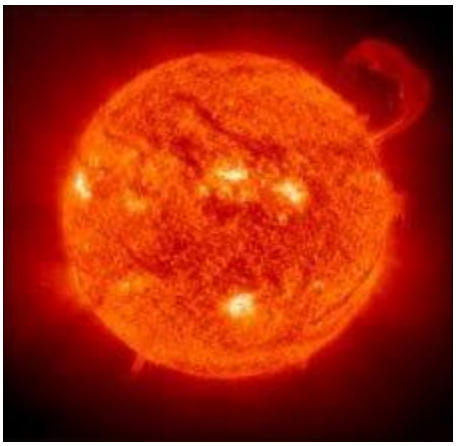
ฟิวชัน – พลังงานอนาคต?

โดย วัชระ นูมหันต์

เมื่อ ฟิวชัน จะเป็นพลังงานแห่งอนาคต ก็แสดงว่า ในปัจจุบันยังไม่มี และในอดีตยังไม่เคยมี ยังงั้นใช่ไหม?

ถ้าเป็นศรีธนญชัย คงจะชี้ไปบนฟ้าตรงตำแหน่งดวงอาทิตย์ แล้วก็บอกว่า นั่นไง พลังงานฟิวชัน ที่มีมาตลอดตั้งแต่อดีต ปัจจุบัน และเลยไปถึงอนาคต ก็คงจะมีต่อไปอีกนาน เพราะดวงอาทิตย์ใช้พลังงาน ฟิวชัน



รูปที่ 1 ดวงอาทิตย์แหล่งพลังงานฟิวชัน

แต่บนโลกเรา ยังไม่มีการใช้พลังงานฟิวชัน ในเชิงพาณิชย์

ส่วนการทดลอง แบบไม่ควบคุมนั้น มีแล้ว คือปล่อยให้ระเบิดตูมไปเลย ที่เรียกว่า ระเบิดไฮโดรเจน นั่นไงครับ

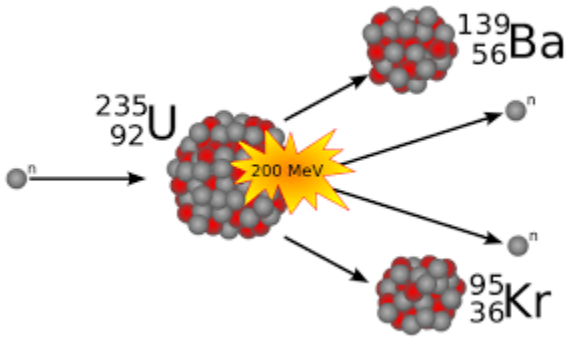
ที่ยากกว่าคือ แบบควบคุม ที่จะนำมาใช้งานอย่างไร พูดง่ายๆคือ เอามาผลิตไฟฟ้านั่นเอง ... ยังครับ ยังไปไม่ถึงตรงนั้น อันเป็นที่มาของการวางนโยบายพลังงานที่ผิดพลาดของสหรัฐอเมริกาในหลายสิบปีที่ผ่านมา

ทำไปทำมา งานนี้อเมริกาจะถูกยุโรปแซงเสียกระมัง

งั้นลองมาทำความรู้จักฟิวชัน กันสักหน่อยเป็นไร

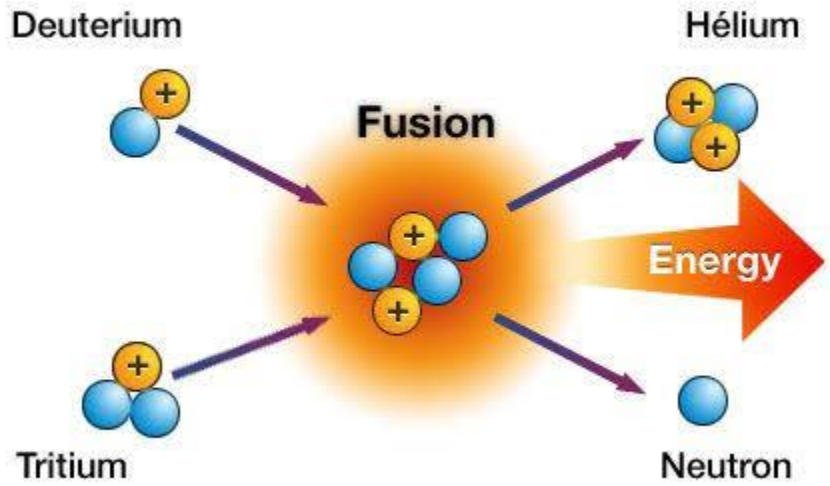
ฟิวชัน (fusion) เป็นพลังงานนิวเคลียร์อย่างหนึ่ง แต่เป็นชนิดสะอาด ไม่เหมือนพลังงานนิวเคลียร์อีกอย่างคือ ฟิชชัน (fission) ซึ่งถูกสร้างภาพลบเสียจนเลยเถิด

ฟิชชัน เป็นพลังงานนิวเคลียร์ชนิดแตกตัว คือธาตุหนักแตกตัวออกเป็นธาตุที่เบากว่า เช่น ยูเรเนียม แตกตัวออกเป็น คริปทอน และแบเรียม พร้อมกับปล่อยพลังงานออกมา แต่ต้องระวังเรื่องสารกัมมันตรังสี ไม่ให้รั่วไหลออกมาเป็นอันตรายได้



รูปที่ 2 ปฏิกิริยาฟิชชัน

แต่ฟิวชัน กลับกัน เพราะเป็นพลังงานนิวเคลียร์ชนิดรวมตัว คือธาตุเบารวมตัวกันเป็นธาตุหนัก เช่น ไฮโดรเจน รวมกันเป็น ฮีเลียม แล้วปล่อยพลังงานออกมา จึงไม่มีสารกัมมันตรังสีเลย



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาฟิวชัน

ต่างกันที่วิธีการ แต่เหมือนกันที่แหล่งกำเนิด คือเอาพลังงานที่อยู่ในใจกลางอะตอม (nucleus) มาใช้ คือเป็นพลังงานนิวเคลียร์เหมือนกัน

อาจจะมีบางคนสงสัยว่า ทำไมอะตอมรวมตัวก็ได้พลังงาน แตกตัวก็ได้พลังงานเอ๊ะมันยังไงกัน

ก็ต้องบอกว่า มันเป็นอะตอมของธาตุคนละตัวกันครับ ถ้าย้อนเวลากลับไปจนถึงต้นกำเนิดจักรวาล หรือที่เรียกว่า บิ๊กแบง ธาตุเบาสุด ที่มีพลังงานในอะตอมสูงสุด มีโปรตอนที่แกนอะตอมเพียงตัวเดียว คือ ไฮโดรเจน กระจายออกไปทุกทิศทุกทาง กลายเป็นต้นพลังงานของดาวฤกษ์ รวมทั้งดวงอาทิตย์ของเราด้วย เมื่อมวลมากพอจนเกิดแรงดึงดูดเข้าไป อัดไฮโดรเจน จนแกนอะตอมรวมตัว (fusion) กลายเป็นฮีเลียม คายพลังงานนิวเคลียร์ออกมา

การรวมตัวของแกนอะตอมของธาตุพลังสูงเพื่อคายพลังงานและเกิดธาตุใหม่อีกมากมายที่อะตอมหนักขึ้นเรื่อยๆ จนถึงธาตุที่เสถียรที่สุด คือ เหล็ก (iron-56)

การอัดตัวเนื่องจากแรงดึงดูดของมวลอันมหาศาลยังคงมีอยู่ต่อไปในดวงดาวต่างๆของจักรวาล ทำให้อะตอมถูกอัดตัวจนมีธาตุที่มีอะตอมหนักกว่าเหล็กมากมายหลายชนิดขึ้นเรื่อยๆ รวมทั้งยูเรเนียมที่เรารู้จักกันดี แต่ธาตุเหล่านี้รับพลังงานจากการบีบอัดเข้าไปนี้จนเกินจุดเสถียรแล้ว มันจึงพร้อมที่จะแตกออกเป็นธาตุที่เบากว่า (fission) และคายพลังงานนิวเคลียร์ออกมา

ดังนั้น ในจักรวาลของเรานี้ พลังงานฟิวชัน หรือพลังงานนิวเคลียร์แบบรวมตัว จะเกิดกับธาตุที่เบากว่าเหล็ก และพลังงานฟิชชัน หรือพลังงานนิวเคลียร์แบบแตกตัว จะเกิดกับธาตุที่หนักกว่าเหล็กเท่านั้น

มนุษย์เรารู้จักการใช้พลังงานทางเคมีมานาน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโมเลกุล แต่ธาตุยังเหมือนเดิม เพราะไม่ได้เปลี่ยนอะตอม ก็คือพลังงานความร้อนจากการจุดไฟนั่นเอง

ถ้าปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดไฟนั้น เกิดพร้อมกันทันที โดยไม่ได้ควบคุม จะเรียกว่าระเบิด และจะมีประโยชน์กว่า ถ้าเราควบคุมมันได้ โดยจำกัดเชื้อเพลิงให้ไฟค่อยๆลุกไหม้มากน้อยตามที่เราต้องการ

พลังงานนิวเคลียร์ก็เช่นเดียวกัน ถ้าไม่ควบคุม ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาพร้อมกันทีเดียวก็ระเบิดตูม กลายเป็นระเบิดนิวเคลียร์ จากพลังมหาศาลของมัน ดังนั้น เมฆรูปดอกเห็ดจึงกลายเป็นภาพหลอนคนไปทั้งโลก ทั้งๆที่เมื่อเขานำเทคโนโลยีนี้มาสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแตกตัว มันไม่มีทางที่จะเกิดอย่างนี้ได้ เพราะความเข้มข้นไม่พอ แม้กระนั้นก็ยังมีคนกลัวกัน แต่ถ้าควบคุมไม่ดี จนสารกัมมันตรังสีรั่วไหล นั่นเป็นอีกเรื่องหนึ่ง

พลังงานนิวเคลียร์แบบแตกตัว ซึ่งใช้วิธียิงอนุภาคนิวตรอนเข้าไปที่แกนกลางของอะตอมให้มันแตก จึงไม่สามารถใช้วิธีควบคุมการไหลของเชื้อเพลิงเพื่อควบคุมพลังงานเหมือนควบคุมการลุกไหม้ของไฟในปฏิกิริยาเคมีได้ เพราะเชื้อเพลิงปรมาณู

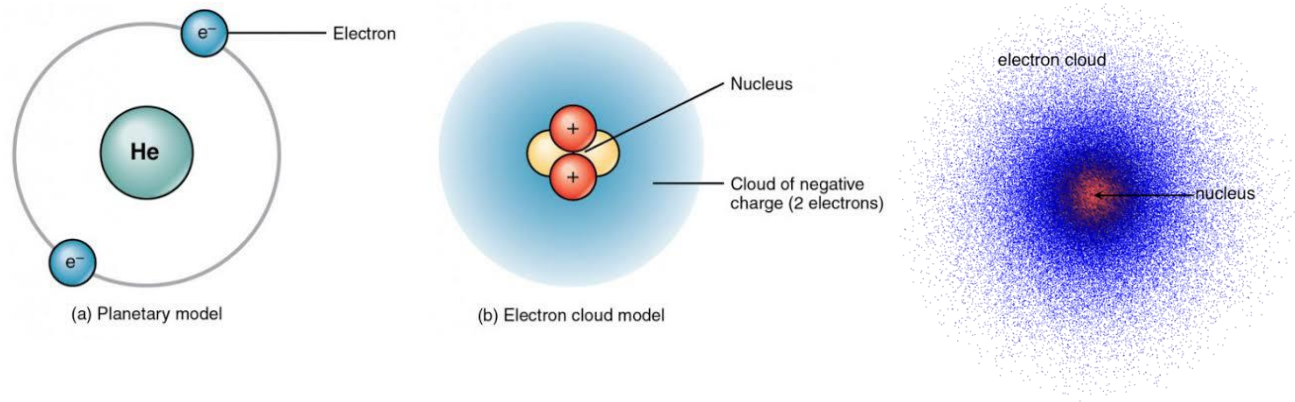
อยู่ในเตาปฏิกรณ์ไปแล้ว แต่เขาจะควบคุมการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่แทน โดยใช้ตัวจับอนุภาคนิวตรอนที่ใช้ยิงอะตอม ไม่ให้มีมากเกินไป

แล้วการควบคุมพลังงานนิวเคลียร์แบบรวมตัวล่ะ ทำยังไง

คำถามนี้น่าสนใจ แต่มันกระโดดข้ามคำถามที่สำคัญอีกข้อหนึ่งไป คือ เราจะทำให้เกิดพลังงานแบบรวมตัวนี้ได้อย่างไร ... ไม่ง่ายนะครับ

ลองนึกภาพดูว่า แรงดึงดูดของโลก มีมากมายแค่ไหน ก็ยังสู้แรงผลักของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขั้วเหมือนกันไม่ได้ (หรือแรงดูดถ้าขั้วต่างกัน) รถไฟแบบ maglev (magnetically levitating) จึงถูกยกวิ่งลอยไปเหนือราง เอาชนะแรงดึงดูดของโลกได้ แต่ต้องอยู่ใกล้รางหน่อย

แรงแม่เหล็กไฟฟ้าว่าเยอะแล้ว ก็ยังสู้พลังนิวเคลียร์ไม่ได้ เพราะที่แกนกลางของอะตอม มีอนุภาคโปรตอนที่มีประจุบวกทุกตัว มันควรจะผลักซึ่งกันและกันจนกระเด็นไปคนละทิศละทาง แต่ปรากฏว่าแกนกลางของอะตอมมันกลับติดกันแน่น เนื่องจากเป็นเพราะพลังงานนิวเคลียร์นี่เอง เพียงแต่ว่ามันจะต้องใกล้ชิดกันเข้าไปอีก ใกล้แค่ไหนล่ะ – ก็ต้องใกล้ขนาดที่จะต้องปอกเปลือกกลุ่มเมฆอิเล็กตรอน (electron cloud) หรือประจุลบ ที่หุ้มอะตอมนั้นออกไป ให้เหลือแต่แกนอะตอมที่เรียกว่า อิออนประจุบวก (ion+) พลังงานนิวเคลียร์จึงจะมีผล



รูปที่ 4 กลุ่มเมฆอิเล็กตรอน (electron cloud)

พอพูดถึง อิออน ซึ่งมีประจุไฟฟ้า คนที่ชอบเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ชอบดูทีวี อาจจะนึกถึงจอทีวีสมัยหนึ่งที่พัฒนาคู่กันมากับจอแอลอีดี คือจอพลาสมา เพราะพลาสมา เป็นสถานะของสสาร (state) ตัวที่สี่ และเป็นสถานะเดียวที่อะตอมแตกตัวเป็นอิออน เช่นเดียวกับสิ่งที่อยู่ในเปลวไฟ ส่วนอีกสามสถานะ เรารู้จักกันดีอยู่แล้ว คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ คนโบราณก็ช่างคิดนะครับ ที่บอกว่า สรรพสิ่ง เป็นการประชุมกันของ ดิน-น้ำ-ลม-ไฟ เพราะมันคือ ของแข็ง-ของเหลว-ก๊าซ-พลาสมา นั่นก็คือ สสารทุกอย่าง จะอยู่ในสภาพอย่างใดอย่างหนึ่ง ในสี่อย่างนี้

ดังนั้น ของจำเป็นอีกอย่างที่จะสร้างพลังงานนิวเคลียร์แบบรวมตัวหรือฟิวชัน (fusion) นี้ คือ จะต้องมี พลาสมา เหมือนกับดวงอาทิตย์ ที่เป็นกลุ่มก้อนพลาสมาขนาดยักษ์นั่นเอง

รูปที่ 5 ดวงอาทิตย์ พลาสมาขนาดยักษ์

เพียงแค่ พลาสมา ตัวเดียว ไม่น่ายาก ปกติเราก็เจออยู่แล้ว ทุกเมื่อเชื่อวัน เช่น เมื่อเกิดฟ้าแลบแปล๊บปล๊าบ จากเปลวไฟที่เราจุด หรือที่มนุษย์ทำขึ้น เช่น จอทีวี หรือแม้แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ชาวบ้านเรียกสั้นๆว่าหลอดนีออน

แต่ถ้าอยากได้พลังฟิวชัน มีพลาสมาอย่างเดียวไม่พอ ต้องมีสามปัจจัย เหมือนกับ ไฟจะติดได้ต้องครบสามอย่าง คือ เชื้อเพลิง-อากาศ-ความร้อน ฟิวชัน นี่ก็ต้องมีให้ครบสามเหมือนกัน คือ พลาสมา-ความร้อน-ความดัน

ในดวงอาทิตย์ มีครบทั้งสาม แถมใช้พลาสมาของไฮโดรเจนแบบธรรมดาก็ใช้ได้แล้ว เพราะมีความร้อนและความดันสูงมากจากแรงกดของแรงดึงดูดระหว่างมวลอันมหาศาล แต่บนโลกเราต้องใช้ไฮโดรเจนแบบพิเศษ เรียกว่าไฮโดรเจนชนิดหนัก จะได้เกิดฟิวชัน ง่ายขึ้น ไฮโดรเจนแบบพิเศษนี้ หนักกว่าไฮโดรเจนธรรมดา โดยที่แกนกลางอะตอมมีอนุภาคนิวตรอนเพิ่มเข้ามา จากเดิมที่มีโปรตอนเพียงตัวเดียว เรียกว่าเป็นไอโซโทปของไฮโดรเจน ตัวที่เพิ่มนิวตรอนขึ้นมาหนึ่งตัวเรียกว่า ดิวเทอเรียม (deuterium) และถ้าเพิ่มนิวตรอนสองตัวเรียกว่า ทริเทียม (tritium)

ดิวเทอเรียม และ ทริเทียม ถูกทำให้ร้อนจนเป็นพลาสมา และเพิ่มความดันจนมันรวมตัวกลายเป็นฮีเลียม แล้วคายพลังงานนิวเคลียร์จากแกนอะตอมคือโปรตอนออกมา ซึ่งมากกว่าพลังงานจากเปลือกอะตอมคือ อิเล็กตรอน เช่น การจุดไฟ เป็นล้านเท่า

ดังนั้น จึงประมาณการกันว่า เมื่อเทียบมวลต่อมวลหรือใช้เชื้อเพลิงหนักเท่าๆ กัน โรงไฟฟ้าพลังฟิวชัน (ถ้าสร้างได้) จะให้พลังงานมากกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหิน (ซึ่งใช้การเผาไหม้ธรรมดา) ล้านเท่า และมากกว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบัน (ซึ่งใช้การแตกตัวของแกนอะตอม) สามเท่า

มีพลาสมาแล้ว ยังขาดแรงดัน และอุณหภูมิ จะทำยังไงดี

ที่สำคัญคือต้องควบคุมได้ด้วย ไม่ใช่เอาระเบิดนิวเคลียร์แบบฟิชชัน ธรรมดา ไปหุ้มดิวเทอเรียมและทริเทียม แล้วระเบิดอัดให้ได้พลังงานฟิวชัน อย่างมหาศาลขึ้นมาทันที กลายเป็นระเบิดไฮโดรเจน อย่างที่ทดลองทำแข่งกันระหว่างอเมริกาและรัสเซียในช่วงสงครามเย็น (อเมริกาทำได้ก่อน แต่ลูกที่ได้แรงระเบิดมากกว่าเป็นของรัสเซีย)

วิธีที่จะควบคุมได้คือ เขาใช้พลังงานไฟฟ้าไปสร้างพลังงานฟิวชัน ครับ เวลาจะควบคุมมัน คือ จะเดินจะหยุด หรือจะเพิ่มจะลด ก็จัดการที่พลังงานไฟฟ้าต้นทางนั่นเอง

เทคนิคหนึ่งคือ สร้างห้องวงแหวนขนาดยักษ์ เหมือนขนมโดนัท แต่แทนที่จะใช้แป้งโดนัท ก็ใช้ก๊าซไฮโดรเจนชนิดหนัก คือ ดิวเทอเรียม และ ทริเทียม บรรจุเข้าไปแทน รอบๆห้องรูปโดนัทยักษ์นี้พันด้วยตัวนำไฟฟ้า เมื่อใส่พลังงานไฟฟ้าเข้าไป ข้างในห้องรูปโดนัทนั้นจะมีสนามแม่เหล็กอย่างแรง อะตอมไฮโดรเจนชนิดหนักทั้งคู่ที่อยู่ข้างใน จะถูกปอกผิวอิเล็กตรอนออกไป จนกลายเป็นพลาสมา และเนื่องจากเป็นห้องปิด ทั้งอุณหภูมิและความดันจึงเพิ่มขึ้นเรื่อย แกนอะตอมของไฮโดรเจนหนักวิ่งชนกันอุตลุด จนหลอมรวมกัน กลายเป็นฮีเลียม และคายพลังงานฟิวชัน ออกมา

เทคนิคนี้ เป็นของรัสเซีย เรียกว่า "tokamak" เป็นคำย่อภาษารัสเซีย ที่หมายถึง "ห้องวงแหวนที่มีขดลวดสนามแม่เหล็ก"

ตอนนี้ทางยุโรปทำโครงการฟิวชัน ล้ำหน้าไปเยอะแล้ว ปัจจุบันนี้ โครงการยักษ์ (mega project) ด้านฟิวชัน ที่กำลังก่อสร้างอยู่ คือ โครงการ ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) ขนาด fusion power 500 เมกะวัตต์ ซึ่งเริ่มก่อสร้างมาตั้งแต่ปี 2013 ที่ Saint-Paul-lès-Durance ทางตอนใต้ของประเทศฝรั่งเศส มีกำหนดจะแล้วเสร็จในปี 2025 โดยจะใช้เทคโนโลยี tokamak ดังกล่าว

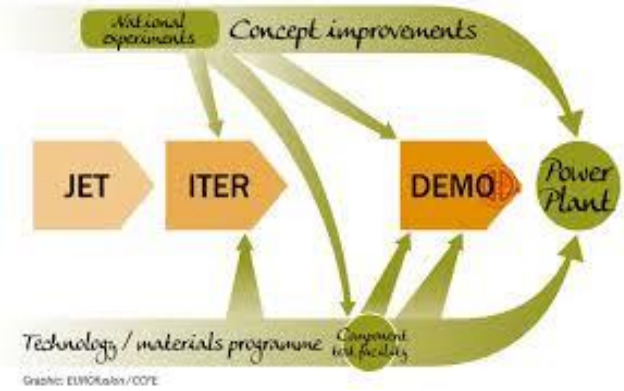
รูปที่ 6 Spherical Tokamak

ความร้อนที่ ITER ผลิตขึ้น จะยังไม่นำไปผลิตไฟฟ้า เพราะถึงแม้จะใส่พลังงานไฟฟ้าต้นทาง (input) เข้าไปถึง 300 เมกะวัตต์ แต่ปลายทาง (output) เมื่อหักพลังงานสูญเสีย (loss) ต่างๆ ออกไปแล้ว ได้พลังสุทธิ (net) เท่ากับ ... ศูนย์ ครับ!

หมดกันพอดี – เฮ้อ! ฝันสลาย

ใจเย็นๆครับ เป้าหมายของ ITER ไม่ใช่เพื่อผลิตไฟฟ้า เพราะโครงการพลังงานฟิวชัน ในอดีต เล็กกว่านี้ และ output ก็ต่ำกว่า input ทั้งนั้น ITER ต้องการจะพิสูจน์ว่า "เราทำได้" อันจะเป็นบันไดขั้นแรกที่ output เริ่มมากกว่า input

ขั้นต่อไปจึงจะเริ่มทำโรงไฟฟ้า (โครงการ DEMO : DEMOnstration Power Station) ซึ่งแน่นอนว่าต้องใหญ่กว่าโครงการ ITER นี้มาก สัดส่วน output ต่อ input จะสูงเป็น 25 เท่า (ITER สิบเท่า) คือใส่ input 80 เมกะวัตต์ จะได้ output 2000 เมกะวัตต์ ซึ่งคาดว่าจะเริ่มก่อสร้างในปี 2031



https://www.iter.org/

รูปที่ 7 โครงการ DEMO : DEMOnstration Power Station

อยากรู้ว่าเป็นอย่างไรก็ต้องรอกันหน่อยนะครับ

แหล่งที่มา: https://en.m.wikipedia.org/wiki/ITER

... @_@ ...

20 ตุลา 62