

การใช้แบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับชั้นเพื่อศึกษาความเข้าใจเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสบการณ์การเรียนรู้แตกต่างกัน

Using a Two-tier Multiple Choice Diagnostic Test to Explore the Understanding of Atomic Structure of Thai Grade 10 Students with Different Learning Experience

สุทธิดา จำรัส (Suthida Chamrat)^{1*}

นฤมล ยุตาคม (Naruemon Yutakom)²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมซึ่งพัฒนาในรูปแบบของแบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับชั้นเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนที่มีประสบการณ์การเรียนรู้แตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลจากนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 280 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐบาล 3 แห่ง ในปีการศึกษา 2549-2550 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยายด้วยการหาค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามได้ถูกต้อง ซึ่งพบว่าสามารถจำแนกประเภทแนวคิดของผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ กลุ่มที่ใช้การจดจำแนวคิดและกลุ่มที่มีแนวคิดทางเลือก โดยนักเรียนมีแนวโน้มที่จะจดจำเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมมากกว่าที่จะทำความเข้าใจเหตุผลและที่มาของความรู้ และนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์กับความรู้ที่ค้นพบ ในเรื่อง บทบาทของแบบจำลองในการศึกษาโครงสร้างอะตอม การทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองอะตอมและการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม จากผลการวิจัยทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงการเรียนการสอนเรื่องโครงสร้างอะตอมที่เน้นการพัฒนากระบวนการคิดและการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ABSTRACT

This research aims to study the use of the Atomic Structure Concept Test (ASCT) which was developed in the form of a two-tier multiple choice diagnostic test to explore understanding of atomic structure concepts of students who had different learning experiences. The final version of ASCT was administered to 280 Thai Grade 10 students in the academic years 2006 - 2007. The data was analyzed by descriptive

¹นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Corresponding author, e-mail: Research@schamrat.com

statistics to determine the percentages of students who answered correctly. Student's understanding could be categorized into 3 groups: conceptual-rational understanding, rote memory and alternative conception. The results show that students tend to remember without understanding, as well as that students could not connect scientist's work to knowledge to be found in topics of the construction and role of models in the study of atomic theory, and the connection between scientist's experiment and the formation of atomic models and the electron arrangements in an atom. This implies that it is necessary to consider and improve the process for meaningful instruction and learning.

คำสำคัญ: แบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น, มโนคติเรื่องโครงสร้างอะตอม

Keywords: Two-tier multiple choice diagnostic test, Atomic structure concepts

บทนำ

โครงสร้างอะตอมเป็นเนื้อหาที่มักจะสอนเป็นเรื่องแรกของวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในหลาย ประเทศ รวมถึงประเทศไทยเนื่องจากเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ เป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์แขนงอื่น และเป็นแนวคิดที่อธิบายองค์ประกอบของสสารทุกชนิด จึงถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์รากฐานที่สำคัญในการศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ (Ozmen, 2004) จากผลการวิจัย พบว่านักเรียนจำนวนมากมีปัญหาในการเรียนวิชาเคมี ไม่ว่าจะเป็ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนที่ตกต่ำ (Bureau of Education Testing, 2004, 2005; Martin et al., 2000) ทศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาเคมี (Office of the National Education Commission, 2001) รวมไปถึงการขาดความเข้าใจในแนวคิดและการเข้าใจคลาดเคลื่อนในวิชาเคมี (Arizona State University, 2001) โดยสาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาพื้นฐานเรื่องโครงสร้างอะตอม (Thirasiri, 1990; Unal and Zollman, 2000; Tsaparsis and Papaphotis, 2002; Schmidt et al., 2003; Nakiboglu, 2003; Suppavan, 2005)

แบบจำลองอะตอมที่ยอมรับในปัจจุบันคือแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งอธิบายลักษณะและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอันเป็น

พื้นฐานความเข้าใจปฏิกิริยาเคมีทุกชนิด รวมถึงโครงสร้างของนิวเคลียส ซึ่งใช้อธิบายปฏิกิริยาเคมีนิวเคลียร์ แต่งานวิจัยของ Harrison และ Treagust (2000) พบว่านักเรียนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดแบบจำลองอะตอมของโบร์ซึ่งอธิบายลักษณะของอะตอมโดยมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงโคจรรอบๆ นิวเคลียสของอะตอม ไปเป็นแบบจำลองที่อิเล็กตรอนมีพฤติกรรมเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาคเคลื่อนที่ในระดับชั้นพลังงานหลักและระดับชั้นพลังงานย่อยที่เรียกว่า ออร์บิทัล

ในปัจจุบันการศึกษาแนวคิดของผู้เรียนมีความสำคัญเนื่องจากแนวคิดของทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเน้นผู้เรียนเป็นหลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งก่อนเรียน ขณะเรียนหรือแม้กระทั่งเรียนจบไปแล้วเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ สร้างและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนและวินิจฉัยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องหรือปัญหาของผู้เรียน เปรียบเสมือนกับการวินิจฉัยของแพทย์ก่อนการรักษาคนไข้ แบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (Two-tier Multiple Choice Diagnostic Test) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็วิชา เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์หรือ วิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ (Odom & Barrow, 1995; Tan et.al, 2005; Treagust, 1988, 1995) โดยเป็นแบบวัดแนวคิดที่เน้นศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยใช้ความเข้าใจมากกว่าความจำ (Chandrasegaran et al., 2007)

การพัฒนาแบบทดสอบเรื่องโครงสร้างอะตอมในประเทศไทยนิยมใช้รูปแบบทดสอบชนิดเลือกตอบซึ่งใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเช่น การสอบกลางภาคหรือปลายภาค โดยเป็นการประเมินผลการเรียนมากกว่าที่จะมุ่งเน้นการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนเพื่อปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอน แต่แบบวัดแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมในงานวิจัยนี้ พัฒนาขึ้นในรูปแบบของการวัดแนวคิดที่มีตัวเลือกสองลำดับขั้น ที่เน้นการวินิจฉัยความเข้าใจในแต่ละเนื้อหา ของนักเรียนที่มีประสบการณ์ในการเรียนแตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มนักเรียนที่ยังไม่ผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างอะตอม (pre Atomic Structure Instructional Unit, pre-ASIU) กลุ่มนักเรียนที่ผ่านการเรียนแบบดั้งเดิม (Traditional Teaching, TT) และกลุ่มนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างอะตอม (post-ASIU) ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Approach) ซึ่งกิจกรรมและการทดลองเกี่ยวข้องกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองชนิดต่าง ๆ (Chamrat, 2008) ผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการนำไปวิเคราะห์ พัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ เนื่องจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ครูมีความคุ้นเคยและเหมาะสมกับบริบทของห้องเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมาก (Treagust and Haslam, 1987) นอกจากนี้แบบวัดแนวคิดยังสามารถใช้วัดแนวคิดก่อนการเรียนเพื่อศึกษาประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียนมากที่สุด

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมซึ่งพัฒนาในรูปแบบของแบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนที่มีประสบการณ์การเรียนรู้แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประเภทของงานวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากโรงเรียนรัฐบาล ขนาดใหญ่พิเศษ 3 แห่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล กลุ่มที่ศึกษาได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้เกณฑ์คือขนาดของโรงเรียนและเขตพื้นที่การศึกษาใกล้เคียงกัน เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูล ผู้เรียนจากระดับชั้นเดียวกันที่มีภูมิหลังด้านการศึกษาไม่แตกต่างกันและความสมัครใจในการเข้าร่วมวิจัยต่อเนื่อง 2 ปีการศึกษา โดยครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดห้องเรียนที่จะศึกษาโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน โดยปีการศึกษา 2549 กลุ่มที่ศึกษามีจำนวน 137 คน (โรงเรียน A 45 คน โรงเรียน B 50 คน และ โรงเรียน C 42 คน) ซึ่งผ่านการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิม (TT) และปีการศึกษา 2550 มีจำนวน 143 คน (โรงเรียน A 42 คน โรงเรียน B 49 คน และ โรงเรียน C 52 คน) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษาทั้งก่อนเรียนด้วยหน่วยการสอนเรื่องโครงสร้างอะตอม (pre-ASIU) และหลังเรียน (post-ASIU)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบวัดแนวคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม (Atomic Structure Concept Test, ASCT) มีทั้งหมด 24 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม และตัวเลือกตอบ 2 ชุด โดยชุดแรกคือ ตัวเลือกคำตอบ มี 4-6 ตัวเลือก และชุดที่สองคือตัวเลือกเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบชุดแรก ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ พัฒนาจาก Treagust (1988, 1995) และ Tan et al. (2002) ซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ หนังสือเรียนและคู่มือครู (สสวท. 2547a, 2547b) แล้ว สร้างแผนผังแนวคิด และเขียน

คำอธิบายข้อความรู้ซึ่งเชื่อมโยงเข้ากับแผนผังแนวคิด ซึ่งจะได้แนวคิดย่อยที่ครอบคลุมเรื่องโครงสร้างอะตอมรวม 7 แนวคิดหลักดังตารางที่ 1 จากนั้นส่งแผนผังแนวคิดและคำอธิบายข้อความรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญคือ นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 3 ท่านและนักวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหาและความถูกต้องของแนวคิดวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาเอกสาร งานวิจัย แบบทดสอบที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของผู้เรียนในเรื่องโครงสร้างอะตอม จากนั้นจึงสร้างข้อคำถามของแต่ละแนวคิดจำนวน 24 ข้อ ระบุแนวคิดคลาดเคลื่อน เพื่อนำไปสร้างเป็นตัวเลือกสำหรับคำถามแต่ละข้อ จากนั้นส่งแบบวัดแนวคิดฉบับร่างที่ 1 ให้กับผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไข

3. นำแบบวัดแนวคิดฉบับแก้ไขแล้วไปทดลองเก็บข้อมูลกับผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่อง

โครงสร้างอะตอมแล้วจำนวน 53 คน พร้อมสุ่มนักเรียนจำนวน 10 คนมาสัมภาษณ์เกี่ยวกับแบบวัดแนวคิดดังนี้ (1) เวลาที่ใช้ (2) การจัดรูปแบบ (3) ความยากง่าย และ (4) ปัญหาที่พบ อภิปรายผลจากการทดลองใช้และแบบวัดแนวคิดร่วมกับ นักวิทยาศาสตร์ศึกษา นักวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านแบบทดสอบวิชาเคมี เป็นรายชื่อ ทำการแก้ไขและปรับปรุงแบบวัดแนวคิดเพื่อให้ได้ฉบับสมบูรณ์สำหรับนำไปเก็บข้อมูลจริง

จำนวนข้อของแต่ละแนวคิดหลักอ้างอิงตามเวลาที่ใช้สอน (สสวท., 2547b) เรื่องที่ใช้เวลาสอนมากที่สุดคือ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมมีคำถาม 8 ข้อ หรือร้อยละ 33.33 ส่วนเรื่องที่มีจำนวนข้อน้อยที่สุดคือ ทฤษฎีอะตอมของดาลตันมีคำถาม 1 ข้อ หรือ ร้อยละ 4.17 แบบวัดแนวคิดรายชื่อและเนื้อหาที่ต้องการวัดแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แนวคิดหลัก จำนวนข้อและร้อยละของแบบวัดแนวคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอม

แนวคิดหลัก	จำนวน (ข้อที่)	ร้อยละของจำนวนข้อ	ร้อยละของเวลาที่ใช้สอน*
แบบจำลองและทฤษฎีอะตอม	2 (1,2)	8.33	5
ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน	1 (3)	4.17	5
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน	3 (4,5,6)	12.50	10
แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	6 (7,8,9,10,11,12)	25.00	20
แบบจำลองอะตอมของโบร์	2 (13,14)	8.33	30
แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก	2 (15,16)	8.33	10
การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม	8 (17,18,19,20,21,22,23,24)	33.33	20
รวม	24	100	100

* อ้างอิงคู่มือครู สารระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (สสวท., 2547b)

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยส่งแบบสอบถามให้ครูผู้สอนทำการเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 280 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างอะตอมแล้ว

โดยแยกเก็บข้อมูลในภาคต้น ปีการศึกษา 2549 จำนวน 137 คน และผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลจากนักเรียนทั้งก่อนและหลังเรียนเรื่องโครงสร้างอะตอมในภาคต้น ปีการศึกษา 2550 จำนวน 143 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย (descriptive statistics) ด้วยการหาค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามได้ถูกต้อง โดยมีเกณฑ์การตรวจคำตอบคือ นักเรียนที่ตอบถูกทั้งตัวเลือกคำตอบและเหตุผลจึงจะถือว่าตอบถูกต้อง จากนั้นนำค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะตัวเลือกคำตอบและตอบถูกทั้งสองส่วนไปสร้างแผนภูมิแบบกระจาย (scatter plot) เพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจของนักเรียนซึ่งวิเคราะห์โดยใช้เส้น Conceptual line โดยมีหลักการคือ หากร้อยละนักเรียนที่ตอบถูกในตัวเลือกคำตอบมีจำนวนเท่ากับร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกทั้งตัวเลือกคำตอบและเหตุผล ตำแหน่งของการลงจุดจะอยู่บนเส้นนี้เท่านั้น และหากค่าร้อยละทั้งสองมีจำนวนต่างกันมาก ตำแหน่งการลงจุดก็จะห่างจากเส้น Conceptual line มากขึ้น จาก รูปที่ 1 สามารถจำแนกนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม ตามความเข้าใจเรื่องโครงสร้างอะตอมโดยใช้เส้นตัดตามแกน X และแกน Y ที่จุด (50, 50) ดังต่อไปนี้

1. มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ (Conceptual-Rational Understanding, CRU) คือกลุ่มของนักเรียนที่ตอบถูกในตัวเลือกคำตอบ และตอบถูกทั้งตัวเลือกคำตอบและเหตุผลมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 50

2. ใช้การจดจำแนวคิด (Rote Memory, RM) คือกลุ่มของนักเรียนที่ตอบถูกในตัวเลือกคำตอบ มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 และตอบถูกทั้งตัวเลือกคำตอบและเหตุผลมีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 50

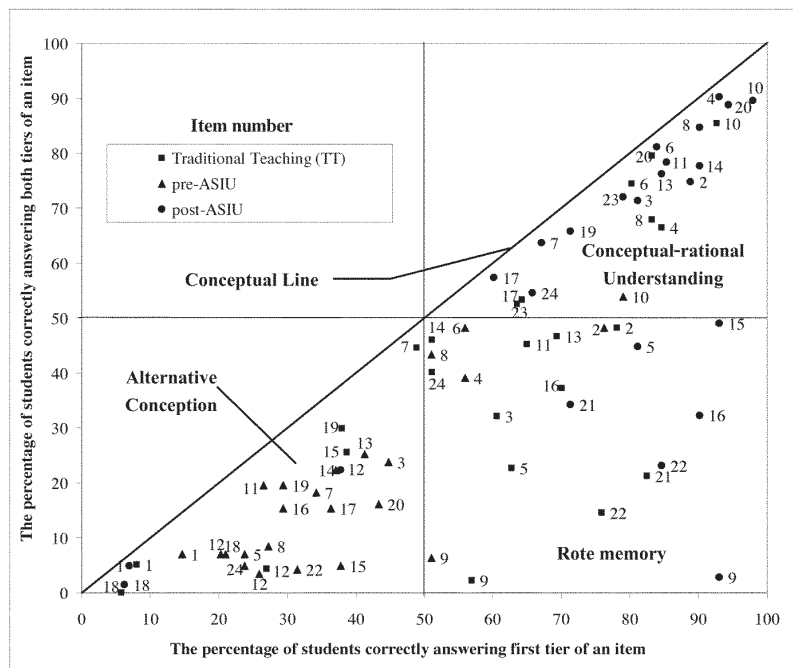
3. มีแนวคิดทางเลือก (Alternative Conception, AC) คือกลุ่มของนักเรียนที่ตอบถูกในตัวเลือกคำตอบ และตอบถูกทั้งตัวเลือกคำตอบและเหตุผลมีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 50

ผลการวิจัย

ผลการใช้แบบวัดแนวคิดจากนักเรียนสามกลุ่มคือ TT pre-ASIU และ post-ASIU แสดงใน ตารางที่ 2 ซึ่งเป็นร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้องเฉพาะคำตอบและตอบคำถามถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผลแยกเป็นรายชื่อ และแผนภูมิแบบการกระจาย ดังรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาความเข้าใจของนักเรียนทั้งสามกลุ่มใน 24 แนวคิดของหัวข้อโครงสร้างอะตอม ตามตารางที่ 3 พบว่านักเรียนกลุ่ม pre-ASIU มากกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดทางเลือกถึง 18 จาก 24 แนวคิด ในขณะที่ใช้การจดจำใน 5 แนวคิด มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้เพียง 1 แนวคิด ส่วนนักเรียนกลุ่ม TT ส่วนใหญ่ใช้การจดจำแนวคิด โดยนักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 ใช้การจดจำใน 11 แนวคิด โดยมีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ 6 แนวคิด และมีแนวคิดทางเลือกใน 7 แนวคิด ในขณะที่กลุ่ม post-ASIU มากกว่าร้อยละ 50 มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ใน 15 แนวคิด ใช้การจดจำ 6 แนวคิด และมีแนวคิดทางเลือกที่ไม่ตรงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 แนวคิด

ตารางที่ 2. ร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้องเฉพาะคำตอบและตอบคำถามถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผลแยกเป็นรายชื่อ

ข้อ	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก						ข้อ	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก					
	ส่วนคำตอบ			ส่วนคำตอบและเหตุผล				ส่วนคำตอบ			ส่วนคำตอบและเหตุผล		
	TT	pre- ASIU	post- ASIU	TT	pre- ASIU	post- ASIU		TT	pre- ASIU	post- ASIU	TT	pre- ASIU	post- ASIU
1	8.03	14.69	6.99	5.11	6.99	4.90	13	69.34	41.26	84.62	46.72	25.17	76.22
2	78.10	76.22	88.81	48.18	48.25	74.83	14	51.09	37.06	90.21	45.99	22.38	77.62
3	60.58	44.76	81.12	32.12	23.78	71.33	15	38.69	37.76	93.01	25.55	4.90	48.95
4	84.67	55.94	93.01	66.42	39.16	90.21	16	70.07	29.37	90.21	37.23	15.38	32.17
5	62.77	23.78	81.12	22.63	6.99	44.76	17	63.50	36.36	60.14	52.55	15.38	57.34
6	80.29	55.94	83.92	74.45	48.25	81.12	18	5.84	20.98	6.29	0.00	6.99	1.40
7	48.91	34.27	67.13	44.53	18.18	63.64	19	37.96	29.37	71.33	29.93	19.58	65.73
8	83.21	51.05	90.21	67.88	43.36	84.62	20	83.21	43.36	94.41	79.56	16.08	88.81
9	56.93	51.05	93.01	2.19	6.29	2.80	21	82.48	25.87	71.33	21.17	3.50	34.27
10	92.70	79.02	97.90	85.40	53.85	89.51	22	75.91	31.47	84.62	14.60	4.20	23.08
11	64.96	26.57	85.31	45.26	19.58	78.32	23	64.23	27.27	79.02	53.28	8.39	72.03
12	27.01	20.28	37.76	4.38	6.99	22.38	24	51.09	23.78	65.73	40.15	4.90	54.55



รูปที่ 1. แผนภาพแสดงร้อยละของนักเรียน กลุ่ม TT pre-ASIU และ post-ASIU ที่ตอบคำถามถูกต้องเฉพาะคำตอบและตอบคำถามถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผลแยกเป็นรายชื่อ

ตารางที่ 3. แนวคิดหลักของแบบวัดแนวคิดรายชื่อและประเภทความเข้าใจของนักเรียน

ข้อ	แนวคิด	ความเข้าใจของนักเรียน		
		TT	Pre-ASIU	Post-ASIU
1	บทบาทของแบบจำลองในทฤษฎีอะตอม	AC	AC	AC
2	ลักษณะต่าง ๆ ของแบบจำลอง	RM	RM	CRU
3	ทฤษฎีอะตอมของคาลตัน	RM	AC	CRU
4	การทำงานของหลอดรังสีแคโทด	CRU	RM	CRU
5	การสังเกตและลงข้อสรุปจากการทดลองด้วยหลอดรังสีแคโทด	RM	AC	RM
6	แบบจำลองอะตอมของทอมสัน	CRU	RM	CRU
7	การทดลองยิงประจุผ่านแผ่นทองคำบางของรัทเทอร์ฟอร์ด	AC	AC	CRU
8	อนุภาคมูลฐานของอะตอม	CRU	RM	CRU
9	เลขอะตอม	RM	RM	RM
10	ความสัมพันธ์ระหว่างเลขอะตอมและเลขมวล	CRU	CRU	CRU
11	ไอโซโทปของธาตุ	RM	AC	CRU
12	สัญลักษณ์นิวเคลียร์	AC	AC	AC
13	สเปกตรัมของอะตอม	RM	AC	CRU
14	แบบจำลองอะตอมของโบร์	RM	AC	CRU
15	ความน่าจะเป็นของการค้นพบอิเล็กตรอนในอะตอม	AC	AC	RM
16	แบบจำลองอะตอมกลศาสตร์ควอนตัม	RM	AC	RM
17	ออร์บิทัลของอะตอม	CRU	AC	CRU
18	ระดับชั้นพลังงานในอะตอม	AC	AC	AC
19	ระดับพลังงานย่อยในระดับพลังงานหลักของอะตอม	AC	AC	CRU
20	ลักษณะของออร์บิทัล	CRU	AC	CRU
21	หลักอับบาว	RM	AC	RM
22	หลักการกีดกันของเพาลี	RM	AC	RM
23	กฎของฮุนด์	CRU	AC	CRU
24	วาเลนซ์อิเล็กตรอน	AC	AC	CRU

CRU = Conceptual-Rational Understanding, RM = Rote memory, AC = Alternative Conception

โดยความเข้าใจของนักเรียนมีรายละเอียดนำเสนอตามแนวคิดหลักดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองและทฤษฎีอะตอม

นักเรียนส่วนใหญ่คือมากกว่าร้อยละ 50 จากทั้งสามกลุ่มมีแนวคิดทางเลือก ในเรื่อง บทบาทของแบบจำลองในทฤษฎีอะตอม (ข้อ 1) โดยเข้าใจว่าแบบจำลองอะตอมสร้างมาเพื่อสนับสนุนทฤษฎีอะตอมซึ่งแนวคิดที่ถูกต้องคือแบบจำลองอะตอมสร้างมาจากทฤษฎีอะตอมเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น สมบัติของอะตอมและการเปลี่ยนแปลง โดยมีนักเรียนเพียง

ร้อยละ 5.11 6.99 และ 4.90 ในนักเรียนกลุ่ม TT pre-ASIU และ post-ASIU ตามลำดับ ที่สามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องว่าแบบจำลองได้มาจากการลงข้อสรุปจากผลการทดลอง ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของแบบจำลอง (ข้อ 2) นักเรียนมากกว่าครึ่งของทั้งสามกลุ่มตอบได้ว่าแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่มีร้อยละ 48.18 48.25 และ 74.83 ของนักเรียนกลุ่ม TT pre-ASIU และ post-ASIU ตามลำดับ ที่ให้เหตุผลได้ว่าเพราะนักวิทยาศาสตร์ค้นพบหลักฐานใหม่

2. ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน

ในหัวข้อนี้ (ข้อ 3) นักเรียน pre-ASIU ส่วนใหญ่มีแนวคิดทางเลือก ในขณะที่นักเรียนกลุ่ม TT ใช้การจดจำแนวคิด ส่วนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.33) จากกลุ่ม post-ASIU มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ โดยสามารถบอกได้ว่าธาตุชนิดเดียวกันจึงมีสมบัติและมวลที่แตกต่างกันได้ โดยเรียกลักษณะเช่นนี้ว่าไอโซโทปของธาตุ เช่น ไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจนซึ่งทฤษฎีอะตอมของดาลตันที่ไม่สามารถอธิบายได้

3. แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

นักเรียนที่ผ่านการเรียนแล้วทั้งกลุ่ม TT และ post-ASIU ร้อยละ 66.42 และ 90.21 มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลในการทำงานของหลอดรังสีแคโทด (ข้อ 4) ได้ว่า รังสีแคโทดเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอโนดของหลอดรังสีแคโทดเนื่องจากมีประจุลบจึงถูกดึงดูดโดยขั้วแอโนดซึ่งมีประจุบวก ส่วนการสังเกตและลงข้อสรุปจากการทดลองด้วยหลอดรังสีแคโทด (ข้อ 5) นักเรียนกลุ่ม TT และ pre-ASIU มีการจดจำแนวคิด เพราะตอบได้ว่า รังสีแคโทดคืออิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคมูลฐานของทุกอะตอม แต่ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับอัตราส่วนค่าประจุต่อมวลได้ ในแบบวัดแนวคิดข้อ 6 นักเรียนกลุ่ม TT และ post-ASIU ร้อยละ 74.45 และ 81.12 มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ว่าอิเล็กตรอนเป็นส่วนประกอบของแบบจำลองอะตอมที่ทำให้เกิดลำแสงในหลอดรังสีแคโทด สำหรับนักเรียนกลุ่ม pre-ASIU ใช้การจดจำแนวคิด ในเรื่องการทำงานของหลอดรังสีแคโทดและแบบจำลองอะตอมของทอมสัน และมีแนวคิดทางเลือกในเนื้อหาเกี่ยวกับการสังเกตและลงข้อสรุปจากการทดลองด้วยหลอดรังสีแคโทด เนื่องจากมีนักเรียนเพียงร้อยละ 6.99 ที่สามารถตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผล

4. แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

แนวคิดที่นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถให้เหตุผลได้มากที่สุดคือความสัมพันธ์ระหว่าง

เลขอะตอมและเลขมวล (ข้อ 10) โดยสามารถใช้เลขอะตอมและเลขมวลของอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าระบุ จำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนได้ (TT = 85.40, pre-ASIU = 53.85, post-ASIU = 89.51) นักเรียนให้เหตุผลว่า เลขมวลเป็นผลรวมของโปรตอนกับนิวตรอน ดังนั้นเมื่อนำเลขมวลมาลบเลขอะตอมจะทราบจำนวนนิวตรอน เนื้อหาต่อมาที่นักเรียนกลุ่ม TT (ร้อยละ 67.88) และ post-ASIU (ร้อยละ 84.62) มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ คือ อนุภาคมูลฐานของอะตอม (ข้อ 8) โดยสามารถระบุได้ว่า อิเล็กตรอนเป็นอนุภาคมูลฐานชนิดเดียวที่อะตอมสามารถสูญเสียไปได้โดยที่ยังคงความเป็นธาตุนั้นๆ ไว้ เนื่องจากมีมวลน้อยมากเมื่อเทียบกับมวลทั้งหมด ส่วนกลุ่ม pre-ASIU ใช้การจดจำแนวคิด

เนื้อหาที่นักเรียนกลุ่ม TT ใช้การจดจำแนวคิดคือ ไอโซโทปของธาตุ (ข้อ 11) โดยสามารถบอกได้ว่า C-12 และ C-14 ซึ่งเป็นไอโซโทปของคาร์บอนแตกต่างกันที่จำนวนนิวตรอน แต่ไม่สามารถบอกเหตุผลได้ (ร้อยละ 45.26 จาก 64.96) ในขณะที่นักเรียนกลุ่ม post-ASIU สามารถบอกได้ว่าทั้งสองไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่ C-14 มีจำนวนนิวตรอนมากกว่า C-12 อยู่สองตัว (ร้อยละ 78.32 จาก 85.31) จึงจัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้

เนื้อหาที่นักเรียนในกลุ่ม TT และ pre-ASIU มีแนวคิดทางเลือก คือ การทดลองยิงประจุผ่านแผ่นทองคำบางของรัทเทอร์ฟอร์ด (ข้อ 7) โดยส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุตำแหน่งการเบี่ยงเบนของอนุภาคแอลฟา ขณะที่นักเรียนกลุ่ม post-ASIU สามารถระบุได้และบอกสาเหตุได้ว่าเกิดจากการชนกับนิวเคลียส ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความหนาแน่นมากและมีประจุบวกในอะตอม (ร้อยละ 63.64 จาก 67.13)

เนื้อหาที่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนมากที่สุด ในหัวข้อนี้คือ เลขอะตอม (ข้อ 9) และ สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ (ข้อ 12) นักเรียนทั้งสามกลุ่มมีแนวคิดทางเลือกในเรื่องเลขอะตอมโดยมีร้อยละการตอบคำถามที่สูงแต่ร้อยละของการตอบถูกทั้งค่า

ตอบและเหตุผลที่ต่ำมาก (รูปที่ 1) โดยเฉพาะในกลุ่ม post-ASIU แม้นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 93.01) สามารถตอบได้ว่า เลขอะตอมคือตัวเลขที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละธาตุ แต่มีส่วนน้อยเท่านั้น (ร้อยละ 2.80) ที่ให้เหตุผลได้ว่า เลขอะตอมคือจำนวนโปรตอน ซึ่งสามารถใช้จำแนกธาตุแต่ละชนิดได้

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ เป็นอีกเนื้อหาที่นักเรียนทั้งสามกลุ่มมีแนวคิดทางเลือก โดยนักเรียนตอบได้ว่าสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ บอกถึงเลขอะตอมของธาตุและเลขมวลของไอโซโทป แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุระบุมวลอะตอมของธาตุด้วย ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะส่วนของคำตอบในกลุ่ม TT pre-ASIU และ post-ASIU คือ 27.01 20.28 และ 37.76 ตามลำดับ แต่ลดลงเหลือร้อยละ 4.38 6.99 และ 22.38 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาทั้งคำตอบและเหตุผล

5. แบบจำลองอะตอมของโบร์

นักเรียนกลุ่ม TT ใช้การจดจำแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดสเปกตรัมของอะตอม (ข้อ 13) เนื่องจาก ร้อยละ 69.34 สามารถระบุการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานในรูปของสเปกตรัมของอะตอมได้ แต่มีเพียงร้อยละ 46.72 เท่านั้นที่ระบุได้ว่าเกิดจากอิเล็กตรอนเปลี่ยนจากสถานะที่มีพลังงานสูงไปยังสถานะที่พลังงานต่ำกว่า ในขณะที่นักเรียนกลุ่ม post-ASIU ร้อยละ 76.22 มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ ส่วนกลุ่ม pre-ASIU มีแนวคิดทางเลือกเพราะตอบถูกเฉพาะคำตอบร้อยละ 41.26 แต่ตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผล ร้อยละ 25.17 ในส่วนของแบบจำลองอะตอมของโบร์ (ข้อ 14) เมื่อให้นักเรียนระบุภาพจำลองการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนในแบบจำลองอะตอมของโบร์ นักเรียนกลุ่ม TT pre-ASIU และ post-ASIU สามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องร้อยละ 51.09 37.06 และ 90.21 ตามลำดับ แต่มีนักเรียนร้อยละ 45.99 22.38 และ 77.62 ตามลำดับ ที่สามารถระบุได้ว่า พลังงานของอิเล็กตรอนในแต่ละวงโคจรจะไม่เท่ากัน ระดับพลังงานจะใกล้กันมากขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนอยู่ห่างจากนิวเคลียส

นักเรียนกลุ่ม TT และ pre-ASIU จึงจัดว่ามีแนวคิดทางเลือก ในขณะที่นักเรียนกลุ่ม post-ASIU มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้

6. แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

เมื่อให้ระบุแบบจำลองอะตอมที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน (ข้อ 15) พบว่านักเรียนกลุ่ม TT ร้อยละ 38.69 เลือกแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกเป็นคำตอบ โดยมีนักเรียน 46.72 เลือกแบบจำลองอะตอมเป็นการผสมกันระหว่างแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดและโบร์ ซึ่งพบเห็นตามสื่อต่างๆ และมักจะทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าเป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ มีงานวิจัยที่พบว่านักเรียนที่ผ่านการเรียนแบบจำลองต่างๆ มาแล้วอาจเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยผสมผสานแบบจำลองต่างๆ เข้าด้วยกัน (Justi and Gilbert, 2000) เปรียบเทียบกับกลุ่ม pre-ASIU พบว่าการตอบจะกระจาย เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีแนวคิดก่อนเรียนที่แตกต่างกัน ส่วนนักเรียนกลุ่ม post-ASIU สามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องถึงร้อยละ 93.01 แต่เมื่อพิจารณาเหตุผลของนักเรียนประกอบ พบว่านักเรียนในกลุ่ม TT และ pre-ASIU มีแนวคิดทางเลือก ส่วนนักเรียนในกลุ่ม post-ASIU มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ ในคำถามเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก (ข้อ 16) นักเรียนกลุ่ม TT และ post-ASIU ร้อยละ 70.07 และ 90.21 ตอบได้ว่า ออร์บิทัลแตกต่างกันจากออร์บิทัลหรือวงโคจร แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่าอิเล็กตรอนโคจรอยู่ภายในบริเวณที่เรียกว่า ออร์บิทัล ดังนั้นนักเรียนทั้งสองกลุ่มจึงใช้การจดจำ ส่วนนักเรียนกลุ่ม pre-ASIU มีแนวคิดทางเลือก

7. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

ในหัวข้อนี้ นักเรียนกลุ่ม pre-ASIU ส่วนใหญ่มีแนวคิดทางเลือกทั้งหมด ส่วนกลุ่ม TT และ post-ASIU มีความเข้าใจแตกต่างกันดังนี้

ในข้อ 17 เมื่อถามว่าจะพบออร์บิทัลอะไรบ้างในระดับพลังงานหลักที่ 3 ($n = 3$) นักเรียนกลุ่ม TT (ร้อยละ 52.55) และ post-ASIU (ร้อยละ 57.34)

ตอบและให้เหตุผลอธิบายได้ว่า ในแต่ละระดับพลังงานหลักอิเล็กตรอนจะอยู่ในออร์บิทัลที่แตกต่างกัน คำถามต่อมาให้นักเรียนอธิบายที่มาของการคำนวณจำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดที่มีได้ในแต่ละระดับพลังงานหลักโดยใช้สูตร $2n^2$ (ข้อ 18) นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า n เป็นระดับชั้นของวงโคจรอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสซึ่งมีค่าเท่ากับ L M N O P.. และไม่สามารถเชื่อมโยงว่าออร์บิทัลเป็นระดับพลังงานย่อยซึ่งอยู่เป็นชั้นๆ ในพลังงานหลัก นักเรียนทั้งกลุ่ม TT และ post-ASIU จึงมีแนวคิดทางเลือกในข้อที่ 19 เมื่อถามถึงสมบัติที่แตกต่างของอิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานเดียวกัน นักเรียนในกลุ่ม post-ASIU (ร้อยละ 65.73) สามารถตอบได้ว่า อิเล็กตรอนอาจจะมีพลังงานแตกต่างกันและให้เหตุผลว่าอิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานย่อยแตกต่างกันได้ ในขณะที่กลุ่ม TT มีเพียงร้อยละ 29.93 เท่านั้นที่ตอบและให้เหตุผลได้ แต่เมื่อให้ระบุตำแหน่งของอิเล็กตรอนในออร์บิทัล (ข้อ 20) พบว่านักเรียนกลุ่ม TT และ post-ASIU มีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ว่าแต่ละออร์บิทัลมีลักษณะที่ต่างกันทั้งระดับพลังงานและจำนวนอิเล็กตรอนที่บรรจุ ในส่วนของการจัดเรียงอิเล็กตรอนนักเรียนมีการจดจำแนวคิดหลักอัมฟาว (ข้อ 21) และหลักการกีดกันของเพาลี (ข้อ 22) เพราะนักเรียนทั้งสองกลุ่มจัดเรียงอิเล็กตรอนได้ โดยมีร้อยละการตอบคำถามข้อ 21-22 ที่ค่อนข้างสูง แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ใน ข้อที่ 23 กฎของฮุนด์ นักเรียนเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับวาเลนซ์อิเล็กตรอน (ข้อ 24) นักเรียนกลุ่ม TT ร้อยละ 40.15 และ กลุ่ม post-ASIU ร้อยละ 54.55 สามารถระบุจำนวนและตำแหน่งวาเลนซ์จากอิเล็กตรอนที่จัดเรียงในอะตอมได้ และอธิบายได้ว่าคืออิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานนอกสุดซึ่งเกี่ยวข้องกับกับเกิดปฏิกิริยา

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ผลการวิจัยโดยสรุปพบว่าความเข้าใจในเนื้อหาโครงสร้างอะตอมขึ้นอยู่กับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างอะตอมด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิม (TT) ซึ่งเน้นสอนโดยการบรรยาย มีแนวโน้มในการจดจำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม โดยสามารถระบุคำตอบที่ถูกต้อง แต่ไม่สามารถหาเหตุผลมาอธิบายคำตอบที่เลือกได้ ในขณะที่นักเรียนที่ยังไม่ผ่านการเรียนการสอนเรื่องโครงสร้างอะตอม (pre-ASIU) คำตอบของนักเรียนจะไม่ตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีการกระจายมากกว่านักเรียนกลุ่มอื่น ความเข้าใจส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทแนวคิดทางเลือก โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องไอโซโทปของธาตุเป็นต้นไป (ตารางที่ 4) เนื่องจากมีประสบการณ์หรือความรู้เดิมในเรื่องโครงสร้างอะตอมแตกต่างกัน และแม้ว่านักเรียนบางส่วนอาจมีความเข้าใจเรื่องโครงสร้างอะตอมมาแล้ว แต่ในภาพรวมร้อยละของนักเรียนที่เลือกคำตอบที่ถูกต้องยังต่ำ และให้คำอธิบายการตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผลต่ำเช่นเดียวกัน สำหรับนักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วย ASIU ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานและเน้นความเข้าใจผ่านกิจกรรมและการทดลองเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเรื่องโครงสร้างอะตอมมากขึ้น สามารถตอบคำถามและให้เหตุผลของคำตอบ โดยจัดอยู่ในประเภทมีความเข้าใจแนวคิดและสามารถให้เหตุผลได้ แต่ก็พบว่ายังมีบางแนวคิดที่ยังเป็นปัญหาอยู่ หัวข้อที่เป็นปัญหามากที่สุดคือ บทบาทของแบบจำลองในทฤษฎีอะตอม ซึ่งนักเรียนยังเข้าใจว่าแบบจำลองมีไว้เพื่ออธิบายและสนับสนุนทฤษฎีอะตอมโดยไม่เข้าใจความสำคัญของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ส่วนแนวคิดที่นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกเพราะเกิดความสับสนคือ สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ เลขอะตอมและมวลอะตอม ซึ่งอาจจะเกิดจากภาษาที่ใช้ระหว่างคำว่า เลขอะตอม เลขมวล และมวลอะตอม

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อีกอย่างที่เป็นปัญหาคือ การเชื่อมโยงระหว่างการทดลองของทอมสันและรัทเทอร์ฟอร์ดที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองอะตอม โดยนักเรียนมักจะทำความเข้าใจหรือจดจำแบบแยกส่วน แต่ไม่มีวิเคราะห์ว่าผลการทดลองนำไปสู่การสร้างแบบจำลองอะตอมได้อย่างไร อีกแนวคิดที่ถือนักเรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจคือ แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกที่อธิบายโดยใช้ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม ซึ่งนักเรียนสามารถทำคะแนนได้ดีในส่วนของคำตอบ แต่ไม่สามารถอธิบายที่มาหรือเหตุผลได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Harrison and Treagust (1996, 2000) ซึ่งพบว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ากลุ่มหมอกคือบริเวณที่อิเล็กตรอนฝังอยู่ เปรียบเสมือนหยดน้ำ (อิเล็กตรอน) ที่อยู่ในก้อนเมฆ (กลุ่มหมอก) ส่งผลให้ความเข้าใจในแนวคิดหลักต่อไปมีปัญหาตามไปด้วยคือ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tsapalis and Papaphotis (2002) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมปลาย (grade 12) ในประเทศกรีซ มีปัญหาอย่างมากในการเรียนและทำความเข้าใจเกี่ยวกับออร์บิทัล และ นักเรียนมักจะไม่มีความสับสน ระหว่างคำว่าระดับพลังงานหลัก ระดับพลังงานย่อย และออร์บิทัล (Nicol, 2001; Nakiboglu, 2003) รวมไปถึงแนวคิดเกี่ยวกับวงโคจร (orbits) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์จะคงอยู่และยากที่จะเปลี่ยนแปลงในอนาคต แม้ว่าผู้เรียนจะเรียนวิชาเคมีในระดับสูงขึ้นก็ตาม (Ozmen, 2004) ส่งผลให้เกิดปัญหาในการเรียนเคมีหรือวิชาอื่น ๆ ในระดับที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบและวินิจัยแนวคิดของนักเรียนมีความสำคัญในการพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ของผู้เรียน จากผลวิจัยพบว่ายังต้องการการ

ปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอน โดยต้องมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาความเข้าใจการเชื่อมโยงระหว่างผลการทดลองที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองอะตอม ซึ่งจะทำให้ นักเรียน ได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมไปถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในส่วนของแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกที่นำไปสู่การจัดเรียงอิเล็กตรอน โดยอาศัยหลักอัมพัทว ซึ่งต้องปรับเปลี่ยนจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามแผนภาพ เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นความเข้าใจ ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมและสะท้อนความเข้าใจแนวคิดผ่านกิจกรรมมีส่วนให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดและความเข้าใจอย่างเป็นผล มากกว่าที่จะจดจำเนื้อหาที่เรียน แบบวัดแนวคิดวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้นเป็นตัวเลือกหนึ่งที่ครู นักวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนได้ด้วยธรรมชาติของแบบวัดแนวคิดที่มีตัวเลือกสองลำดับขั้น วัดความเข้าใจของผู้เรียนในแต่ละแนวคิด ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลไม่นานมาก และสามารถเก็บข้อมูลได้พร้อมกันทั้งชั้น นอกจากนี้ ยังไม่ต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์ขั้นสูง เมื่อต้องการนำไปใช้ได้จริงในชั้นเรียน การพัฒนาแบบวัดแนวคิดวินิจัยจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ครูสามารถนำไปพัฒนาการเรียนการสอน ที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมแนวคิดอื่นๆ ของวิชาเคมี รวมไปถึงฟิสิกส์และชีววิทยานอกจากนี้ยังไม่ได้ศึกษาผลจากความแตกต่างของผู้เรียนเนื่องจากกลุ่มที่ศึกษาเจาะจงให้มีลักษณะคล้ายกัน แต่หากศึกษาในกลุ่มผู้เรียนที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดโรงเรียน ภูมิภาค ประสบการณ์ครูผู้สอน อาจจะทำให้เห็นปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความเข้าใจของผู้เรียนนอกเหนือประสบการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงขอเสนอประเด็นดังกล่าวสำหรับการวิจัยในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2547a. **หนังสือเรียนสารการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** กรุงเทพมหานคร: องค์การค้ำของคุรุสภา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2547b. **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** กรุงเทพมหานคร: องค์การค้ำของคุรุสภา.
- Arizona State University. 2001. **Students Preconceptions and Misconceptions in Chemistry.** [online] [Cite 29 August 2008]. Available from: <http://www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf>
- Bureau of Education Testing. 2004. **The National Education Evaluation of the Educational Year 2003.** Bangkok: Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education.
- Bureau of Education Testing. 2005. **The National Education Evaluation of the educational year 2004.** Bangkok: Office of the basic education commission, Ministry of education.
- Chamrat, S. 2008. **Atomic Structure Instructional Unit: Lesson plans** (online). <http://schamrat.com/textbook.aspx>, August 30, 2008.
- Chandrasegaran, A. L., D.F. Treagust and Mocerino, M.. 2007. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. **Chemistry Education Research and Practice** 8 (3): 293-307.s
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. 1996. Secondary student's mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. **Science Education** 80(5): 509-534.
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. 2000. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. **Science Education** 84 (3): 352-381.
- Justi, R. and Gilbert, J. 2000. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. **International Journal of Science Education** 22(9): 993-1009.
- Martin, M. O., Mullis, I.V.S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., Garden R. A. and O'Connor, K.M. 2000. **TIMSS 1999 International Science Report Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade.** Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center Boston College.
- Nakiboglu, C. 2003. Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. **Journal of research in science teaching** 4(2): 171-188.
- Nicoll, G. 2001. A report of undergraduate's bonding misconceptions. **International Journal of Science Education** 23(7): 707-730.
- Office of the National Education Commission (ONEC). 2001. **The ability in competition in education of Thailand of the year 2001.** Bangkok: Office of the Education Council.

- Odom, A. L. and Barrow, L. H. 1995. Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology student's understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. **Journal of Research in Science Teaching** 32(1): 45-61.
- Ozmen, H. 2004. Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. **Journal of Science Education and Technology** 13(2): 147-159.
- Schmidt, H.J., Baumgartner, T. and H. Eybe. 2003. Changing ideas about periodic table of elements and student's alternative concepts of isotope and allotropes. **Journal of Research in Science Teaching** 40(3): 257-277
- Suppavan, N. 2005. **A Development of Diagnostic Test on Atomic Physics for Mathayomsuksa Six Students**. Master of Education Thesis in Educational Measurement and Research. Prince of Songkla University.
- Tan, K.C.D., Goh, N.K., Chia, L.S. and Treagust, D.F. 2002. Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school student's understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. **Journal of Research in Science Teaching** 39(4):283-301.
- Tan , K.C.D., Taber, K. S., Goh, N. and Chia, L. 2005. The ionisation energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school student's understanding of ionisation energy. **Chemistry Education Research and Practice** 6(4): 180-197.
- Thirasiri, V. 1990. **The Study of misconception in chemistry of grade 10 students in Bangkok. Bangkok**. Thesis in Education (Science Education). Chulalongkorn University
- Treagust, D. F. 1988. The development and use of diagnostic instruments to evaluate student's alternative conceptions in science. **International Journal of Science Education** 10(2):159-169.
- Treagust, D. F. 1995. "Diagnostic assessment of student's science knowledge" pp. 327-346. In Glynn, S. M. and Duit, R. (Eds.) **Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Treagust, D.F. and Haslam, F. 1987. Diagnosing secondary student's misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. **Journal of Biological Education**. 21(3): 203-211.
- Tsaparlis, G. and Papaphotis, G. 2002. Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students?. **Chemistry education: Research and Practice in Europe** 3(2): 129-144.
- Office of the National Education Commission. 2001. **The ability in competition in education of Thailand of the year 2001**. Bangkok: office of the education council.
- Odom, A. L. and Barrow, L. H. 1995. Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology student's understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. **Journal of Research in Science Teaching** 32(1): 45-61.
- Unal, R. and Zollman, D. 2000. **Student's Description of an Atom: A Phenomenographic Analysis**. [online] [Cite 29 December 2004]. Available from: [http:// www.phys.ksu.edu/perg/papers/](http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/).

ภาคผนวก ตัวอย่างแบบวัดแนวคิด จากแนวคิดหลักทั้ง 7 (1) แบบจำลองและทฤษฎีอะตอม (2) ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน (3) แบบจำลองอะตอมของทอมสัน (4) แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด (5) แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่หมอก (6) การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม

<p>2. ภายหลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาแบบจำลองอะตอมจนเป็นที่ยอมรับแล้ว แบบจำลองอะตอมมีการเปลี่ยนแปลงอีกหรือไม่?</p> <p>ก. เปลี่ยนแปลง ข. ไม่เปลี่ยนแปลง เหตุผล</p> <p>ก. นักวิทยาศาสตร์ได้หลักฐานใหม่ ข. นักวิทยาศาสตร์ค้นพบอะตอมของจริง ค. ขึ้นอยู่กับมุมมองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน ง. นักวิทยาศาสตร์ยังคงศึกษาแบบจำลองอะตอมทั้งหมด</p> <p>จ. แบบจำลองอะตอมในปัจจุบันถูกต้องแล้ว แต่จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีได้</p>	<p>3. ข้อใดต่อไปนี้ไม่สามารถอธิบายได้สำหรับทฤษฎีอะตอมของดาลตัน?</p> <p>ก. ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน ข. ธาตุไฮโดรเจนมีสามไอโซโทป ค. ในปฏิกิริยามีมวลของผลิตภัณฑ์เท่ากับมวลของสารตั้งต้นเสมอ ง. โมเลกุลน้ำประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนกับออกซิเจนในอัตราส่วน 2:1</p> <p>เหตุผล</p> <p>ก. อะตอมของธาตุหนึ่ง ๆ สามารถถูกทำลายและเปลี่ยนไปเป็นอะตอมของธาตุอื่น ๆ ข. สารประกอบประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่ต่างกันมากกว่าสองชนิดค้ำึงด้วยอัตราส่วนของจำนวนอะตอมที่เหมือนกัน ค. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันสามารถมีจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียสที่แตกต่างกันได้ ง. เมื่ออะตอมของธาตุต่างชนิดกันมารวมตัวเกิดเป็นสารประกอบ จำนวนอะตอมที่เป็นส่วนประกอบจะเป็นสัดส่วนที่ลงตัวเสมอ</p>	<p>4. จากการทดลองหยดรังสีแกมมาของทอมสัน ข้อใดคือทิศทางเคลื่อนที่ของรังสีแกมมา?</p>  <p>ก. จากแอโนดไปแคโทด ข. จากแคโทดไปแอโนด ค. จากแอโนดไปยังฉากเรืองแสง ง. จากแคโทดไปยังฉากเรืองแสง</p> <p>เหตุผล</p> <p>ก. รังสีแกมมามีประจุเป็นลบจึงพุ่งเข้าหาขั้วแคโทด ข. รังสีแกมมาต้องถ่ายโอนประจุไปยังฉากเรืองแสง ค. รังสีแกมมาต้องถ่ายโอนพลังงานไปยังฉากเรืองแสง ง. รังสีแกมมาเป็นอนุภาคที่มีประจุเป็นลบจึงถูกดึงดูดโดยขั้วบวก</p>	<p>7. ในภาพทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ดลำแทน่งใดในภาพเป็นผลจากการที่อนุภาคแอลฟาชนกับอนุภาคที่อยู่ภายในแผ่นทองคำ?</p>  <p>ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 1 และ 2 จ. 1, 2 และ 3</p> <p>สาเหตุที่ทำให้เกิดผลตามคำตอบที่เลือกคือ</p> <p>ก. เนื่องจากอะตอมมีรูปร่างเป็นทรงกลมแข็ง ข. เนื่องจากอนุภาคแอลฟามีมวลมากกว่าอิเล็กตรอนมาก ค. เนื่องจากการทดลองที่ผิดพลาดของรัทเทอร์ฟอร์ดที่แผ่นโลหะบางไปพอ ง. อนุภาคแอลฟาซึ่งมีพลังงานสูงถูกดึงดูดโดยอนุภาคที่มีประจุลบภายในแผ่นทองคำ จ. อะตอมมีส่วนประกอบเป็นประจุบวกอยู่อย่างหนาแน่นในส่วนที่เรียกว่านิวเคลียส</p>
(1)	(2)	(3)	(4)

23. การจัดเรียงอิเล็กตรอน ในข้อใดไม่ถูกต้องเนื่องจากการมีกฎของฮุนด์?

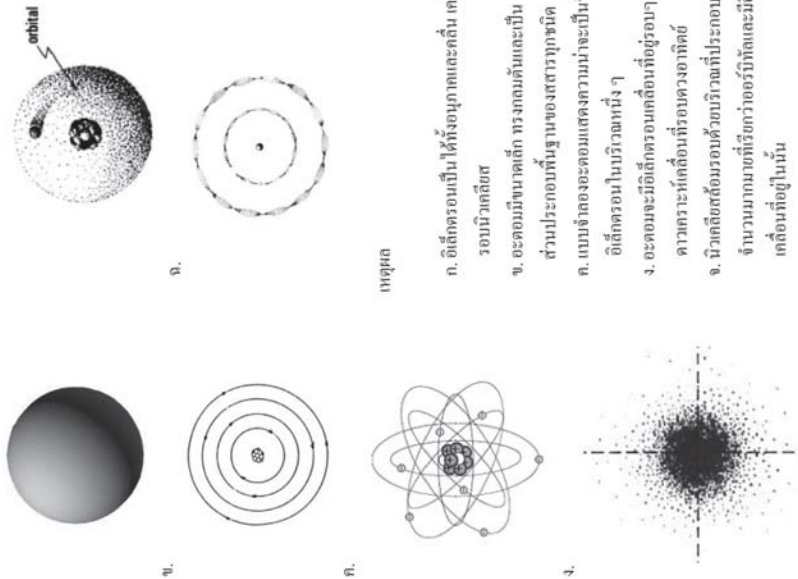
- ก. $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 1s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_x \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_y \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_z \\ \hline \end{array}$
- ข. $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 1s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_x \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_y \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_z \\ \hline \end{array}$
- ค. $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 1s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2p_x \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_y \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_z \\ \hline \end{array}$
- ง. $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 1s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_x \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_y \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2p_z \\ \hline \end{array}$

เหตุผล

- ก. การบรรจุอิเล็กตรอนแบบเต็มจะเสถียรมากกว่าการบรรจุแบบครึ่ง
- ข. การบรรจุอิเล็กตรอนแบบเต็มในออร์บิทัลจะเสถียรมากกว่าการบรรจุแบบอื่น ๆ
- ค. อิเล็กตรอนจะบรรจุเป็นคู่เข้าไปใน ออร์บิทัล โดยเริ่มจากออร์บิทัลที่มีพลังงานต่ำสุดจนกว่าจะเต็ม
- ง. เมื่ออิเล็กตรอนเข้าบรรจุในออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานเท่ากัน อิเล็กตรอนจะเข้าไปบรรจุในทุกออร์บิทัล ออร์บิทัลละ 1 ตัว ด้วยทิศทางการหมุนอย่างเดียวกันก่อน

(7)

15. ภาพในข้อใดแสดงแบบจำลองอะตอมที่เป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด?



เหตุผล

- ก. อิเล็กตรอนเป็นได้ทั้งอนุภาคและคลื่น เคลื่อนที่ด้วยรอบนิวเคลียส
- ข. อะตอมมีขนาดเล็ก ทรงกลมตันและเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของสารทุกชนิด
- ค. แบบจำลองอะตอมแสดงความน่าจะเป็นที่จะพบอิเล็กตรอนในบริเวณหนึ่ง ๆ
- ง. อะตอมจะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่รอบๆ เหมือนดาวเคราะห์เคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์
- จ. นิวเคลียสล้อมรอบด้วยบริเวณที่ประกอบด้วยจุดจำนวนมากที่เรียกว่าออร์บิทัลและมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่นั่น

(6)

13. การเปลี่ยนแปลงสถานะของอิเล็กตรอนในข้อใด ที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานในรูปแบบ สเปกตรัมของอะตอม?

- ก. จกระดับพลังงานชั้นที่ 3 ไปยัง 2
- ข. จกระดับพลังงานชั้นที่ 2 ไปยัง 3
- ค. เกิดขึ้นทั้ง ก และ ข
- ง. ไม่มีเกิดขึ้นทั้ง ก และ ข

เหตุผล

- ก. สเปกตรัมเกิดขึ้นเมื่อแสงส่งผ่านปริซึม หรือเกรตติงเท่านั้น
- ข. เกิดการปลดปล่อยพลังงานในรูปแบบ สเปกตรัมของอะตอมออกมาเสมอเมื่อ อิเล็กตรอนได้รับหรือสูญเสียพลังงาน
- ค. เกิดการปลดปล่อยพลังงานหรือ ปลั่งแสงออกมาจากอะตอมที่อยู่ใน สภาวะกระตุ้นจากความยาวคลื่นจำเพาะเท่านั้น
- ง. ถ้าอิเล็กตรอนเปลี่ยนจากสถานะที่มี พลังงานสูงไปยังสถานะที่มีพลังงานต่ำกว่า อิเล็กตรอนจะปล่อยพลังงานออกมาใน รูปแบบสเปกตรัม

(5)