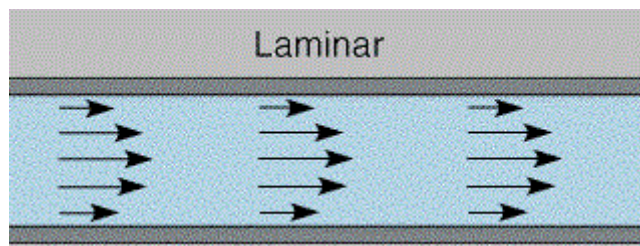


แนวทางไขปริศนา ตอน 13.ลูกบอลทำไมถึงโค้ง

เป็นแนวทางเริ่มต้นเพื่อให้ผู้ชมเดินทางหาคำตอบสุดท้ายเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การอธิบายการเลี้ยวโค้งของลูกบอลในอากาศจะต้องอาศัยความรู้เรื่องพลศาสตร์ของไหล ซึ่งสามารถแบ่งออกตามลักษณะของการเคลื่อนที่ของอนุภาคของไหลได้เป็น 2 ลักษณะคือ

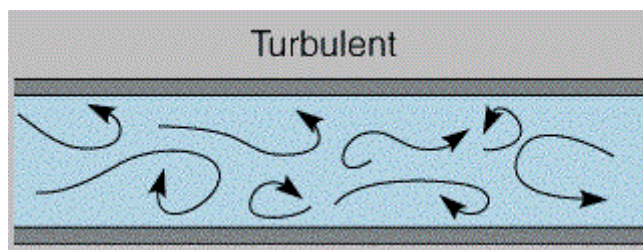
1. การไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) เป็นรูปแบบการไหลที่อนุภาคของไหลเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ ไม่มีการผสมกันระหว่างชั้นของไหล ซึ่งมีความเร็วของของไหลที่จุดติดกับผนังท่อไปถึงจุดกลางท่อมืดจะจากน้อยไปมาก เรียงซ้อนกันเป็นชั้นมีลักษณะดังรูป



รูป การไหลแบบราบเรียบ

อ้างอิงจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1037/laminar-flow>

2. การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) เป็นรูปแบบการไหลที่ไม่เป็นระเบียบ การไหลของของไหลมีทิศทางของความเร็วไม่แน่นอน และมีการผสมกันระหว่างชั้นของไหล ดังรูป



รูป การไหลแบบปั่นป่วน

อ้างอิงจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1037/laminar-flow>

การเคลื่อนที่ของลูกบอลผ่านอากาศนั้น จะทำให้เกิดการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน (turbulent flow) แต่เพื่อลดความซับซ้อนในการอธิบาย เฉลยฉบับนี้จึงจะสมมติให้อากาศเป็นของไหลในอุดมคติ (ideal fluid or perfect fluid) ซึ่งมีลักษณะการไหลเป็นการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) ในการอธิบาย

ของไหล หมายถึง สสารที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ ดังนั้นก๊าซหรืออากาศและของเหลวจึงถูกเรียกรวมว่าเป็นของไหล ของไหลอุดมคติเป็นของไหลที่มีสมบัติ 4 ข้อดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ (Steady Flow) หมายถึง ความเร็วของทุกอนุภาค ณ ตำแหน่งบนพื้นที่หน้าตัดเดียวกันในของไหลมีค่าคงตัว

2. เป็นการไหลโดยไม่หมุน (Irrotational flow) คือในบริเวณโดยรอบจุดหนึ่งๆ ในของไหลจะไม่มีอนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเชิงมุมรอบจุดนั้นๆ
3. เป็นการไหลที่ไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด (Non viscous flow) คือ ไม่มีแรงต้านใดๆ ภายในเนื้อของไหลมากระทำต่ออนุภาคของไหล
4. ไม่สามารถบีบอัดได้ (Incompressible flow) ในทุกๆ ส่วนของของไหลมีความหนาแน่นคงตัว

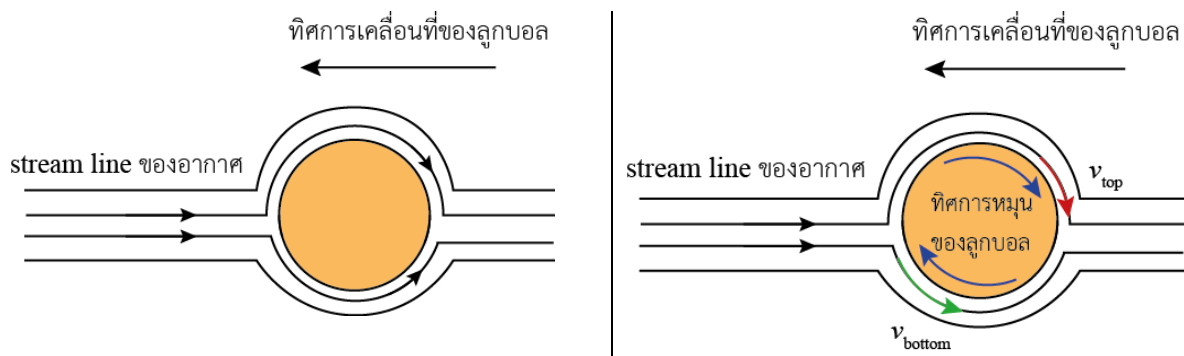
จากสมบัติของของไหลที่กล่าวมาข้างต้น จึงสามารถนำสมการของแบร์นูลลี (Bernoulli's Equation) มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้ โดยสมการของแบร์นูลลี แสดงให้เห็นว่าผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อปริมาตรและพลังงานศักย์ต่อปริมาตรหรือความหนาแน่นพลังงานบน stream line เดียวกันจะมีค่าคงที่เสมอ ดังสมการ

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{ค่าคงที่}$$

การเลี้ยวโค้งของลูกบอล

หากเตะลูกบอลออกไปโดยไม่ทำให้ให้ลูกบอลหมุน ลูกบอลจะมีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยไม่เกิดการเลี้ยวโค้งออกด้านข้าง แต่หากทำให้ลูกบอลหมุนด้วย ลูกบอลจะเกิดการเลี้ยวโค้งไปจากแนวการเคลื่อนที่เดิม การที่ลูกบอลจะมีแนวการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากเดิมได้นั้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อลูกบอลหมุนผ่านอากาศจะเกิดแรงบางอย่างกระทำต่อลูกบอลเพิ่มขึ้นเทียบกับกรณีที่ลูกบอลไม่เกิดการหมุน แล้วแรงดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร?

พิจารณาการเคลื่อนที่ของลูกบอลเมื่อไม่เกิดการหมุนและเกิดการหมุนผ่านอากาศ ดังรูป



รูป การเคลื่อนที่ของลูกบอลผ่านอากาศโดย ไม่หมุน (ซ้าย) และ หมุน (ขวา)

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อไม่มีการหมุน อากาศที่เคลื่อนที่ไปตามผิวโค้งของลูกบอลมีความเร็วด้านบนและด้านล่างไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อลูกบอลมีทิศทางการหมุนดังรูป บริเวณด้านบนของลูกบอล ทิศทางความเร็วของอากาศ (v_{air}) และลูกบอล (v_{ball}) มีทิศทางเดียวกัน ดังนั้นความเร็วของอากาศบริเวณด้านบน (v_{top}) ของลูกบอลมีค่าเท่ากับ

$$v_{top} = v_{air} + v_{ball}$$

แต่บริเวณด้านล่างของลูกบอลทิศทางความเร็วของอากาศและลูกบอลทิศทางตรงข้ามกัน ดังนั้นความเร็วของอากาศบริเวณด้านล่าง (v_{bottom}) ของลูกบอลมีค่าเท่ากับ

$$v_{\text{bottom}} = v_{\text{air}} - v_{\text{ball}}$$

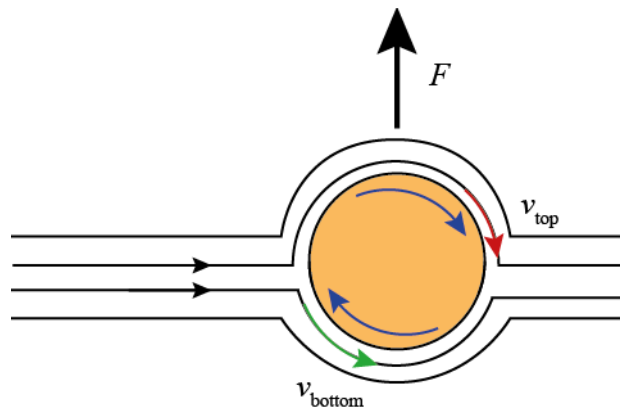
ดังนั้นความเร็วของอากาศบริเวณด้านบนของลูกบอลจะมีความเร็วมากกว่าความเร็วของอากาศบริเวณด้านล่างของลูกบอล

$$v_{\text{top}} > v_{\text{bottom}}$$

และจากสมการของแบร์นูลลี (ไม่คิดผลจากพลังงานศักย์เนื่องจากประมาณว่าความสูงเท่ากัน)

$$P_{\text{top}} + \frac{1}{2} \rho v_{\text{top}}^2 = P_{\text{bottom}} + \frac{1}{2} \rho v_{\text{bottom}}^2$$

ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความดันบริเวณด้านล่าง (P_{bottom}) ของลูกบอล มีค่ามากกว่า ความดันบริเวณด้านบนของลูกบอล (P_{top}) ซึ่งจะทำให้เกิดแรงยกขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์แมกนัส (Magnus effect)



รูป ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นเมื่อลูกบอลเกิดการหมุน

หลักการที่กล่าวมาข้างต้นนี้สามารถนำไปใช้อธิบายการเลี้ยวโค้งออกด้านข้างของแก้วพลาสติกที่สังเกตเห็นจากวิดีโอที่นี้ได้เช่นกัน