรรม	8.78	-10.83	31.3	-7.8	-14.5
ภาคขนส่ง	35.63	-14.09	2.1	35.3	15.3
ภาคปิโตรเคมี	13.03	35.05	27.3	31.1	3.6
ใช้เองในโรงแยก	61.79	84.15	-11.5	-38.5	-16.0
รวม	16.34	8.75	14.97	15.08	7.20

3. ให้นักเรียนใช้ข้อมูลอัตราการใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 เพื่อคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในปี พ.ศ. 2555 แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง และอภิปรายผล

เฉลย: ให้นักเรียนลองทำข้อ 3 ด้วยวิธีต่างๆที่เคยอธิบายไว้ในกิจกรรมที่ 1 เรื่องแก๊สธรรมชาติ ตัวอย่างเช่นวิธีการเฉลี่ยหรือการสร้างสมการถดถอยในรูปแบบสมการเชิงเส้นตรงอย่างง่าย นักเรียนจะพบว่าไม่ว่านักเรียนใช้วิธีการใด ตัวเลขก็จะไม่ใกล้เคียงกับปริมาณที่ใช้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการตัดสินใจใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวนั้นมีความสัมพันธ์กับราคาน้ำมันและนโยบายรัฐบาลในการลอยตัวราคาแก๊ส ตัวอย่างเช่น ราคาน้ำมันแก๊โซฮอล์ 91 ในปีต่างๆเป็นดังนี้

ราคาแก๊ซโซฮอล์ 91 เฉลี่ยในปีต่างๆ

ปี พ.ศ.	2550	2551	2552	2553	2554	2555
ราคาเฉลี่ย (บาทต่อลิตร)	25.63	28.28	26.37	30.94	34.12	36.03

ที่มา: http://www.shell.co.th/th/products-services/on-the-road/fuels/fuel-price/fuel-history.html

จะเห็นว่าช่วงปี พ.ศ. 2552 ราคาน้ำมันลดลง การใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวจึงลดลงตาม แต่ในปี พ.ศ. 2554 ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ประชาชนจึงหันมาใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในการขนส่งเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันอัตราการเพิ่มของภาคอุตสาหกรรมเริ่มลดลงจนติดลบเนื่องจากนโยบายรัฐที่ให้ภาคอุตสาหกรรมต้องจ่ายชดเชยราคาแก๊สปิโตรเลียมเหลว ในขณะที่ภาคปิโตรเคมีอัตราการเพิ่มตามขนาดของตลาดปิโตรเคมีที่ขยายตัวและภาคปิโตรเคมีจ่ายเงินสมทบกองทุนน้ำมันเพื่อชดเชยราคาแก๊สปิโตรเลียมเหลวเพียง 1 บาทต่อกิโลกรัม ต่างจากภาคอุตสาหกรรมที่จ่ายประมาณ 12.50 บาทต่อกิโลกรัมและภาคขนส่งที่จ่ายประมาณ 4 บาทต่อกิโลกรัม

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์การใช้ปิโตรเลียมเหลวได้		4/4.2/4
2. นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจสำหรับการคาดการณ์การใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในอนาคตได้		5/5.3/1
3. นักเรียนสามารถอภิปรายได้ว่าทำไมจึงไม่มีเทคนิคที่เหมาะสมทางสถิติในการใช้พยากรณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวได้อย่างแม่นยำได้		5/5.3/1

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
1	แก๊สธรรมชาติจะใช้ได้อีกแค่ไหน?	1. เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหาและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล ข่าวสาร และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ 3. เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในการคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคตจากข้อมูลเดิมได้ 4. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการใช้เทคนิคทางสถิติในการคาดการณ์เหตุการณ์ และทราบแนวทางและข้อจำกัดในการใช้แต่ละเทคนิค	คุณครูแสดงตารางสถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าและในอุตสาหกรรมในช่วงปีพ.ศ. 2552-2555 1. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554 2. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554 3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบกราฟที่สร้างในข้อ1-2 และอภิปรายผล 4. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนในปีพ.ศ.2555 โดยใช้ข้อมูลจากปีพ.ศ.2552-2554และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555 5. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ.2555 โดยใช้ข้อมูลจากปีพ.ศ.2552-2554	150 นาที	4 / ค 4.2 5 / ค 5.3	4, 5 1

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
			และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปีพ.ศ. 2555 6. คุณครูแสดงข้อมูลอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทั้งประเทศไทยให้นักเรียนดู(หรือให้นักเรียนหาข้อมูลเองจากแหล่งต่างๆ) แล้วให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปีพ.ศ.2552-2555 7. ให้นักเรียนคาดการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติรวมในแต่ละเดือนในปีพ.ศ.2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2555 8. คุณครูแสดงข้อมูลกำลังการผลิตแก๊สปิโตรเลียมเหลวแล้วให้นักเรียนคาดการณ์ปีที่แหล่งแก๊สปิโตรเลียมเหลวในประเทศไทยจะหมดไป			
2	แก๊สปิโตรเลียมเหลว	1. เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหาและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และ	คุณครูแสดงข้อมูลการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในช่วงปี พ.ศ. 2550-2555 ให้นักเรียนดู 1. ให้นักเรียนหาสัดส่วนของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในปีพ.ศ.2553และพ.ศ.	120 นาที	4 / ค 4.2 5 / ค 5.3	4 1

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
		ค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ 3. เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในการคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคตจากข้อมูลเดิมได้ 4. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการใช้เทคนิคทางสถิติในการคาดการณ์เหตุการณ์ และทราบแนวทางและข้อจำกัดในการใช้แต่ละเทคนิค	2554 2. ให้นักเรียนหาอัตราการเติบโตของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในแต่ละปี 3. ให้นักเรียนใช้ข้อมูลอัตราการใช้ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2550-2554เพื่อคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในปีพ.ศ.2555 แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง และอภิปรายผล			

หมายเหตุ: กิจกรรมทุกกิจกรรมสามารถเลือกมาใช้ตามความเหมาะสม ไม่จำเป็นต้องใช้ตามลำดับของกิจกรรม

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, ก๊าซธรรมชาติ [Online], Available: http://www.deqp.go.th /index.php?option=com_content&view=article&id=127:2010-02-18 [25 เมษายน 2556]

กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน , คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว [Online], Available: http://www.doeb.go.th/v3/knowledge/knowledge_article_Natural2.htm [30 มิถุนายน 2556]

บริษัท ปตท จำกัด (มหาชน), ก๊าซธรรมชาติ [Online], Available: http://pttweb2.pttplc.com/webngv/ kw_if.aspx [24 มิถุนายน 2556]

วารสารนโยบายพลังงาน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) [Online], Available: http://www.eppo .go.th/vrs/index.html [18 เมษายน 2556]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) , 2556, คู่มือครูความรู้พื้นฐานด้านพลังงานระดับที่ 3, โครงการ การพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่ 2) ได้รับการสนับสนุนโดย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , ก๊าซธรรมชาติ [Online], Available: http://www.eppo.go.th /info/3ng_stat.htm [19 มีนาคม 2556]

แบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.4

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 1: การคำนวณพลังงานจากเซลเชื้อเพลิง

ดูสถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมในช่วงปี พ .ศ. 2552-2555 ตามตารางที่ 1.1 และ 1.2

ตารางที่ 1.1 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า(หน่วย : ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2552	2553	2554	2555
มกราคม	1,854	2,397	2,338	2,297
กุมภาพันธ์	2,325	2,719	2,564	2,559
มีนาคม	2,473	2,686	2,581	2,713
เมษายน	2,364	2,735	2,469	2,433
พฤษภาคม	2,511	2,891	2,697	2,691
มิถุนายน	2,565	2,946	2,680	2,816
กรกฎาคม	2,461	2,767	2,514	2,822
สิงหาคม	2,531	2,713	2,633	2,632
กันยายน	2,617	2,811	2,478	2,666
ตุลาคม	2,599	2,777	2,232	2,783
พฤศจิกายน	2,554	2,697	2,314	2,919
ธันวาคม	2,369	2,612	2,216	2,710

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

ตารางที่ 1.2 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติในภาคอุตสาหกรรม (หน่วย: ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2552	2553	2554	2555
มกราคม	341	428	485	584
กุมภาพันธ์	357	473	501	626
มีนาคม	374	499	576	601
เมษายน	363	450	562	631
พฤษภาคม	373	464	570	635
มิถุนายน	403	488	605	631
กรกฎาคม	372	472	591	639
สิงหาคม	376	492	601	642
กันยายน	420	506	627	655
ตุลาคม	434	472	581	646
พฤศจิกายน	432	491	563	647
ธันวาคม	397	498	568	600

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm)

1. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554

2. ให้นักเรียนสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2554

3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบกราฟที่สร้างในข้อ 1-2 และอภิปรายผล

4. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนในปี พ .ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ .ศ. 2555

5. ให้นักเรียนคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สธรรมชาติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2555 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2554 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ .ศ. 2555

6. ดูข้อมูลอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทั้งประเทศไทยให้นักเรียนดู แล้วสร้างกราฟแสดงอัตราการใช้แก๊สธรรมชาติในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2555

ตารางที่ 1.3 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติโดยรวม (หน่วย : ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2552	2553	2554	2555
มกราคม	2,881	3,576	3,890	4,072
กุมภาพันธ์	3,413	3,884	4,135	4,192
มีนาคม	3,578	3,933	4,360	4,552
เมษายน	3,451	3,913	4,178	4,257
พฤษภาคม	3,635	4,074	4,401	4,553
มิถุนายน	3,735	4,166	4,342	4,706
กรกฎาคม	3,597	4,091	4,103	4,723
สิงหาคม	3,643	4,131	4,265	4,550
กันยายน	3,793	4,256	4,327	4,547
ตุลาคม	3,761	4,278	3,838	4,730
พฤศจิกายน	3,752	4,075	3,945	4,892
ธันวาคม	3,526	4,086	3,934	4,624

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

7. ให้นักเรียนคาดการณ์การใช้แก๊สธรรมชาติรวมในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2556 โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2552-2555 และเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงในปี พ.ศ. 2556

ตารางที่ 1.4 สถิติการใช้แก๊สธรรมชาติรวมทุกภาคส่วนปี พศ. 2556 (หน่วย: ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

	2556
มกราคม	4,412
กุมภาพันธ์	4,656
มีนาคม	4,961
เมษายน	4,499

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

8. จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานพบว่าสถิติการผลิตแก๊สธรรมชาติในประเทศไทยช่วงปี พ.ศ. 2550-2555 เป็นดังตารางที่ 1.4

พ.ศ.	อัตราการผลิต (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)
2550	3,421
2551	3,606
2552	3,794
2553	4,364
2554	4,509
2555	4,944

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/3ng_stat.htm

และจากข้อมูลของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติที่สำรวจ ณ.สิ้นปี พ.ศ. 2554 ระบุว่าปริมาณสำรองแก๊สธรรมชาติที่พิสูจน์แล้วของประเทศไทยคงเหลืออยู่ 10,061.13 พันล้านลูกบาศก์ฟุต และแก๊สธรรมชาติเหลว 238.71 ล้านบาร์เรล (แก๊สธรรมชาติเหลวจะขยายตัวเป็นแก๊สธรรมชาติโดยมีปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 600 เท่า) (http://www.dmf.go.th/index.php?act=service&sec=yearReserve) จากข้อมูลที่มีให้นักเรียนคาดการณ์ว่าประเทศไทยสามารถผลิตแก๊สธรรมชาติได้อีกจนถึงปีใด หากอัตราการผลิตเติบโตด้วยอัตราเดียวกับช่วง พ.ศ. 2550-2555

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 2: แก๊สปิโตรเลียมเหลว

แก๊สปิโตรเลียมเหลวหรือที่เราคุ้นเคยว่า LPG ถูกใช้อย่างมากขึ้นในประเทศไทย ให้คุณครูนำข้อมูล (หรือให้นักเรียนหาข้อมูลการใช้ LPG ของภาคต่างๆในประเทศด้วยตัวเอง) มาแสดงในห้องเรียนดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในภาคต่างๆ (หน่วย: พันตัน)

	2550	2551	2552	2553	2554	2555
ภาคครัวเรือน	1,884	2,124	2,231	2,435	2,656	3,047
ภาคอุตสาหกรรม	611	665	593	778	718	614
ภาคขนส่ง	572	776	666	680	920	1,061
ภาคปิโตรเคมี	968	1,094	1,478	1,881	2,465	2,555
ใช้เองในโรงแยก	81	130	240	213	131	110
รวม	4,116	4,788	5,208	5,987	6,890	7,386

แหล่งที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , http://www.eppo.go.th/info/2petroleum_stat.htm

1. ให้นักเรียนหาสัดส่วนของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554

2. ให้นักเรียนหาอัตราการเติบโตของการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของแต่ละภาคส่วนในแต่ละปี

3. ให้นักเรียนใช้ข้อมูลอัตราการใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 เพื่อคาดการณ์อัตราการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวในปี พ.ศ. 2555 แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริง และอภิปรายผล

คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.5

สารบัญ

คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.5

1. แผนผังสาระการเรียนรู้ 1

1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 1

1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 6 หัวข้อหลักดังแผนภาพ. 2

2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์ 3

2.1 การเปรียบเทียบจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ การบวก ลบ คูณและหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ การประมาณค่าของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังและสามารถเปรียบเทียบค่าได้ผ่านปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เชื้อเพลิง 4

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 4

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 5

กิจกรรมที่ 1: การคำนวณพลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิง 7

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้ 11

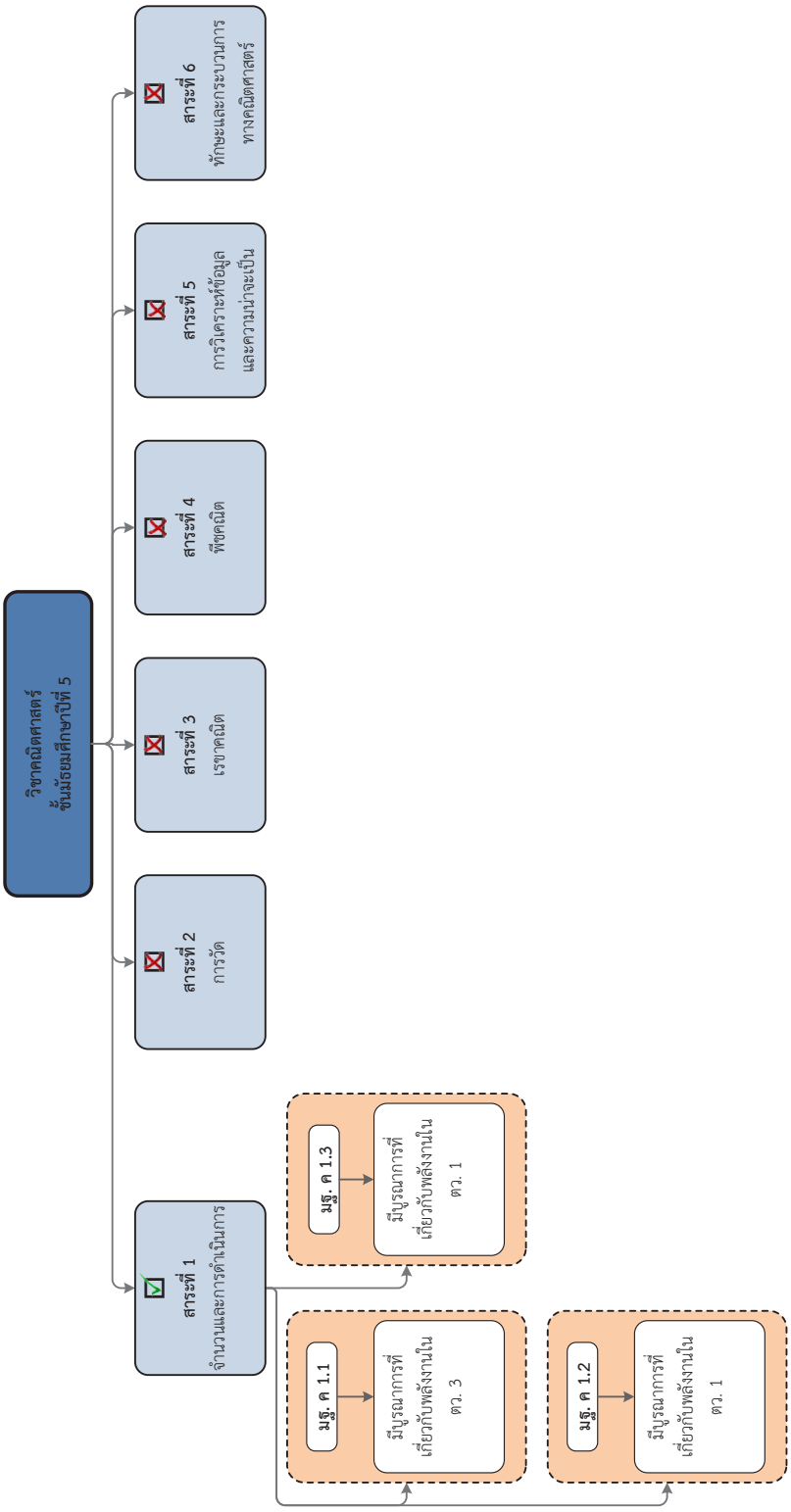
4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม 12

แบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.5 13

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 1: การคำนวณพลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิง 14

1. แผนผังสาระการเรียนรู้

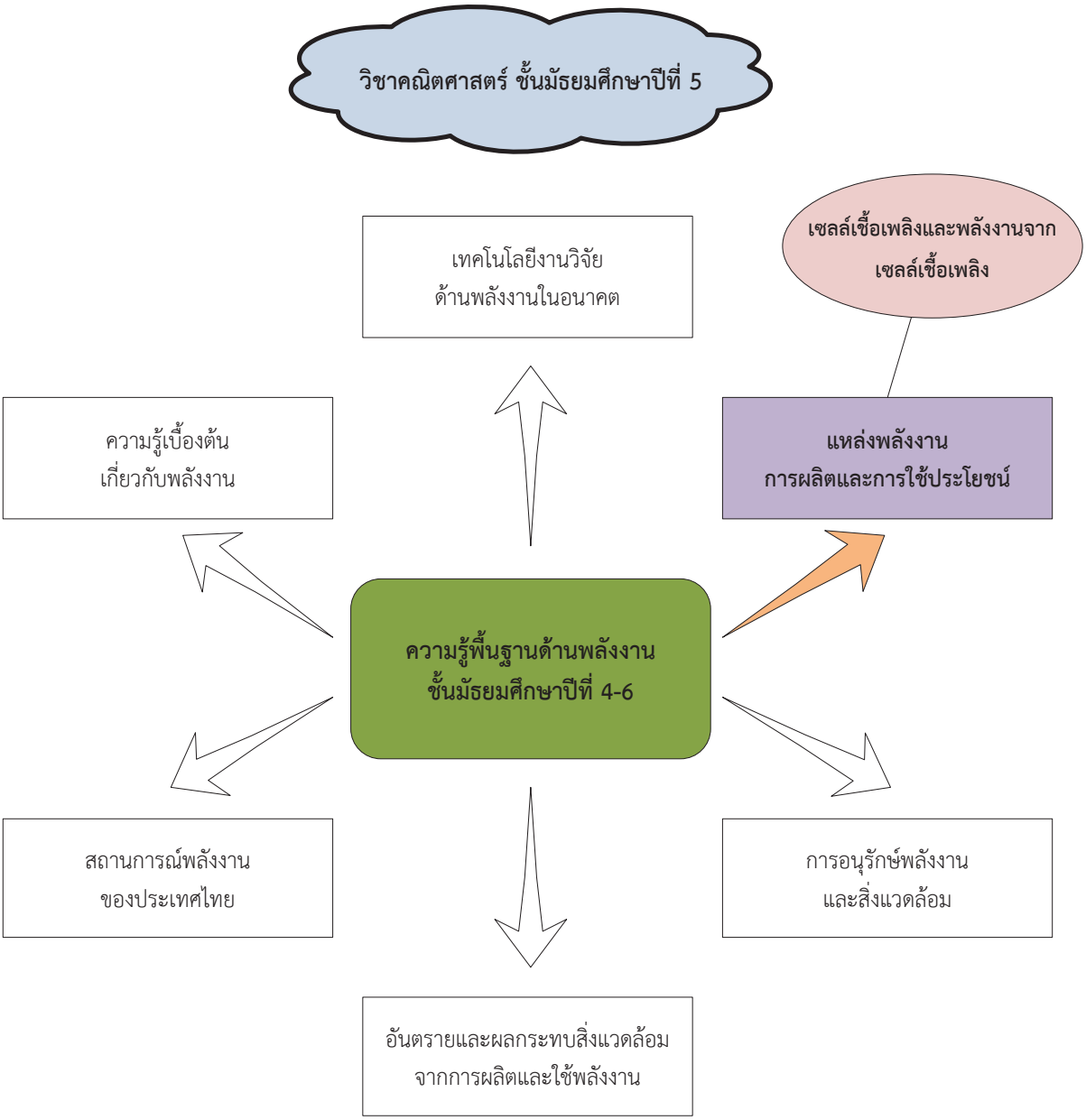
1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551



1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 6 หัวข้อหลักดังแผนภาพ

2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์

การบูรณาการสาระด้านพลังงานเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ด้านพลังงานที่เสริมในรายวิชา โดยเป็นความรู้ผ่านการเรียนรู้สาระแกนกลางพร้อมทั้งกิจกรรมเพื่อเสริมกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจในเรื่องของเทคโนโลยี การใช้ประโยชน์และผลกระทบทางด้านพลังงานดังหัวข้อต่อไปนี้



ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นี้จะเสริมความรู้เกี่ยวกับเซลล์เชื้อเพลิง การเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากปฏิกิริยาเคมีประเภทต่างๆ โดยนักเรียนจะศึกษาเรื่องการบวก ลบ คูณ หารกรณฑ์ และเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี 2 ปฏิกิริยา รวมไปถึงเปรียบเทียบเลขยกกำลังด้วยการเปรียบเทียบจากค่าคงที่สมดุลปฏิกิริยาเคมี ทั้งนี้จะครอบคลุมสาระที่ 1

2.1 การเปรียบเทียบจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ การบวก ลบ คูณและหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ การประมาณค่าของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังและสามารถเปรียบเทียบค่าได้ผ่านปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เชื้อเพลิง

การเปรียบเทียบจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ การบวก ลบ คูณและหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ การประมาณค่าของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังและสามารถเปรียบเทียบค่าได้ผ่านปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เชื้อเพลิง 2 ประเภท นักเรียนจะรู้จักประเภทของเซลล์เชื้อเพลิงที่มีการศึกษาและใช้กันอยู่ รวมถึงความแตกต่างของการให้พลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภทนี้ ทั้งนี้จะครอบคลุมสาระที่ 1 เกี่ยวกับจำนวนและการบวกลบคูณหารจำนวนที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริง

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนต่างในระบบจำนวนจริง	• จำนวนจริง
	2. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง	• ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง
	3. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่มีอยู่ในรูปกรณฑ์	• จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในกรณฑ์

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆและสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เข้าใจความหมายและหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์	• การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง • การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. หาค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังโดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม	• ค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง

หมายเหตุ: ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เน้นในแถบสีเป็นสาระที่นำเอาองค์ความรู้ด้านพลังงานและกิจกรรมมาบูรณาการภายใต้หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 เฉพาะที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

เซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงเป็นเซลล์ที่ใช้พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีในการสร้างพลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของปฏิกิริยาเคมี สารตั้งต้นที่ใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงที่รู้จักกันทั่วไปคือแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน ที่เราเรียกเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้ว่าเซลล์ไฮโดรเจน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ไฮโดรเจนคือ

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

จะเห็นว่าปฏิกิริยานี้จะให้เฉพาะน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเซลล์เชื้อเพลิงจึงขึ้นชื่อว่าเป็นพลังงานสะอาดเช่นกัน นอกจากแก๊สไฮโดรเจนแล้ว แก๊สมีเทนยังเป็นแก๊สอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในปฏิกิริยา แต่แก๊สมีเทนจะให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาด้วยซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นพิษต่อมนุษย์ เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สมีเทนและแก๊สออกซิเจนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีดังนี้

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

ทั้งนี้พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีจะเรียกว่าพลังงานอิสระกิ๊บส์ (ΔG°) (พลังงานอิสระกิ๊บส์เป็นพลังงานทางเคมีของสสาร ในการที่สสารใดจะเกิดปฏิกิริยาเคมีจ tต้องมีการทำลายพันธะเก่า และสร้างพันธะใหม่ รวมไปถึงการจัดเรียงอะตอมของธาตุใหม่ ในการเกิดกระบวนการทั้งหมดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเกิดขึ้น พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีเรียกว่าพลังงานอิสระกิ๊บส์) หากค่าพลังงานอิสระกิ๊บส์มีค่าเป็นลบ(พลังงานเคมีของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าพลังงานของสารตั้งต้นที่อุณหภูมินั้น) ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นเองได้ แต่หากปฏิกิริยามีค่าพลังงานอิสระกิ๊บส์เป็นบวก (พลังงานของสารตั้งต้นที่อุณหภูมินั้นต่ำกว่าพลังงานเคมีของผลิตภัณฑ์) ปฏิกิริยาจะเกิดในลักษณะย้อนกลับ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะดำเนินไปจนกว่าเข้าสู่สภาวะสมดุล ที่สภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปข้างหน้าและย้อนกลับมีค่าเท่ากัน ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมี (K) สัมพันธ์กับพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุล (ΔG°) ดังสมการ

$$\Delta G^{o} = -RT \ln K$$

หรือ

$$K = \exp(-\frac{\Delta G^{o}}{RT})$$

เมื่อ R คือค่าคงที่ของแก๊สซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.314 จูลต่อโมลต่อเคลวิน และ T คือค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 273.15 + อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ค่าพลังงานอิสระของกิ๊บส์สำหรับปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าสามารถถูกแปลงไปสู่พลังงานไฟฟ้า (E) ซึ่งขนาดของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะสัมพันธ์กับค่าความแตกต่างระหว่างพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะใดๆกับพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุล $\Delta G = \Delta G^{o} + \Delta G_{i}$ ดังสมการ

$$E = -\frac{\Delta G}{nF} = -\frac{\Delta G^{o} + \Delta G_{i}}{nF}$$

โดยที่ n และ F คือจำนวนอิเลคตรอนที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีและค่าคงที่ของฟาราเดย์ซึ่งมีค่า 96485 จูลต่อโวลต์ และ ΔG_{i} คือค่าพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะเริ่มต้น ในกรณีที่ปฏิกิริยามีแต่สารตั้งต้นเท่านั้น ไม่มีผลิตภัณฑ์อยู่เลยเมื่อเริ่มต้นทำปฏิกิริยา ค่าพลังงานไฟฟ้าจะสามารถแปลงได้จากค่าพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุลดังสมการ

$$E = -\frac{\Delta G^{o}}{nF}$$

จะเห็นได้ว่าปริมาณไฟฟ้าจะมีค่ามากเมื่อขนาดของพลังงานอิสระกิ๊บส์มีค่ามาก ขนาดชองพลังงานอิสระกิ๊บส์เปลี่ยนไปตามชนิดของปฏิกิริยาเคมี และความแตกต่างของพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะใดๆกับที่สภาวะสมดุลขึ้นกับปริมาณของสารตั้งต้นที่ใช้ เช่นหากเซลล์เชื้อเพลิงมีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนมากก็จะผลิดกระแสไฟฟ้าได้มาก เป็นต้น

กิจกรรมที่ 1: การคำนวณพลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิง

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.1 ตัวชี้วัดที่ 3 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง จำนวนจริงที่ยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.2 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง การบวก การลบ การคูณและการหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.3 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 60 นาที

วัตถุประสงค์

1. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ได้
2. นักเรียนสามารถบวก ลบ คูณและหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะได้
3. นักเรียนสามารถประมาณค่าของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังและสามารถเปรียบเทียบได้

คำอธิบายกิจกรรม:

1. ให้คุณครูอธิบายหลักการอย่างง่ายของเซลล์เชื้อเพลิง
2. ให้นักเรียนคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา
3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาทั้งสอง
4. ให้นักเรียนคำนวณหาค่าความต่างศักย์พลังงานไฟฟ้า (E, โวลต์) ที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี
5. ให้นักเรียนอภิปรายและเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ได้

รายละเอียดกิจกรรม:

คุณครูอธิบายเรื่องพลังงานที่เกิดขึ้นในเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงดังนี้ ปฏิกิริยาการให้พลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนคือ

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

จะเห็นว่าปฏิกิริยานี้จะให้เฉพาะน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และหากปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ 25 องศาเซลเซียส พลังงานจากปฏิกิริยาที่สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าคือ -237 กิโลจูลต่อโมลของน้ำ [1] (ค่าเป็นลบหมายถึงปฏิกิริยาให้พลังงานออกมา) ในขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้เมทานอลและแก๊สออกซิเจนตามปฏิกิริยา

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

จะให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ซึ่งจะส่งผลต่อสภาวะแวดล้อมมากกว่า แต่จะสามารถให้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าได้สูงถึง -409 กิโลจูลต่อโมลของน้ำ [2] ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สมบัติอื่นของปฏิกิริยาทั้งสองแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 1.1 สมบัติของปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เชื้อเพลิง

ปฏิกิริยา	พลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุลที่ 25 °C (ΔG°) (กิโลจูลต่อโมลของน้ำ)	เอนทัลปีที่ 25 °C (กิโลจูลต่อโมลของน้ำ)
$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	-237.2	-285.84
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$	-409.0	-445.0

ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นจนกว่าเข้าสู่สภาวะสมดุล ที่สภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปข้างหน้าและย้อนกลับมีค่าเท่ากัน ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมี (K) สัมพันธ์กับพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุล (ΔG°) ดังสมการ

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

หรือ

$$K = \exp(-\frac{\Delta G^{o}}{RT})$$

เมื่อ R คือค่าคงที่ของแก๊สซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.314 จูลต่อโมลต่อเคลวิน และ T คือค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 273.15 + อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. จากที่กล่าวมาให้คำนวณหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาทั้งสองในตารางที่ 1.1 และประมาณค่า

เฉลย:

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาที่ 1 มีค่าเท่ากับ

$$K_{H_2} = \left(-\frac{-237.2 \text{ x } 1000}{8.314 \text{ x } (25 + 273.15)} \right) = 3.6137 \text{ x } 10^{41} \cong 3.6 \text{ x } 10^{41}$$

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาที่ 2 มีค่าเท่ากับ

$$K_{CH_4} = \left(-\frac{-409 \text{ x } 1000}{8.314 \text{ x } (25 + 273.15)} \right) = 4.5466 \text{ x } 10^{71} \cong 4.5 \text{ x } 10^{71}$$

2. จากข้อที่ 1 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาใดมีค่ามากกว่าและมากกว่ากี่เท่า ให้นักเรียนอภิปราย

เฉลย: ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาที่ 2 มีค่ามากกว่าอยู่ 1.3×10^{30} เท่า

3. ค่าความต่างศักย์พลังงานไฟฟ้า (E, โวลต์) ที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีมีความสัมพันธ์กับพลังงานอิสระกิ๊บส์ดังนี้

$$E = \frac{\Delta G^o}{nF}$$

เมื่อ n และ F คือจำนวนอิเลคตรอนที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาและค่าคงที่ของฟาราเดย์ซึ่งมีค่า 96485 จูลต่อโวลต์ จากสมการข้างต้นให้นักเรียนหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาทั้งสองปฏิกิริยาในตารางที่ 1 โดยที่ปฏิกิริยาที่ 1 และ 2 มีจำนวนอิเลคตรอนเข้ามาเกี่ยวข้อง 2 และ 4 ตัวตามลำดับ

เฉลย:

$$E_{H_2} = -\frac{-237.2 \text{ x } 1000}{2 \text{ x } 96485} = 1.23 \text{ Volt}$$

$$E_{CH_4} = -\frac{-409 \text{ x } 1000}{2 \text{ x } 96485} = 2.12 \text{ Volt}$$

4. จากคำตอบในข้อ 3 ควรใช้เซลล์เชื้อเพลิงตามปฏิกิริยาเคมีใด เพราะอะไรให้นักเรียนอภิปราย

เฉลย: หากพิจารณาจากการให้พลังงานเพียงปัจจัยเดียว เซลล์เชื้อเพลิงประเภทที่ 2 ที่ใช้แก๊สมีเทนจะให้พลังงานที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมแล้วเซลล์เชื้อเพลิงประเภทไฮโดรเจนจะไม่ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังนั้นหากมองผลกระทบในระยะยาวเซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจนจะดีกว่าเพราะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่ามาก

เอกสารอ้างอิง

C. Rayment และ S. Sherwin, 2003, Introduction to Fuel Cell Technology, University of Notre Dame

B. Cook, An Introduction to Fuel Cell and Hydrogen Technology [Online], Available: http://fuelcellstore.com /products/heliocentris/intro.pdf

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์จากการคำนวณและเปรียบเทียบค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมี		1/1.1/3
2. นักเรียนสามารถบวก ลบ คูณและหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะจากการคำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมี		1/1.2/1
3. นักเรียนสามารถประมาณค่าของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังและสามารถเปรียบเทียบได้จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้		1/1.3/1

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
1	การคำนวณพลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิง	1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ 2. เพื่อให้นักเรียนสามารถบวก ลบ คูณและหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ 3. เพื่อให้นักเรียนสามารถประมาณค่าของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังได้	1. ให้คุณครูอธิบายหลักการอย่างง่ายของเซลล์เชื้อเพลิง 2. ให้นักเรียนคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา 3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาทั้งสอง 4. ให้นักเรียนคำนวณหาค่าความต่างศักย์พลังงานไฟฟ้า (E, โวลต์) ที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี 5. ให้นักเรียนอภิปรายและเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ได้	60 นาที	1 / ค 1.1 1 / ค 1.2 1 / ค 1.3	3 1 1

หมายเหตุ: กิจกรรมทุกกิจกรรมสามารถเลือกมาใช้ตามความเหมาะสม ไม่จำเป็นต้องใช้ตามลำดับของกิจกรรม

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) , 2556, คู่มือครูความรู้พื้นฐานด้านพลังงานระดับที่ 3, โครงการ การพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่ 2) ได้รับการสนับสนุนโดย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

B. Cook, An Introduction to Fuel Cell and Hydrogen Technology [Online], Available: http://fuelcellstore.com /products/heliocentris/intro.pdf

C. Rayment และ S. Sherwin, 2003, Introduction to Fuel Cell Technology, University of Notre Dame [Online], Available;http://policy.rutgers.edu/ceeep/hydrogen/education/ThermodynamicsFuelCells.pdf [20 มิถุนายน 2556]

แบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.5

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 1: การคำนวณพลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิง

ปฏิกิริยาการให้พลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนคือ

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

จะเห็นว่าปฏิกิริยานี้จะให้เฉพาะน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ และหากปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ 25 องศาเซลเซียส พลังงานจากปฏิกิริยาที่สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าคือ -237 กิโลจูลต่อโมลของน้ำ [1] (ค่าเป็นลบหมายถึงปฏิกิริยาให้พลังงานออกมา) ในขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้เมทานอลและแก๊สออกซิเจนตามปฏิกิริยา

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

จะให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ซึ่งจะส่งผลต่อสภาวะแวดล้อมมากกว่า แต่จะสามารถให้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าได้สูงถึง -409 กิโลจูลต่อโมลของน้ำ [2] ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สมบัติอื่นของปฏิกิริยาทั้งสองแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 1.1 สมบัติของปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เชื้อเพลิง

ปฏิกิริยา	พลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุลที่ 25 °C (ΔG°) (กิโลจูลต่อโมลของน้ำ)	เอนทัลปีที่ 25 °C (กิโลจูลต่อโมลของน้ำ)
$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	-237.2	-285.84
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$	-409.0	-445.0

ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นจนกว่าเข้าสู่สภาวะสมดุล ที่สภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปข้างหน้าและย้อนกลับมีค่าเท่ากัน ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมี (K) สัมพันธ์กับพลังงานอิสระกิ๊บส์ที่สภาวะสมดุล (ΔG°) ดังสมการ

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

หรือ

$$K = \exp(-\frac{\Delta G^o}{RT})$$

เมื่อ R คือค่าคงที่ของแก๊สซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.314 จูลต่อโมลต่อเคลวิน และ T คือค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 273.15 + อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จากที่กล่าวมาให้คำนวณหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาทั้งสองในตารางที่ 3.1 และประมาณค่า

2. จากข้อที่ 1 ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาใดมีค่ามากกว่าและมากกว่ากี่เท่า ให้นักเรียนอภิปราย

3. ค่าความต่างศักย์พลังงานไฟฟ้า (E, โวลต์) ที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีมีความสัมพันธ์กับพลังงานอิสระกิ๊บส์ดังนี้

$$E = \frac{\Delta G^o}{nF}$$

เมื่อ n และ F คือจำนวนอิเลคตรอนที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาและค่าคงที่ของฟาราเดย์ซึ่งมีค่า 96,485 จูลต่อโวลต์ จากสมการข้างต้นให้นักเรียนหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาทั้งสองปฏิกิริยาในตารางที่ 1 โดยที่ปฏิกิริยาที่ 1 และ 2 มีจำนวนอิเลคตรอนเข้ามาเกี่ยวข้อง 2 และ 4 ตัวตามลำดับ

4. จากคำตอบในข้อ 3 ควรใช้เซลล์เชื้อเพลิงตามปฏิกิริยาเคมีใด เพราะอะไรให้นักเรียนอภิปราย

คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.6

สารบัญ

คู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.6

1. แผนผังสาระการเรียนรู้ 1

1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 1

1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 6 หัวข้อหลักดังแผนภาพ. 2

2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์ 3

2.1 การคูณ การหารจำนวนจริง การสร้างฟังก์ชันเพื่อแสดงความสัมพันธ์ การใช้สถิติและข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆและมลภาวะการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 5

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 6

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)..... 6

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 7

กิจกรรมที่ 1: นิวเคลียร์ทางเลือกสำหรับการลดมลภาวะทางอากาศ? 8

2.2 การคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงในรูปเลขยกกำลัง การตีความและเปรียบเทียบค่า การสร้างความสัมพันธ์จากสถานการณ์ต่างๆโดยการศึกษาผลกระทบด้านรังสีจากการใช้พลังงานนิวเคลียร์ .. 21

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 21

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 22

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 23

กิจกรรมที่ 2: นิวเคลียร์: ผลกระทบด้านรังสี 26

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้ 30

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม 32

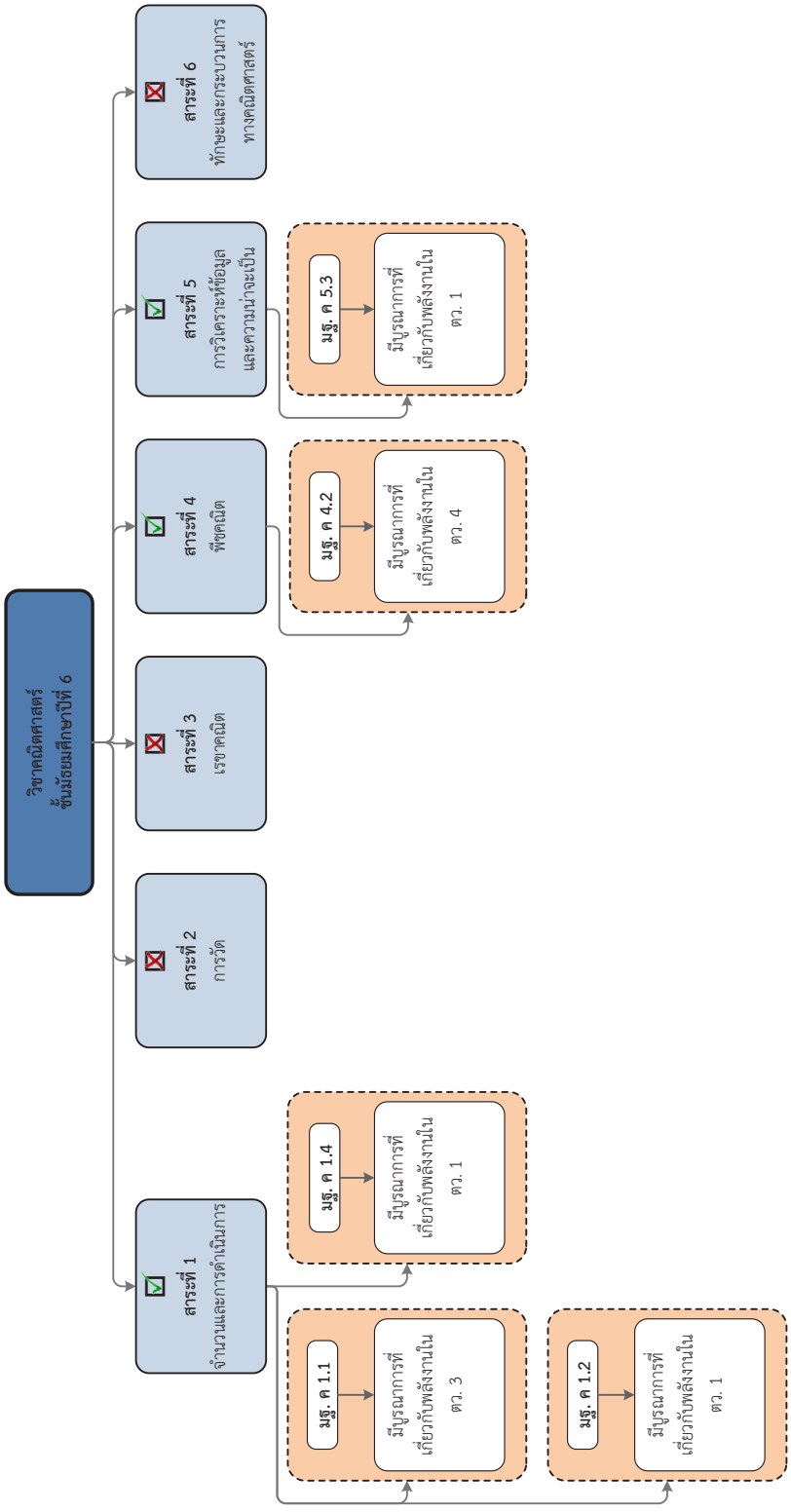
แบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.6 33

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 1: นิวเคลียร์ทางเลือกสำหรับการลดมลภาวะทางอากาศ?..... 34

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 2: การคำนวณพลังงานจากเซลเชื้อเพลิง 39

1. แผนผังสาระการเรียนรู้

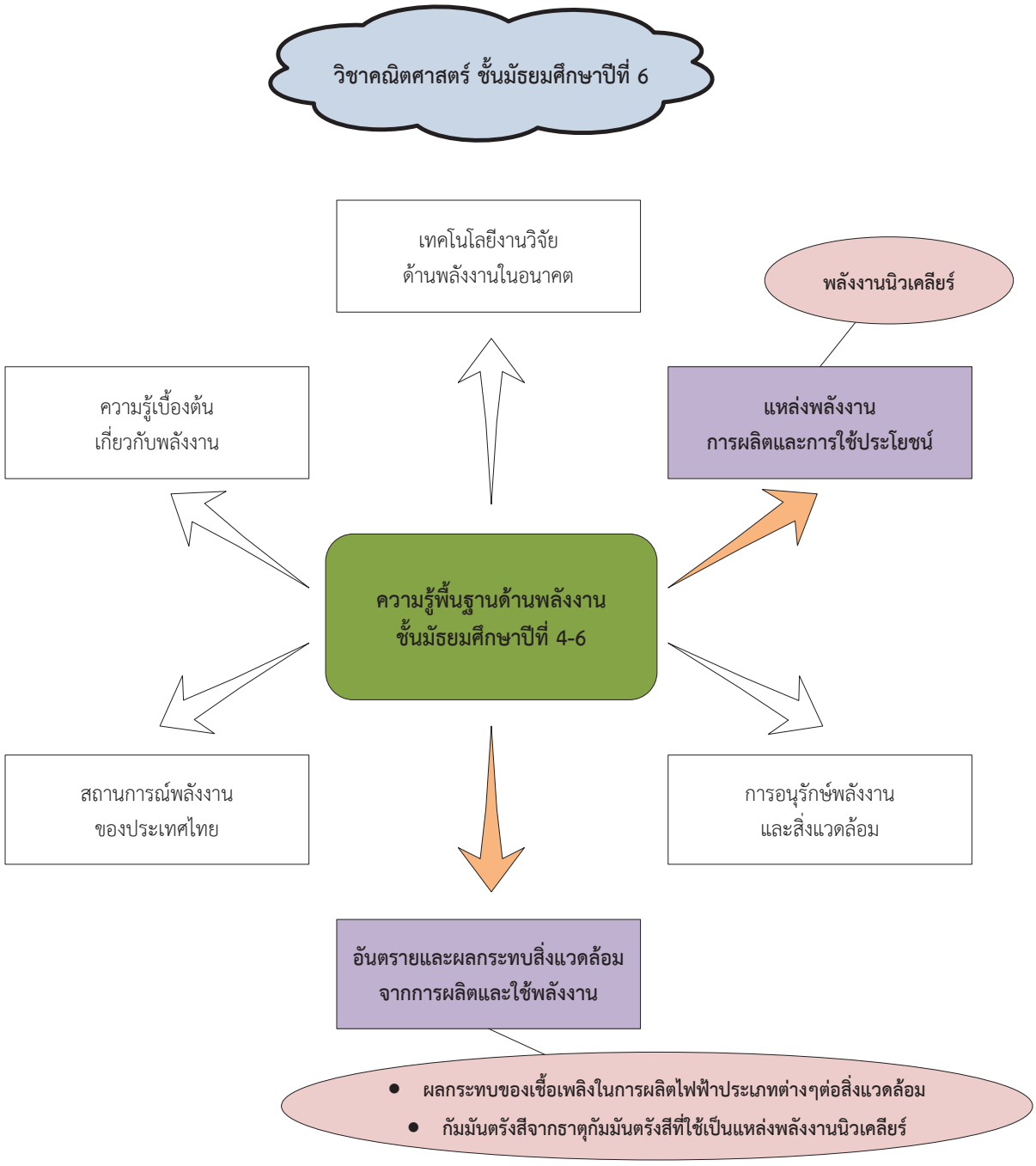
1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551



1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 6 หัวข้อหลักดังแผนภาพ

2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์

การบูรณาการสาระด้านพลังงานเข้ากับสาระวิชาคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ด้านพลังงานที่เสริมในรายวิชา โดยเป็นความรู้ผ่านการเรียนรู้สาระแกนกลางพร้อมทั้งกิจกรรมเพื่อเสริมกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจในเรื่องของเทคโนโลยี การใช้ประโยชน์และผลกระทบทางด้านพลังงานดังหัวข้อต่อไปนี้


วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เทคโนโลยีงานวิจัย
ด้านพลังงานในอนาคต
พลังงานนิวเคลียร์
ความรู้เบื้องต้น
เกี่ยวกับพลังงาน
แหล่งพลังงาน
การผลิตและการใช้ประโยชน์
ความรู้พื้นฐานด้านพลังงาน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
สถานการณ์พลังงาน
ของประเทศไทย
การอนุรักษ์พลังงาน
และสิ่งแวดล้อม
อันตรายและผลกระทบสิ่งแวดล้อม
จากการผลิตและใช้พลังงาน
ผลกระทบของเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าประเภทต่างๆต่อสิ่งแวดล้อม
กัมมันตรังสีจากธาตุกัมมันตรังสีที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานนิวเคลียร์

ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นี้จะเสริมความรู้เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์และผลกระทบจากการใช้พลังงานนิวเคลียร์ต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ นักเรียนจะเรียนรู้การบวก ลบ คูณ หารจำนวนจริง การสร้างความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชั่นจากสถานการณ์ด้านพลังงาน รวมไปถึงการเรียนรู้ด้านการนำข้อมูลทางสถิติไปใช้ในการคาดการณ์สถานการณ์พลังงานในอนาคต การบวกลบคูณหารจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังจากการเปรียบเทียบอายุของสารกัมมันตรังสี การบูรณาการนี้จะครอบคลุมสาระที่ 1, 4 และ 5

2.1 การคูณ การหารจำนวนจริง การสร้างฟังก์ชันเพื่อแสดงความสัมพันธ์ การใช้สถิติและข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆและมลภาวะการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การคูณ การหารจำนวนจริงจากข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เพื่อสร้างฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าและเวลาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น moving average และด้วยวิธีการสร้างสมการถดถอย และทำการเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ และหามลภาวะการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลเชิงวิชาการเพื่อศึกษาผลกระทบจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงที่มีอยู่เปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ในส่วนนี้นักเรียนจะเห็นโอกาสในการลดมลภาวะทางอากาศโดยการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง ซึ่งกิจกรรมนี้จะครอบคลุมสาระที่ 1 ,4 และ 5

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆและสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เข้าใจความหมายและหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์	• การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง • การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงเซต และนำไปใช้แก้ปัญหา	• แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์
	2. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผลโดยใช้แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์	• การให้เหตุผล
	3. แก้สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง	• สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง
	4. สร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	• ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน
	5. ใช้กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน ในการแก้ปัญหา	• กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน และการนำไปใช้
	6. เข้าใจความหมายของผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้	• อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. ใช้ข้อมูลข่าวสารและค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ	• สถิติและข้อมูล
	2. ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา	• ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

หมายเหตุ: ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เน้นในแถบสีเป็นสาระที่นำเอาองค์ความรู้ด้านพลังงานและกิจกรรมมาบูรณาการภายใต้หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 เฉพาะที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ผลกระทบของการใช้พลังงานประเภทต่างๆในการผลิตไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าแต่ละประเภทจะผลิตไฟฟ้าในปริมาณที่ต่างกันและใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน ผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันคือปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะแตกต่างกัน ทั้งนี้เมื่อเทียบกับพลังงานที่เท่ากันแล้วโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และโรงไฟฟ้าจากพลังงานจลน์ของน้ำจะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าประเภทอื่น

ตารางแสดง ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ประเภทของเชื้อเพลิง	ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนสมมูลต่อตันของน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า, kg carbon equivalent per toe)
ถ่านหินลิกไนต์	1,233
แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)	651
แก๊สหุงต้ม (LPG)	731
น้ำมันเตา	890
น้ำมันเบนซิน (Gasoline)	830
พลังงานจากน้ำ	13
นิวเคลียร์	19
เซลล์สุริยะ	316
น้ำมันก๊าด (kerosene)	845
ชีวมวล	65*
ความร้อนใต้พิภพ	90*

ที่มา: Manicore, http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/greenhouse/no_CO2.html

หมายเหตุ:

1 toe เทียบได้เท่ากับการผลิตไฟฟ้า 11.6 kWh ดังนั้น 1 kg carbon equivalent per toe จึงหมายถึงในการผลิตไฟฟ้า 11.6 kWh จะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 กิโลกรัม

ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของชีวมวลและความร้อนให้พิภพเป็นการประมาณอย่างหยาบๆ

กิจกรรมที่ 1: นิวเคลียร์ทางเลือกสำหรับการลดมลภาวะทางอากาศ?

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.2 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง การบวก การลบ การคูณและการหารจำนวนจริง

ครอบคลุมสาระที่ 4 มาตรฐาน ค 4.2 ตัวชี้วัดที่ 4 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน

ครอบคลุมสาระที่ 5 มาตรฐาน ค 5.3 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง สถิติและข้อมูล

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 150 นาที

วัตถุประสงค์

1. นักเรียนสามารถคูณและหารจำนวนจริงจากสถานการณ์หรือปัญหาได้
2. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์ได้
3. นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจสำหรับการเปรียบเทียบปริมาณได้

คำอธิบายกิจกรรม:

1. ให้นักเรียนประมาณค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้วิธี moving average ด้วยคาบ 2 ปี 3 ปี และ 5 ปีตามลำดับ
2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีการ moving average ที่คาบต่างๆ พร้อมอภิปรายผล
3. ให้นักเรียนหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวด้วยวิธีสมการถดถอย และทำนายค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ด้วยสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ได้
4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าประมาณที่ได้จากวิธีสมการถดถอยและวิธี moving average และอภิปราย
5. ให้นักเรียนทำนายค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปี พ.ศ. 2573 โดยใช้วิธีที่นักเรียนเลือกระหว่าง moving average หรือ วิธีสมการถดถอยพร้อมให้เหตุผลการเลือกวิธี
6. ให้นักเรียนคำนวณค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2573 ในกรณีที่ไม่มีและมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

รายละเอียดกิจกรรม:

คุณครูแสดงตารางสถิติการจ่ายไฟฟ้าด้านล่างให้นักเรียนดู

ตารางที่ 1.1 สถิติการจ่ายไฟฟ้าของประทศไทย

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)
2545	102,485.69
2546	110,675.60
2547	118,938.53
2548	127,025.08
2549	134,060.66
2550	139,445.52
2551	141,558.64
2552	141,692.85
2553	156,125.06
2554	155,207.26

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, http://www.egat.co.th

1. ให้นักเรียนประมาณค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้วิธี moving average ด้วยคาบ 2 ปี 3 ปี และ 5 ปีตามลำดับ

เฉลย:

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	Moving Average		
		2 ปี	3 ปี	5 ปี
2545	102,486			
2546	110,676			
2547	118,939	106,581		
2548	127,025	114,808	110,700	
2549	134,061	122,982	118,880	
2550	139,446	130,543	126,675	118,637
2551	141,559	136,754	133,511	126,029
2552	141,693	140,503	138,355	132,206
2553	156,125	141,626	140,899	136,757
2554	155,207	148,909	146,459	142,577

หมายเหตุ:

1. ค่า Moving Average คาบ 2 ปี ของปี พ.ศ. 2547 = $\frac{(102486+110676)}{2}=106581$

2. ค่า Moving Average คาบ 3 ปี ของปี พ.ศ. 2548 = $\frac{(102486+110676+118939)}{3}=110700$

3. ค่า Moving Average คาบ 5 ปี ของปี พ.ศ. 2558 เกิดจากการเฉลี่ยค่า 5 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 จนถึง ปี พ.ศ. 2549

2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีการในข้อที่ 1 พร้อมอภิปรายผล

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	Moving Average 2 ปี		Moving Average 3 ปี		Moving Average 5 ปี	
			ความแตกต่าง (%)		ความแตกต่าง (%)		ความแตกต่าง (%)
2545	102,485.69						
2546	110,675.60						
2547	118,938.53	106,580.65	10.39				
2548	127,025.08			110,699.94	12.85		
2549	134,060.66						
2550	139,445.52					118,637.11	14.92
2551	141,558.64						
2552	141,692.85						
2553	156,125.06						
2554	155,207.26						

เฉลย:

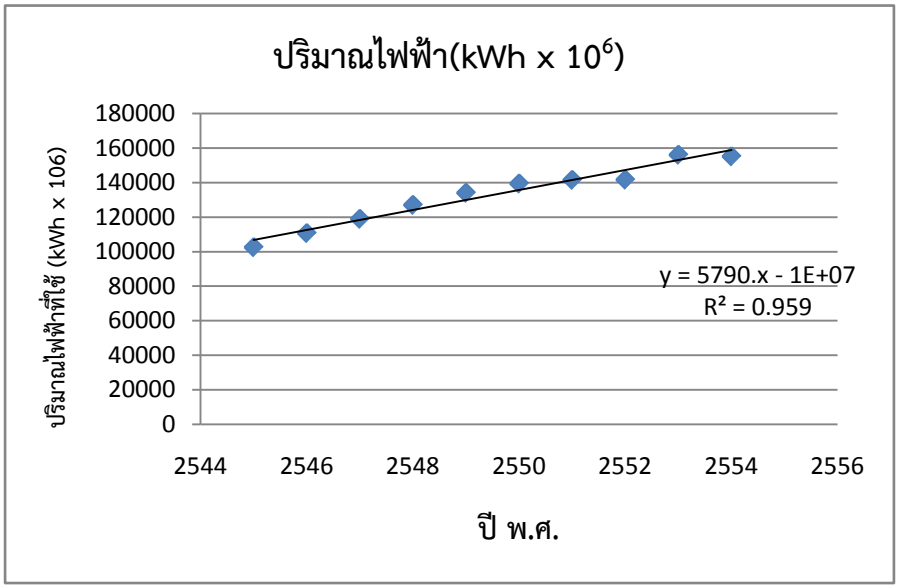
ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	Moving Average 2 ปี		Moving Average 3 ปี		Moving Average 5 ปี	
			ความแตกต่าง (%)		ความแตกต่าง (%)		ความแตกต่าง (%)
2545	102,485.69						
2546	110,675.60						
2547	118,938.53	106,581	10.39				
2548	127,025.08	114,808	9.62	110,700	12.85		
2549	134,060.66	122,982	8.26	118,880	11.32		
2550	139,445.52	130,543	6.38	126,675	9.16	118,637	14.92
2551	141,558.64	136,754	3.39	133,511	5.69	126,029	10.97
2552	141,692.85	140,503	0.84	138,355	2.36	132,206	6.70
2553	156,125.06	141,626	9.29	140,899	9.75	136,757	12.41
2554	155,207.26	148,909	4.06	146,459	5.64	142,577	8.14

ในการคาดการณ์ข้อมูลที่มีลักษณะมีแนวโน้ม วิธี moving average ที่ใช้คาบน้อยจะให้ค่าประมาณที่มีค่าใกล้เคียงมากกว่าเสมอ

3. ให้นักเรียนหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวด้วยวิธีสมการถดถอย และทำนายค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ด้วยสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ได้

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	ค่าประมาณด้วยวิธีสมการถดถอย	
			ความแตกต่าง (%)
2545	102,485.69		
2546	110,675.60		
2547	118,938.53	118,277.1	0.56
2548	127,025.08		
2549	134,060.66		
2550	139,445.52		
2551	141,558.64		
2552	141,692.85		
2553	156,125.06		
2554	155,207.26		

เฉลย:



ทั้งนี้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression) อยู่ในรูปของ $y = mX + C$ เมื่อ m คือค่าความชันและ C คือจุดตัดแกน y ที่ค่า $x = 0$ หรือจะเรียกได้ว่าเป็นค่าชดเชยของสมการก็ได้ ค่า m และค่า C หาได้จาก

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i y_i) - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i)\sum_{i=1}^{n}(y_i)}{n}}{\sum_{i=1}^{n}(x_i^2) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i)\right)^2}{n}}$$

$$= \frac{(2545\text{x}102486 + 2546\text{x}110676 + ... + 2554\text{x}155207) - \frac{(2545+2546+...+2554)(102486+110676+...+155207)}{10}}{2545^2 + 2546^2 + ... + 2554^2 - \frac{(2545+2546+...+2554)^2}{10}}$$

$$= 5790.2$$

$$C = \bar{Y} - m\bar{X}$$

$$= \frac{(102486 + 110676 + ... + 155207)}{10} - 5790.2\text{x}\frac{(2545+2546+...+2554)}{10}$$

$$= -14629486$$

นอกจากค่า m และ C แล้ว เรายังสามารถหาค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าแสดงความใกล้เคียงของค่าสมการเทียบกับค่าจริง โดยที่เมื่อค่า R^2 มีค่ามากหมายความว่าค่าที่ได้จากสมการมีค่าใกล้เคียงค่าจริง ค่า R^2 จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 หาได้จาก

$$R^2 = \frac{m\text{ x}\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i y_i) - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i)\sum_{i=1}^{n}(y_i)}{n}\right)}{\sum_{i=1}^{n}(y_i^2) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(y_i)\right)^2}{n}}$$

$$= 5790.2\text{ x}\frac{(2545\text{x}102486 + 2546\text{x}110676 + ... + 2554\text{x}155207) - \frac{(2545+2546+...+2554)(102486+110676+...+155207)}{10}}{102486^2 + 110676^2 + ... + 155207^2 - \frac{(2545+2546+...+2554)^2}{10}}$$

$$= 0.96$$

ซึ่งจาก R^2 ในข้อนี้มีค่าเท่ากับ 0.96 แปลว่าค่าความเบี่ยงเบนของสมการจากค่าจริงมีค่าน้อย สมการถดถอยที่ได้จึงสามารถนำมาใช้คาดการณ์ได้

เมื่อใช้วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายจะประมาณค่าปริมาณการใช้และหาค่าความแตกต่างได้ดังตาราง

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ ($kWh \times 10^6$)	ค่าประมาณด้วยวิธีสมการถดถอย	
			ความแตกต่าง (%)
2545	102,485.69		
2546	110,675.60	112363.2	-1.52
2547	118,938.53	118153.4	0.66
2548	127,025.08	123943.6	2.43
2549	134,060.66	129733.8	3.23
2550	139,445.52	135524	2.81
2551	141,558.64	141314.2	0.17
2552	141,692.85	147104.4	-3.82
2553	156,125.06	152894.6	2.07
2554	155,207.26	158684.8	-2.24

4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าประมาณที่ได้จากวิธีสมการถดถอยและวิธี moving average ให้นักเรียนอภิปราย

เฉลย: จากการประมาณค่าด้วยทั้ง 2 วิธีพบว่าหากข้อมูลมีลักษณะเป็นแนวโน้มเป็นเส้นตรง วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายจะให้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกว่าวิธี moving average มาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้ววิธี moving average เหมาะสมสำหรับการคาดการณ์ข้อมูลในอนาคตกรณีที่สิ่งแวดล้อมนิ่งและกำลังเข้าสู่สภาวะคงที่ (ข้อมูลลู่เข้าค่าใดค่าหนึ่ง) วิธี moving average จะไม่เหมาะสมกับกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะเป็นแนวโน้ม

5. ให้นักเรียนทำนายค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปี พ.ศ. 2573 โดยใช้วิธีที่นักเรียนเลือกระหว่าง moving average หรือวิธีสมการถดถอย

ปี พ.ศ.	**ประมาณการปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)**	**ปี พ.ศ.**	**ประมาณการปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)**
2555		2565	
2556		2566	
2557		2567	
2558		2568	
2559		2569	
2560		2569	
2561		2570	
2562		2571	
2563		2572	
2564		2573	

เฉลย :(วิธีสมการถดถอย)

ปี พ.ศ.	ประมาณการปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	ปี พ.ศ.	ประมาณการปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)
2555	164475.0	2565	222377.0
2556	170265.2	2566	228167.2
2557	176055.4	2567	233957.4
2558	181845.6	2568	239747.6
2559	187635.8	2569	245537.8
2560	193426.0	2569	251328.0
2561	199216.2	2570	257118.2
2562	205006.4	2571	262908.4
2563	210796.6	2572	268698.6
2564	216586.8	2573	222377.0

6. จากประมาณการที่ได้ในข้อที่ 5 ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในตารางที่ 1.2 และ ตารางที่ 1.3 คำนวณค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2573 โดยแยกเป็น 2 กรณีคือ

   6.1) กรณีที่สัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าเหมือนกับปี พ.ศ. 2553

   6.2) กรณีที่สัดส่วนกำลังการผลิตเป็นไปตามแผน PDP 2012

ตารางที่ 1.2 สัดส่วนประเภทกำลังการผลิตในการผลิตไฟฟ้า

ประเภทกำลังการผลิต	2553		2573 (แผน PDP 2012)	
	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ
ถ่านหิน	3,527		12,660	
แก๊สธรรมชาติ	16,091		21,668	
พลังน้ำ กฟผ.	3,424		3,936	
พลังน้ำนำเข้า	1,260		9,827	
พลังงานความร้อนร่วม (โคเจนฯ) (แก๊สธรรมชาติ)	1,878		7,024	
พลังงานหมุนเวียน	767		4,604	
น้ำมันก๊าด	3,784		0	
นิวเคลียร์	0		5,000	
อื่นๆ (ดีเซล สายส่งมาเลเซีย)	619		619	
รวม	31,350		65,338	

ที่มา: ชื่นชม สง่าราศี กรีเซน และ ดร.คริส กรีเซน, http://www.palangthai.org/docs/PDP2012-Thai.pdf

ตารางที่ 1.3 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ประเภทของเชื้อเพลิง	ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนสมมูลต่อตันของน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า, kg carbon equivalent per toe)
ถ่านหินลิกไนต์	1,233
แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)	651
แก๊สหุงต้ม (LPG)	731
น้ำมันเตา	890
น้ำมันเบนซิน (Gasoline)	830
พลังงานจากน้ำ	13
นิวเคลียร์	19
เซลแสงอาทิตย์	316
น้ำมันก๊าด (kerosene)	845
ชีวมวล	65*
ความร้อนใต้พิภพ	90*

ที่มา: Manicore, http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/greenhouse/no_CO2.html

หมายเหตุ:

1 toe เทียบได้เท่ากับการผลิตไฟฟ้า 11.6 kWh ดังนั้น 1 kg carbon equivalent per toe จึงหมายถึงในการผลิตไฟฟ้า 11.6 kWh จะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 กิโลกรัม

ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของชีวมวลและความร้อนให้พิภพเป็นการประมาณอย่างหยาบๆ

เฉลย:

ในการหาปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต้องหาสัดส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าก่อน ซึ่งค่าสัดส่วนที่ได้เป็นดังนี้

ประเภทกำลังการผลิต	2553		2573 (แผน PDP 2012)	
	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ
ถ่านหิน	3,527	11.25	12,660	19.38
แก๊สธรรมชาติ	16,091	51.33	21,668	33.16
พลังน้ำ กฟผ.	3,424	10.92	3,936	6.02
พลังน้ำนำเข้า	1,260	4.02	9,827	15.04
พลังงานความร้อนร่วม (โคเจนฯ) (แก๊สธรรมชาติ)	1,878	5.99	7,024	10.75
พลังงานหมุนเวียน	767	2.45	4,604	7.05
น้ำมันก๊าด	3,784	12.07	0	0.00
นิวเคลียร์	0	0.00	5,000	7.65
อื่นๆ (ดีเซล สายส่งมาเลเซีย)	619	1.97	619	0.95
รวม	31,350		65,338	

6.1 ในปี 2573 คาดการณ์การผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 222377×10^6 kWh หรือ 222377×10^3 MWh กรณีที่สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงยังเหมือนปัจจุบัน การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หาได้ดังตาราง

ประเภทกำลังการผลิต	2573		ค่าการปลดปล่อย CO2	
	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ	ต่อ 0.0116 MWh	ต่อการผลิตไฟฟ้าทั้งปี
ถ่านหิน	25018299	11.25	1233	2.66E+12
แก๊สธรรมชาติ	114139340	51.33	651	6.41E+12
พลังน้ำ กฟผ.	24287683	10.92	13	2.72E+10
พลังน้ำนำเข้า	8937640	4.02	13	1.00E+10
พลังงานความร้อนร่วม (โคเจนฯ) (แก๊สธรรมชาติ)	13321340	5.99	651	7.48E+11
พลังงานหมุนเวียน	5440611	2.45	65	3.05E+10
น้ำมันก๊าด	26841294	12.07	845	1.96E+12
นิวเคลียร์	0	0.00	19	0.00E+00
อื่นๆ (ดีเซล สายส่งมาเลเซีย)	4390793	1.97	651	2.46E+11
รวม	222377000			1.21E+13

หมายเหตุ ค่าการปลดปล่อย CO_2 กรณีอื่นๆคิดใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติ

จากตารางจะเห็นว่าหากใช้สัดส่วนการผลิตแบบเดิมจะได้ค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 1.21×10^{13} กิโลกรัม

6.2 ในกรณีที่สัดส่วนการผลิตเป็นไปตามแผน PDP 2012 ค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สรุปได้ดังตาราง

ประเภทกำลังการผลิต	2573		ค่าการปลดปล่อย CO2	
	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ	ต่อ 0.0116 MWh	ต่อการผลิตไฟฟ้าทั้งปี
ถ่านหิน	43088139	19.38	1233	4.58E+12
แก๊สธรรมชาติ	73746745	33.16	651	4.14E+12
พลังน้ำ กฟผ.	13396123	6.02	13	1.50E+10
พลังน้ำนำเข้า	33446062	15.04	13	3.75E+10
พลังงานความร้อนร่วม (โคเจนฯ) (แก๊สธรรมชาติ)	23906089	10.75	651	1.34E+12
พลังงานหมุนเวียน	15669652	7.05	65	8.78E+10
น้ำมันก๊าด	0	0.00	845	i0.00E+00
นิวเคลียร์	17017432	7.65	19	2.79E+10
อื่นๆ (ดีเซล สายส่งมาเลเซีย)	2106758	0.95	651	1.18E+11
รวม	222377000			1.03E+13

จากตารางจะเห็นได้ว่าหากใช้สัดส่วนตาม PDP2012 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเท่ากับ 1.03×10^{13} กิโลกรัม

7. จากข้อมูลที่ได้ในข้อ 6 ให้อภิปรายผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้ง 2 กรณี

เฉลย: จากข้อมูลในข้อ 6 จะเห็นว่ากรณีที่ใช้สัดส่วนการผลิตตาม PDP2012 จะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ากรณีที่ไม่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ถึง $1.21 \times 10^{13} - 1.03 \times 10^{13} =$

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์ด้านพลังงานจากสถิติที่มีได้ ทั้งในวิธี moving average และการสร้างสมการถดถอย		4/4.2/4
2. นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจสำหรับการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแบบต่างๆและการหาปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้		5/5.3/1
3. นักเรียนสามารถคูณและหารจำนวนจริงจากสถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการประมาณค่าแก๊สคาร์บอนไดดอกไซด์จาก 2 สถานการณ์ที่แตกต่างกันได้		1/1.2/1

2.2 การคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงในรูปเลขยกกำลัง การตีความและเปรียบเทียบค่า การสร้างความสัมพันธ์จากสถานการณ์ต่างๆโดยการศึกษาผลกระทบด้านรังสีจากการใช้พลังงานนิวเคลียร์

ในส่วนนี้จะให้นักเรียนดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ตีความและเปรียบเทียบค่าที่ได้ในรูปเลขยกกำลังของค่าครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี นอกจากนี้นักเรียนยังสร้างและตีความฟังกชันอธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีจากข้อมูลจริงเชิงวิชาการ ซึ่งจะครอบคลุมสาระที่ 1 และ 4

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนต่างในระบบจำนวนจริง	• จำนวนจริง
	2. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง	• ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง
	3. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่มีอยู่ในรูปกรณฑ์	• จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในกรณฑ์

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆและสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เข้าใจความหมายและหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์	• การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง • การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะและจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เข้าใจสมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับ การบวก การคูณ การเท่ากัน การไม่เท่ากัน และนำไปใช้ได้	• สมบัติของจำนวนจริงและการนำไปใช้

สาระที่ 4 พีชคณิต (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. เขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงเซต และนำไปใช้แก้ปัญหา	• แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์
	2. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผลโดยใช้แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์	• การให้เหตุผล
	3. แก้สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง	• สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง
	4. สร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	• ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน
	5. ใช้กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน ในการแก้ปัญหา	• กราฟของสมการ อสมการ ฟังก์ชัน และการนำไปใช้
	6. เข้าใจความหมายของผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต หาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้	• อนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิต

หมายเหตุ: ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เน้นในแถบสีเป็นสาระที่นำเอาองค์ความรู้ด้านพลังงานและกิจกรรมมาบูรณาการภายใต้หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 เฉพาะที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์และผลกระทบด้านรังสี

เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ใช้อยู่ทั่วไปคือ ยูเรเนียม -238 และ พลูโตเนียม 239 และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิชชันคือ เทคนีเทียม-99 ซีเซียม-137 และสตรอนเทียม-90 ซึ่งธาตุทั้งสามยังมีพลังงานสูงอยู่และสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพเช่นทำให้เกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น

ผลกระทบของสารกัมมันตภาพรังสีแบ่งเป็น ๓ แบบ [เกษร เทพแปง; 2555] คือ

1. ผลกระทบโดยตรงจากการรับสารกัมมันตภาพรังสีเข้าสู่ร่างกาย เช่น การดูดซึม การแพร่กระจายไปยังอวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆ การถูกเมตาบอลิซึม และการถูกขับออกจากร่างกาย เมื่ออยู่ในร่างกายสารกัมมันตภาพรังสีส่วนใหญ่จะมีสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับแร่ธาตุปกติที่มีความสำคัญต่อการทำงานของอวัยวะต่างๆ แต่ไม่สามารถทำหน้าที่ได้เหมือนกับแร่ธาตุปกติ ส่งผลให้เซลล์และอวัยวะเหล่านั้นไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ตัวอย่างเช่น

- สตรอนเทียม-90 และแบเรียม-141 มีสมบัติทางเคมีเหมือนแคลเซียม ซึ่งจะถูกเก็บสะสมในกระดูกเช่นเดียวกับแคลเซียม แต่ไม่สามารถเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูกได้ ก่อให้เกิดโรคกระดูกพรุน

- ซีเซียม-137 และรูบิเดียม-90 มีสมบัติทางเคมีเหมือนโปแตสเซียม และกระจายอยู่ทั่วไปตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย และมีผลต่อการทำงานของหัวใจ

- ไอโอไดน์-131 มีสมบัติทางเคมีเหมือนกับไอโอดีน และจะถูกเก็บสะสมในต่อมไทรอยด์ แต่ไอโอไดน์-131 เป็นสารกัมมันตรังสี แตกตัวให้รังสีเบต้า หากต่อมไทรอยด์ได้สัมผัสรังสีในปริมาณที่สูงเกินระดับที่ได้รับตามธรรมชาติ เซลล์ต่อมไทรอยด์จะถูกทำลายได้

2 . ผลกระทบจากการสัมผัสรังสีในระยะต้น (Early Period) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ผลกระทบเฉพาะที่ (Local Effects) ได้แก่ ผิวหนังอักเสบ เป็นแผลผุพอง ไหม้ จากการได้รับรังสีปริมาณมากในระยะเวลาสั้นๆ

2.2 ผลกระทบบริเวณทั่วไป หรือที่เรียกว่ากลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการสัมผัสรังสีแบบฉับพลัน (Acute Radiation Syndromes) ผลกระทบประเภทนี้ขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

2.2.1 ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบไขกระดูกและการสร้างเม็ดเลือด (Hematopoietic Syndrome) โดยรังสีจะไปทำลายเซลล์เม็ดเลือด โดยเฉพาะเม็ดเลือดขาวที่มีอายุสั้น ทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลง และร่างกายติดเชื้อได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้รังสียังทำลายไขกระดูกและ มีฤทธิ์กดดันการสร้างเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่างๆ ทำให้เกิดภาวะโลหิตจางได้

2.2.2 ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal Syndrome) โดยรังสีจะทำให้เยื่อบุทางเดินอาหาร เกิดความระคายเคือง และทำลายเซลล์เยื่อบุอาหาร ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ไม่อยากอาหาร ท้องเสีย ร่างกายขาดน้ำ ปวดท้อง น้ำลายไหล และเสียชีวิต

2.2.3 ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบไหลเวียนโลหิตและระบบประสาทส่วนกลาง (Cerebrovascular Syndrome) จะเกิดขึ้นเมื่อระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ผิดปกติ ทำให้เกิดอาการ คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน ควบคุมกล้ามเนื้อไม่ได้ หายใจไม่ออก ท้องเสีย ชัก โคม่า และเสียชีวิต

ตารางที่ 1: ปริมาณรังสีที่ได้รับและที่มีกระทบต่อร่างกายที่ก่อให้เกิดกลุ่มอาการแบบเฉียบพลัน (Acute Radiation Syndrome) [เกษร เทพแปง; 2555]

ปริมาณรังสี (มิลลิซีเวิร์ต)	ผลกระทบต่อร่างกาย
0 – 250	ไม่ปรากฏอาการ
250 – 500	ไขกระดูกหยุดสร้างเม็ดเลือดขาวชั่วคราว
500 – 1,000	เซลล์ไขกระดูกถูกทำลาย ทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือดลดลง ผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนเพลีย และมีโอกาสติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่าย
2,000	ระบบทางเดินอาหารเริ่มถูกทำลาย มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ผมร่วง ในรายที่ อาการรุนแรงและไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้องทันท่วงที อย่างถึงแก่ชีวิตได้
4,000	เม็ดเลือดขาวถูกทำลายจนหมด ระบบทางเดินอาหารจะถูกทำลายอย่างหนัก ผู้ป่วยมีโอกาสเสียชีวิตได้
6,000	ไขกระดูกถูกทำลาย ผู้ป่วยจะเสียชีวิตภายในเวลา 10 วัน
10,000	เสียชีวิตภายใน 1-2 วัน

3 . ผลกระทบจากการสัมผัสรังสีในระยะยาว (Late Period) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1 ผลกระทบที่ปรากฏชัดเจน (Deterministic Effects) เป็นผลกระทบที่ความรุนแรงของอาการขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ โดยปริมาณรังสีที่ได้รับมากขึ้นจะมีผลกระทบต่อทำงานของเซลล์มากขึ้น ตัวอย่างอาการเหล่านี้ได้แก่ ต้อกระจก ผิวหนังอักเสบ การเกิดเนื้อเยื่อพังพืด และการเกิดความผิดปกติของทารกในครรภ์ เป็นต้น

ความรุนแรงและความผิดปกติของทารกในครรภ์ที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสรังสีของในขณะตั้งครรภ์ จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการตั้งครรภ์ (Stage of Gestation) ที่มารดาสัมผัสรังสี โดยช่วงที่ทารกในครรภ์จะได้รับผลกระทบมากที่สุดคือช่วง ๓ เดือนแรกของการตั้งครรภ์ ซึ่งเป็นช่วงที่ทารกในครรภ์กำลังสร้างอวัยวะต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความผิดปกติในการเติบโตของทารกในครรภ์ ความพิการและตายได้

3.2 ผลกระทบที่ปรากฏไม่ชัดเจน (Stochastic Effects) ได้แก่ การกลายพันธุ์ เนื้องอก และมะเร็งชนิดต่างๆ ซึ่งผู้ที่ได้รับรังสีไม่จำเป็นต้องเป็นโรคเหล่านี้ แต่โอกาสของการเกิดโรคเหล่านี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อร่างกายสัมผัสรังสีในปริมาณที่สูงขึ้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2: โอกาสของการเกิดผลกระทบที่ปรากฏไม่ชัดเจน (มะเร็ง) [เกษร เทพแปง; 2555]

ปริมาณรังสี (มิลลิซีเวิร์ต)	โอกาสการเกิดผลกระบที่ปรากฏไม่ชัดเจน (Stochastic Effects)
1	1 ใน 10,000
10	1 ใน 1,000
100	1 ใน 100
1,000	1 ใน 10

จากที่กล่าวมาอันตรายของกัมมันตรังสีขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ ทั้งนี้ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละธาตุปลดปล่อยพลังงานที่มีขนาดแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของธาตุกัมมันตรังสีนั้น ค่าครึ่งชีวิตและพลังงานที่ปลดปล่อยในการเกิดปฏิกิริยาฟิชชันแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ครึ่งชีวิตของธาตุต่างๆและพลังงานที่ปลดปล่อยออกไประหว่างเกิดปฏิกิริยา

ธาตุไอโซโทป	ครึ่งชีวิต (ปี)	พลังงานที่ปลดปล่อยในการเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (MeV)
ยูเรเนียม-238	4.47×10^9	4.267
พลูโตเนียม 239	24,100	5.157
เทคนีเทียม-99	212,000	-
ซีเซียม-137	30	-
สตรอนเทียม-90	29.1	-

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency, USEPA,
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/plutonium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/technetium.html#wheredoes
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/cesium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/strontium.html

ธาตุแต่ละธาตุจะสลายตัวลงไปเรื่อยๆ สมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของธาตุไอโซโทปเรียกว่าครึ่งชีวิต เช่น ยูเรเนียม-239 มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 4.47×10^9 ปี หมายความว่ายูเรเนียม-239 ประมาณ 1 กิโลกรัมจะสลายตัวเหลือ 0.5 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไป 4.47×10^9 ปี และจะสลายตัวลงไปอีกจนเหลือ 0.25 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไปอีก 4.47×10^9 ปี หรือสรุปได้ว่ายูเรเนียม-239 ปริมาณ 1 กิโลกรัมจะสลายตัวเหลือ 0.25 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไป 8.94×10^9 ปี

กิจกรรมที่ 2: นิวเคลียร์: ผลกระทบด้านรังสี

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.1 ตัวชี้วัดที่ 3 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง จำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.2 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง การหารจำนวนจริงที่อยู่ในเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.4 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง สมบัติของจำนวนจริงและการนำไปใช้

ครอบคลุมสาระที่ 4 มาตรฐาน ค 4.2 ตัวชี้วัดที่ 4 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ความสัมพันธ์หรือฟังก์ชัน

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 100 นาที

วัตถุประสงค์

1. นักเรียนมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังจากการตีความหมายและเปรียบเทียบค่าได้
2. นักเรียนเข้าใจความหมายและหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการ คูณ และหาร จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างและความไม่เท่ากันของปริมาณต่างๆกันได้
4. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์ได้

คำอธิบายกิจกรรม:

1. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าครึ่งชีวิตของธาตุไอโซโทปที่ใช้ในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์และผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา
2. ให้นักเรียนประมาณเวลาที่ใช้ในการสลายตัวของธาตุไอโซโทปที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์

รายละเอียดกิจกรรม:

เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ใช้อยู่ทั่วไปคือ ยูเรเนียม -238 และ พลูโตเนียม 239 และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิชชันคือ เทคนีเทียม-99 ซีเซียม-137 และสตรอนเทียม-90 ซึ่งธาตุทั้งสามยังมีพลังงานสูงอยู่และสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพเช่นทำให้เกิดโรคมะเร็ง สมบัติของธาตุต่างๆแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ครึ่งชีวิตของธาตุต่างๆและพลังงานที่ปลดปล่อยออกไประหว่างเกิดปฏิกิริยา

ธาตุไอโซโทป	ครึ่งชีวิต (ปี)	พลังงานที่ปลดปล่อยในการเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (MeV)
ยูเรเนียม-238	4.47×10^9	4.267
พลูโตเนียม 239	24,100	5.157
เทคนีเทียม-99	212,000	-
ซีเซียม-137	30	-
สตรอนเทียม-90	29.1	-

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency, USEPA,
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/plutonium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/technetium.html#wheredoes
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/cesium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/strontium.html

ธาตุแต่ละธาตุจะสลายตัวลงไปเรื่อยๆ สมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของธาตุไอโซโทปเรียกว่าครึ่งชีวิตซึ่งการสลายตัวแบบนี้จะเป็นการลดลงแบบเอ็กโปเนนเชียล เช่น ยูเรเนียม -239 มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 4.47×10^9 ปี หมายความว่ายูเรเนียม -239 ปริมาณ 1 กิโลกรัมจะสลายตัวเหลือ 0.5 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไป 4.47×10^9 ปี และจะสลายตัวลงไปอีกจนเหลือ 0.25 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไปอีก 4.47×10^9 ปี หรือสรุปได้ว่ายูเรเนียม-239 ปริมาณ 1 กิโลกรัมจะสลายตัวเหลือ 0.25 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไป 8.94×10^9 ปี

1. จากข้อมูลในตารางที่ 2.1 ค่าครึ่งชีวิตของธาตุไอโซโทปที่มากที่สุดและน้อยที่สุดคือธาตุอะไร และค่าครึ่งชีวิตของทั้ง 2 ธาตุต่างกันกี่เท่า

เฉลย: ค่าครึ่งชีวิตที่มากที่สุดคือธาตุยูเรเนียม-238 (4.47×10^9 ปี)

ค่าครึ่งชีวิตที่น้อยที่สุดคือธาตุสตรอนเทียม-90 (29.1 ปี)

ทั้ง 2 ค่าต่างกันอยู่ 1.54×10^8 เท่า

2. จากคำอธิบายเรื่องครึ่งชีวิต ให้นักเรียนสร้างสมการเพื่อหาปริมาณของธาตุไอโซโทปว่าควรมีรูปสมการเป็นแบบใด

เฉลย: การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีจะมีการสลายตัวแบบเอ็กโปเนนเชียลซึ่งเป็นฟังก์ชั่นในรูป $e^{-t/\tau}$ โดย t คือเวลา ส่วน τ คืออายุธาตุกัมมันตรังสีเฉลี่ย (mean lifetime) การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีจะลดลงครึ่งหนึ่งทุกช่วงครึ่งชีวิต $t_{1/2}$ หากธาตุนั้นมีปริมาณ A กิโลกรัม ธาตุนั้นจะมีปริมาณลดลงเหลือ A/2

กิโลกรัมเมื่อผ่านไป $t_{1/2}$ และลดลงเหลือ A/4 กิโลกรัมเมื่อผ่านไป (2 x $t_{1/2}$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเราอาจจะเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{A}{2} = A\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$$

เนื่องจากการลดลงเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียลดังนั้นจึงได้ว่า

$$A\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} = A\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} = \left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \text{ or } 2^{\frac{t}{t_{1/2}}} = e^{\frac{t}{\tau}} \text{ or } \frac{t}{t_{1/2}}\ln 2 = \frac{t}{\tau} \text{ or } t_{1/2} = \tau \ln 2$$

นั่นหมายความว่าค่าครึ่งชีวิต $t_{1/2}$ มีค่าเท่ากับ ln2 เท่าของอายุเฉลี่ยของธาตุกัมมันตรังสี

3. หากในแต่ละปีเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 1 เตาต้องใช้ยูเรเนียม 1000 กิโลกรัมและเกิดเทคนีเทียม -99 เกิดขึ้น 400 กิโลกรัม เทคนีเทียม -99 ที่เกิดขึ้นจะต้องใช้เวลาเก็บนานแค่ไหนจึงจะสลายตัวลงเหลือ 0.8 กิโลกรัม

เฉลย: การหาค่าน้ำหนักคงเหลือจะใช้ความสัมพันธ์ $\frac{A}{2} = A\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$ ซึ่งได้ดังตาราง

รอบ	เวลา (ปี)	น้ำหนักคงเหลือ
	0	400
1	212000	200
2	424000	100
3	636000	50
4	848000	25
5	1060000	12.5
6	1272000	6.25
7	1484000	3.125
8	1696000	1.5625
9	1908000	0.78125

จากตารางจะเห็นว่าหากต้องรอให้เทคนีเทียม -99 เหลือปริมาณ 0.8 กิโลกรัมจะต้องใช้เวลาประมาณ 1,908,000 ปี ในรอบที่ 8 ปริมาณคงเหลือเท่ากับ 1.5625 ในรอบสุดท้ายหากต้องการให้การประมาณแม่นยำ

ยิ่งขึ้นอาจใช้ความสัมพันธ์ $\frac{0.8}{1.5625} = 0.512 = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/212000}$ และ $\ln(0.512) = \frac{t}{212000}\ln(\frac{1}{2})$ เมื่อแก้สมการความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้ว่า t = 204746.3 ปี ในรอบสุดท้าย ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ต้องรอให้เทคนีเทียม-99 สลายตัวเหลือ 0.8 กิโลกรัมจาก 400 กิโลกรัมต้องใช้เวลา 1,696,000 + 204,746.3 = 1,900,746 ปี

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังจากการตีความหมายและเปรียบเทียบค่าของครึ่งชีวิตของแต่ละธาตุไอโซโทป		1/1.1/3
2. นักเรียนเข้าใจความหมายและหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการ คูณและหาร จำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะจากการเทียบค่าครึ่งชีวิตของธาตุไอโซโทป		1/1.2/1
3. นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างและความไม่เท่ากันของค่าครึ่งชีวิตและนำไปใช้ได้		1/1.4/1
4. นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์ของค่าครึ่งชีวิตของธาตุไอโซโทปและนำไปใช้แก้ปัญหาในการคำนวณปริมาณการสลายตัวได้		4/4.2/4

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
1	นิวเคลียร์ทางเลือกสำหรับการลดมลภาวะทางอากาศ?	1. เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหาและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 2. เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูล ข่าวสาร และค่าสถิติช่วยในการตัดสินใจ 3. เพื่อให้นักเรียนสามารถคูณและหารจำนวนจริงจากสถานการณ์หรือปัญหาและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	1. ให้นักเรียนประมาณค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้วิธี moving average ด้วยคาบ 2 ปี 3 ปี และ 5 ปีตามลำดับ 2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีการmoving average ที่คาบต่างๆ พร้อมอภิปรายผล 3. ให้นักเรียนหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวด้วยวิธีสมการถดถอยและทำนายค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ด้วยสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ได้ 4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าประมาณที่ได้จากวิธีสมการถดถอยและวิธี moving average และอภิปราย 5. ให้นักเรียนทำนายค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปี พ.ศ. 2573 โดยใช้วิธีที่นักเรียนเลือกระหว่างmoving average หรือ วิธีสมการถดถอยพร้อมให้เหตุผลการเลือกวิธี 6. ให้นักเรียนคำนวณค่าการปลดปล่อยแก๊ส	150 นาที	1 / ค 1.2 4 / ค 4.2 5 / ค 5.3	1 4 1

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
			คาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2573 ในกรณีที่ไม่มีและมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์			
2	นิวเคลียร์: ผลกระทบด้านรังสี	1. เพื่อให้นักเรียนมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ 2. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายและหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการ คูณ และหารจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ 3. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจสมบัติของจำนวนจริงเกี่ยวกับการคูณ การเท่ากัน การไม่เท่ากัน และนำไปใช้ได้ 4. เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันจากสถานการณ์หรือปัญหาและนำไปใช้แก้ปัญหาได้	1. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าครึ่งชีวิตของธาตุไอโซโทปที่ใช้ในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์และผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา 2. ให้นักเรียนสร้างสมการจากความหมายของครึ่งชีวิตที่อธิบาย 3. ให้นักเรียนประมาณเวลาที่ใช้ในการสลายตัวของธาตุไอโซโทปที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์	100 นาที	1 / ค 1.1 1 / ค 1.2 1 / ค 1.4 4 / ค 4.2	3 1 1 4

หมายเหตุ: กิจกรรมทุกกิจกรรมสามารถเลือกมาใช้ตามความเหมาะสม ไม่จำเป็นต้องใช้ตามลำดับของกิจกรรม

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (www.egat.co.th)

ชื่นชม สง่าราศี กรีเซน และ ดร.คริส กรีเซน , 2554, ข้อเสนอแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า 2555-2573 (แผนพีดีพี 2012) และกรอบเพื่อการพัฒนาความรับผิดชอบตรวจสอบได้ของการวางแผนภาคพลังงานไฟฟ้า [Online], Available http://www.palangthai.org/docs/PDP2012-Thai.pdf [28 มีนาคม 2556]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) , 2556, คู่มือครูความรู้พื้นฐานด้านพลังงานระดับที่ 3, โครงการ การพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่ 2) ได้รับการสนับสนุนโดย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

Manicore, Are there Co_2 free energy [Online], Available: http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/greenhouse/no_CO2.html [5 มกราคม 2556]

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Cesium [Online], Available: http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/cesium.html [10 มกราคม 2556]

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Plutonium [Online], Available: http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/plutonium.html [10 มกราคม 2556]

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Strontium [Online], Available: http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/strontium.html [10 มกราคม 2556]

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Technitium-99 [Online], Available: http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/technetium.html#wheredoes [10 มกราคม 2556]

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Uranium [Online], Available: http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html [10 มกราคม 2556]

แบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ม.6

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 1: นิวเคลียร์ทางเลือกสำหรับการลดมลภาวะทางอากาศ?

ดูตารางสถิติการจ่ายไฟฟ้าด้านล่าง

ตารางที่ 1.1 สถิติการจ่ายไฟฟ้าของประทศไทย

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)
2545	102,485.69
2546	110,675.60
2547	118,938.53
2548	127,025.08
2549	134,060.66
2550	139,445.52
2551	141,558.64
2552	141,692.85
2553	156,125.06
2554	155,207.26

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, http://www.egat.co.th

1. ให้นักเรียนประมาณค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้วิธี moving average ด้วยคาบ 2 ปี 3 ปี และ 5 ปีตามลำดับ

2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีการในข้อที่ 1 พร้อมอภิปรายผล

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	Moving Average 2 ปี		Moving Average 3 ปี		Moving Average 5 ปี	
			ความแตกต่าง (%)		ความแตกต่าง (%)		ความแตกต่าง (%)
2545	102,485.69						
2546	110,675.60						
2547	118,938.53	106,580.65	10.39				
2548	127,025.08			110,699.94	12.85		
2549	134,060.66						
2550	139,445.52					118,637.11	14.92
2551	141,558.64						
2552	141,692.85						
2553	156,125.06						
2554	155,207.26						

3. ให้นักเรียนหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวด้วยวิธีสมการถดถอย และทำนายค่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ด้วยสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ได้

ปี พ.ศ.	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	ค่าประมาณด้วยวิธีสมการถดถอย	
			ความแตกต่าง (%)
2545	102,485.69		
2546	110,675.60		
2547	118,938.53	118,277.1	0.56
2548	127,025.08		
2549	134,060.66		
2550	139,445.52		
2551	141,558.64		
2552	141,692.85		
2553	156,125.06		
2554	155,207.26		

4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าประมาณที่ได้จากวิธีสมการถดถอยและวิธี moving average ให้นักเรียนอภิปราย

5. ให้นักเรียนทำนายค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปี พ.ศ. 2573 โดยใช้วิธีที่นักเรียนเลือกระหว่าง moving average หรือวิธีสมการถดถอย

ปี พ.ศ.	ประมาณการปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)	ปี พ.ศ.	ประมาณการปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh x 10^6)
2555		2565	
2556		2566	
2557		2567	
2558		2568	
2559		2569	
2560		2569	
2561		2570	
2562		2571	
2563		2572	
2564		2573	

6. จากประมาณการที่ได้ในข้อที่ 5 ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในตารางที่ 1.2 และ ตารางที่ 1.3 คำนวณค่าการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2573 โดยแยกเป็น 2 กรณีคือ
   6.1) กรณีที่สัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าเหมือนกับปี พ.ศ. 2553
   6.2) กรณีที่สัดส่วนกำลังการผลิตเป็นไปตามแผน PDP 2012

ตารางที่ 1.2 สัดส่วนประเภทกำลังการผลิตในการผลิตไฟฟ้า

ประเภทกำลังการผลิต	2553		2573 (แผน PDP 2012)	
	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ	กำลังการผลิต (เมกกะวัตต์)	ร้อยละ
ถ่านหิน	3,527		12,660	
แก๊สธรรมชาติ	16,091		21,668	
พลังน้ำ กฟผ.	3,424		3,936	
พลังน้ำนำเข้า	1,260		9,827	
พลังงานความร้อนร่วม (โคเจนฯ) (แก๊สธรรมชาติ)	1,878		7,024	
พลังงานหมุนเวียน	767		4,604	
น้ำมันก๊าด	3,784		0	
นิวเคลียร์	0		5,000	
อื่นๆ (ดีเซล สายส่งมาเลเซีย)	619		619	
รวม	31,350		65,338	

ที่มา: ชื่นชม สง่าราศี กรีเซน และ ดร.คริส กรีเซน, http://www.palangthai.org/docs/PDP2012-Thai.pdf

ตารางที่ 1.3 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ประเภทของเชื้อเพลิง	ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนสมมูลต่อตันของน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า, kg carbon equivalent per toe)
ถ่านหินลิกไนต์	1,233
แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)	651
แก๊สหุงต้ม (LPG)	731
น้ำมันเตา	890
น้ำมันเบนซิน (Gasoline)	830
พลังงานจากน้ำ	13
นิวเคลียร์	19
เซลแสงอาทิตย์	316
น้ำมันก๊าด (kerosene)	845
ชีวมวล	65*
ความร้อนใต้พิภพ	90*

ที่มา: Manicore, http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/greenhouse/no_CO2.html

หมายเหตุ:

1 toe เทียบได้เท่ากับการผลิตไฟฟ้า 11.6 kWh ดังนั้น 1 kg carbon equivalent per toe จึงหมายถึงในการผลิตไฟฟ้า 11.6 kWh จะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 กิโลกรัม

ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของชีวมวลและความร้อนให้พิภพเป็นการประมาณอย่างหยาบๆ

แบบฝึกหัดสำหรับกิจกรรมที่ 2: การคำนวณพลังงานจากเซลเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ใช้อยู่ทั่วไปคือ ยูเรเนียม -238 และ พลูโตเนียม 239 และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิชชันคือ เทคนีเทียม-99 ซีเซียม-137 และสตรอนเทียม-90 ซึ่งธาตุทั้งสามยังมีพลังงานสูงอยู่และสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพเช่นทำให้เกิดโรคมะเร็ง สมบัติของธาตุต่างๆแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ครึ่งชีวิตของธาตุต่างๆและพลังงานที่ปลดปล่อยออกไประหว่างเกิดปฏิกิริยา

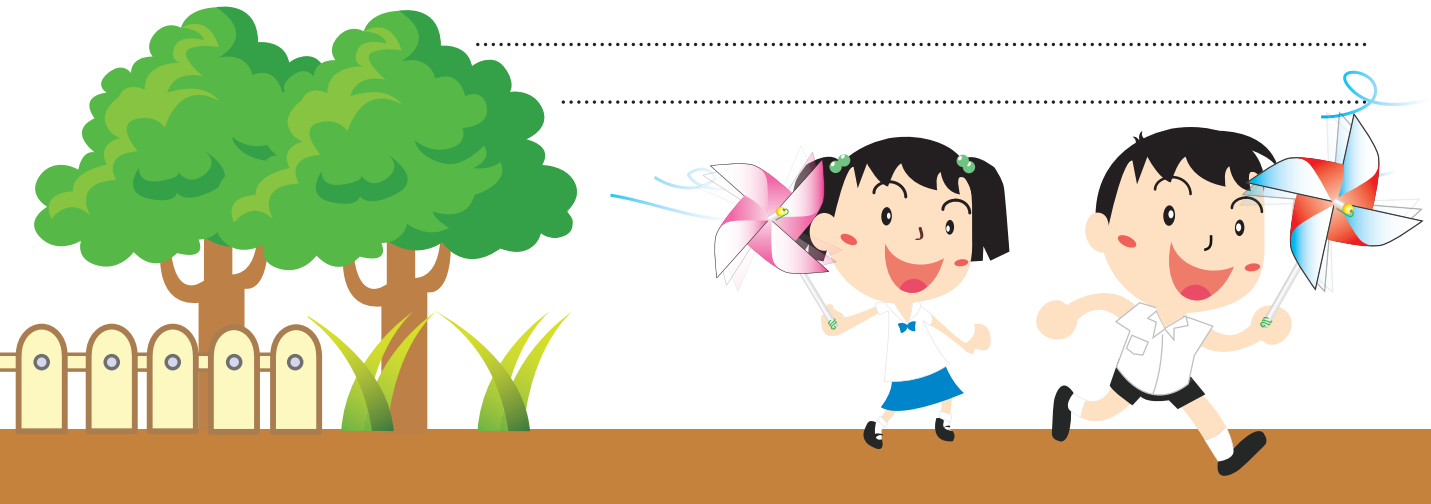
ธาตุไอโซโทป	ครึ่งชีวิต (ปี)	พลังงานที่ปลดปล่อยในการเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (MeV)
ยูเรเนียม-238	4.47×10^9	4.267
พลูโตเนียม 239	24,100	5.157
เทคนีเทียม-99	212,000	-
ซีเซียม-137	30	-
สตรอนเทียม-90	29.1	-

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency, USEPA,
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/plutonium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/technetium.html#wheredoes
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/cesium.html
http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/strontium.html

ธาตุแต่ละธาตุจะสลายตัวลงไปเรื่อยๆ สมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของธาตุไอโซโทปเรียกว่าครึ่งชีวิต เช่น ยูเรเนียม-239 มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 4.47×10^9 ปี หมายความว่ายูเรเนียม-239 ประมาณ 1 กิโลกรัมจะสลายตัวเหลือ 0.5 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไป 4.47×10^9 ปี และจะสลายตัวลงไปอีกจนเหลือ 0.25 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไปอีก 4.47×10^9 ปี หรือสรุปได้ว่ายูเรเนียม-239 ปริมาณ 1 กิโลกรัมจะสลายตัวเหลือ 0.25 กิโลกรัมเมื่อเวลาผ่านไป 8.94×10^9 ปี

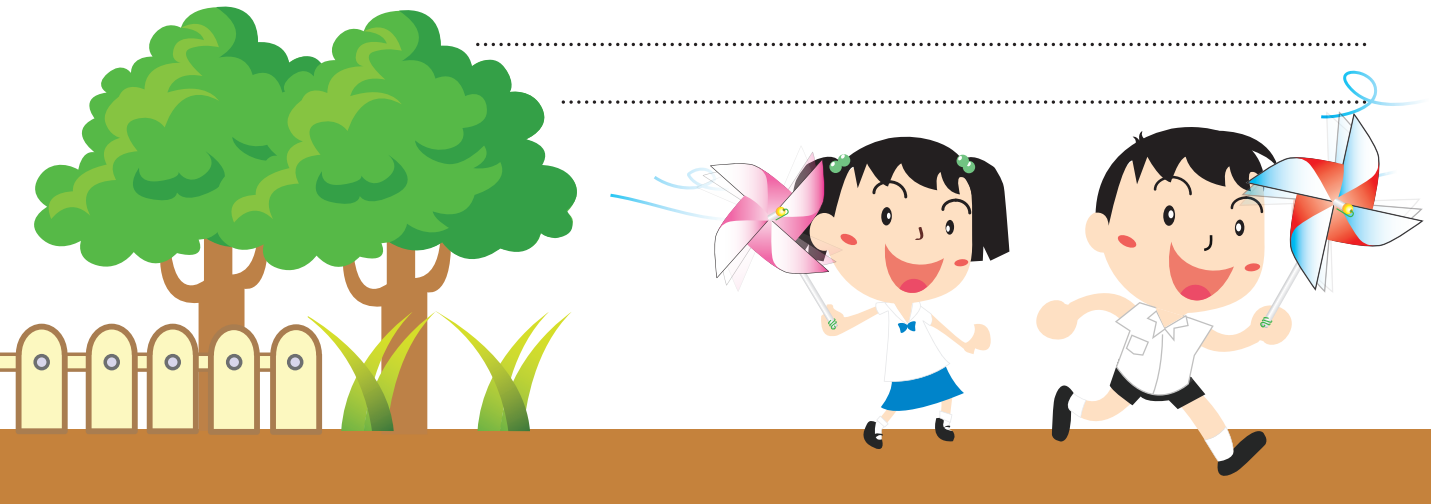
1. จากข้อมูลในตารางที่ 2.1 ค่าครึ่งชีวิตของธาตุไอโซโทปที่มากที่สุดและน้อยที่สุดคือธาตุอะไร และค่าครึ่งชีวิตของทั้ง 2 ธาตุต่างกันกี่เท่า
2. จากคำอธิบายเรื่องครึ่งชีวิต ให้นักเรียนสร้างสมการเพื่อหาปริมาณของธาตุไอโซโทปว่าควรมีรูปสมการเป็นแบบใด
3. หากในแต่ละปีเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 1 เตาต้องใช้ยูเรเนียม 1000 กิโลกรัมและเกิดเทคนีเทียม-99 เกิดขึ้น 400 กิโลกรัม เทคนีเทียม-99 ที่เกิดขึ้นจะต้องใช้เวลาเก็บนานแค่ไหนจึงจะสลายตัวลงเหลือ 0.8 กิโลกรัม

บันทึกข้อความ



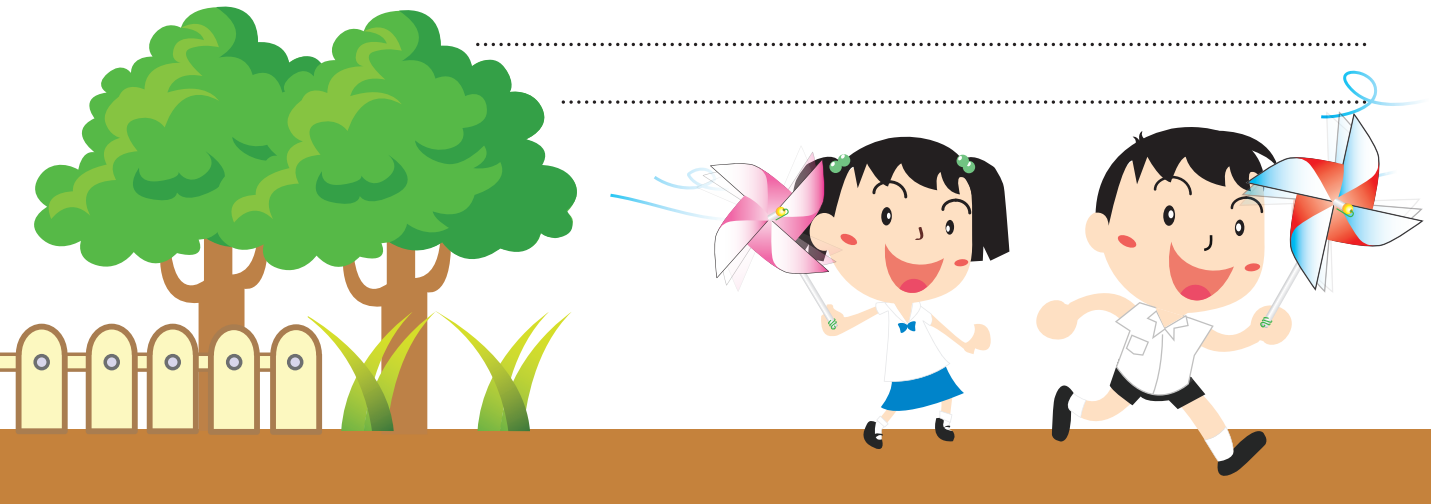
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



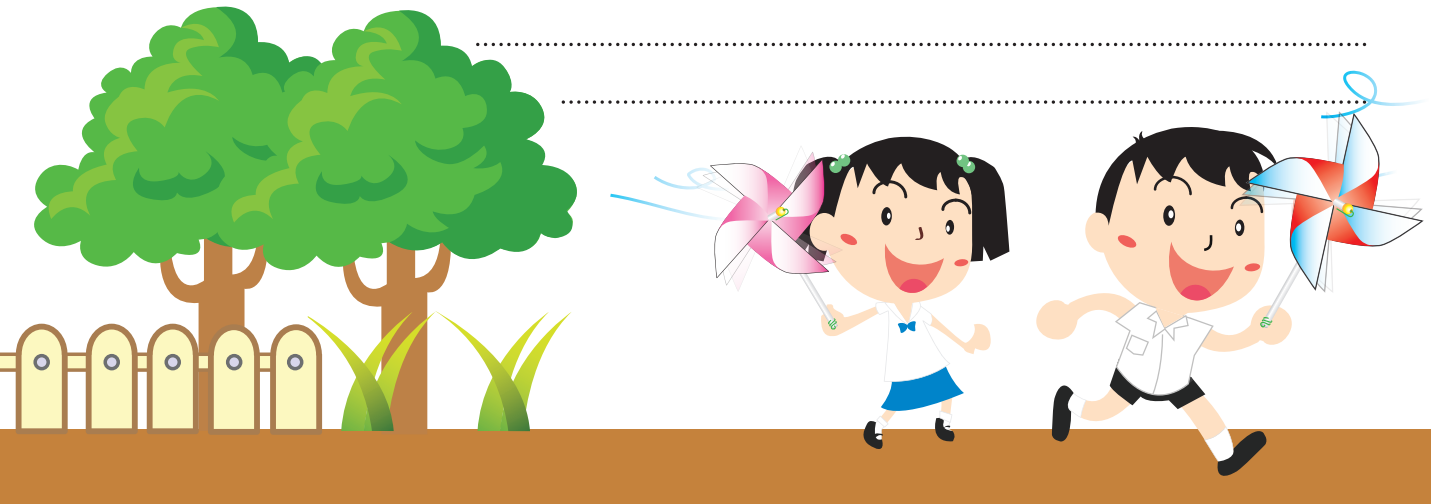
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



บันทึกข้อความ

<u>คณะผู้จัดทำ</u>

ผศ.ดร.จิรวรรณ	เตียรณ์สุวรรณ
รศ.วารุณี	เตีย
ดร.นันทน์	ถาวรังกูร
นางเครือวัลย์	มณีวัต
นางสาวจิตรลดา	เจริญวุฒิเสถียร
ดร.นคร	ศรีสุขุมบวรชัย
ผศ.ดร.ปรีชา	เติมสุขสวัสดิ์
ผศ.ดร.สุพัฒน์พงษ์	ดำรงรัตน์
รศ.ดร.สร้อยดาว	วินิจนันทรัตน์
ผศ.จารุรัตน์	วรนิสรากุล
รศ.ดร.ยุวพิน	ด่านดุสิตาพันธ์
ผศ.ดร.นงพงา	คุณจักร
ผศ.ดร.มารศรี	เรืองจิตชัชวาลย์
รศ.นฤมล	จียโชค
อาจารย์ปัญญานีย์	พราพงษ์
รศ.ดร.พรนภิส	ดาราสว่าง
ผศ.วิลักษณา	ศรีมาวิน
อาจารย์สุรัตน์	เพชรนิล
ดร.สุจินต์	จิระชีวะนันท์
ดร.มงคล	นามลักษณ์
นางอรุณี	โอฬารานนท์

หน่วยวิจัยระบบความร้อนเชิงนิเวศ
สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทรศัพท์. 0-2470-8695-99 ต่อ 515, 518 โทรสาร. 0-2470-8674

สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

โครงการการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ ด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่๒)