

Savoir sans Frontières

โบยบินตามความฝัน

Jean-Pierre Petit



1



...เข้าใจใช่ไหม
ถ้าไม่มีแรงเสียดทานในอากาศ
การไหลของอากาศ รอบๆ
ตัวเครื่องบินจะต่างไปและทำให้ไม่มี
แรงยก

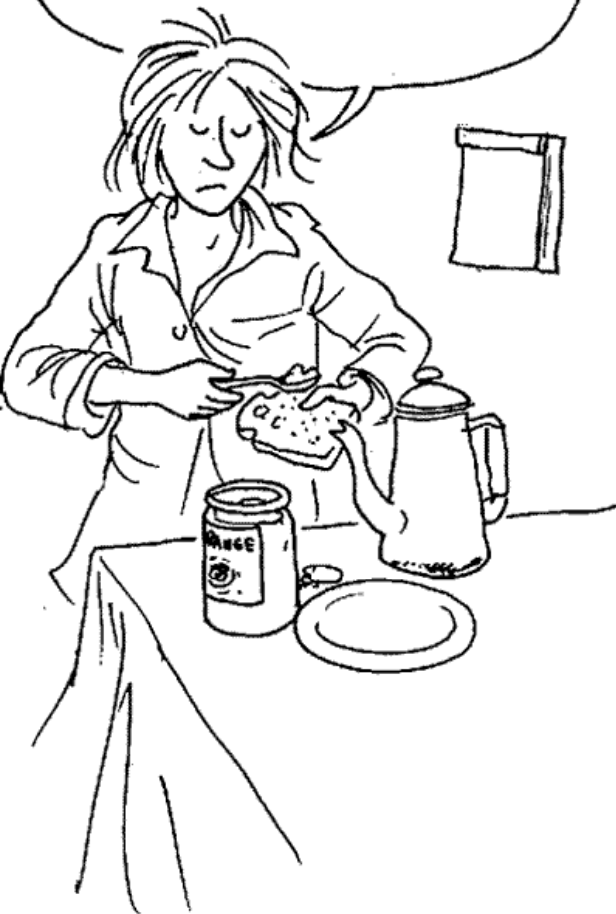
อาร์มภบท

เช้าวันหนึ่ง อาชิบาลด์ ฮิกกินส์ตื่นขึ้นอย่างอารมณ์เสีย



วันอาทิตย์ วันจันทร์ วันอังคาร
วันพุธ วันพฤหัสบดี...

...วันศุกร์ วันเสาร์ วันอาทิตย์
แล้วก็เริ่มใหม่อีก
น่าเบื่อซะมด ไซ้ใหม่ละ



ฮะ ว่าแล้วว่าต้องเป็นด้านที่ทาเนยแล้ว



อาร์ซีรู้สึกเศร้า โหวงเหวง และไร้ชีวิตชีวา แต่ทุกวัน ผ่านไปช้าๆ
เหมือนน้ำฝนไหลเอื่อยผ่านกระจกหน้าต่าง



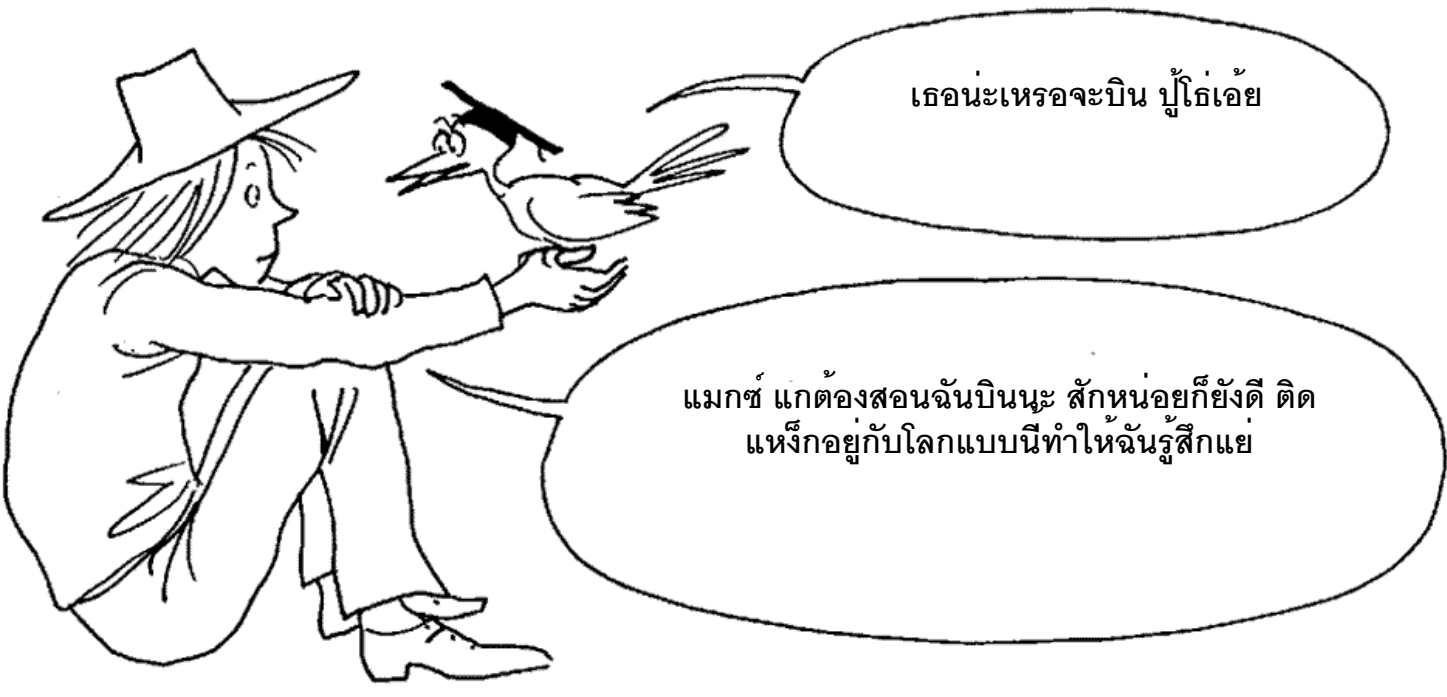
แมกซ์
เจ้าแมกซ์ไปไหนนะ



โน่นอยู่นั่นแน่ะ น่าอิจฉาจริง



แมกซ์!
ฉันอยากบินมั่ง



เธอน่ะเธอจะบิน บู้ไถ่เอ๊ย

แมกซ์ แก่ต้องสอนฉันบินนะ สักหน่อยก็ยังดี ติด
แข็งกอยู่กับโลกแบบนี้ทำให้ฉันรู้สึกแย่



ดูสิ ฉันยกเท้าข้างหนึ่งขึ้นได้ ถ้าฉันยกอีกข้างเร็วพอ
ฉันอาจจะบินได้ก็ได้

ต้องเป็นน้ำหนักของอากาศพวกนั้น
แน่ ที่กดฉันตกลงมาอีกครั้ง

ตรงข้ามเลยละ พอหนุ่ม ตามกฎของอาร์คิมิดีส ความกดอากาศจะทำให้น้ำหนัก
ของเธอน้อยลง 80 กรัม

กาลครั้งหนึ่งนานมาแล้ว มีชายคนหนึ่งชื่ออาร์คิมิดีส



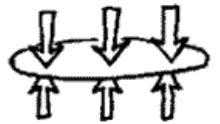
แกกำลังบอกฉันว่า เวลาฉันชั่งน้ำหนัก
ตาชั่งไม่ได้บอกน้ำหนักที่แท้จริงของฉัน เพราะแรงกดอากาศมันเหวอ



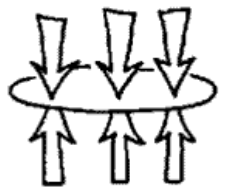
โปะเซะ จริงๆ แล้วเธอหนักกว่านั้น 80 กรัม



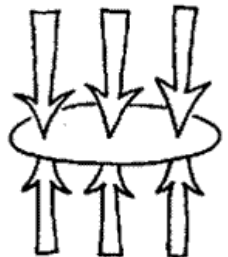
อืม กฎของอาร์คิมิดีส ฉันได้ยินบ่อยเลยละ
แต่จริงๆ แล้วมันคืออะไรละ

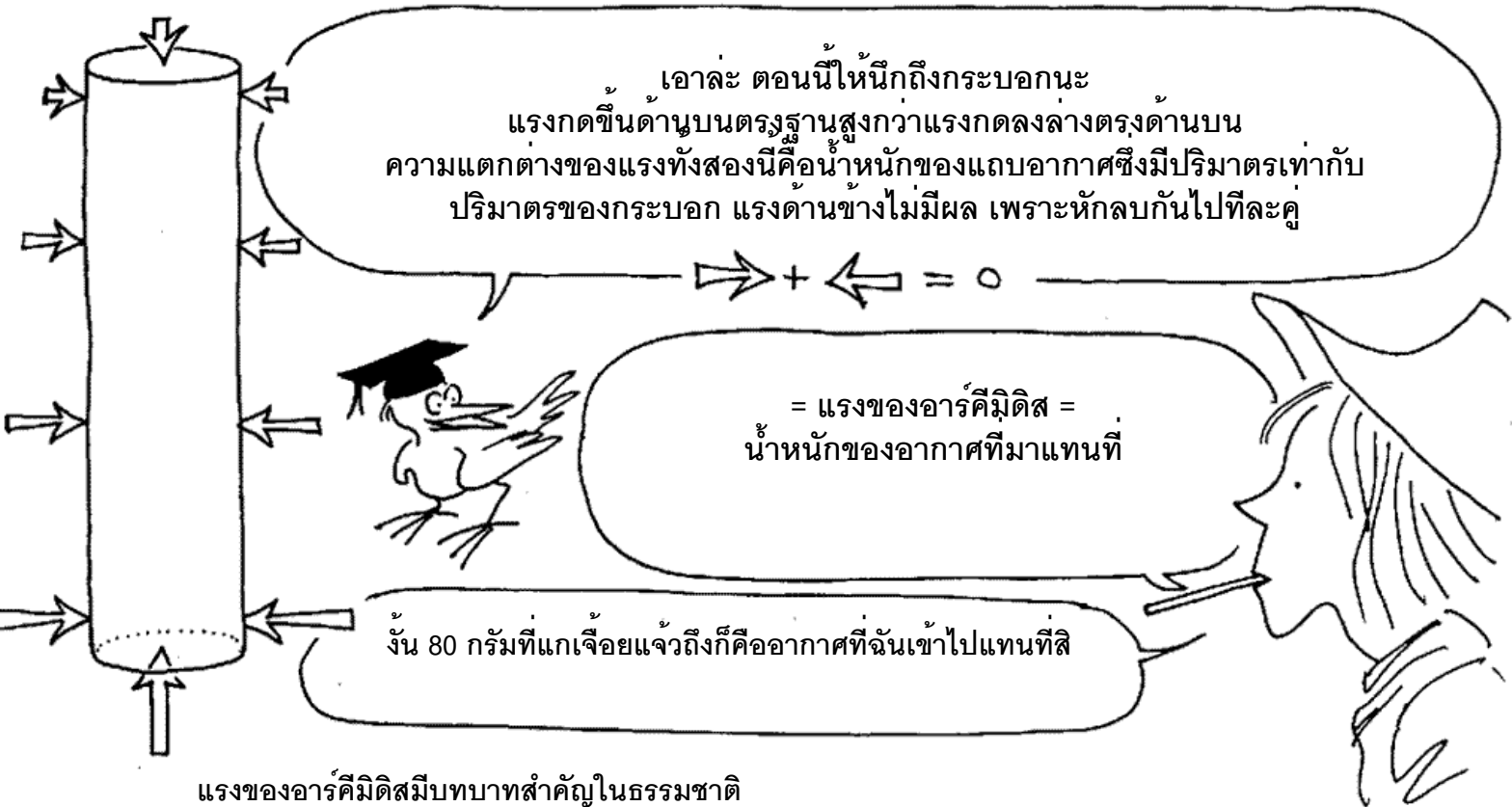


แรงที่กระทำต่อจานกลมที่
จมลงในของเหลว



ลองนึกถึงจานกลมที่ลอยอยู่บนอากาศ
อากาศแนวตั้งทั้งหมดดันบนกดจานให้ต่ำลงด้านล่าง
แต่แรงที่เท่ากันและอยู่ในทิศทางตรงข้ามกระทำจากด้านล่าง ดังนั้น
แรงกดสองด้านหักล้างกัน ยิงจานอยู่ในอากาศต่ำเท่าไร แรงก็ยิ่งเยอะขึ้นเท่านั้น





กระแสะพา



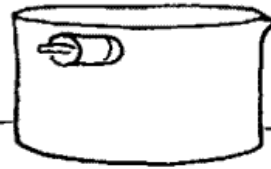


โอ้โฮ
มันทำงานดีกว่าที่ฉันคิดไว้ซะ
อีก น้ำเดือดแล้ว



อ้าว! น้ำชาเย็นเจี๊ยบเลย

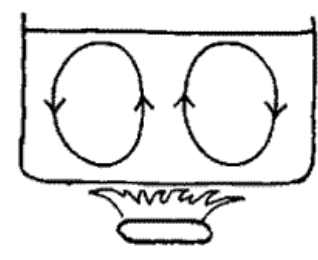
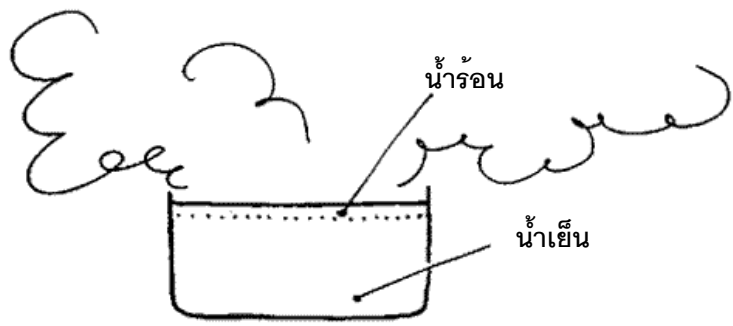
น้ำในหม้อก็เหมือนกัน



ผู้หลอกหรือเปล่านี่
เมื่อกี้น้ำยังเดือดพลั๊กๆ เลย

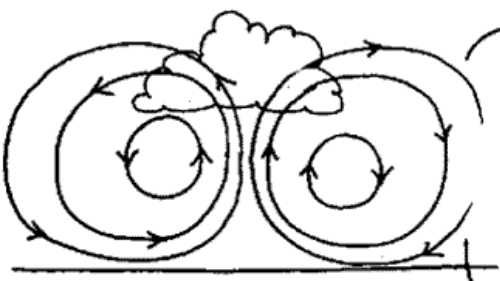
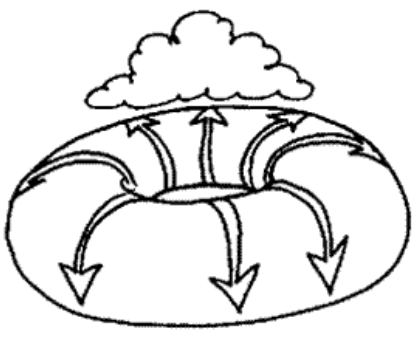


ที่ย่างมันให้ความร้อนเฉพาะด้านบน
และผิวของน้ำร้อนเป็นส่วนที่มีความหนาแน่นน้อย
ที่สุด มันเลยลอยขึ้น ก็แค่นั้น



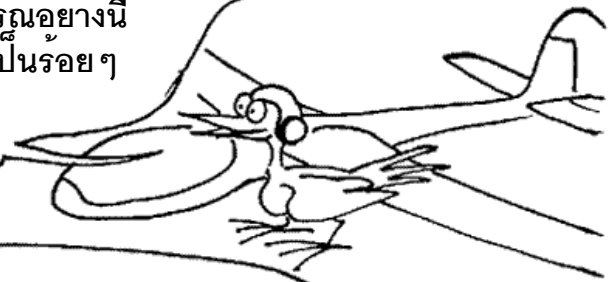
พูดอีกอย่างหนึ่งคือ ถ้าเราทำให้น้ำร้อนจากทางด้านล่าง น้ำจะมีความหนาแน่นน้อยลง และยกตัวขึ้นเป็นแนวตั้ง เมื่อขึ้นไปถึงข้างบนน้ำจะเย็น หดตัว และตกลงอีกทางด้านนอก นี่เป็นการพาแบบธรรมชาติ

ปรากฏการณ์ลักษณะเดียวกันเกิดขึ้นกับชั้นบรรยากาศ อากาศอุ่นๆ ลมความชื้นไว้ ยกตัวขึ้นจากจุดที่ร้อน เมื่อเย็นตัวลง ไอน้ำเกิดการควบแน่น ทำให้เกิดเมฆคิวมูลัส (เมฆรูปดอกกะหล่ำ)



จุดที่อากาศร้อน

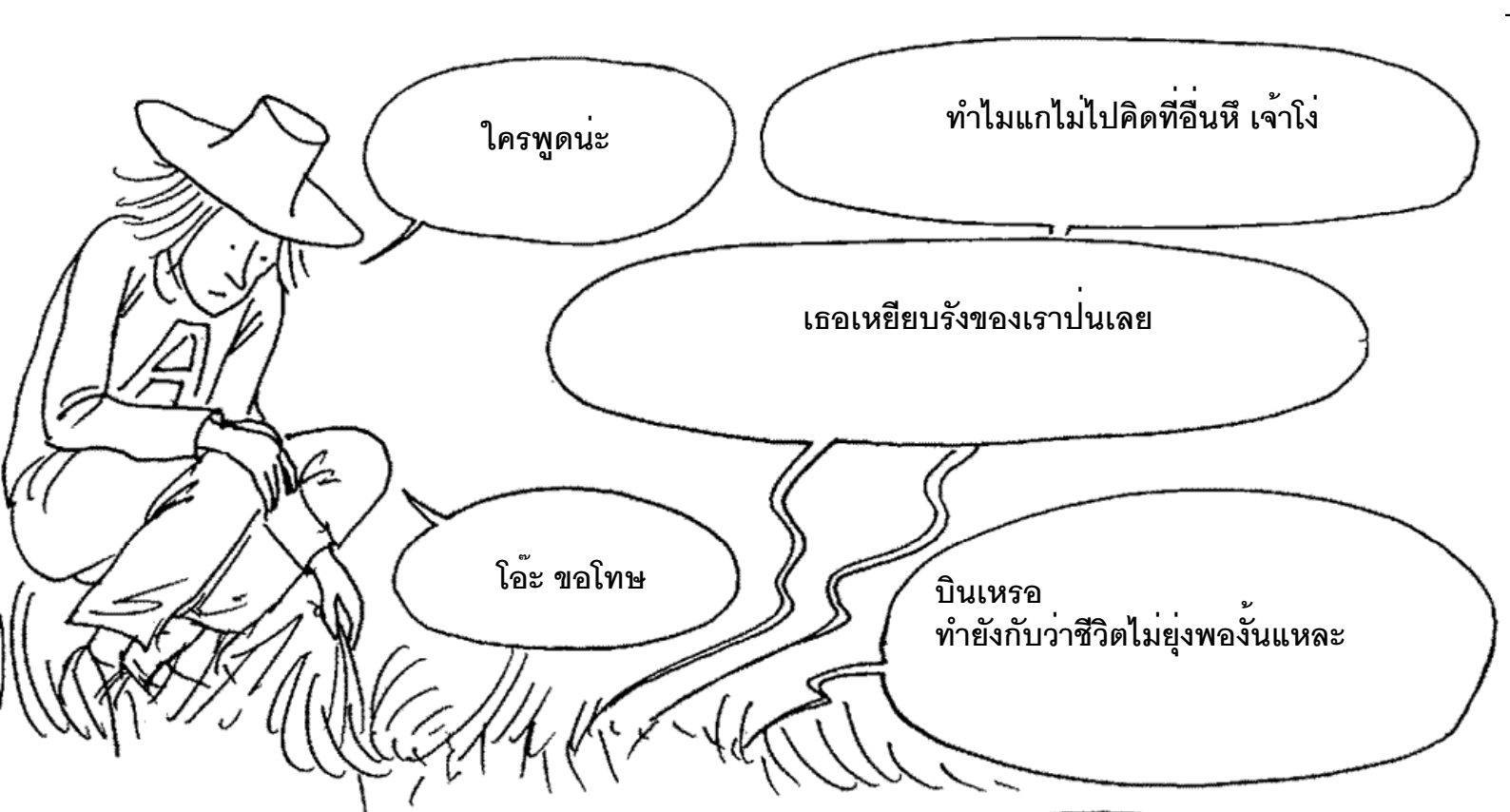
ทำให้อากาศรวมตัวกันและทำให้อุณหภูมิแผ่ออกไปเท่าๆ กัน ถ้าไม่เกิดปรากฏการณ์อย่างนี้ อุณหภูมิในวันที่แดดจัดอาจจะสูงเป็นร้อยๆ เลย



ถ้าฉันผูกตัวไว้กับอากาศอุ่นๆ พวกนั้น ฉันอาจจะบินขึ้นไปได้ก็ได้



เฮ้ ฟ้าใหญ่เทอะทะของแกทำอะไรนะ เจ้าทิม



ใครพูดนะ

ทำไมแกไม่ไปคิดที่อื่นที เจ้าใจ

เธอเหยียบรังของเราป็นเลย

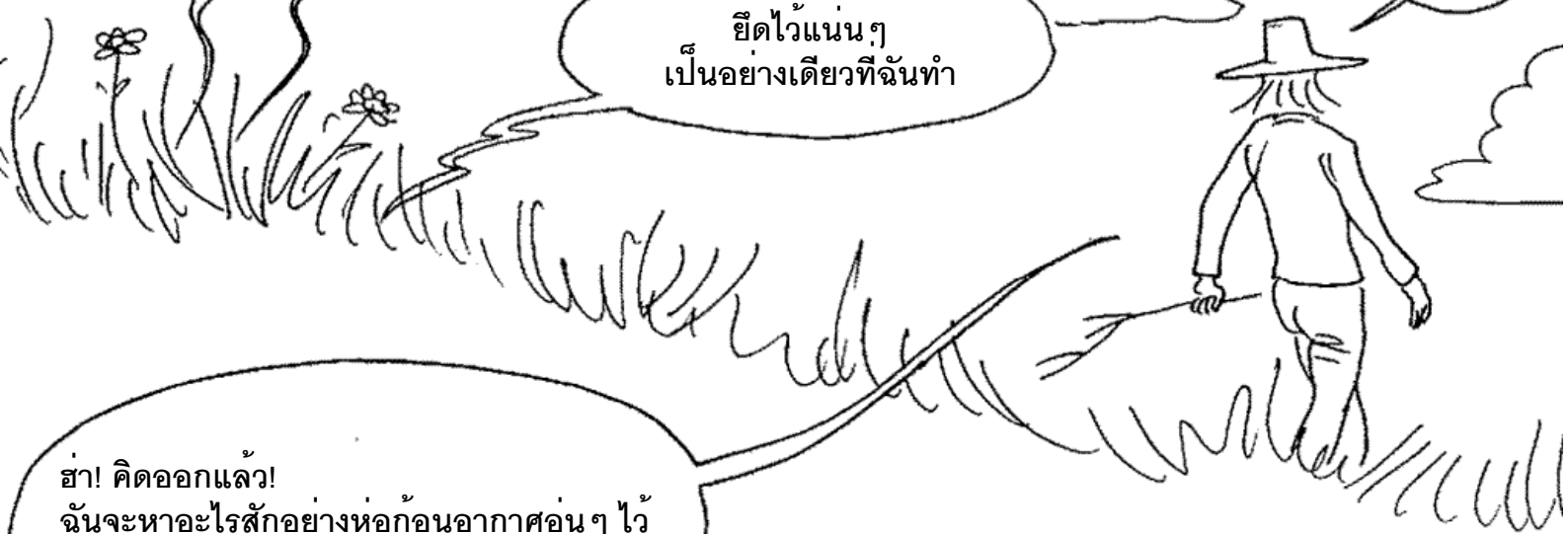
โ๊ะ ขอโทษ

บินหรือ
ทำยังกับว่าชีวิตไม่ยุ่งพองันแหละ

ยังไงก็เหอะ
นักวิทยาศาสตร์ของเราพิสูจน์แล้วว่าไม่มีความ
เป็นไปได้ทางวิทยาศาสตร์

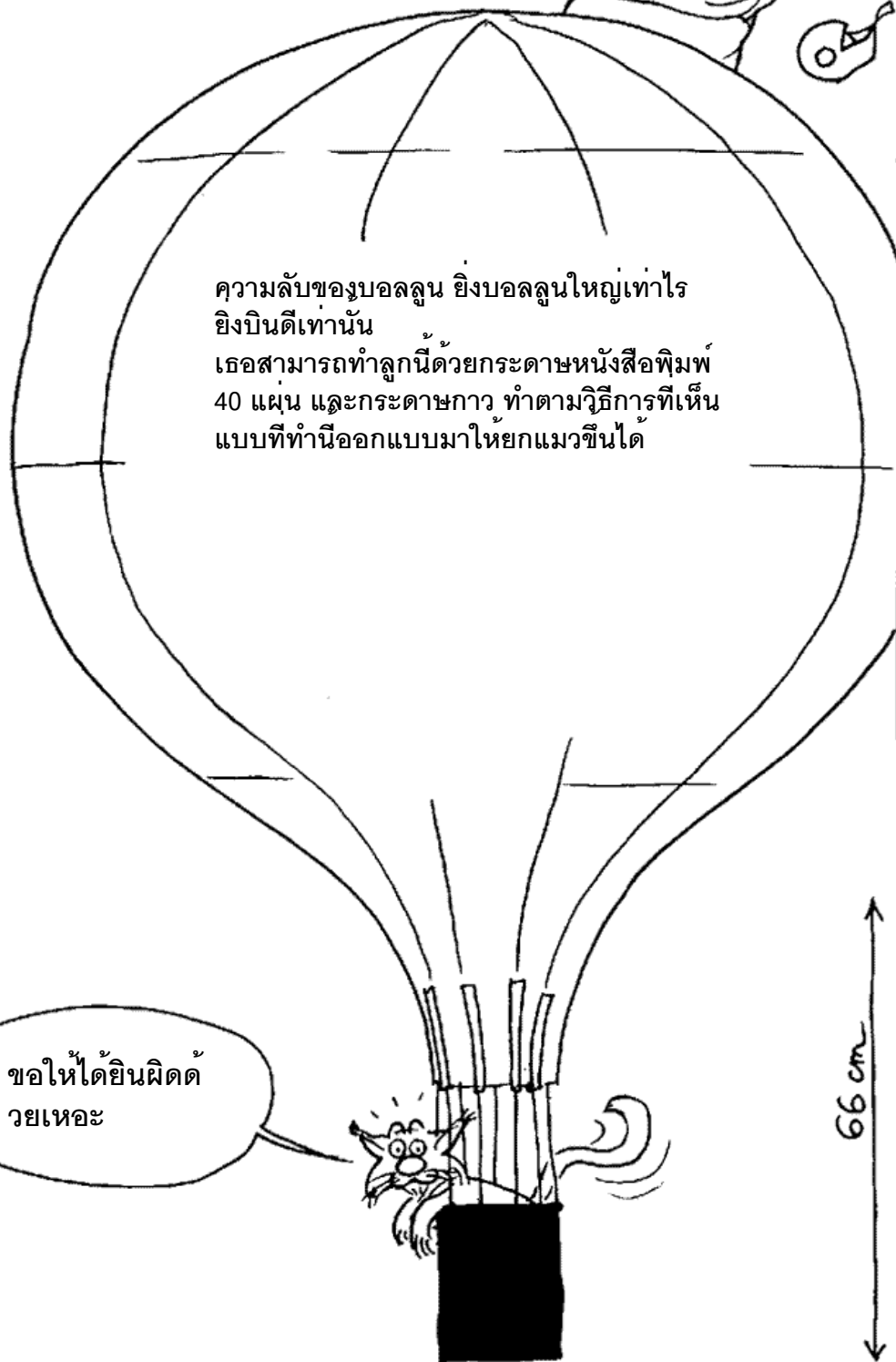
พูดตรงๆ นะพวก
เธอไม่คิดหรือว่ามีอะไรตั้งหลายอย่างสำคัญกว่า
การบิน

ยึดไว้แน่นๆ
เป็นอย่างเดียวที่ฉันทำ



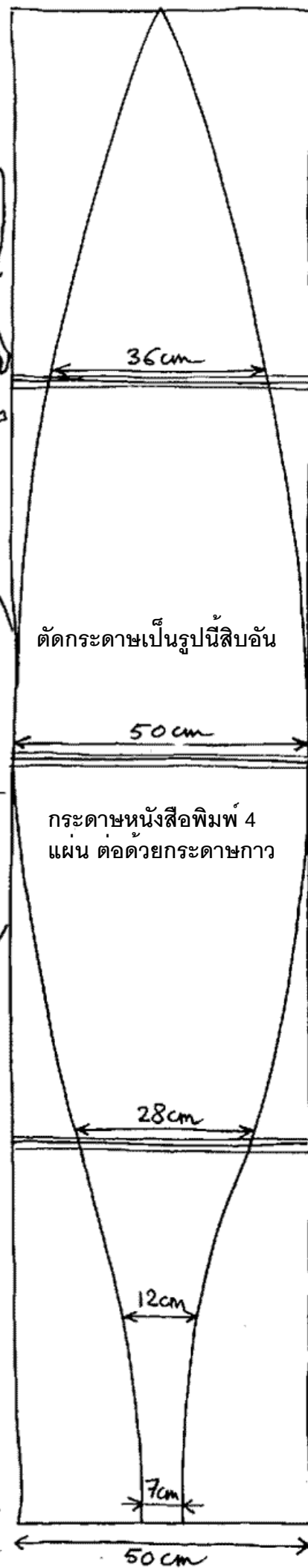
ฮ่า! คิดออกแล้ว!
ฉันจะหาอะไรสักอย่างห่อก่อนอากาศอุ่นๆ ไว้

ยานเบากว่าอากาศ

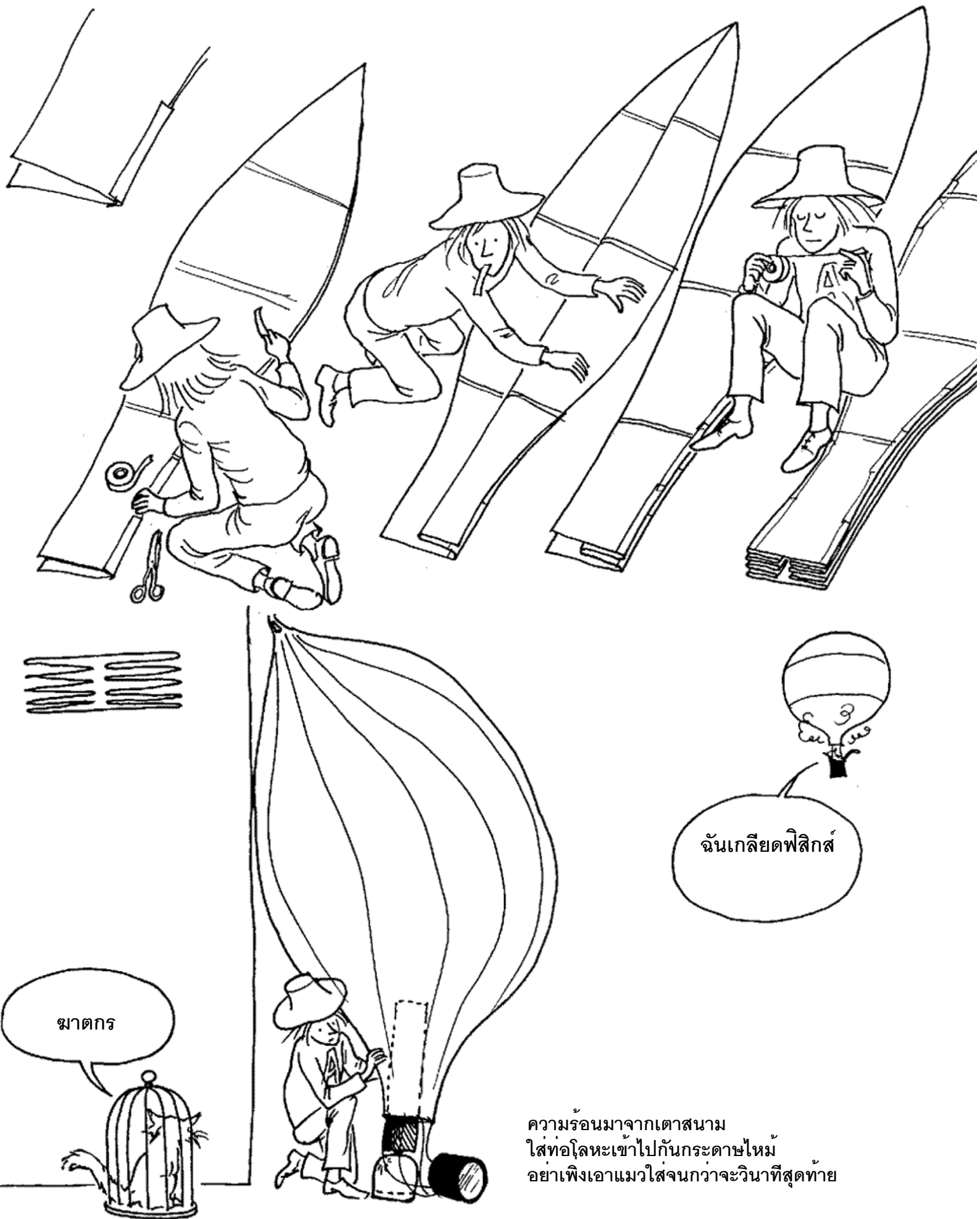


ความลับของบอลลูน ยิงบอลลูนใหญ่เท่าไร ยิ่งบินดีเท่านั้น เธอสามารถทำลูกนี้ด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ 40 แผ่น และกระดาษกาว ทำตามวิธีการที่เห็น แบบที่ทำนี้ออกแบบมาให้ยกแมวจีนได้

ขอให้ได้ยีนผิตต์
วอยเหอะ



นี่คือวิธีการที่อาร์ชิตด์บอลลูนของเขาเข้าด้วยกัน



ฆาตกร

จันเกลียดฟิสิกส์

ความร้อนมาจากเตาสนาม
ใส่ท่อโลหะเข้าไปกันกระดาษไหม้
อย่าเพิ่งเอาแมวใส่จนกว่าจะวินาทีสุดท้าย



นี่เป็นภารกิจห้าปี,
อาจหาญไปในที่ที่ไม่เคยมีแมวตัวไหนเคยไป



เรื่องเล็กสำหรับเสือกระดาษนะฉันว่า แต่อวกาศร้อนๆ
ที่หุ้มด้วยหนังสือพิมพ์ทั้งโลกก็คงยกตัวฉันขึ้นไม่ได้หรอก

ความลับของการบินคืออะไรที แมกซ์



เล็กเหอะ อาร์ที
ฉันเหนื่อย



ไม่ได้เรื่อง โธ่เว้ย ไม่ได้ผล ฉันต้องลืมอะไรไปบางอย่างแน่

อู๋ตาย

อาร์ชีจะ
ถ้าจะบินเธอต้องรู้อะไรบางอย่างเกี่ยวกับกลศาสตร์ของไหล ไม่ใช่อะไรที่เธอคิดหรือกะนะ

ก็ได้
แต่ของไหลคืออะไรล่ะ
ใช้อะไรก็ได้ที่ไหลไหมล่ะ

ก็ใช่ ถ้าเธอว่างั้นนะ
แต่มันก็ซับซ้อนกว่าที่เธอ
คิดละกัน



ทรายก็ไหลได้เหมือนกับน้ำ สงสัยจริงๆ มันมีอะไร
เชื่อมโยงกันไหมนี่

เออละ

โซฟี มีกฎของอาร์คิมิดีสสำหรับทรายไหม

ทรายเป็นของไหลไหมละ

ของไหล


เธอก็ทดสอบดูสิ



ได้ เออละ นี่เกี่ยวข้องกับลูกบึงปอง และกระบอกที่มีทรายเต็ม
ถ้าทรายเป็นของไหล กฎของอาร์คิมิดีสบอกว่า
วัตถุที่ฝังอยู่ในทรายพวกนี้น่าจะถูกแรงกระทำตรงๆ
จากดานบน และเท่ากับน้ำหนักของทรายที่ถูกแทนที่


โอ๊ะ โอ






ฉันเอาลูกปิงปองฝังไว้แล้ว
และเอาเหรียญวางไว้दानบน ตามเหตุตามผลแล้ว
เหรียญจะต้องจมลง
และลูกปิงปองจะต้องโผล่ขึ้นมา

แป้ว!

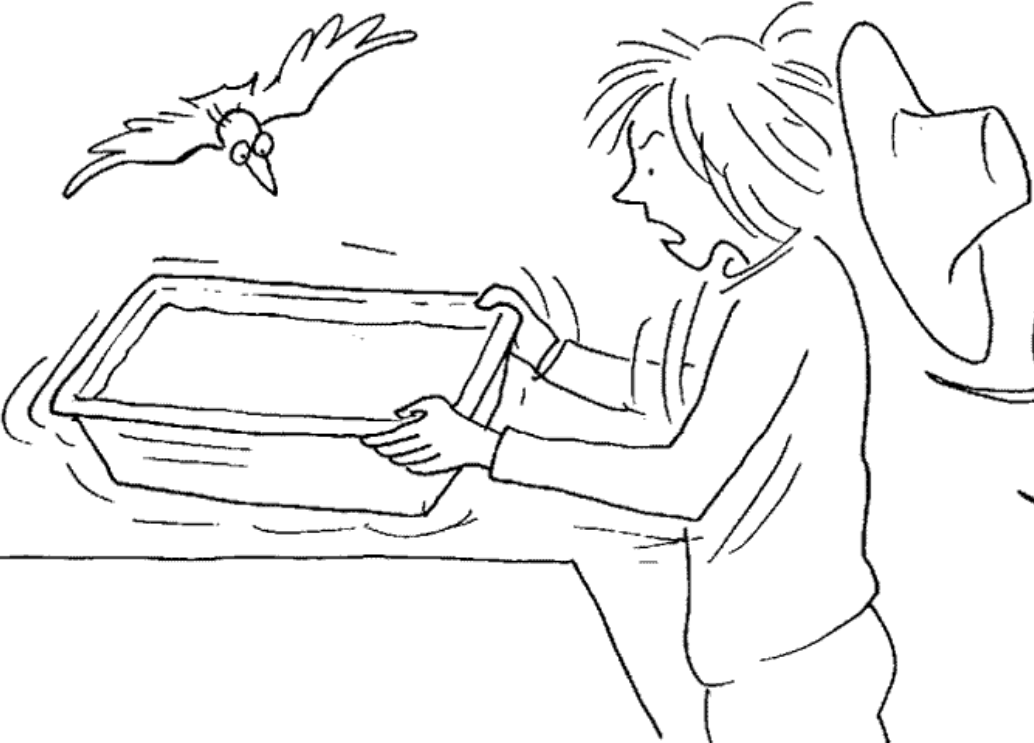


บางทีอาจต้องใช้เวลา



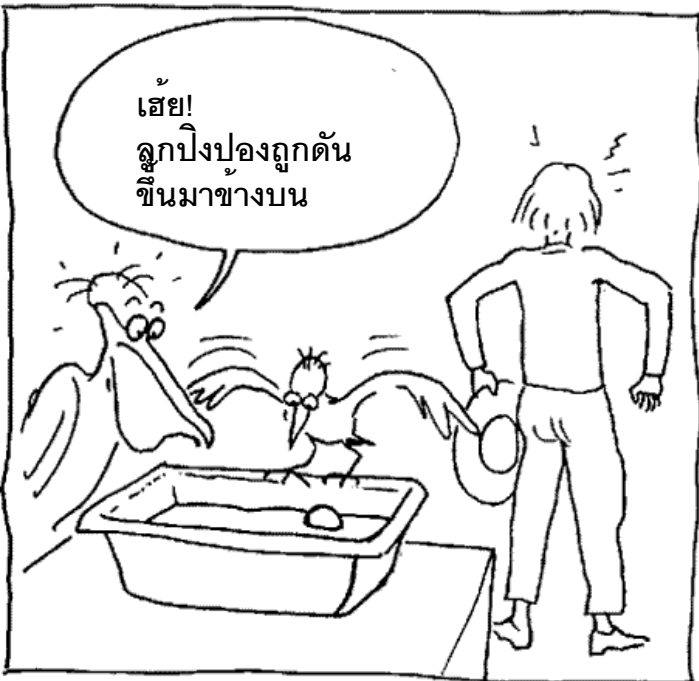
เพื่อนเก่าไปแล้ว

ระวังตัวจากฟิสิกส์ไว้ไม่เสียหลาย
หรือ



เกิดอะไรขึ้นกับเจ้าพวกโง่

ฉันทนไม่ไหวแล้ว

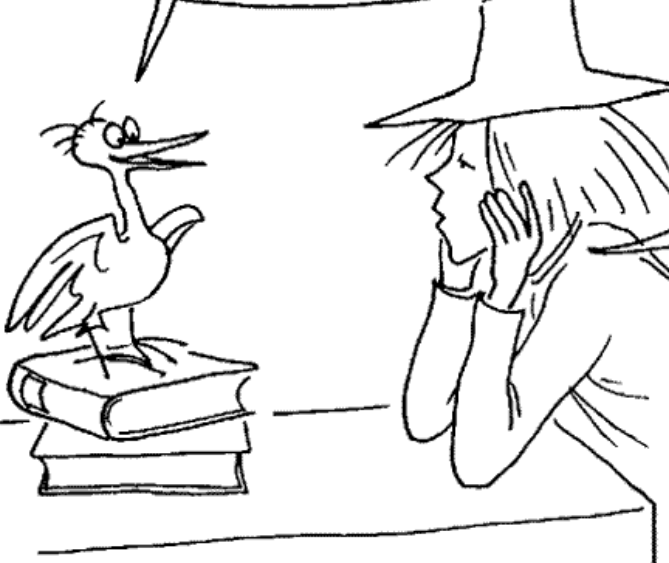


และเหรียญจมลงไปข้างล่าง
เมื่อเขาเขยาะกระบะทราย
อาร์ซีทำให้เม็ดทรายไหลผ่านกัน
และทรายก็กลายเป็นของไหล

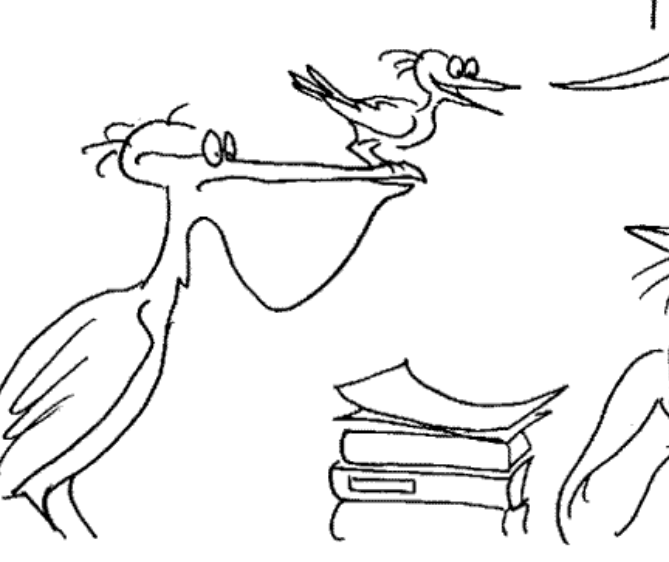


ไซไฟบอกว่า
ถ้าเม็ดทรายยังละเอียด
ก็จะยิ่งใช้เวลา น้อยลง

อ้อ แปลว่าของไหลคือทรายที่ละเอียดมากๆ
ที่ไหลผ่านกันง่าย ๆ นั่นแหละ

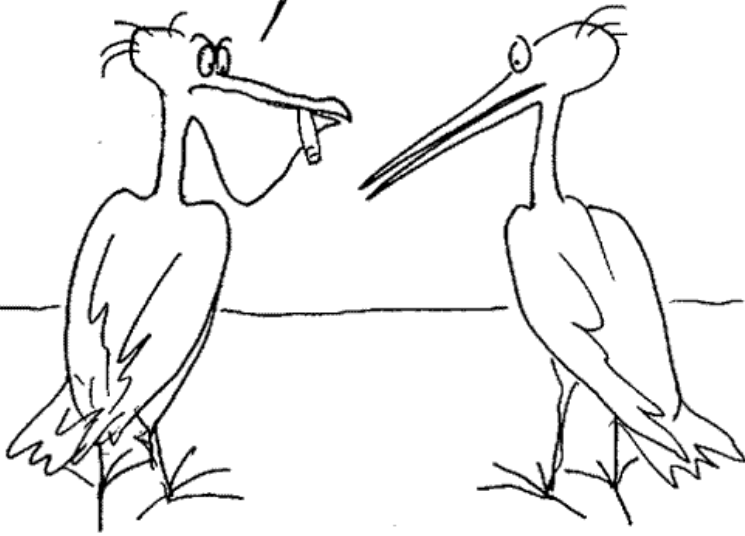


ความจริงมีมากกว่านั้น
ไซไฟบอกว่าแนวคิดเกี่ยวกับอะตอม
(ธรรมชาติของสรรพสิ่ง) ของลูเครเซียสในศตวรรษที่ 1
ก็เกิดจากวิธีการนี้

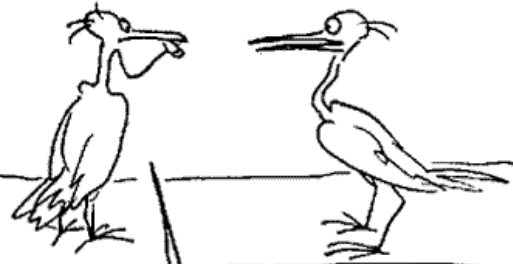


ไซไฟรู้ดีกว่าใครเสมอ

เห็นไหมล่ะ เจ้าเปิดเต้า
ของอย่างไขว้ก็เป็ของไหลอย่าง
นี้ด ฉันทว่าแกวก็เหมือนกัน

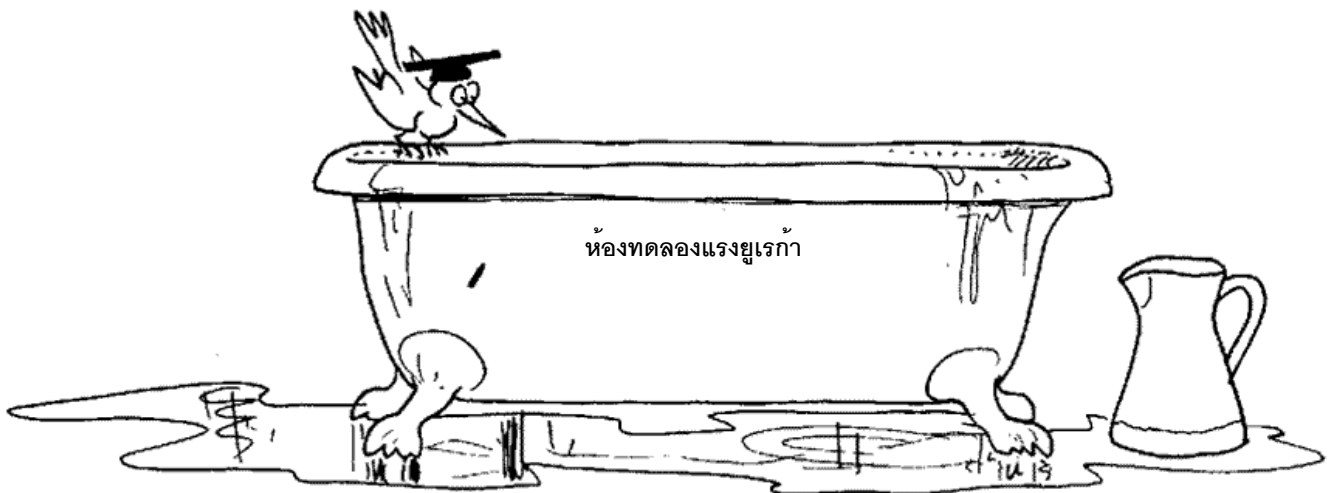


แกจะบอกฉันทว่านั่นเป็นก
ฎของอาร์คีมีดิสเทรอ



อย่าคำพูดมายัดใส่ปากฉันท เจ้าบ้า

(*) แก้วเป็ของไหลที่หนืดมาก





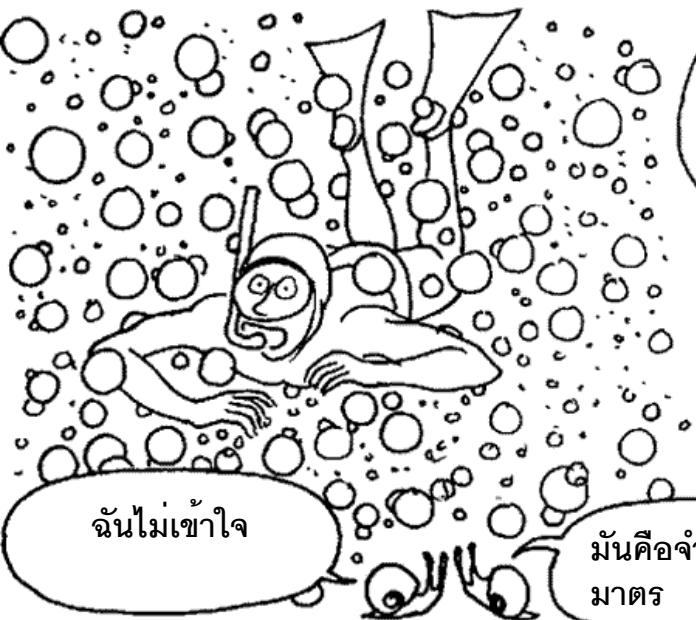
เห็นไหมอาร์ชี เพื่อให้เข้าใจสมบัติของของไหล.
 เราต้องรู้อก่อนว่าของไหลคือที่รวมของโมเลกุลซึ่งมีลักษณะเหมือนกับลูกบอลขนาดจิ๋ว เต่งและไถลไปมารอบๆ กันและกัน เหมือนกับลูกบิลเลียดที่ถูกยิงอย่างแรง เรียกว่า ความซุกมุนของโมเลกุล ก็ได้

ได้เลย
 มาโดดใส่ความซุกมุนกัน



มีลูกบอลเล็กจิ๋วพวกนี้สองล้านล้านลูกในอากาศหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตร
 ที่เราหายใจเข้าไป พวกมันเล็กเกินที่จะมองเห็น
 แมแต่กล้องจุลทรรศน์ที่ละเอียดมากก็ยังมองไม่เห็น

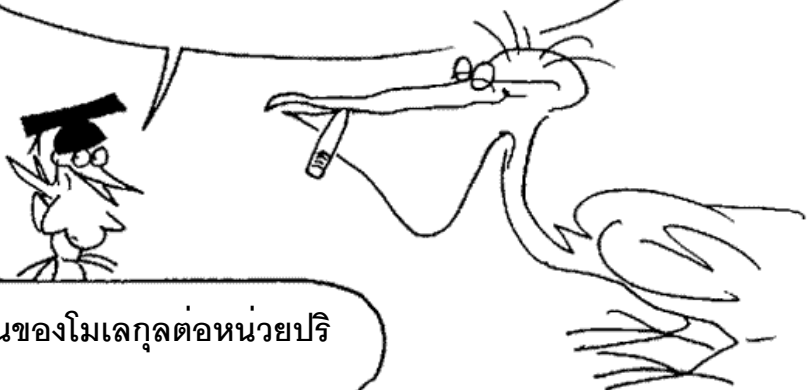
ความหนาแน่น



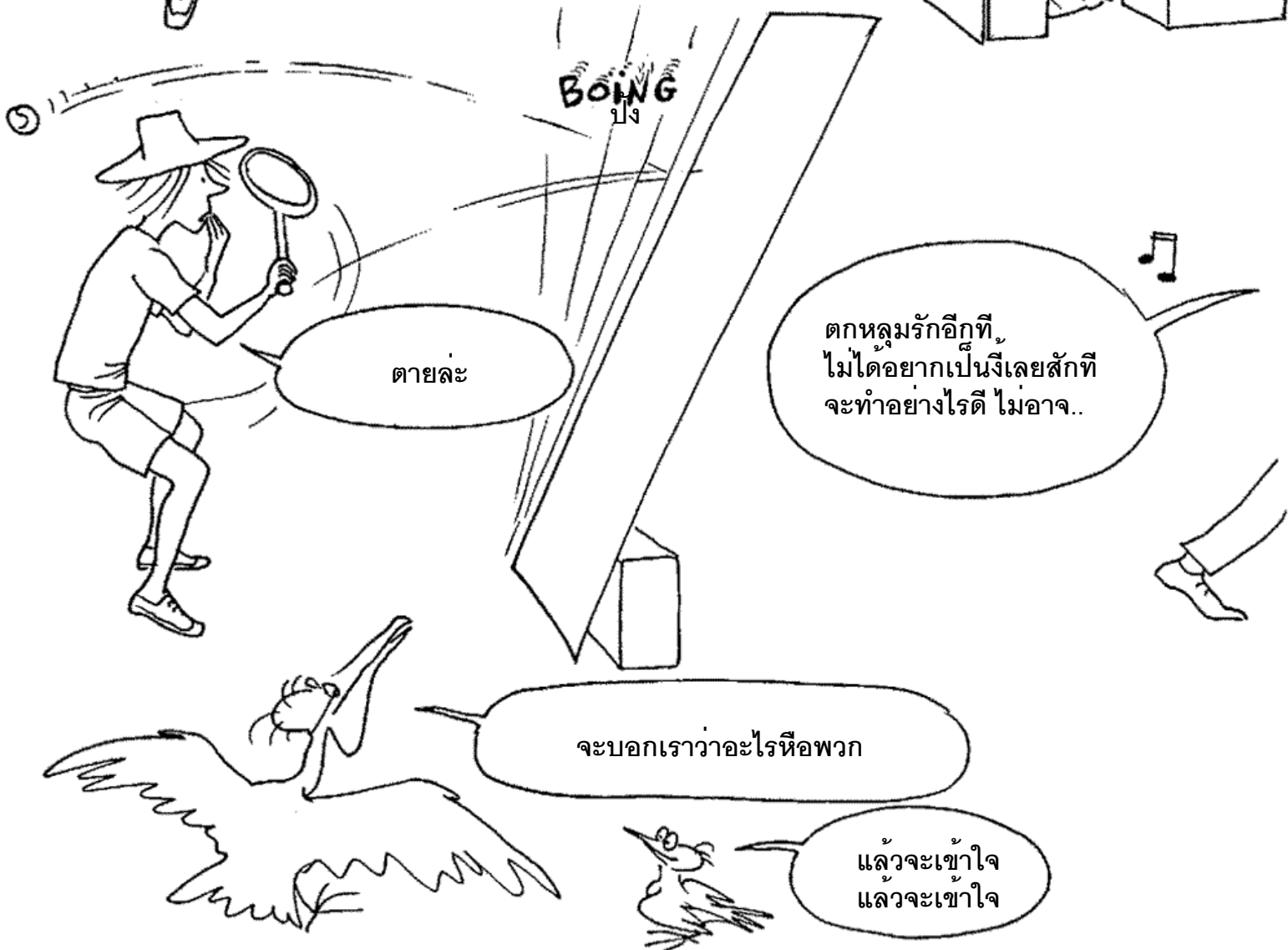
ฉันไม่เข้าใจ

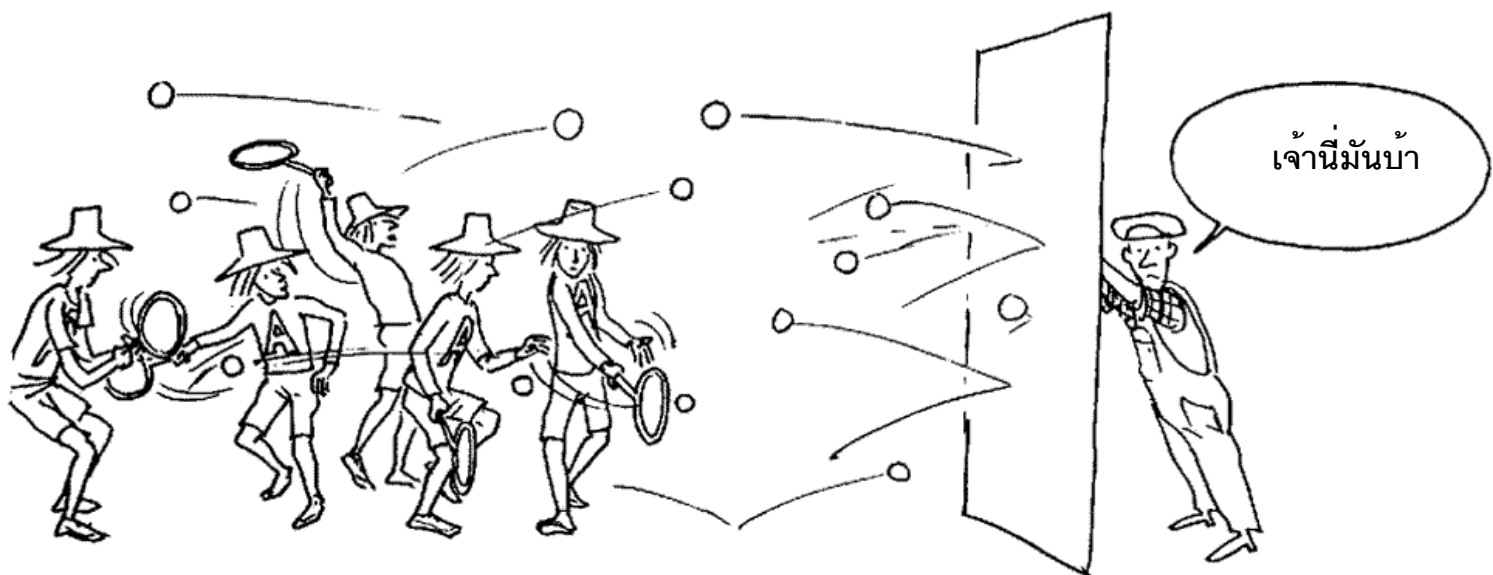
แนวคิดเกี่ยวกับความหนาแน่นนั้นใคร
 ่ก็รู้จนแทบไม่ต้องพูดถึง

มันคือจำนวนของโมเลกุลต่อหน่วยปริมาตร



ความดัน

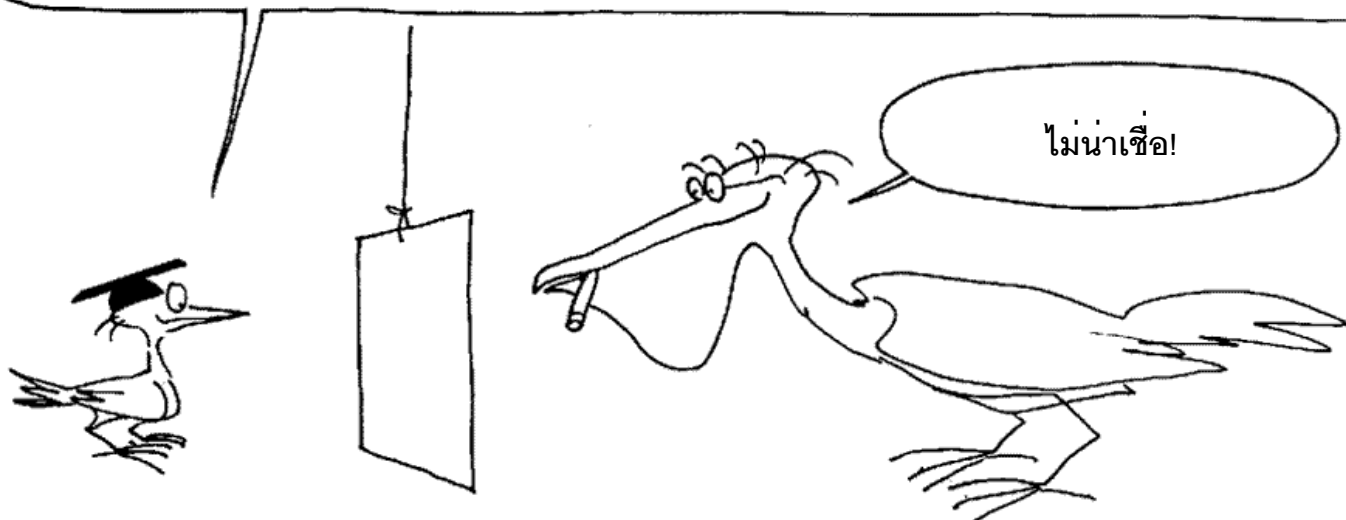




เกิดความสะท้อนของโมเลกุลนับไม่ถ้วนบนกระดานนี้ ทำให้เกิดสิ่งที่เราเรียกว่าความดัน

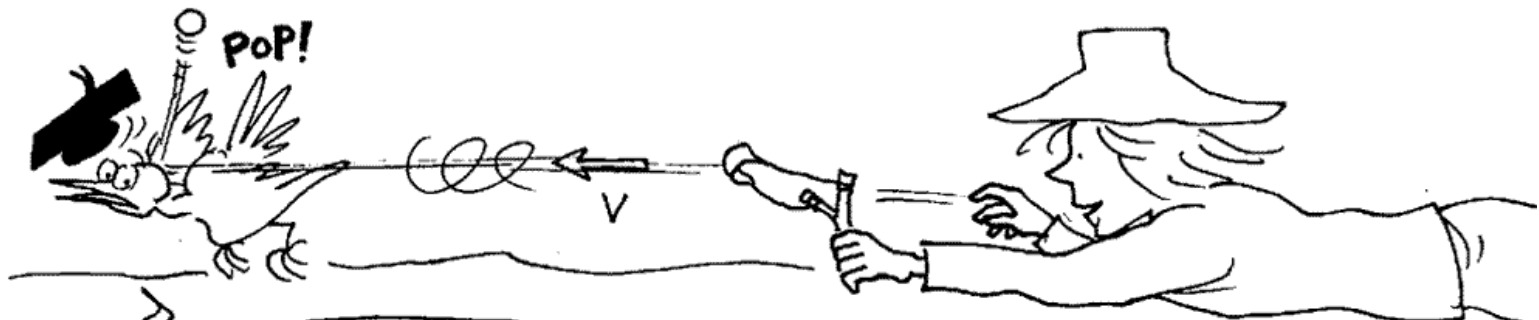
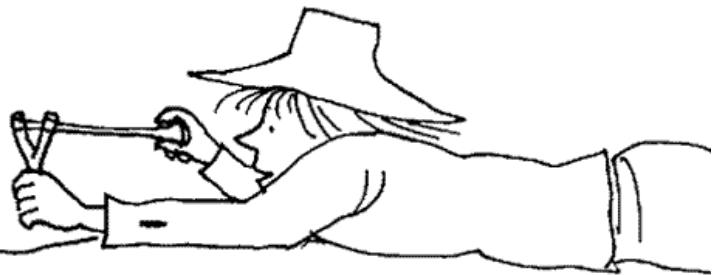


มันไม่ล้มลงเพราะแรงที่หวดใส่แต่ละด้านเกิดการปะทะกันของโมเลกุลที่หักกลับกัน



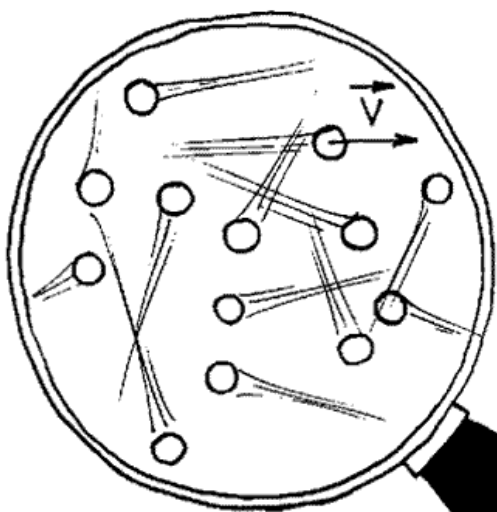
พลังงานจลน์

วัตถุที่มีมวล m
เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว V



นิยามคือ พลังงานจลน์ เท่ากับ $1/2 mV^2$

พลังงานความร้อน



นี่คือกำชกัอนหนึ่ง โมเลกุลวิ่งวนไปทั่ว สมมติว่ามวลของโมเลกุลเท่ากับ m
อัตราเร็วของความสั่นสะเทือน หรือความเร็วของการกระตุ้นความร้อน คือ V

พลังงานความร้อนของกำชกัอนนี้ (หรือ ระบบ) คือ
ผลรวมของพลังงานจลน์ $1/2 mV^2$
ของโมเลกุลแต่ละโมเลกุลที่อยู่ในกำชกัอนนั้น

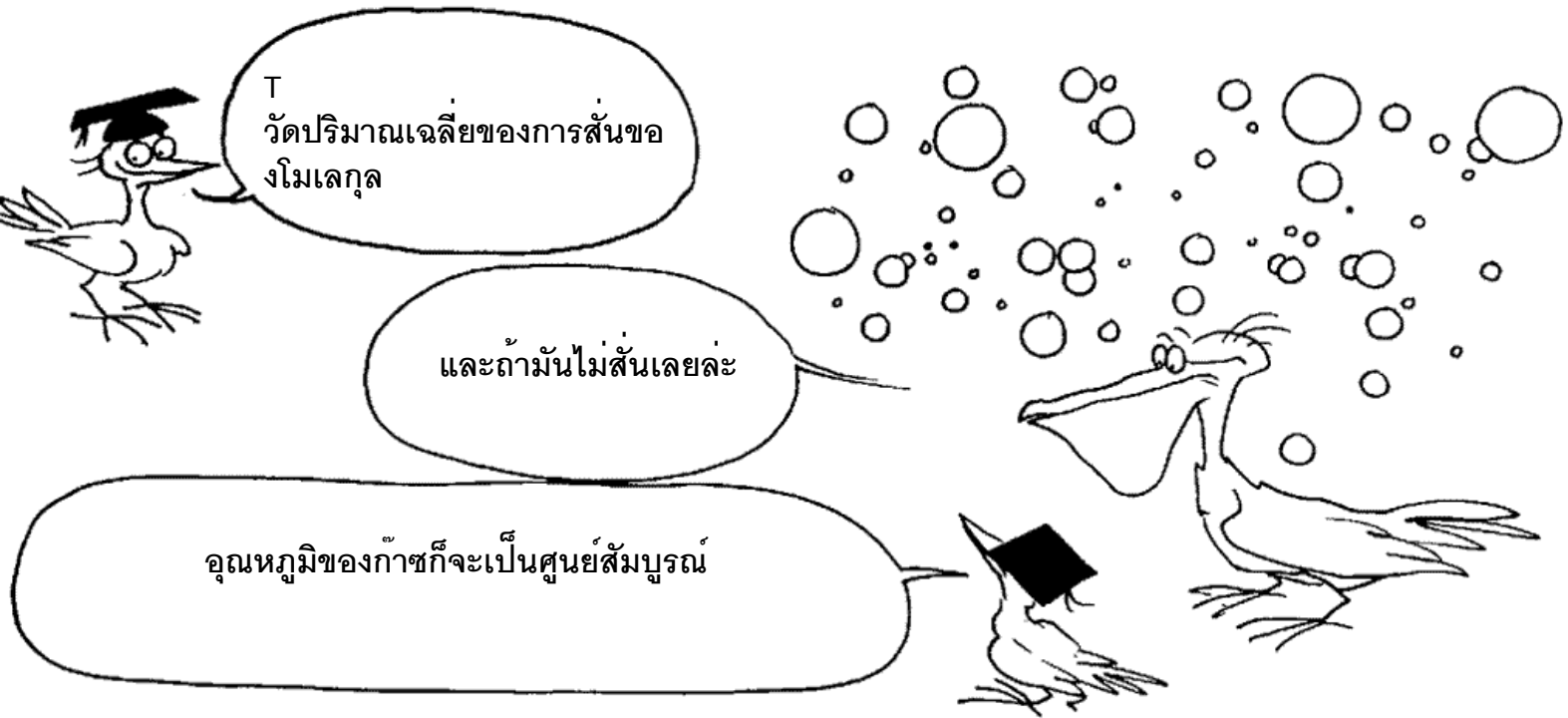


อุณหภูมิจ



อุณหภูมิจสัมพันธ์ของก๊าซคือขนาด $T = 1/2 mV^2$ ของพลังงานจลน์ของการสันของโมเลกุลก๊าซ

นายใหญ่



ไม่มีการสิ้นของโมเลกุล - ไม่มีการปะทะกำแพง - ก็ไม่มีความดัน

เธอทำให้น้อยไปกว่านี้ไม่ได้ใช่ไหมล่ะ
เธอขยับน้อยกว่าไม่ขยับเลยไม่ได้ใช่ไหม

โอโฮ!
ฉันเข้าใจด้วย



ว่าอีกอย่างหนึ่งคือ ยังมีโมเลกุลมากเท่าไร
มันก็ยังเคลื่อนที่ไปมามากเท่านั้น

ความร้อน



เมื่อวงวัตถุลงในของเหลว
วัตถุนั้นจะต้องฝ่าการสิ้นสะเทือนของโมเลกุล อย่างมหาศาล
เมื่อเป็นอย่างนั้น โมเลกุลสามารถส่งผ่านหรือแลกเปลี่ยนพลังงาน
หรือความร้อน
พลังของความร้อนที่ส่งผ่านเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของของไหล
ด้วยเหตุผลข้อนี้ น้ำจึงเป็นตัวนำที่ดีกว่าอากาศ



เมื่อนักบินอวกาศ "เดิน" ในอวกาศ
เขาเคลื่อนที่ในบรรยากาศที่ไม่หนาแน่น (10
ไมเลกุลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
ระดับของความสั่นสะเทือนของไมเลกุลสัมพันธ์กับอุณหภูมิ 2500
องศาเซลเซียส
แต่ไม่ได้อย่างสื่อนักบินอวกาศเพราะว่าอากาศเบาบางมากจนการส่งผ่านค
วามรอนรวมน้อยมาก

บรีอ..อส์ 2500 องศา และฉันทันนาวสัน

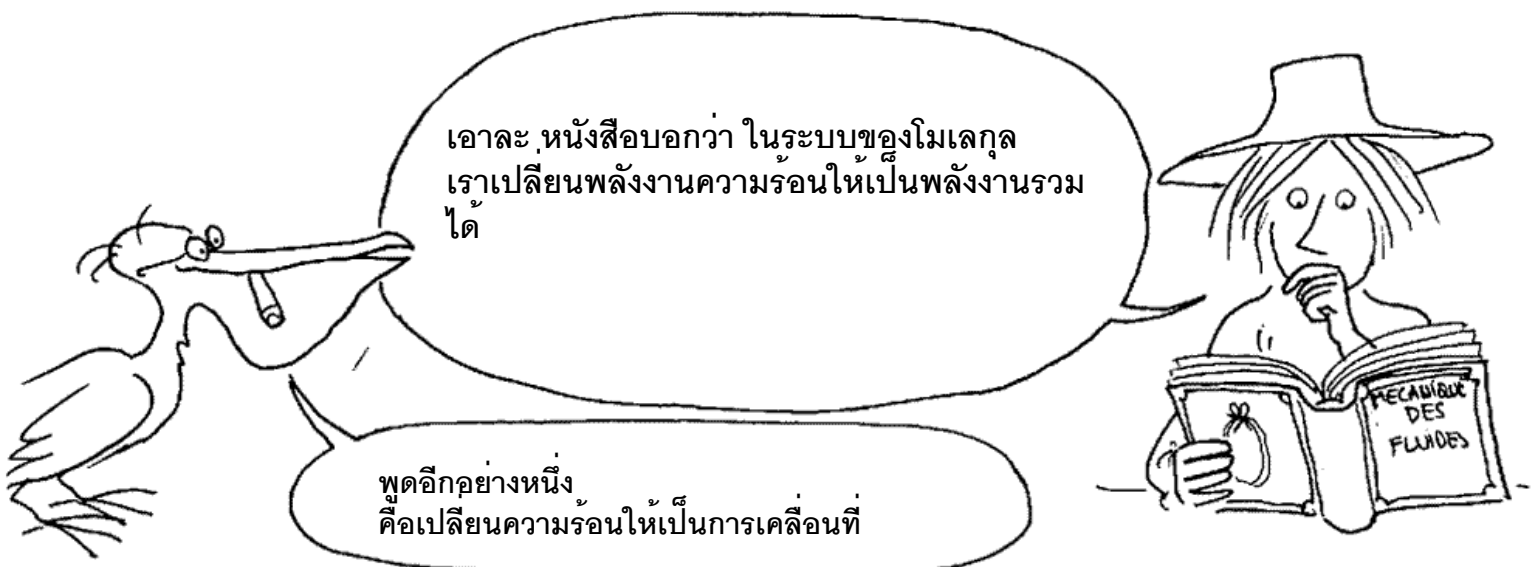
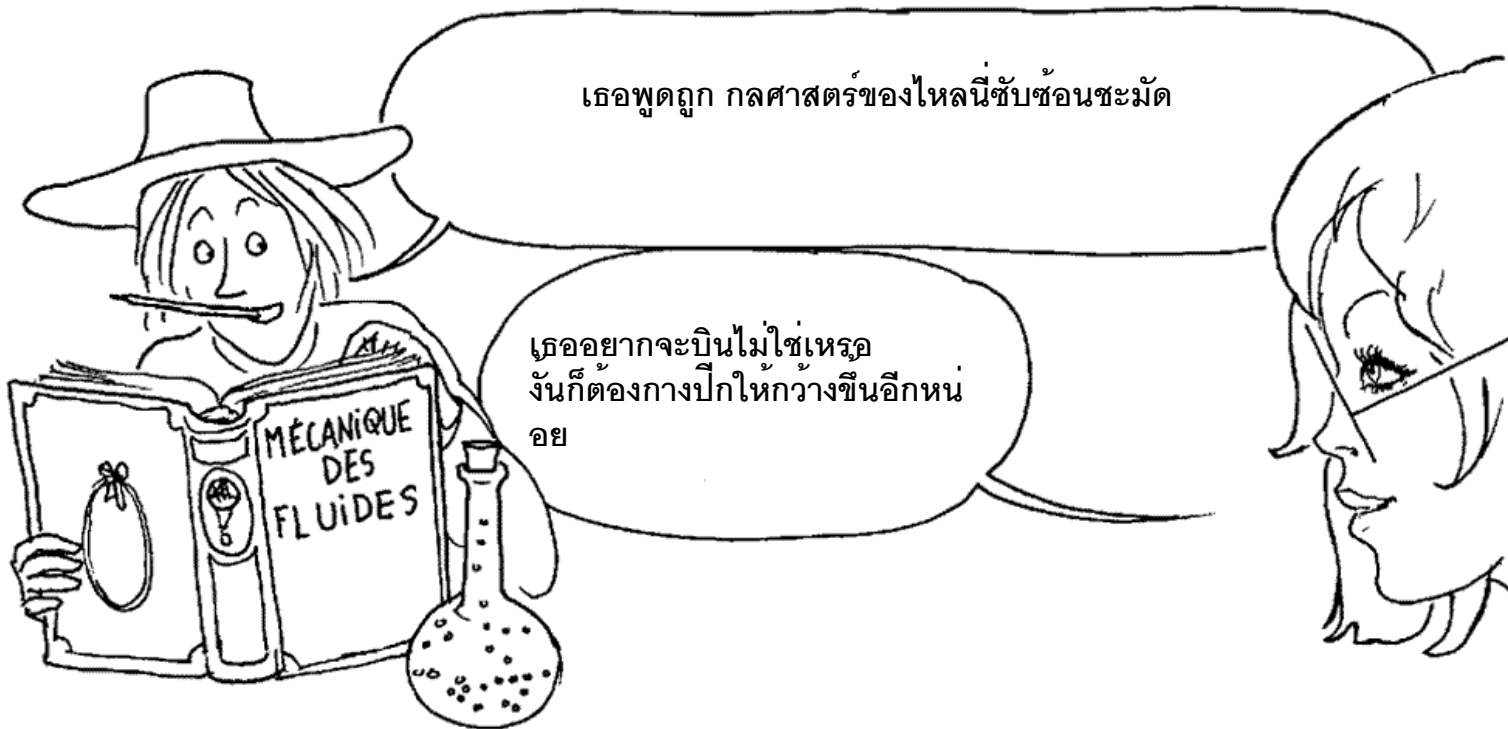
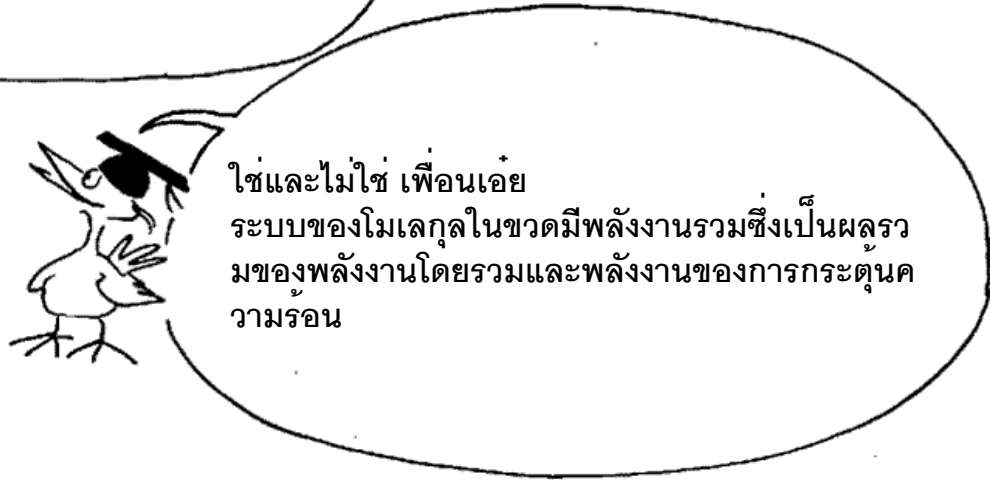
อุณหภูมิสูงแต่การไหลของ
อุณหภูมิต่ำ

พลังงานรวม



นี่คือสิ่งที่เก็บมา ระบบของ N ไมเลกุล
ที่อุณหภูมิสัมบูรณ์ T

อาร์ชีช่วงขวดก๊าซ ทำให้เกิดความเร็วมรวม v



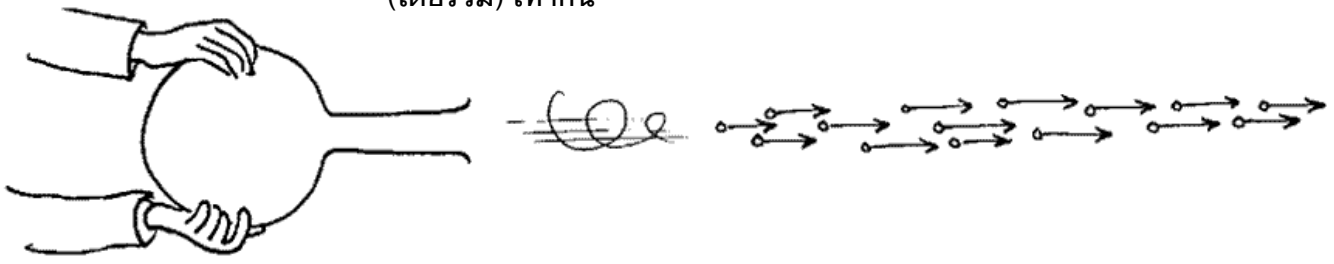


การอนุรักษ์พลังงาน



V =
อัตราเร็วของ
การเคลื่อนที่ของ
N โมเลกุล

ถ้าความร้อนทั้งหมดถูกเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่ โมเลกุลทั้งหมดจะต้องมีความเร็ว V (โดยรวม) เท่ากัน



และพลังงานของระบบจะเท่ากับพลังงานโดยรวม $N \times \frac{1}{2}mv^2$
 ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
 พลังงานทั้งหมดของระบบซึ่งก็คือผลรวมของพลังงานโดยรวมและพลังงานความร้อนในการกระตุ้นในกระบวนการนี้จะคงที่

นายใหญ่

บอกสิว่าฉันเข้าใจถูกไหม เกลออกแก้ว ในกรณีที่ก๊าซหนีออกไปหมด การบีบตัวของแรงทำให้ $N \times \frac{1}{2}mv^2 = N \times \frac{1}{2}V^2$ ดังนั้น $V = v$ ใช่ไหม



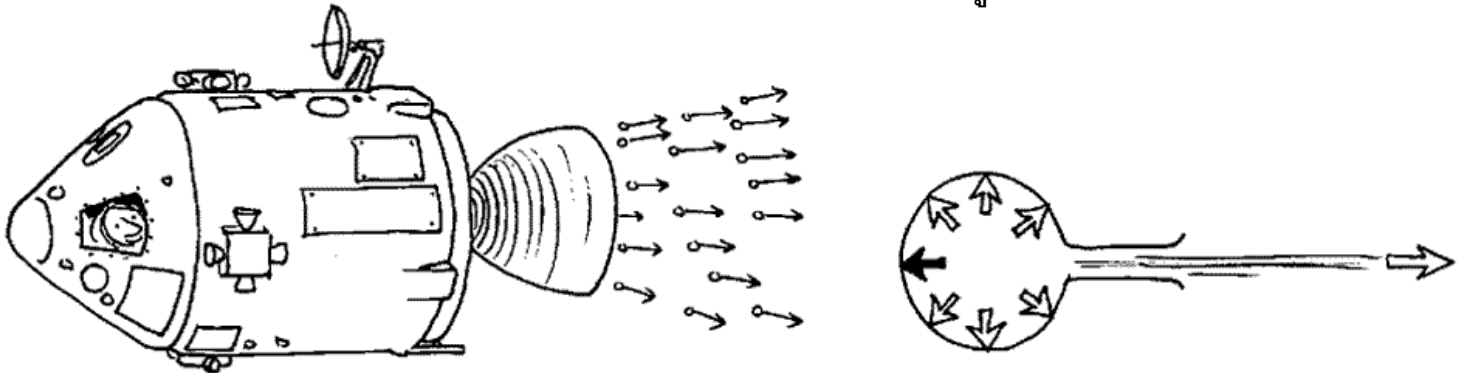
ไม่ใช่ก็ใกล้เคียงนะ

การใช้หลักการแปลงพลังงานความร้อนเป็นการเคลื่อนที่อย่างหนึ่ง คือ

ปฏิกิริยา - แรงขับเคลื่อน

ปลายของท่อขับเคลื่อน หรือ "ท่อรูปถ้วยวางไข่"

มีรูปทรงทงเรขาคณิตที่เข้าใจถึงหลักการที่จะแปลงความร้อนให้เป็นการเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แรงขับเคลื่อนเพิ่มมากขึ้นเพราะก๊าซหนีออกไป ความกดของภาชนะจึงไม่ใช่ศูนย์อีกต่อไป



เข้าใจละ

ถ้าจะบิน ดูเหมือนว่าเราจะต้องเป่าอากาศลงล่าง

ลองดูสิ

อืม ไม่ได้ผลแฮะ

ดูสิ อาร์ชี นกไม่ได้มีรูปร่างเหมือนร่มสักหน่อย
อย่ากังวลไปเลย อีกไม่นานเธอก็จะเข้าใจทั้งหมด เดินหน้าต่อ

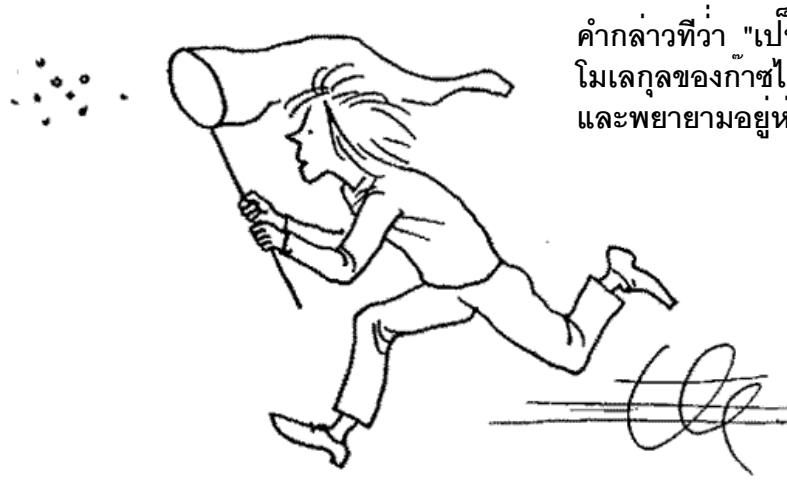
อืม

เธอพูดถูกเป้งเลยไซพี

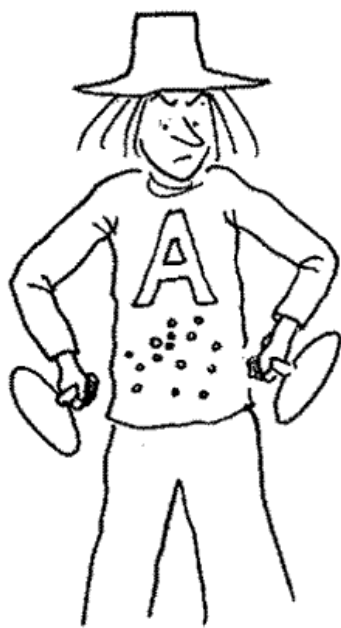
ร่างเธอช่างกลมกลิ้ง

แกก็กลมเกลี้ยงดีแท้

การไหลไม่อัดตัว



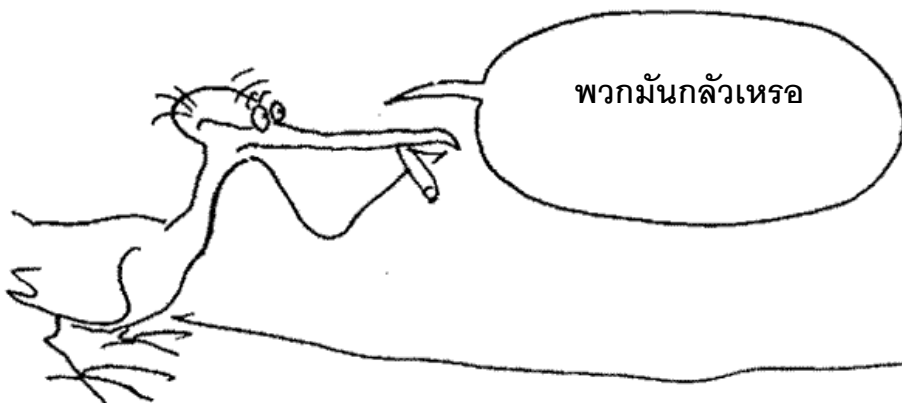
คำกล่าวที่ว่า "เป็นอิสระเหมือนอากาศ" ไม่ใช่คำกล่าวลอยๆ
โมเลกุลของก๊าซไม่ชอบอยู่เป็นกลุ่ม
และพยายามอยู่ห่างกันเท่าที่จะทำได้



ฉันไม่มีวันทำให้อากาศแน่นขึ้น
ด้วยวิธีนี้ได้

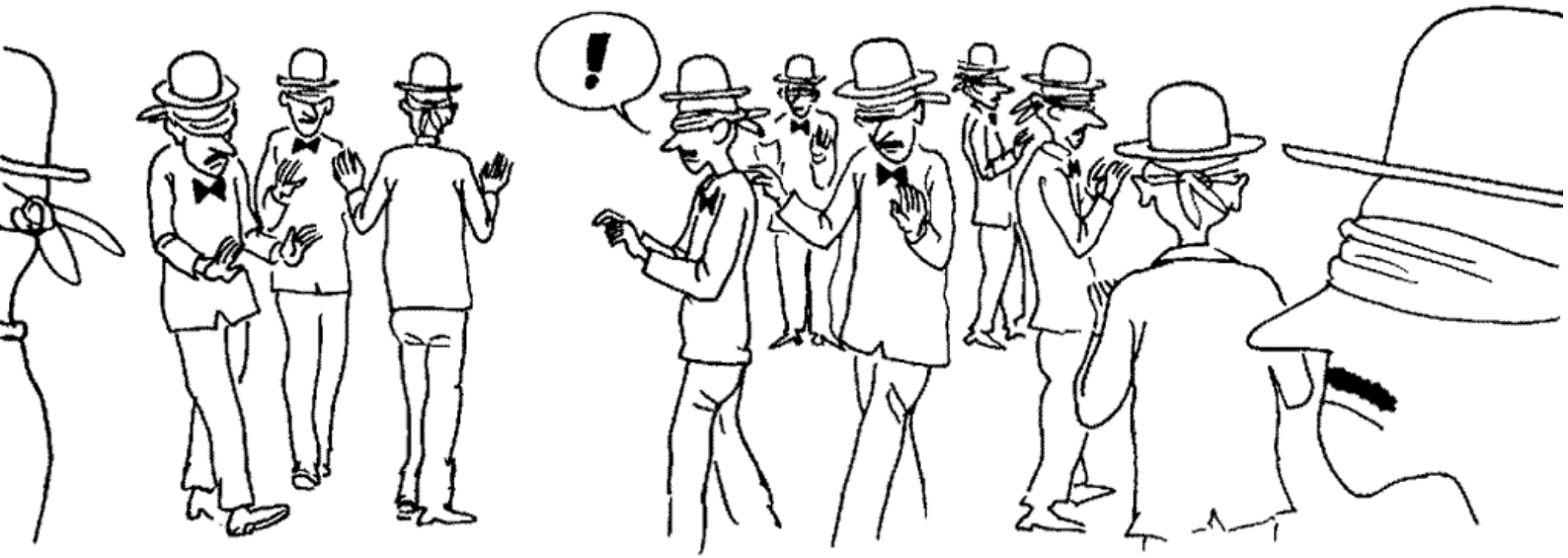
ฮ่า พลาด แกเข้าไป
ฉันเห็นแกมา

ทำไมพวกโมเลกุลถึงได้แยกออกจากกันทันทีที่ไม้พายพาดเข้าหากัน



พวกมันกลัวเธอ

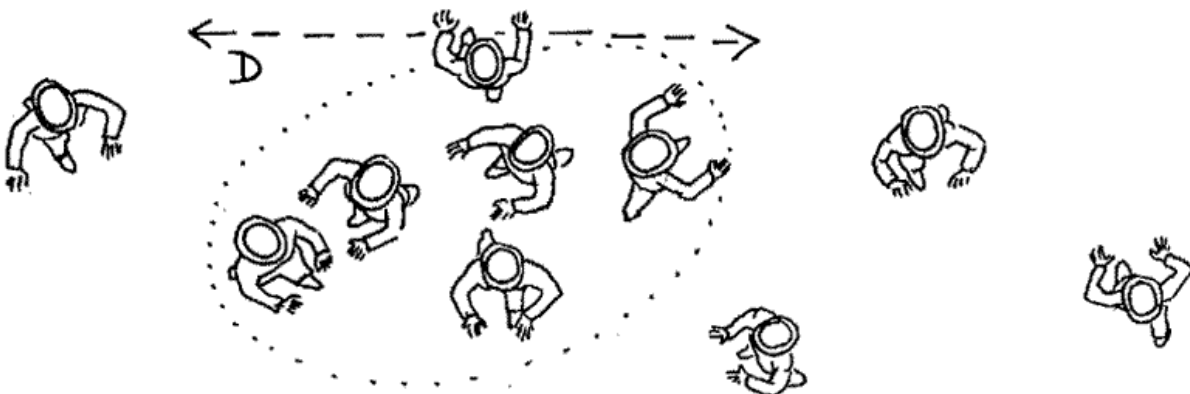
เพื่อให้เห็นว่าอากาศกำลังทำอะไร ลองนึกภาพสถานที่ที่ทุกคนเดินปิดตาไปมา
 หนึ่งคนแทนหนึ่งโมเลกุล
 และความเร็วที่พวกเขาเคลื่อนที่อย่างสะเปะสะปะเปรียบได้กับการกระตุ้นอุณหภูมิ V □



พวกเขาเคลื่อนที่อย่างไรจุดหมาย โดยเฉลี่ยทุก t วินาที หลังจากเดินทางเป็นระยะทาง l
 พวกเขาก็ชนกัน เราเรียก l ว่า เส้นทางอิสระเฉลี่ย และเรียก t ว่า ระยะเวลาเดินทางอิสระเฉลี่ย

ในชั้นบรรยากาศ V ซึ่งเป็นอัตราเร็วของการกระตุ้นความร้อนมีค่าประมาณ 340 เมตร/วินาที
 เส้นทางอิสระเฉลี่ยของโมเลกุลใหญ่เคียงกับหนึ่งในแสนของเซนติเมตร
 ดังนั้นเวลาที่ไคร่ระว่างการชนสองครั้งของโมเลกุลตัวหนึ่งกับเพื่อนที่อยู่ถัดไปเท่ากับเพียงหนึ่งใน
 สิบลานวินาที

ไม่มีอะไรต้อนคนปิดตาพวกนี้มารวมกัน ตรงกันข้าม
 การเดินสะเปะสะปะของพวกเขาทำให้กลุ่มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D แดกกระจายในเวลา
 D/V



ที่สำคัญ นี่เป็นเวลาที่คนหนึ่งคนใช้ในการเคลื่อนที่ระยะทาง D นั่นคือ ออกจากกลุ่ม



คนเหล่านี้ ซึ่งเราสมมติว่าพูดไม่ได้ด้วย "เห็น" ไกลแค่นี้สุดปลายแขนของพวกเขาเท่านั้น ถ้ามีอะไรเคลื่อนที่เข้ามาในกลุ่มคนด้วยอัตราเร็ว v ต่ำกว่าการเคลื่อนที่ของพวกเขาซึ่งเท่ากับ V พวกเขาสามารถบอกกันได้ ที่ละก้าว โดยการเดินไปที่ละก้าวเพื่อชนกัน ดังนั้นพวกเขาสามารถหลบได้ทันก่อนที่วัตถุนั้นจะชนพวกเขา
 ข้อมูลนี้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วของพวกเขา นั่นคือ ความเร็วของการกระตุก V

เสียง

เป็นการกระจายการกระแทกของความกดที่ความหนาแน่นคงที่ เป็นการเบียดกันของคลื่นและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ V



ต้องไม่ลืมว่าเสียงเป็นการกระจายของกระแทกและไม่ใช่การกระจายของวัตถุ

เสียงเป็นคลื่นความกด



โมเลกุลหนีจากไม่ดีของอาร์ชีด้วยอัตราเร็วของเสียงอย่าง ายตายในขณะที่รักษาความหนาแน่นให้คงที่ เพราะไม่ดีเดินทางช้ากว่าเสียงมาก



อาร์ซีเอาลูกใคร่เกิดมาเรียงกัน เขาตีลูกแรก
ซึ่งถ่ายโอนพลังงานไปยังลูกที่สอง และที่สาม ต่อไปเรื่อยๆ
นี้เป็นภาพหนึ่งมิติของการแผ่ของเสียง

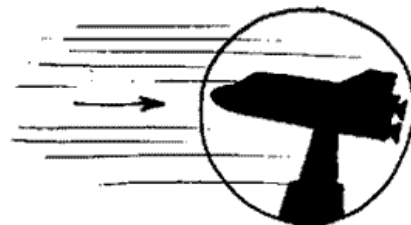


แม่แรงกระแทก

ความคิดเกี่ยวกับอัตราเร็วสามารถเปรียบเทียบได้ดังนี้ v
จะเท่ากันกับความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านของไหล



หรือ ความเร็วของก๊าซที่ไหลผ่านวัตถุที่อยู่กับที่



□(ลม)

อัตรา $M = v/V$ จะเรียกว่า ตัวเลขมัค โดยที่ V เป็นอัตราเร็วของเสียง

นั่นคือ ถ้า v

นายใหญ่

กฎของแบร์นูลลี

ในนี้ همینจริงๆ แหะ

ก็กลิ้งตัวตุน เธอคิดว่าจะได้กลิ้งอะไรล่ะ

ดูสิ ดูสิ ดาเนียล แบร์นูลลี นักฟิสิกส์ชาวสวิส 1700-1782

นั่นล่ะ มันต้องได้ผล

เขาเล่นอะไรอยู่บนนั้นนะ

นั่นไง ไข่เลย

นั่นอะไรนะ

ระบบระบายอากาศอัตโนมัติของฉัน

ลมกำลังพัด ดีเลย เธอจะรู้สึกได้ถึงแรงดูด

ใช่ แต่ทำไมอากาศถูกดูดออกจากรูล่ะ

กองดินขวางอากาศไว้
อากาศต้องเคลื่อนที่เร็วขึ้นเพื่อจะผ่าน
กองดินไปให้ได้

เคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือ
ทำไมล่ะ



เหมือนแม่น้ำจะเซี้ยวตรงส่วนที่แคบ

เข้าใจ

เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสน้ำมาจุกตัวกัน

ก็ได้ อากาศเคลื่อนที่เร็วขึ้น แต่ก็ยังไม่เข้าใจว่าเกิดการดูดขึ้นได้อย่างไร

ดูที่องค์ประกอบเล็กๆ ของของไหลนะ กลุ่มของโมเลกุลผ่านรอยคอดแบบนี้ แรงจะคงที่ ตองชดเชยความเร็วด้วยการลดพลังงานความร้อนลง ทำให้

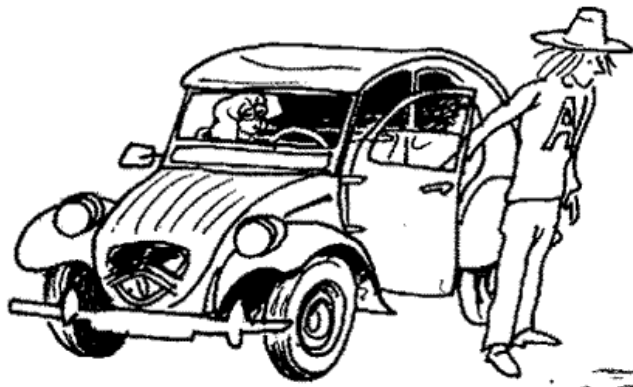


แปลว่าความกดลดลง



ใช่เพราะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิซึ่งคือการกระตุ้นความร้อน

และนั่นคือสิ่งที่ดูดอากาศออกจากรู



แกทำอะไรถึงได้ฉลาดจัง

โอย
ฉันต้องเจาะลึกอะไรตั้งมากมาย

ตกลงจัง ตอนเราหยุด หลังคาตกลงมา และหย่อนเจ้ามาข้างใน ตอนนีพอเราขับ มันกลับไปงออก



และอากาศปะทะมัน
นวด

ก็เหมือนรูตุ่นแหละ
รูไหมรถคันนี้ก็ดูเหมือนรูตุ่น ไซ้ใหม่ละ

อ้อ
อากาศจะต้องทำอัตราเร็วเพื่อให้ผ่านรถไปได้
ในความหนาแน่นที่คงที่ จากนั้น
อุณหภูมิต่ำและความดันลดลง
หลังคาเลยโปงออก ฉันเข้าใจแล้ว

ปรากฏการณ์เดียวกันทำให้น้ำหอมพุ่งออกมาจากขวดสเปรย์ของฉัน

และฉันถูกดูดออกจากปล่องไฟ โดยมีลมช่วย

ฉันไม่รู้มาก่อนว่าคำถูกดูดจากโปงไฟ

บ้าจริง
ฉันนี่กมาตลอดว่าอากาศถูกจับไว้ใน
กรวยบานๆ นี้

ต่อไปนี่คือประกาศ

กฎของแบร์นูลลี

ความกดและอัตราเร็วแปรผกผันกัน

นายใหญ่

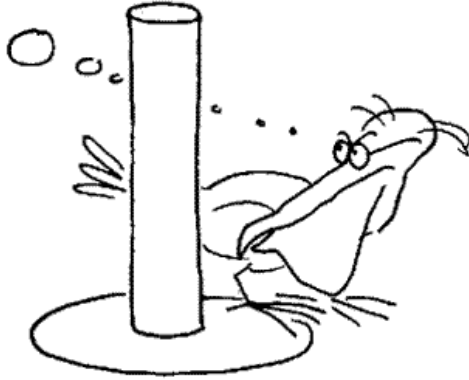
จริงอย่างว่า กลศาสตร์ของไหลขัดต่อทั้งความรู้สึกและสัญชาตญาณ

ตัวอย่างของ

ปฏิทรรศน์

ที่เกี่ยวกับกฎของแบร์นูลี

เจ้าสิ่งนี้ไม่เป็นไปตามที่รู้
สึกว่าควรจะเป็นแน่



แล้วมันคืออะไรละ
ของเล่นอีกชิ้นหรือ

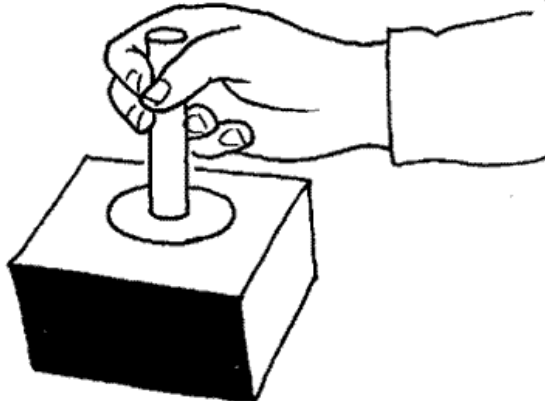


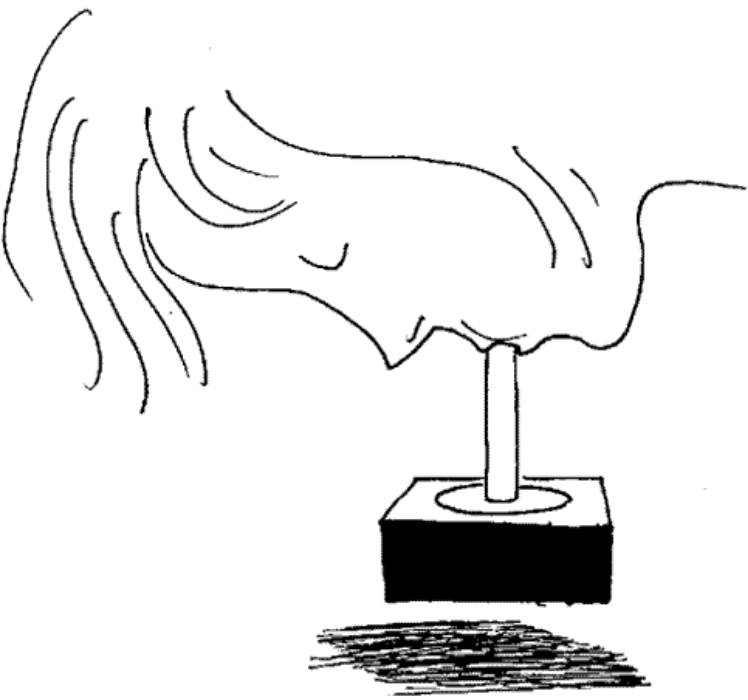
ดูเหมือนกันกรวยกระดาษแข็ง
ที่ติดไว้กับแผ่นกลมเจาะรู

ตัวเป่าแล้วติด



แล้วทำไมตอนนี้เขาถึงเอามาวา
งไว้บนกล่องไม้ขีดล่ะ



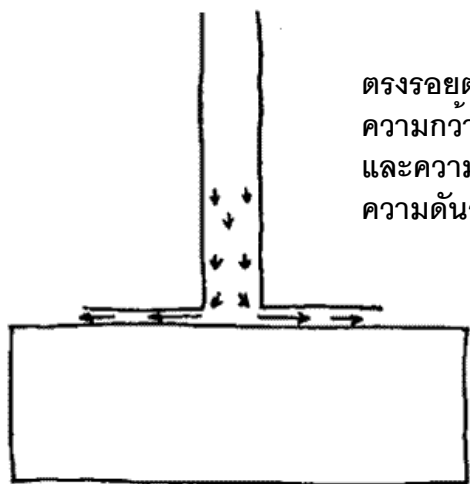


เฮ้ เฮ้!
เขาเป่าแต่กล่องลอยติดขึ้นมา

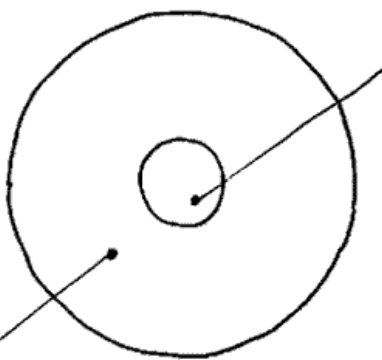


มีน

เป่าแล้วลอยติดขึ้นมาได้ไง

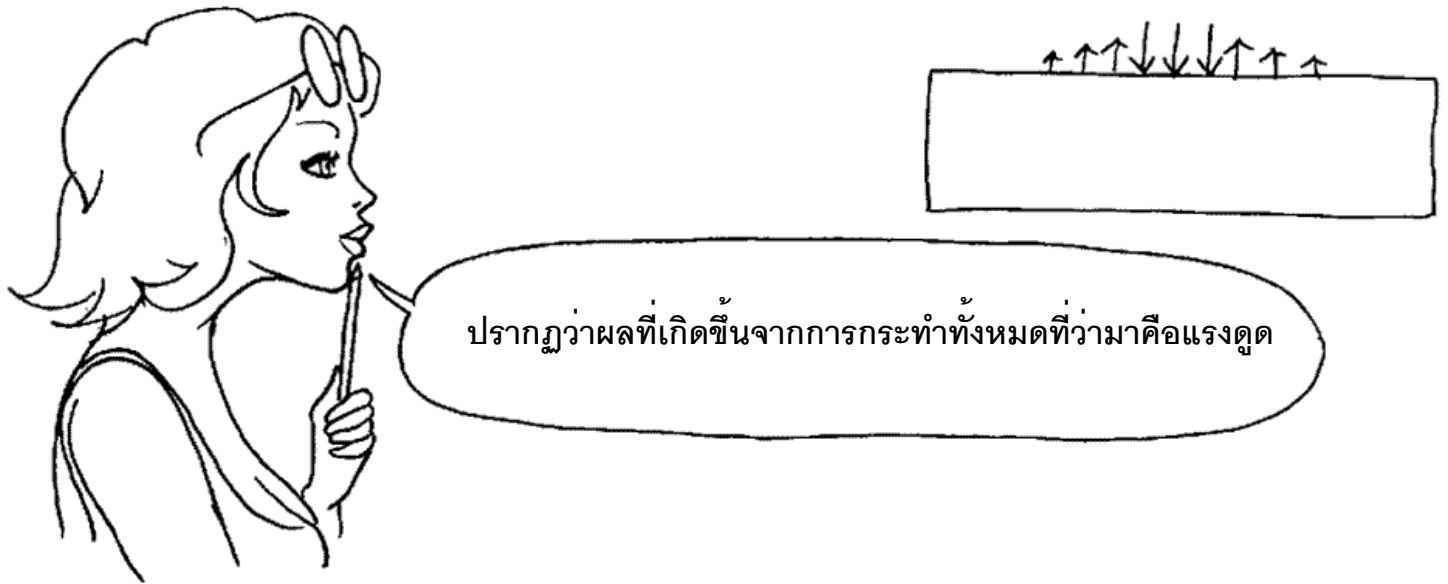


ตรงรอยต่อระหว่างกระบอกกับแผ่นกลม
ความกว้างของช่องว่างที่ก๊าซจะผ่านลดลงกะทันหัน
และความเร็วของอากาศถูกเร่งขึ้นอย่างแรง
ความดันลดลงต่ำกว่าความดันในบรรยากาศ

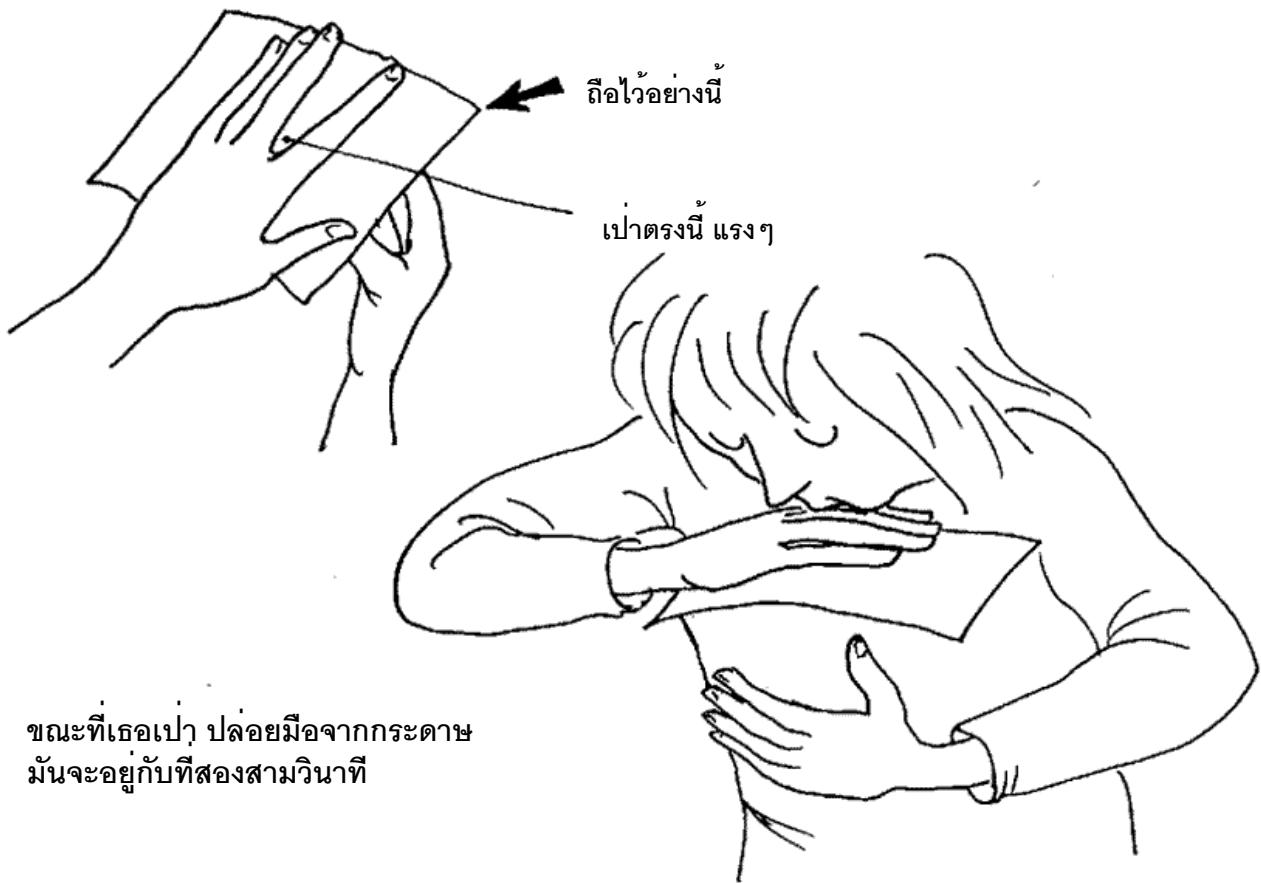


พื้นที่ของกล่องที่อยู่ตรงข้ามกับรูของทรงกระบอก
มีความกดสูงกว่าจุดอื่นรอบตัว

บริเวณด้านนอกมีความกดต่ำกว่าบริเวณอื่น



เธอใช้กระดาษเพียงแผ่นเดียวสร้างปรากฏการณ์เดียวกันได้



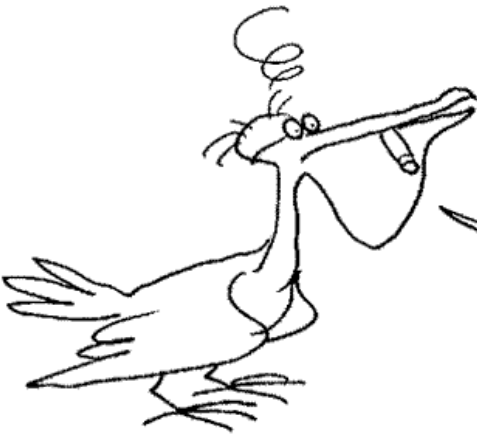
ขณะที่เธอเป่า ปล่อยมือจากกระดาษ มันจะอยู่กับที่ สองสามวินาที

หมายเหตุ
เป่า แรงๆ

นายใหญ่



ไปบินกันไหม



หลังจากที่เห็นอะไรหลายอย่างวันนี้
ฉันว่าฉันเดินดีกว่านะพวก



ของไหล ความหนาแน่น ความดัน อุณหภูมิ
ปฏิกิริยา แบริ่งลี่
ฉันต้องรู้จักทุกคำที่จะทำให้ฉันบินได้

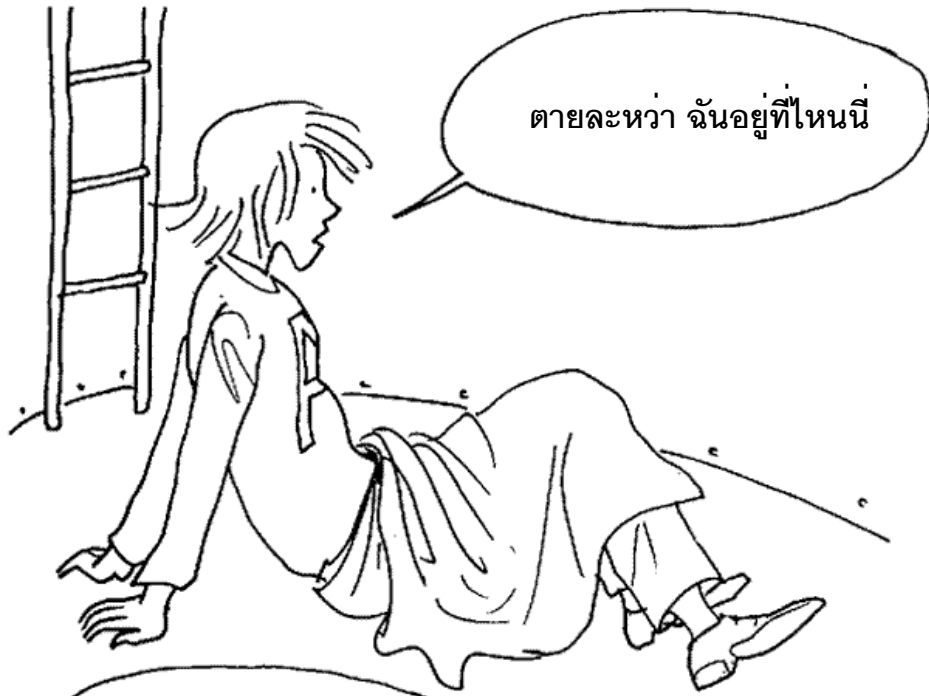


ยังมีอีกคำหนึ่ง

นั่นคือ...



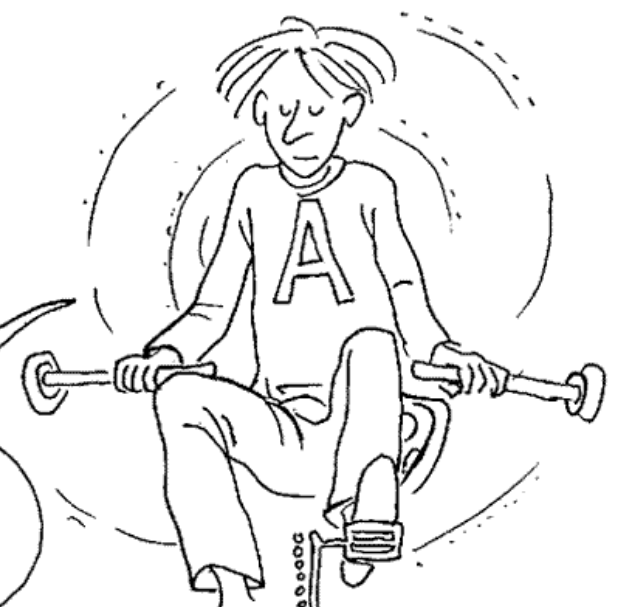
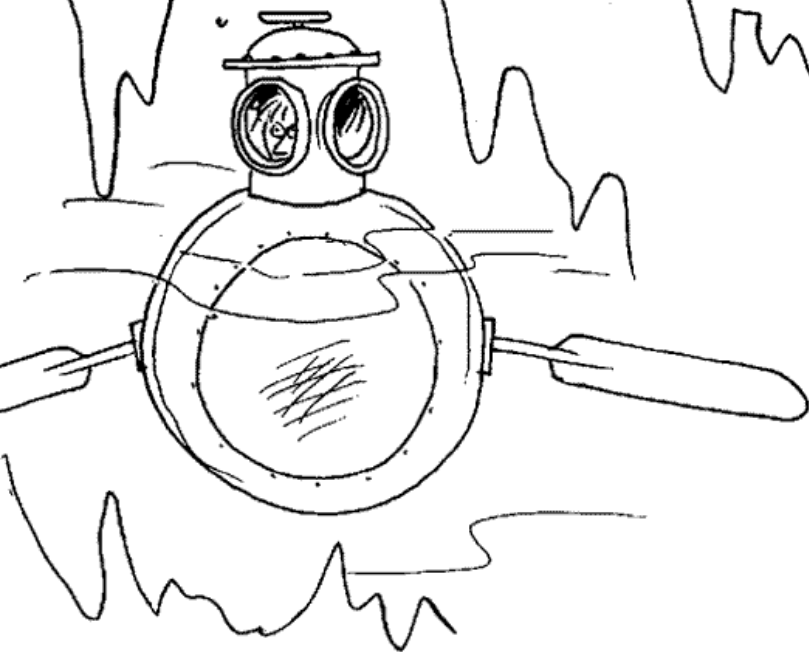
ความฝันของอาร์ชบาลด์



ตายละหว่า ฉันอยู่ที่ไหนนี่

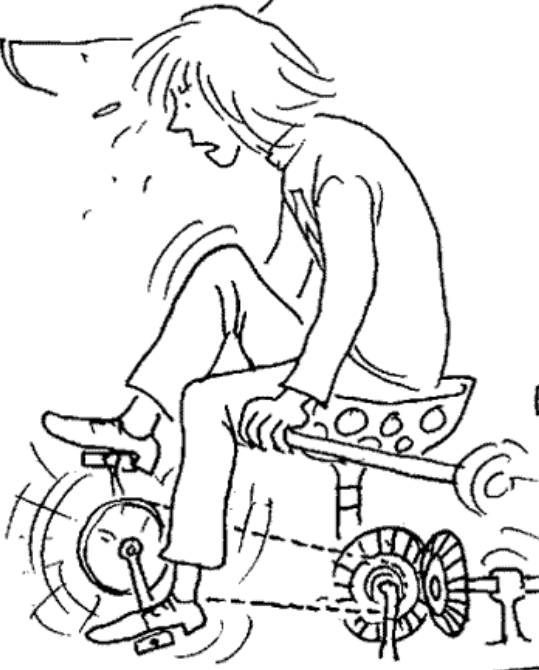
ดูเหมือนว่าจะอยู่ในเรือดำน้ำอะไรสักอย่าง ทำให้ฉันรู้สึกเหมือนกำลังจม

ต้องออกไปจากที่นี่ให้เร็วที่สุด

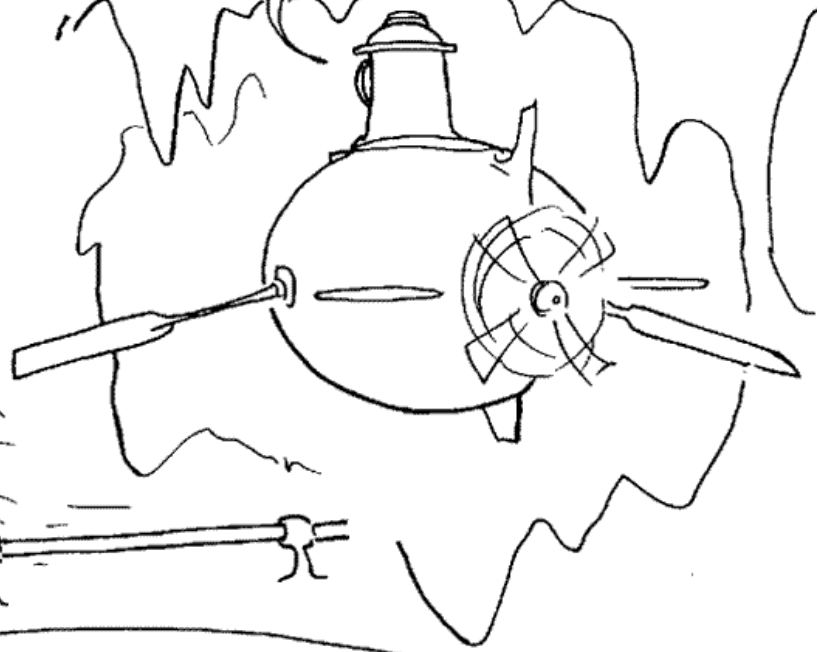


ท่าทางเจ้าเครื่องนี้เดินหน้าได้สองแบบ พายไปกับปั่นให้ใบพัดหมุนไป

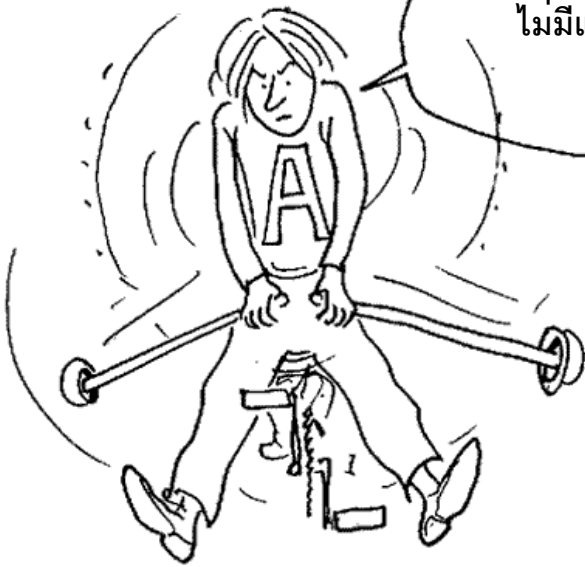
เวร ฉันปั่นมาเป็นชั่วโมงแล้ว



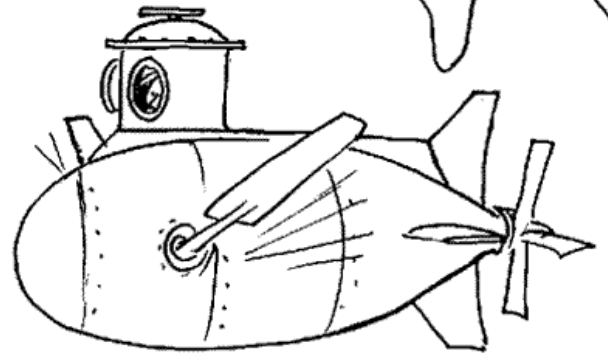
ไม่ขยับเลยสักมิล



ลองพายบ้างดีกว่า ไม่ขยับเหมือนกัน
ไม่มีแรงต้านเลยด้วยซ้ำ

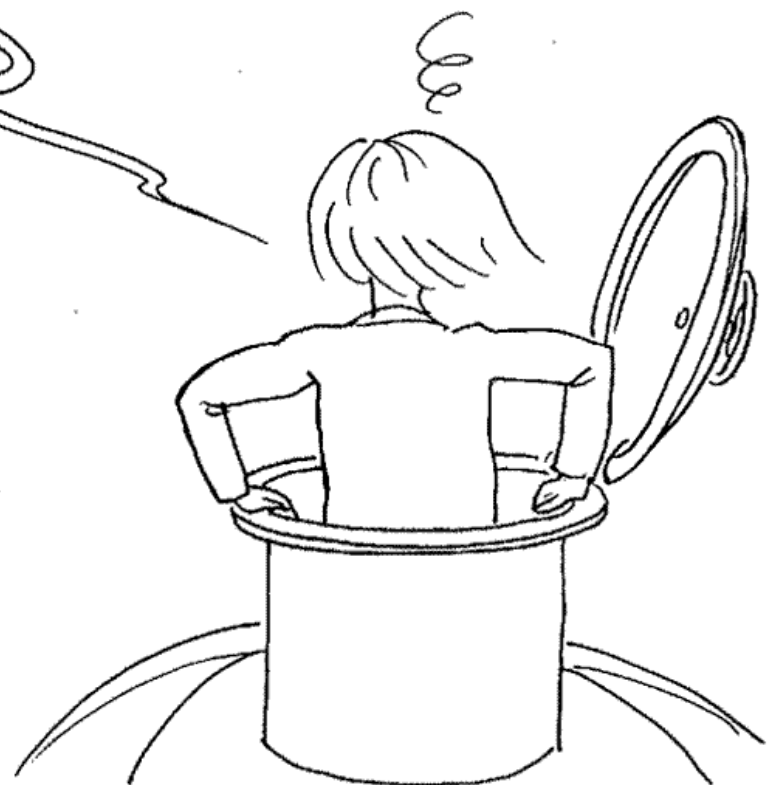
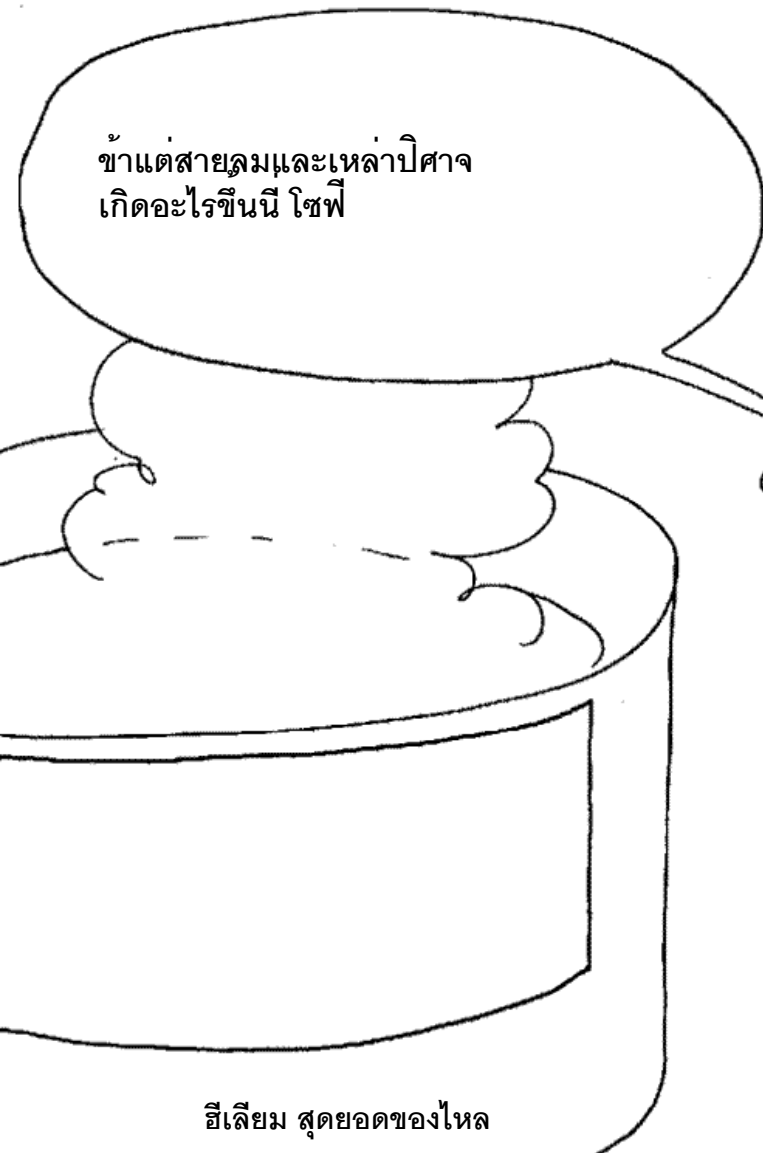


ฉันอยู่ในสุญญากาศหรือเปล่านี้ ไม่สิ
ไม่มันเรือดำน้ำจะต้องไม่ลอย





ข้าแต่สายลมและเหล่าปีศาจ
เกิดอะไรขึ้นนี่ ไซฟ์



อีเลียม สุดยอดของไหล



เธอเพิ่งไปอยู่ในสุดยอดของไหลอย่างฮิลีียมมา
จำได้ไหมว่าเกิดอะไรขึ้นในกระบะทราย
แรงเสียดทานของเม็ดทรายแต่ละเม็ดเยอะมากจนทราย
ขยับอย่างยากลำบาก คราวนี้ตรงกันข้าม
ในอุณหภูมิที่ต่ำมากๆ อุณหภูมิหนึ่ง
ความเป็นของไหลของฮิลีียมจะไม่สิ้นสุด
และไม่มีแรงเสียดทานเลยแม้แต่นิด



แต่ว่าแรงเสียดทานมาเกี่ยวกับอะไรกับการพายหรือหมุนใบพัดล่ะ



ลองนึกถึงร่มสี จะคิดออก เพื่อให้อากาศพุงตัวเธอไว้
เธอจะต้องจับร่มไว้



ถ้าอากาศเป็นสุดยอดของไหล ร่มของเธอจะไม่มีประโยชน์เลย ที่แย่กว่าคือ ร่มจะไม่กาง
และเธอก็จะร่วงลิวลงมาเหมือนหินเลย

สิ่งมีชีวิตแรกที่ต้องการจะบินขึ้นสู่ท้องฟ้ามันจะต้องพยายามคว้าอากาศไว้ด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง



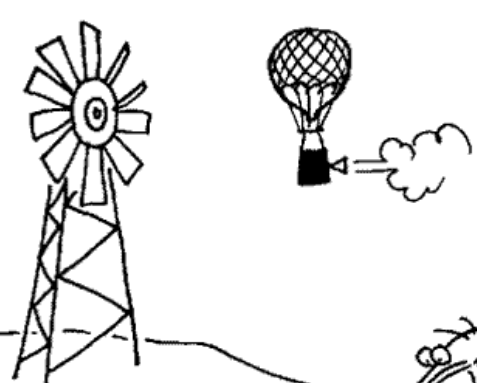
ดังนั้น

การบินของอุปกรณ์ที่หนักกว่าอากาศก็เหมือนกับกา
รพยายามไล่คว้าสิ่งที่เบาบางมากที่คอยจะหลุดมือออก
ไปอยู่ตลอดเวลา

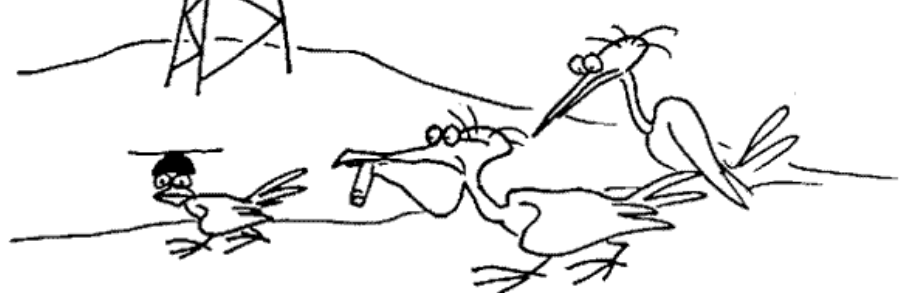


ดังนั้น

เธอจะต้องหาวิธีการที่จะให้ตัวกลางพยุงตัวเธอไว้

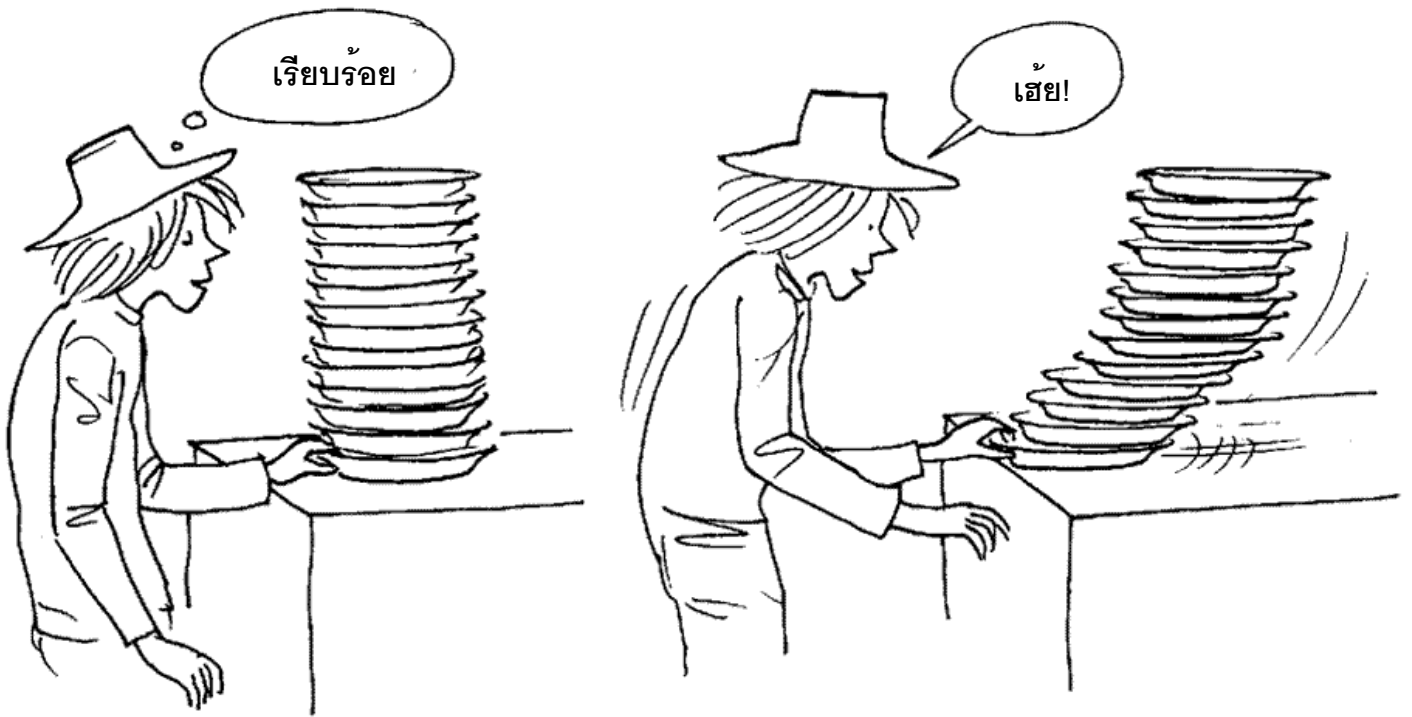


ถ้าเป็นของไหลสุดขยอ
โมเลกุลจะไหลผ่านกัน
และผ่านวัตถุโดยไม่มีแรงเสียดทาน
นกจะต้องเดิน กังหันจะไม่หมุน
และบอลลูกก็ต่อจ็ไข่มอเตอรที่มีแรงต้าน
เพื่อไหลอย

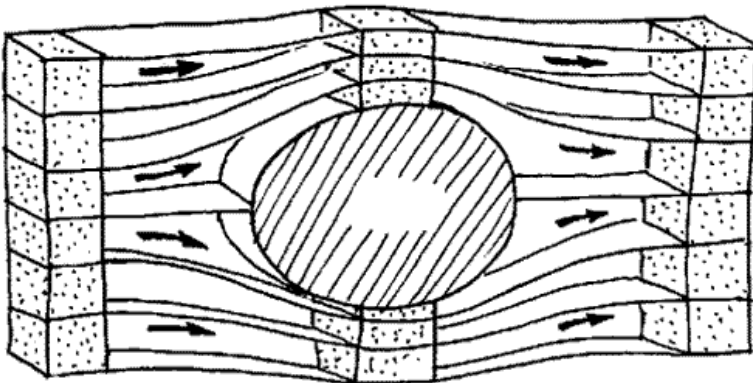


ดังนั้นการบินขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานของ
กาซ

ของไหลที่มีความหนืด

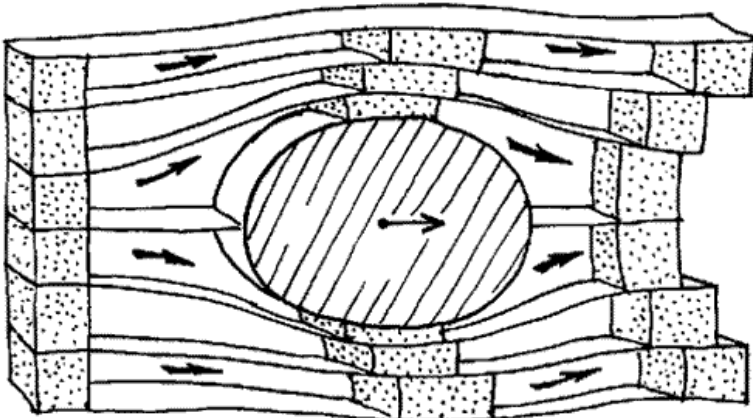


ชั้นของก๊าซที่ซ้อน ๆ กันอยู่เคลื่อนที่ผ่านกันโดยมีแรงเสียดทานก็เหมือนจานพวกนี้

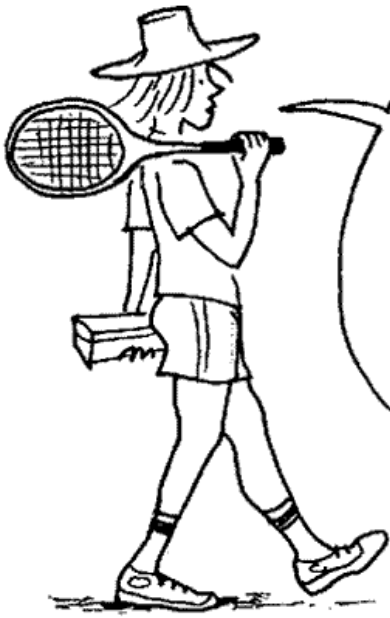


ลองนึกภาพวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ที่อยู่ท่ามกลางโมเลกุลของก๊าซซึ่งแสดงให้เห็นได้โดยใช้กล้องสีเหลี่ยมมุมกว้างเล็ก ๆ

ถ้าไม่มีแรงเสียดทาน เมื่อโมเลกุลของก๊าซเดินทางไปถึงปลายวัตถุ ก็จะเรียงตัวเป็นชั้น ๆ เหมือนก่อนที่จะผ่านวัตถุ

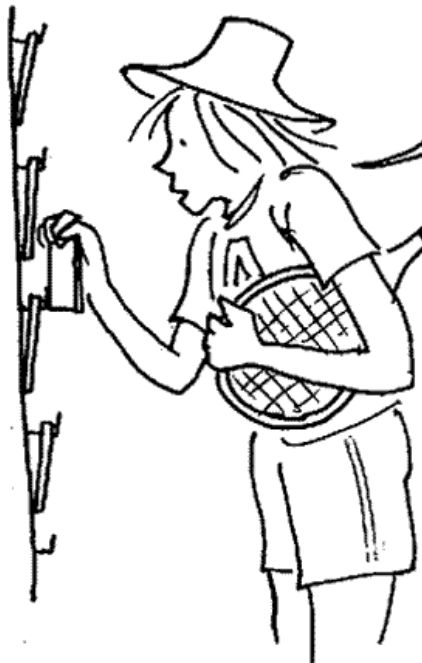


ตรงกันข้าม แรงเสียดทานทำให้โมเลกุลที่ผ่านใกล้ ๆ วัตถุเดินทางช้าลง กลองจะถูกยกขึ้น วัตถุทำให้ก๊าซเดินทางช้า และในทางกลับกัน ก๊าซก็ออกแรง F ไปที่วัตถุ ซึ่งก็คือความเสียดทาน



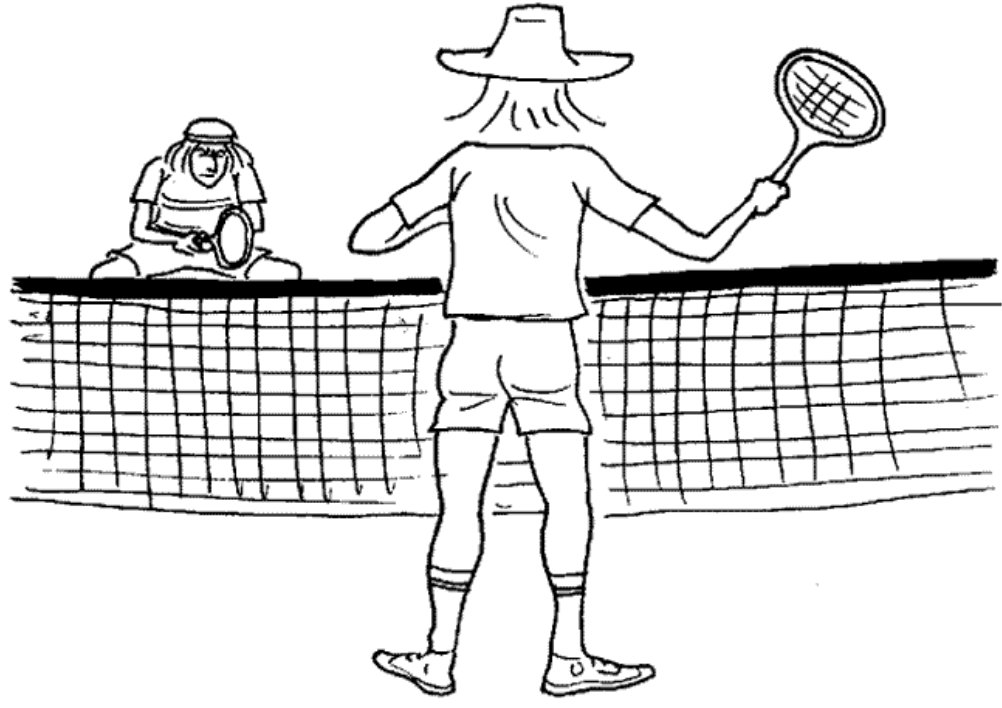
ยากเกินไปสำหรับฉัน ฉันว่าฉันพักไปเล่นเทนนิสสักหน่อยดีกว่า
อย่างน้อยกลศาสตร์ในเรื่องนี้ก็ง่ายแค่แรงเหวี่ยง เธอตีลูกบอล ผลัวะ!
และถ้าเธอคำนวณถูกต้อง ลูกก็ลงพื้น

การแข่งขันกล้วย ๆ



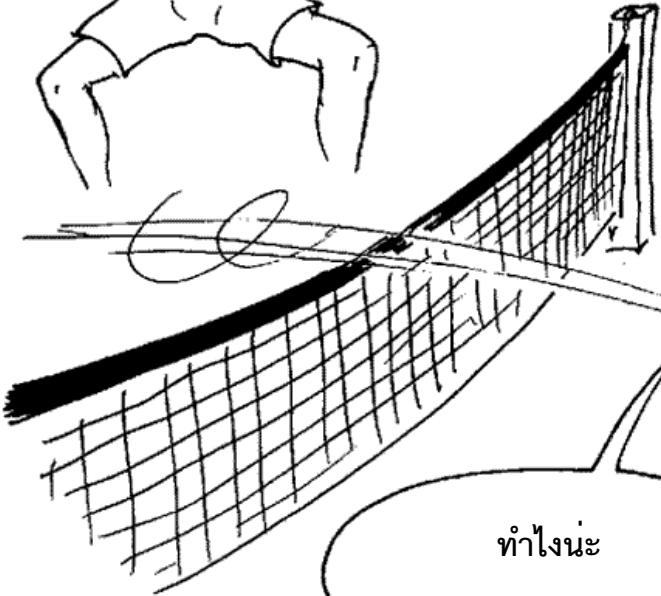
ฉันจะลงชื่อเล่น ดีละ ตรงนี้มีคนไม่มีคู่แข่ง บียอร์น
บอร์ก ไม่เคยได้ยินชื่อเลย

เอายัง





โธ่โฮ! ฉันยังไม่ได้ตีสักลูกเลย เจ้านี้ยกไม้ขึ้นตอนเสิร์ฟ ลูกก็น่าจะลอยขึ้น



แต่มันกลับตกลง

ทำไมล่ะ

ง่ายมาก ฉันก็ทำให้ลูกหมุน อย่างนี้



ลูกเหมือนจะตก ทำให้ฉันตีได้แรงขึ้นแต่ฉันไม่ต้องออกไปนอกสนาม



แฮ่กๆ

เออ ก็พุดได้สิ

6-0, 6-0

ไม่เข้าใจเลย



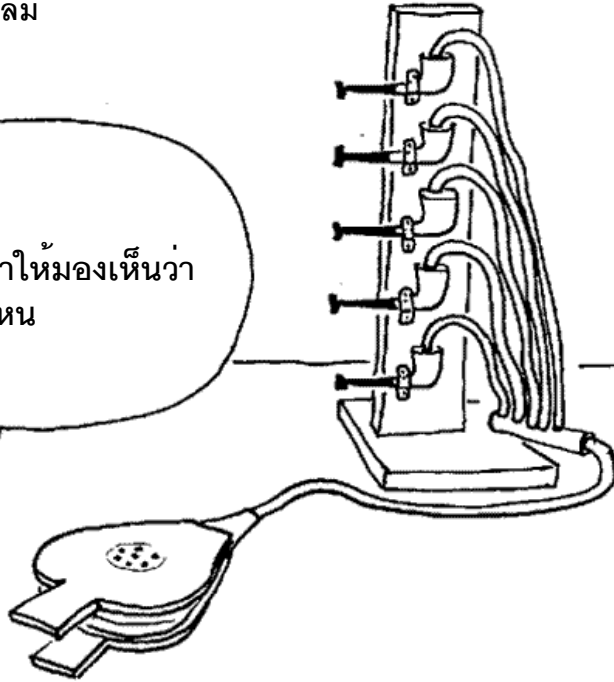


มาด้วยกันสิ ในรูปหน้าที่แล้ว บอรัคดีลูกบอลจากซ้ายไปขวา
ฉันจะทำให้ลมพัดลูกจากขวาไปซ้าย ผลก็ต้องเป็นเหมือนกัน

อาร์ชีสร้างอุโมงค์ลม



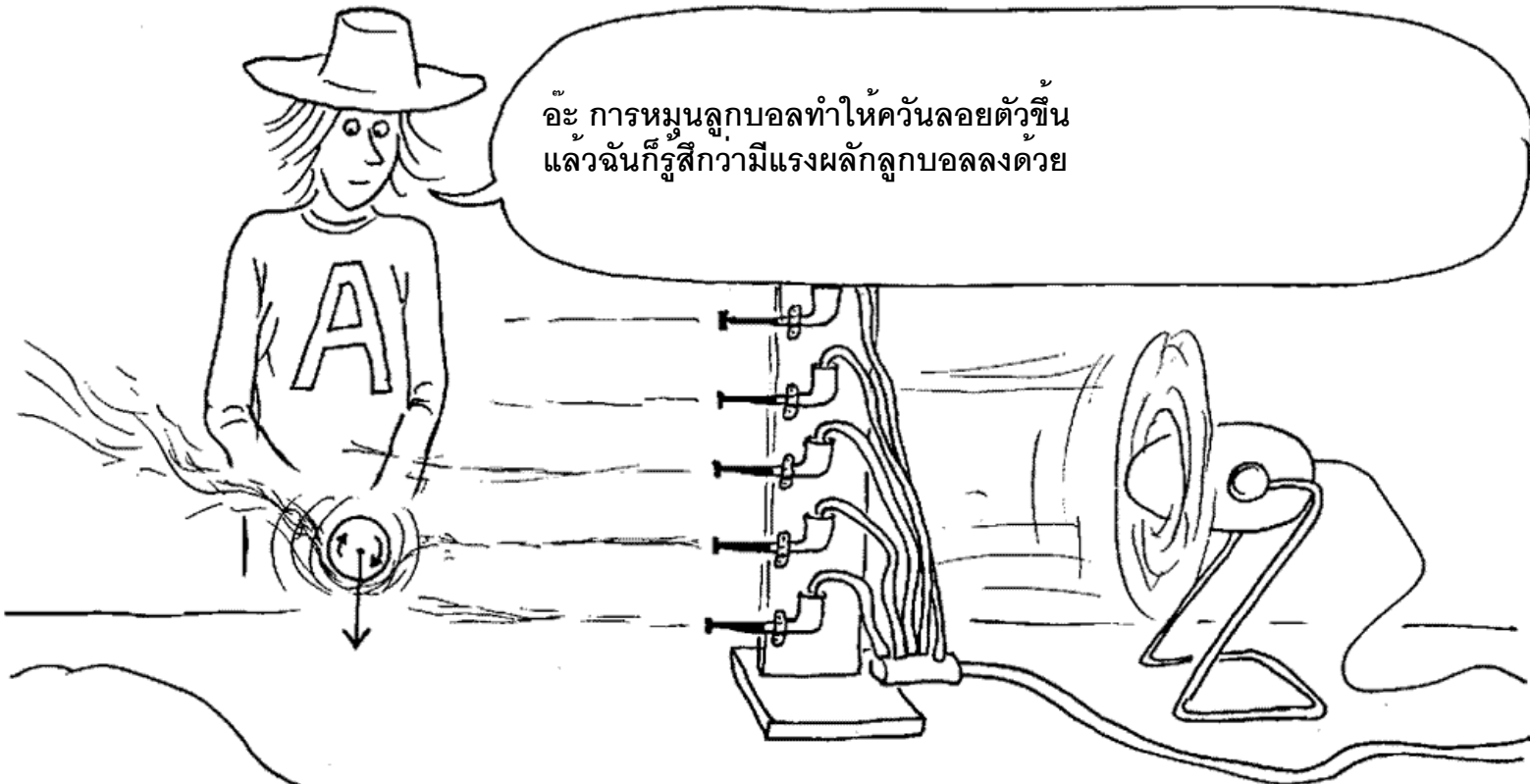
เห็นไหม โซฟี
ควันจากไปทำให้มองเห็นว่า
ลมพัดไปทางไหน



ตอนนี้
ฉันต้องทำให้ลูกบอลหมุนให้ได้
ทีนี้คงใช้ได้



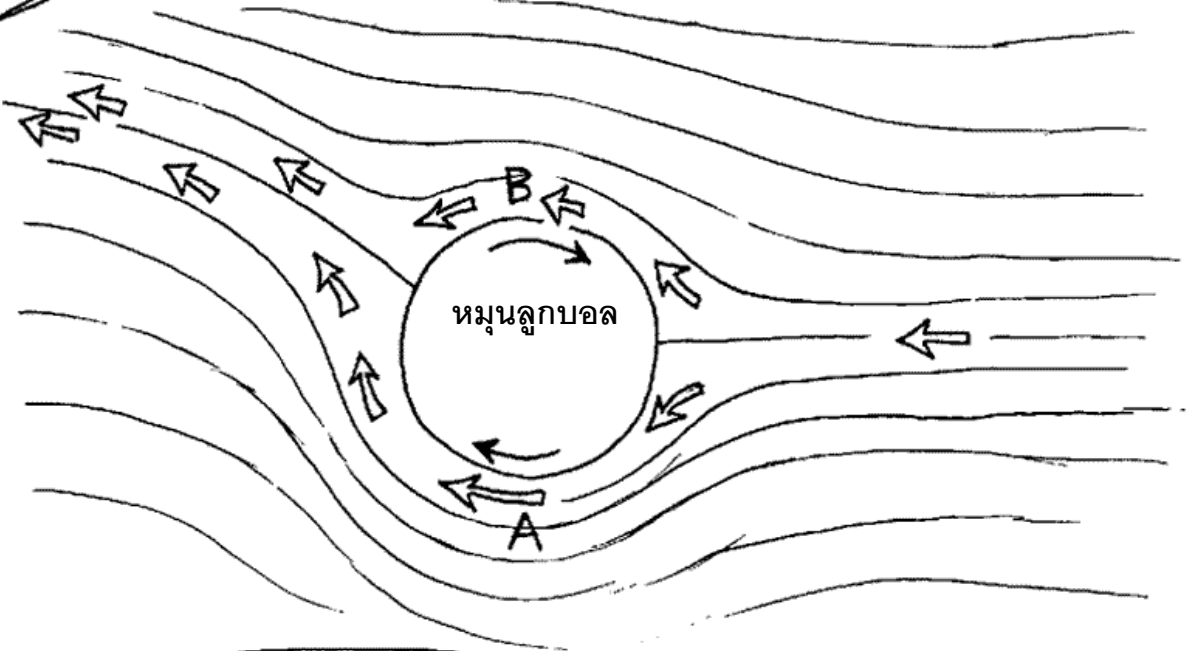
ได้จริงด้วย
ลูกบอลหมุนดีแล้ว



อะ การหมุนลูกบอลทำให้มันลอยตัวขึ้น
แล้วมันก็รู้สึกว่ามีแรงผลักลูกบอลลงด้วย

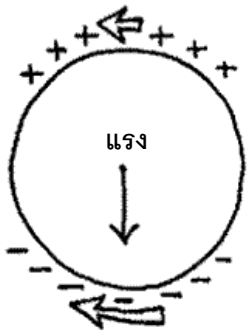


ให้ฉันอธิบายให้ฟังละกัน เพราะแรงเสียดทาน
การหมุนลูกบอลจะดึงอากาศมาด้วย ทำให้เกิดความเร็วส่วนเกินที่จุด A
และ ความเร็วที่ลดลงตรงจุด B



ตอนนี้เธอต้องใช้กฎของแบร์นูลี

ความเร็วลด - ความกดสูง



ความเร็วเกิน - ความดันต่ำ

อากาศ
ความเร็ว ←

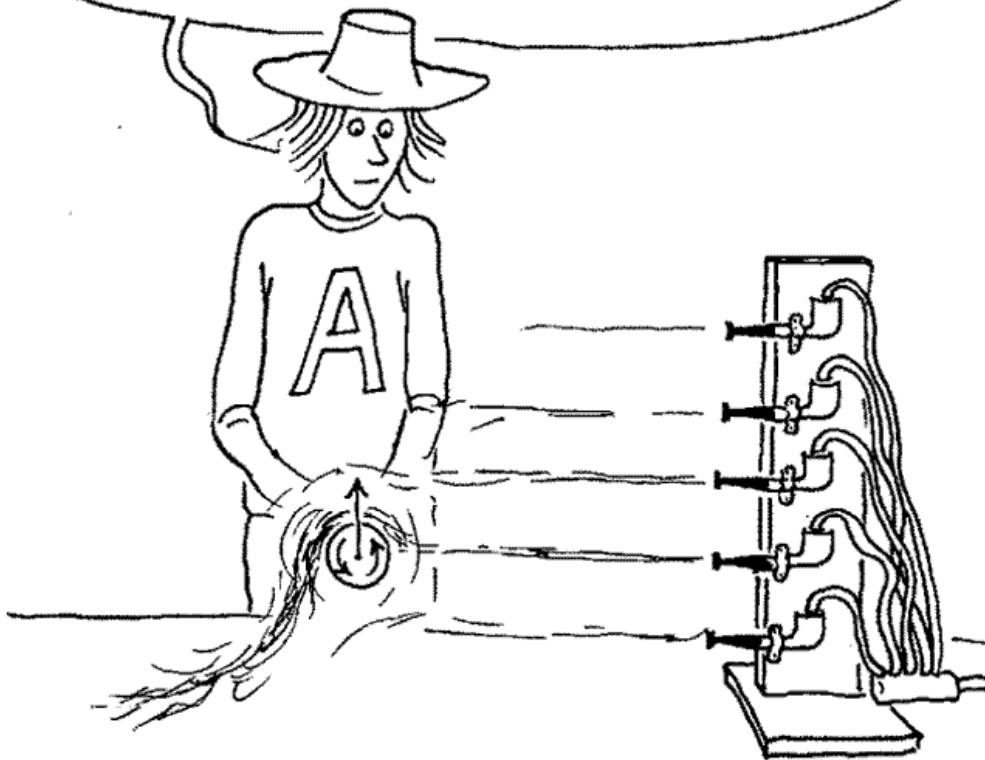
ความกดและความเร็วแปรผกผันกัน ดังนั้นด้านล่างมีความกดต่ำ
และด้านบนมีความกดสูง
จากตรงนี้จะเห็นชัดว่าแรงของอากาศกระทำในทิศทางไหน



ที่เป็นอย่างนี้เพราะมีแรงเสียดทานที่
ลูกบอล
ในบรรยากาศสุดยอดของไหล
ที่ไม่มีแรงเสียดทาน
คุณจะทำให้ลูกบอลหักเหได้

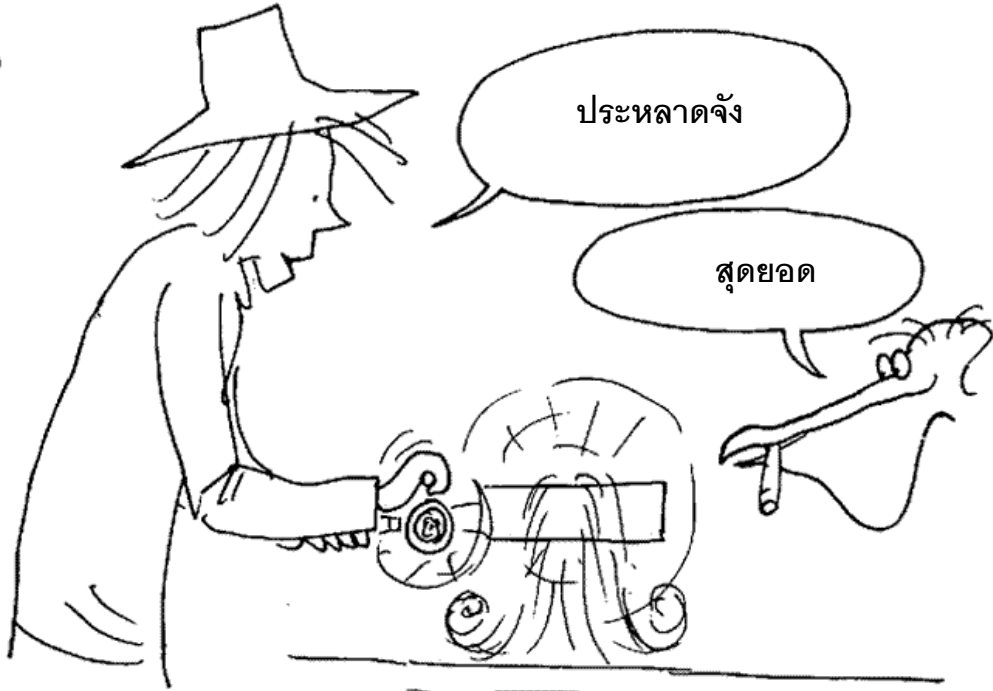
เฮ้! ถ้าฉันหมุนไปทางตรงข้าม
ควันลอยต่ำลงและแรงก็เปลี่ยนด้าน ทำให้เกิดแรงยก

ถ้าทำกับทรงกระบอกที่หมุนก็จะ
ได้ผลอย่างเดียวกันใช่ไหม

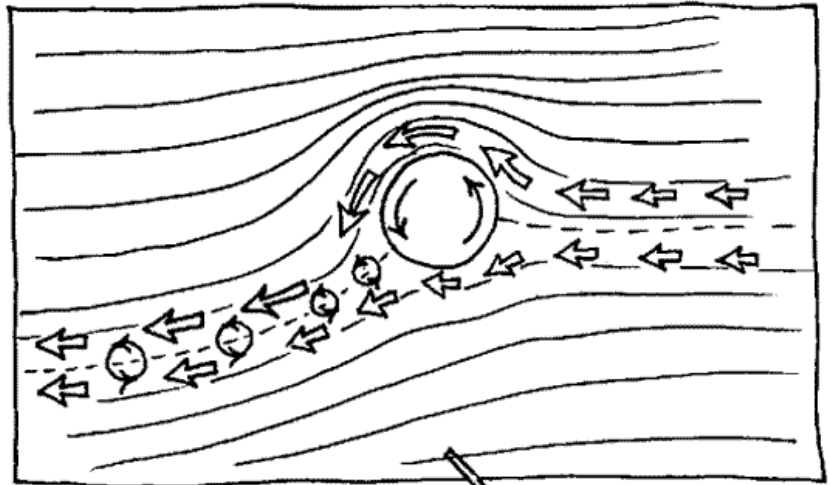


ถูกต้อง

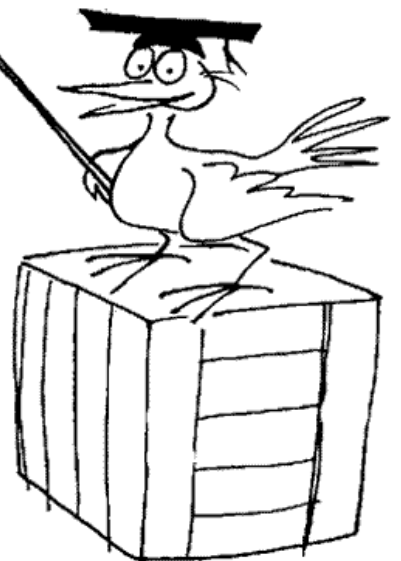
ใบพัดของเฟลตต์เนอร์



ทำนุสภาพสตรีและสภาพบุรุษและทำ
านทั้งหลาย
มาดูผลของการค้นพบนี้ใกล้ๆ
การหมุนกระบอกทำให้อัตราเร็วของ
ดานบนและดานล่างต่างกัน

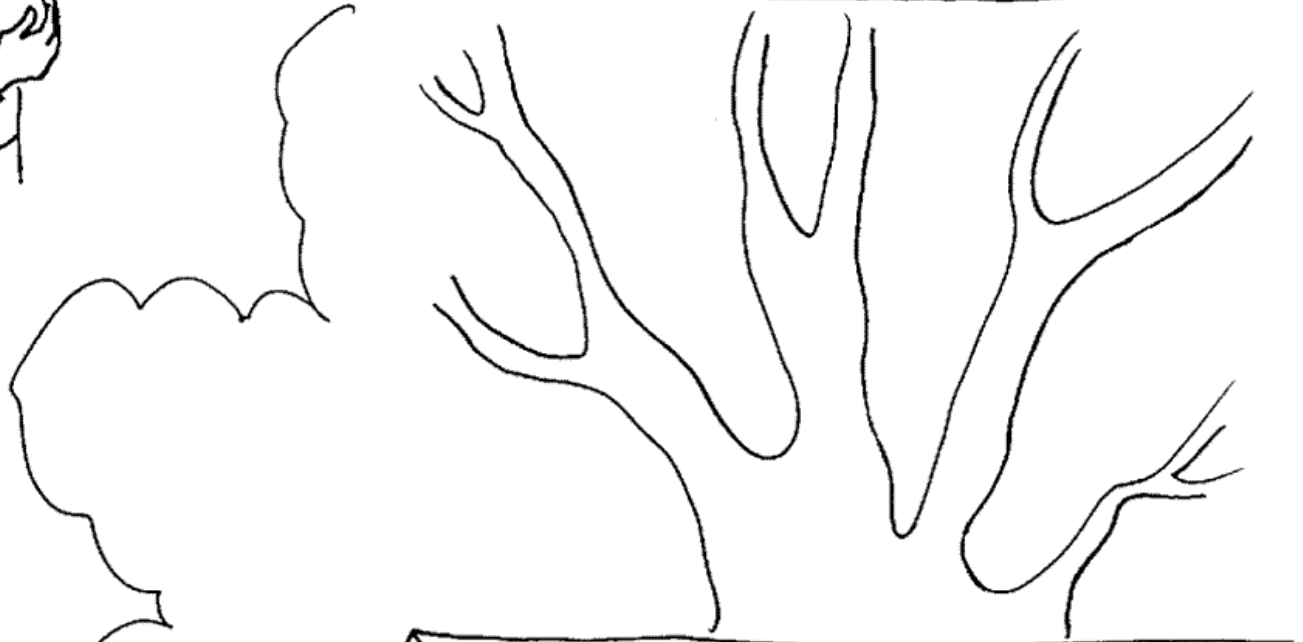


กระแสด้านล่างของกระบอก





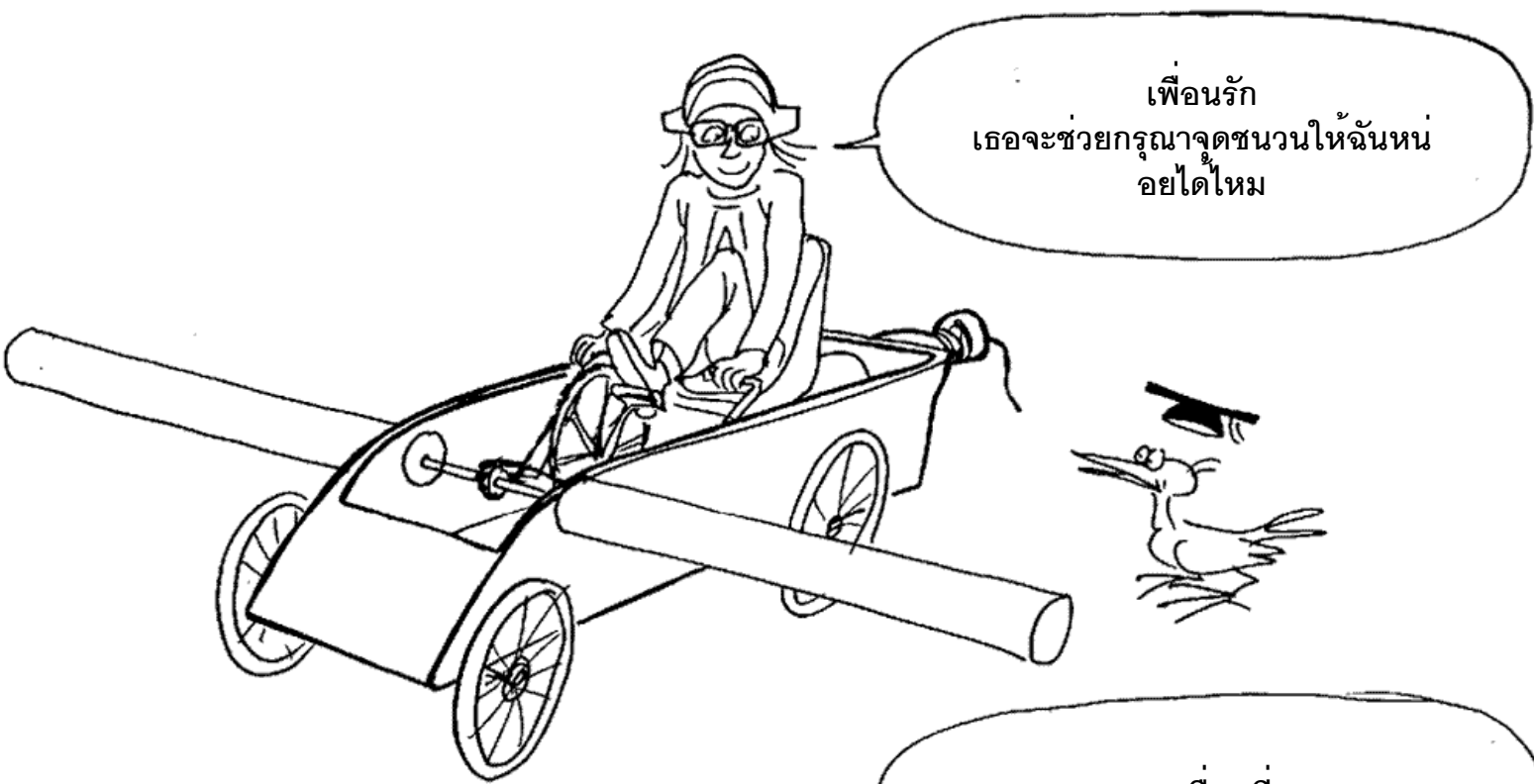
จากการหมุนทรงกระบอกในอากาศ ฉันได้แรงยก ทำให้ฉันคิดออก
ฉันต้องสร้างยานเหาะได้แน่



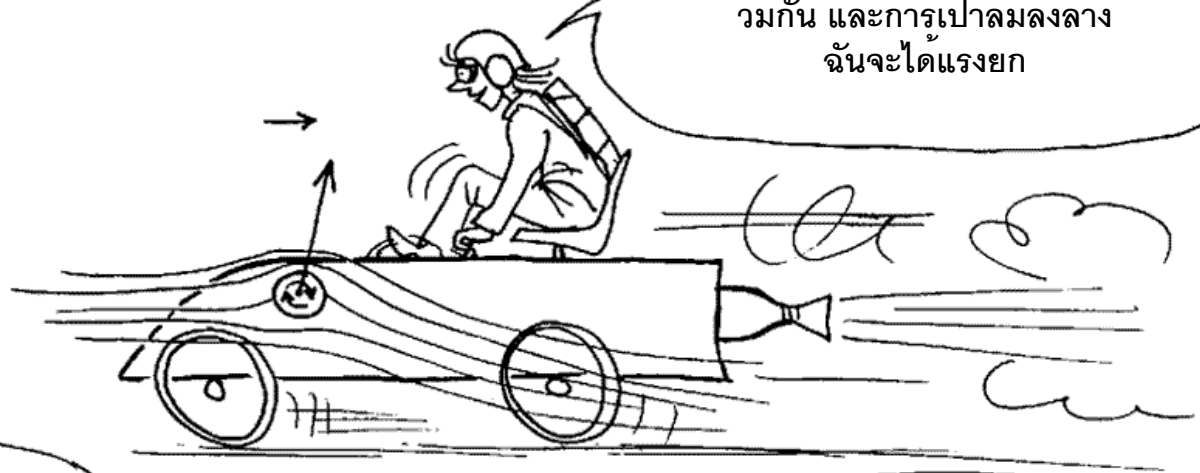
เขากำลังสร้างอะไรนะดู

ฉันกำลังพยายามปรับมอเตอร์
อยู่

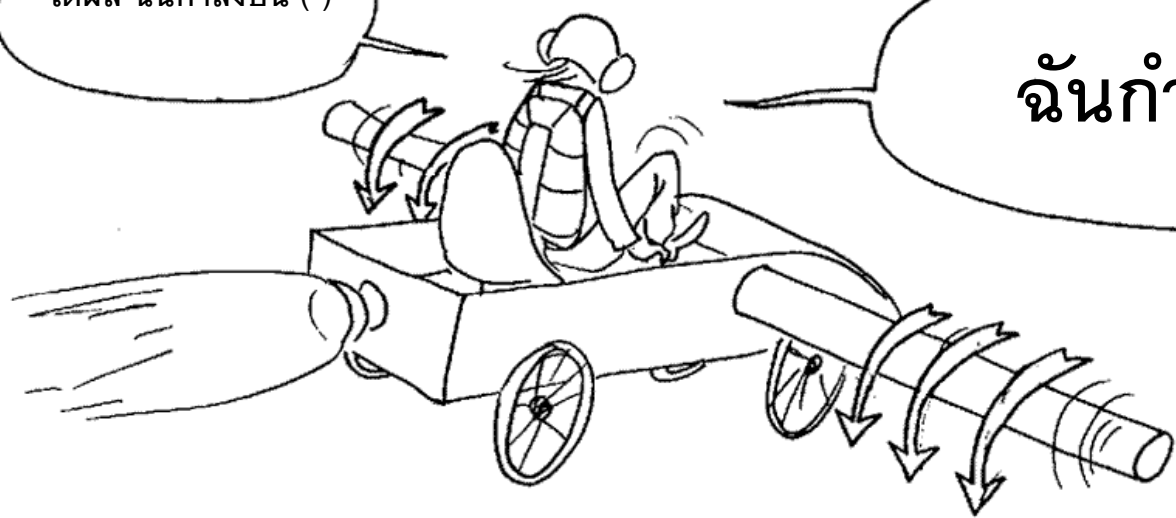
ดูซับซ้อนมากเลย



จากการเอากการเคลื่อนที่สองแบบมารวมกัน และการเป่าลมลงล่าง ฉันจะได้แรงยก



ได้ผล ฉันกำลังบิน (*)



ฉันกำลังบิน

(*) ถ้าเครื่องมีกำลังมากพอ จะได้ผลดีมาก

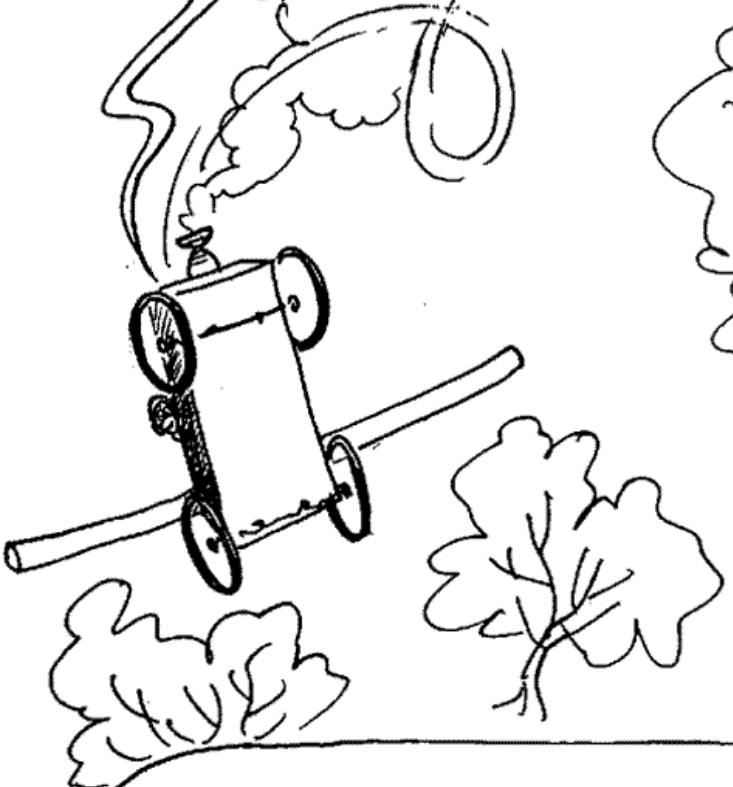


เฮ้ย เกิดอะไรขึ้น ฉันกำลังตกลง

อย่างที่คุณคิดไว้เลย อาร์ชี เธอทำให้อากาศหม่น
เครื่องก็เลยหมุนไปอีกทางหนึ่ง

เป็นกฎของแรงกิริยา
และแรงปฏิกิริยา

กฎของอะไรนะ



โอย อาร์ชี ทำไมเธอไม่ถามฉันก่อน มีวิธีที่ง่ายกว่านั้นเยอะเลย
แต่เธอต้องได้ทำอย่างที่เธออยากทำเสมอเลยใช่ไหม ลงมาเถอะ
กาแฟเสร็จแล้ว





เฮ้อ
พวกผู้ชายใจร้อนกับยา
นบีนของพวกเขา

สิ่งที่เธอเห็นในถ้วยกาแฟนั้นน่าขำ



ถ้าฉันคนช้าๆ
ฉันรู้สึกว่ามีแรงต้านที่เกิดจากแรง
เสียดทานนิดเดียวเอง



แต่ถ้าฉันคนเร็วๆ
น้ำวนก็จะหมุนหนีออกไป



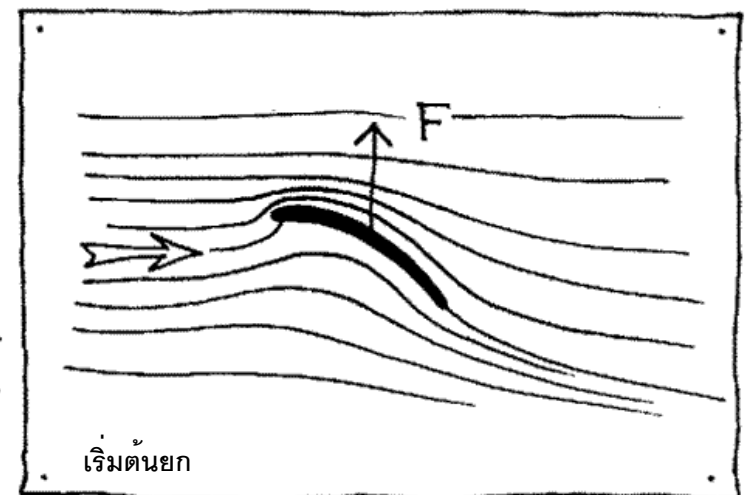
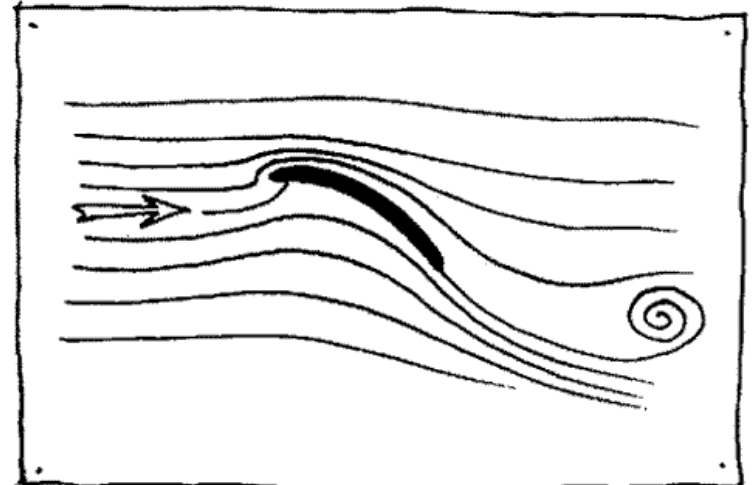
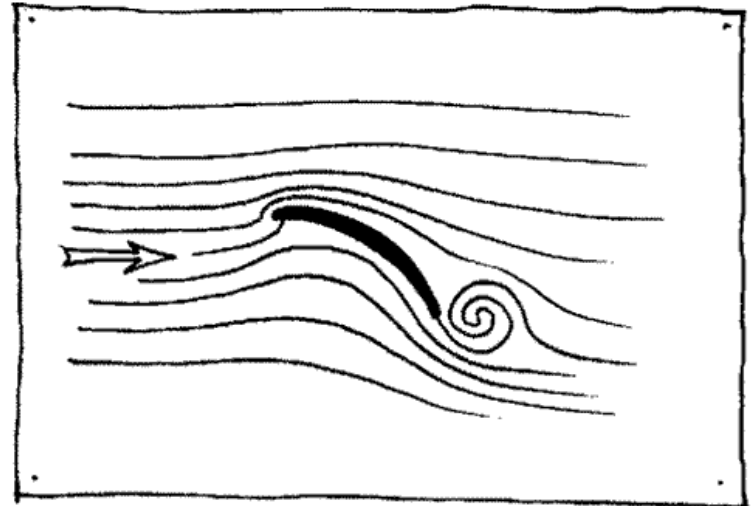
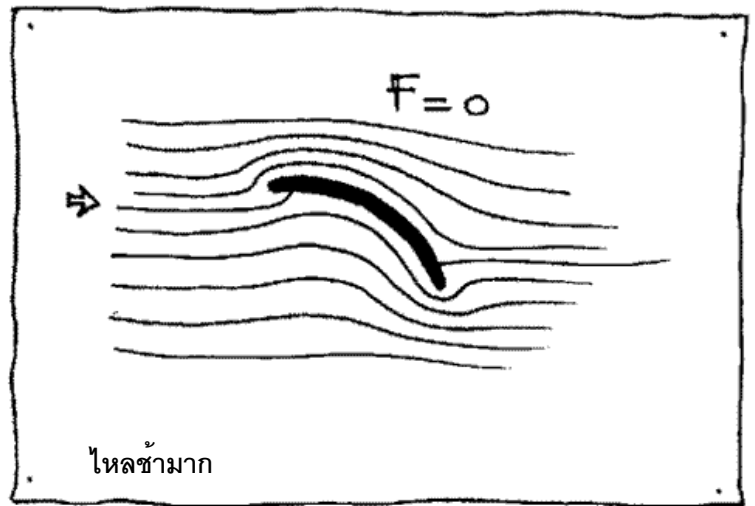
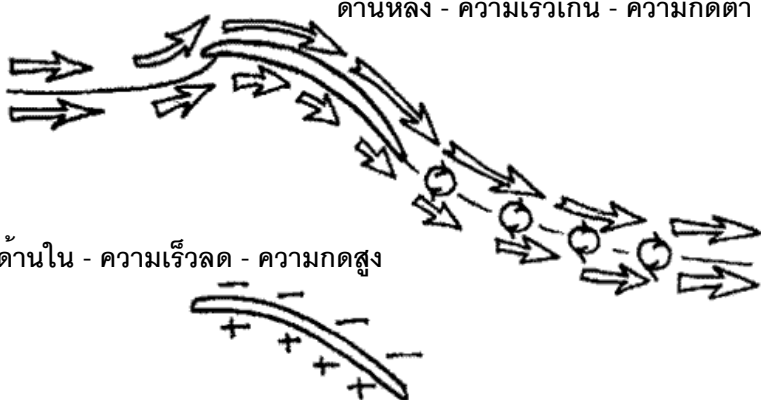


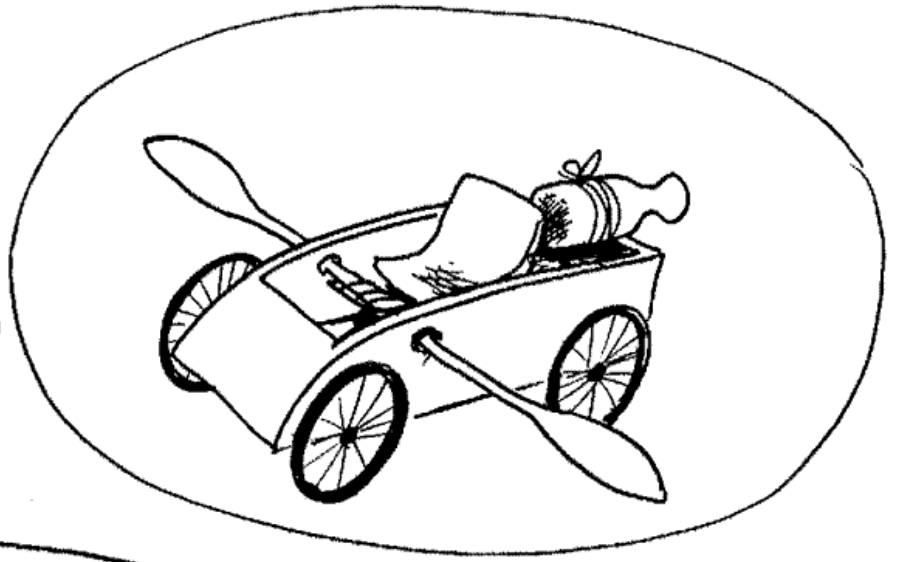
ตาเธอสวยจัง

ในภาพวาดนี้ เธอจะเห็นว่า การไหลรอบข้อนเปลี่ยนไปอย่างไรเมื่อออกจากความเร็วต่ำ, คลื่นวนจะแตกออกจากกัน และทำให้เกิดระบบที่มีความเร็วเกินทางด้านหลัง (ข้างบน) และความเร็วลดทางด้านใน (ข้างล่าง)

ด้านหลัง - ความเร็วเกิน - ความกดต่ำ

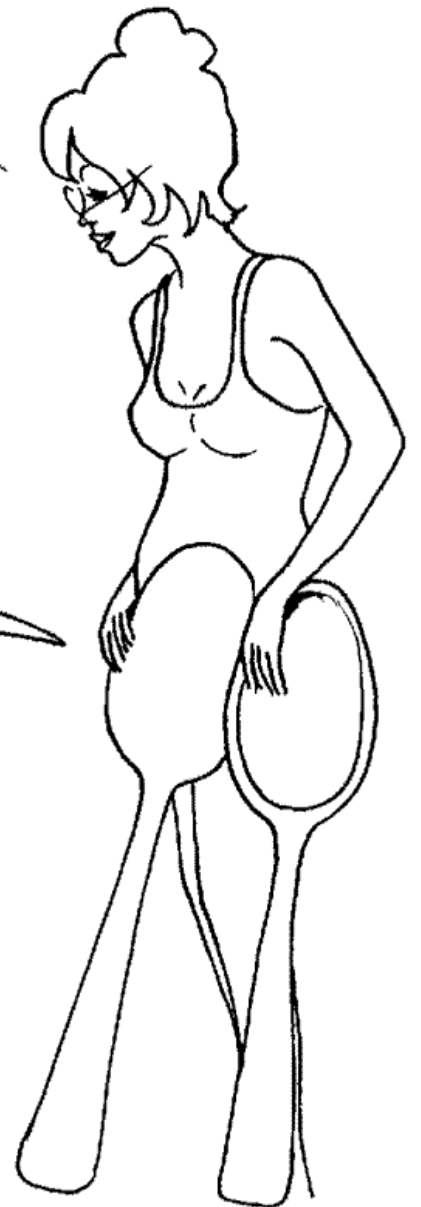
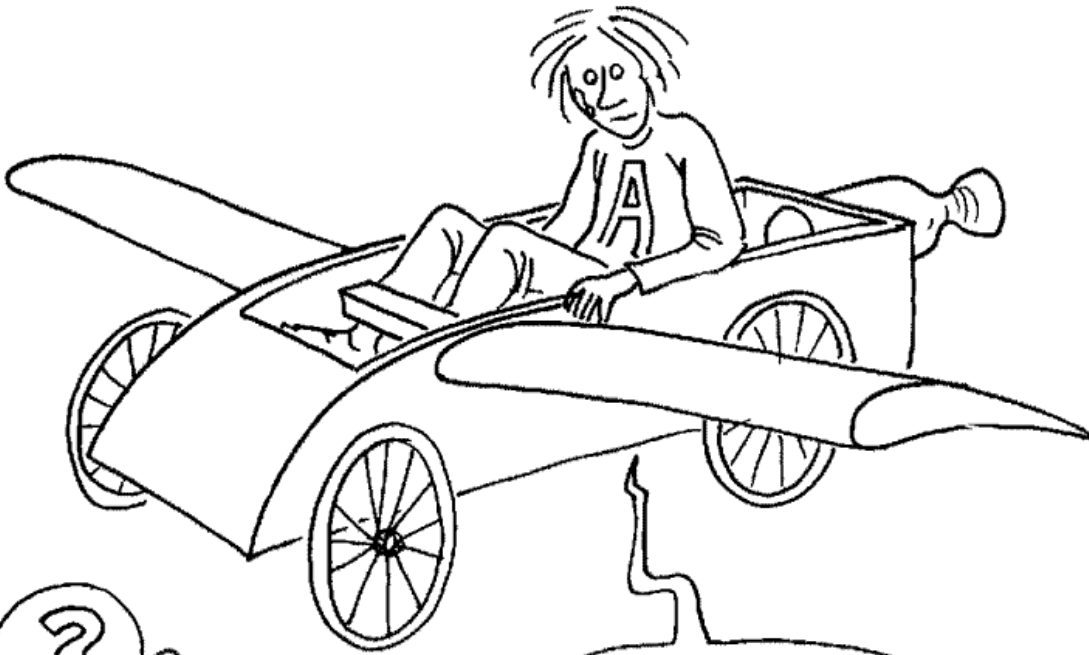
ด้านใน - ความเร็วลด - ความกดสูง





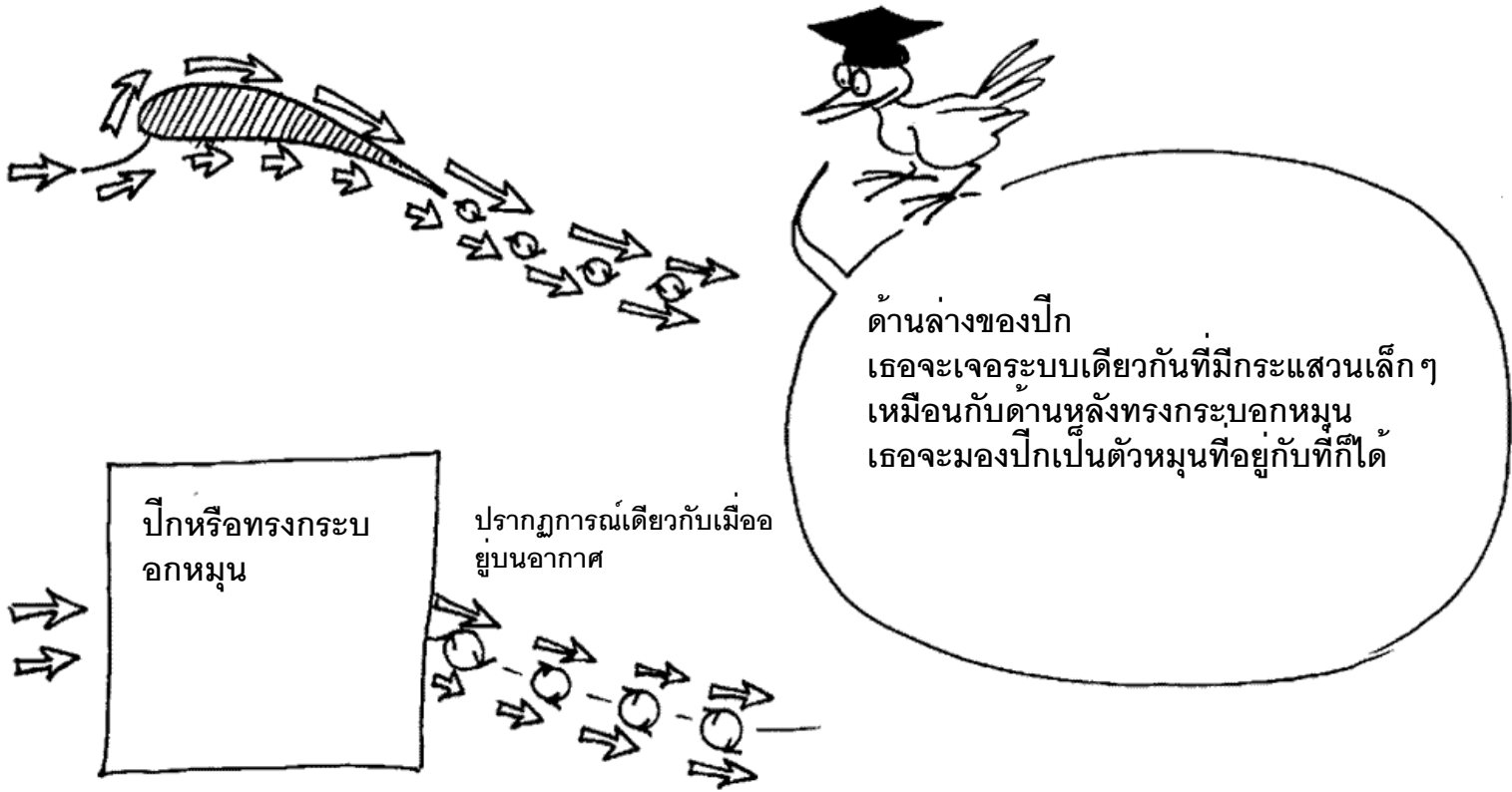
เจ๋งมาก ฉันจะทำที่ขับเคลื่อนรูปซ้อน

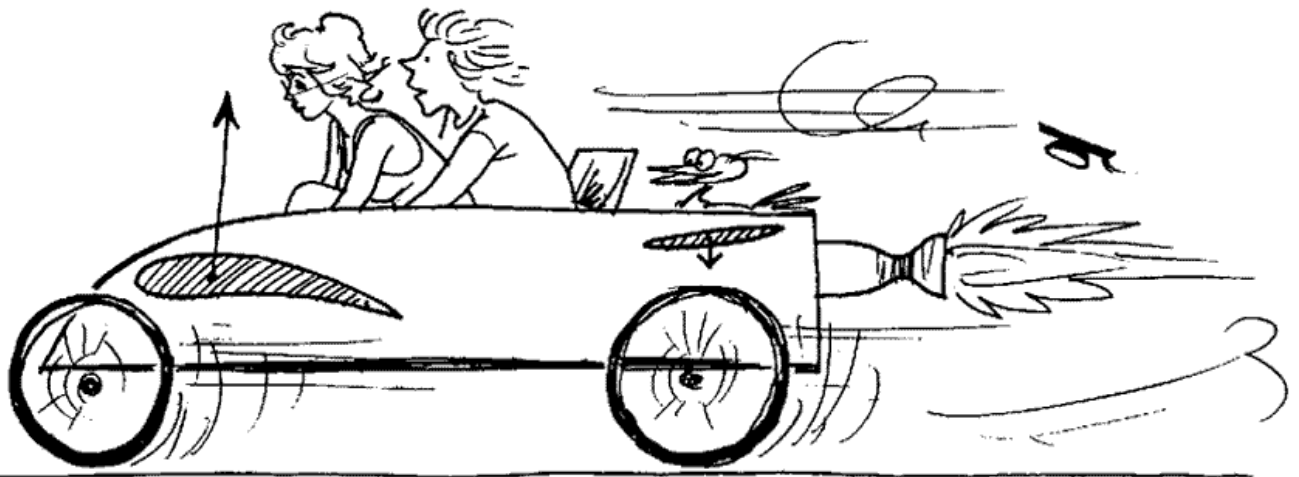
ปีกคือซ้อนที่ปรับแล้ว อาร์ชี



ใช่ แต่ว่าหมุนตรงไหนล่ะ



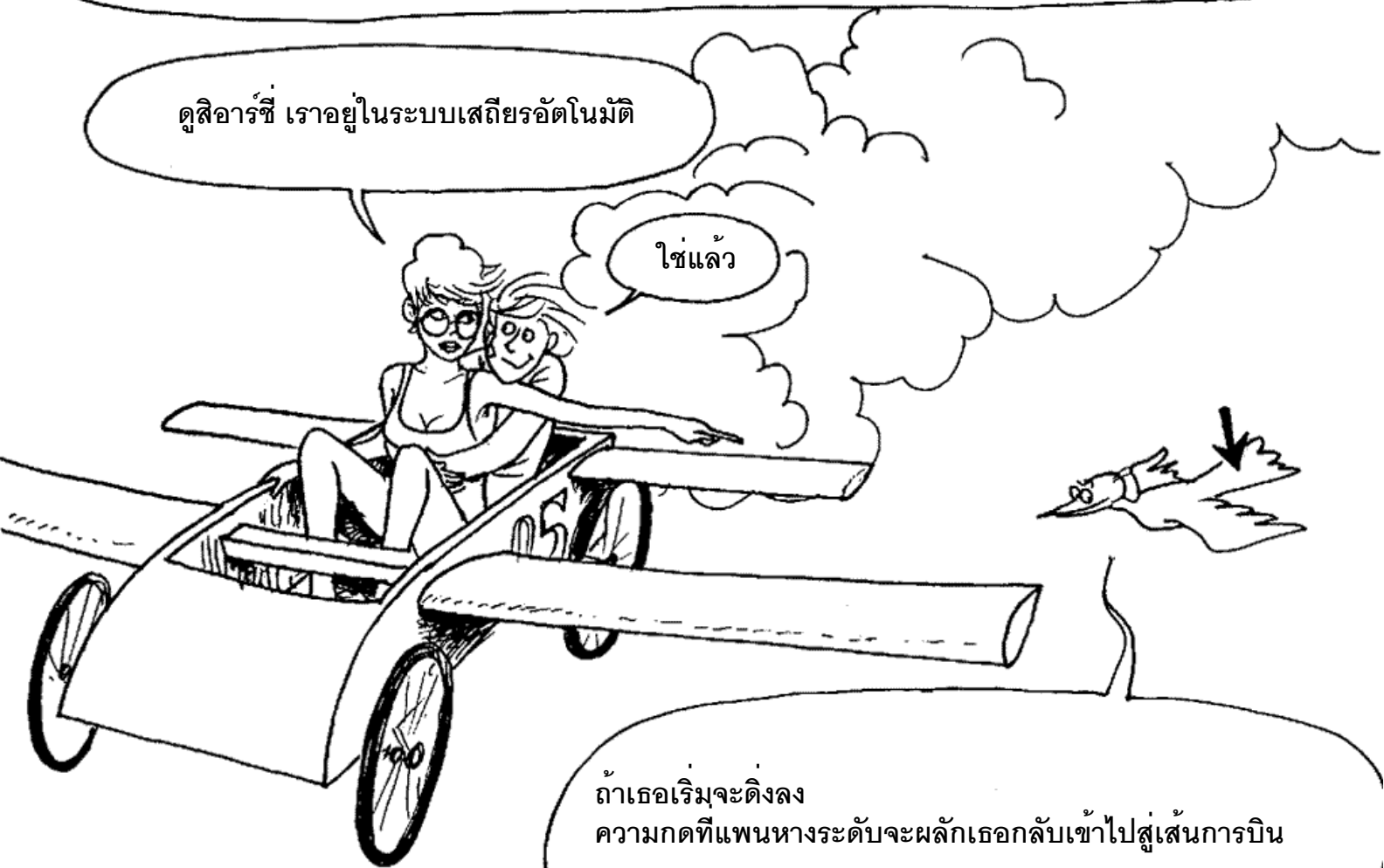




แพนหางระดับเป็นปีกเล็กๆ ที่ยกขึ้นอีกทางหนึ่ง ทำให้เกิดแรงยกเป็นลบ และดึงหางลง ทำให้เครื่องไม่ตกลง

ดูสิอาร์ชี เราอยู่ในระบบเสถียรอัตโนมัติ

ใช่แล้ว



ถ้าเธอเริ่มจะตกลง
ความกดที่แพนหางระดับจะผลักเธอกลับเข้าไปสู่เส้นการบิน

เวลาเธอได้ขึ้นก็เหมือนกัน



อาร์ชี เธอไม่ตั้งใจฟัง

ฟังสิ ฟังอยู่ ฟังทุกคำเลย

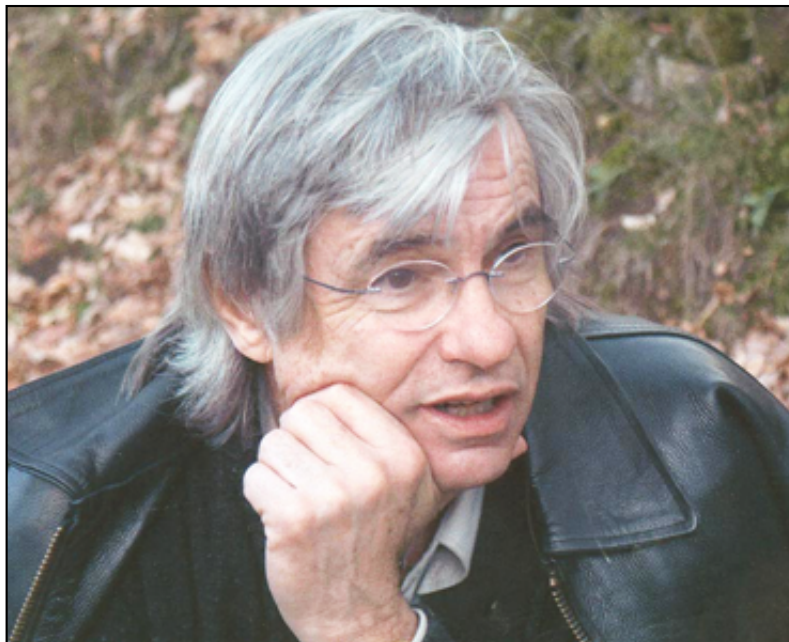
ความรู้สึกที่ได้ลอยนิ่งๆ
ด้วยตัวเองนี่พิเศษจริงๆ



และท่านที่รักทั้งหลาย อารชีบิโนได้ด้วยเหตุนี้เอง
ท่ายสุดแล้วก็ง่ายเหมือนปอกกล้วยเข้าปาก
และความใฝ่รู้ด้านวิทยาศาสตร์ของเขาจะ
ไม่สัมฤทธิ์ผลอะไรเลยหากขาดทัศนคติที่ดี



อวสาน



Savoir sans Frontières

Association Loi de 1901 BP 55 84122 Pertuis, France

Jean-Pierre Petit, Président de l'Association : Ancien Directeur de Recherche au CNRS, astrophysicien, créateur d'un genre nouveau : la Bande Dessinée Scientifique il a décidé en 2005 de mettre ses ouvrages au nombre d'une vingtaine, dans le domaine public en les rendant téléchargeables gratuitement à partir de son site. Il a également créé l'association Savoir sans Frontières qui s'est donné pour but de distribuer gratuitement le savoir, y compris le savoir scientifique et technique à travers le monde. L'association, qui fonctionne grâce à des dons, rétribue des traducteurs à hauteur de 150 euros (en 2006) en prenant à sa charge les frais d'encaissement bancaire. De nombreux traducteurs accroissent chaque jour le nombre d'albums traduits (en 2010 en 33 langues, dont le Laotien et le Rwandais).

Le présent fichier pdf peut être librement dupliqué et reproduit, en tout ou en partie, utilisé par les enseignants dans leurs cours à conditions que ces opérations ne se prêtent pas à des activités lucratives. Il peut être mis dans les bibliothèques municipales, scolaires et universitaires, soit sous forme imprimée, soit dans des réseaux de type Intranet.

L'auteur a entrepris de compléter cette collection par des albums plus simples d'abord (niveau 12 ans). Egalement en cours d'élaboration : des albums « parlants » pour analphabètes et « bilingues » pour apprendre des langues à partir de sa langue d'origine.

L'association recherche sans cesse de nouveaux traducteurs vers des langues qui doivent être leur langue maternelle, possédant les compétences techniques qui les rendent aptes à produire de bonnes traductions des sujets abordés.

Les dons (chèques libellés à l'ordre de Savoir sans Frontières) sont également les bienvenus. Ils doivent être adressés à Savoir sans Frontières, BP 55, 84122 Pertuis, France

Les ressources de l'association sont en 2006 principalement affectées aux nouvelles traductions.

Pour contacter l'association, voir sur la homepage de son site

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

FAIRE UNE DONATION
à
SAVOIR SANS FRONTIÈRES



Coordonnées bancaires France >> Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :			
Établissement	Guichet	N° de Compte	Clé RIB
20041	01008	1822226V029	88
Domiciliation :	La Banque Postale		
	Centre de Marseille		
	13900 Marseille CEDEX 20		
	France		
For other countries >> International Bank Account Number (IBAN) :			
IBAN			
FR 16 20041 01008 1822226V029 88			
and >> Bank Identifier Code (BIC or SWIFT) :			
PSSTFRPPMAR			

Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes. L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association. Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte "d'oeuvre humanitaire culturelle" que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera intégralement consacrée à rétribuer les traducteurs. Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.