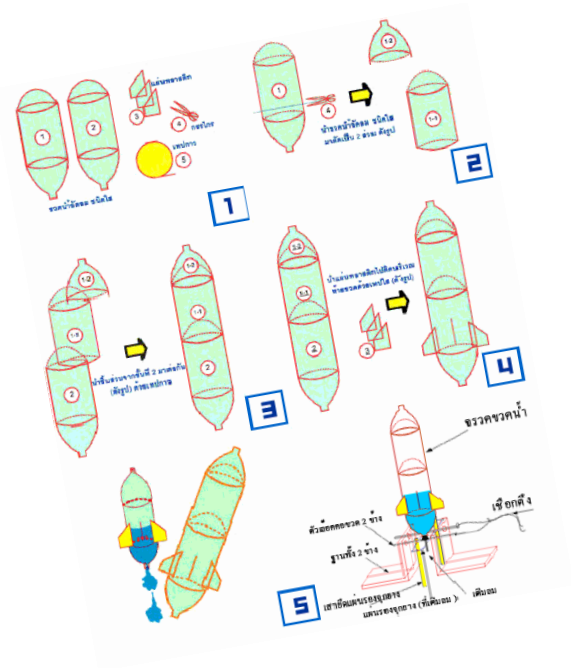
เอกสารประกอบการอบรม
จรวดขวดน้ำ

บรรยายโดย

ธีระรัตน์ หิรัญหลาย

อิทธิศักดิ์ เภาโพธิ์

และคณะ



1. จรวดขวดน้ำคืออะไร

จรวดขวดน้ำ (Water rocket**)** คือ จรวดที่สร้างจากขวดพลาสติก (ขวด PET, Polyethylene terephthalate) ใช้แรงขับเคลื่อนด้วยน้ำหรือแป้งโดยอาศัยแรงดันของอากาศที่บรรจุอยู่ภายใน

2. ประวัติความเป็นมาของจรวดขวดน้ำในประเทศไทย

การแข่งขันจรวดขวดน้ำเริ่มมีขึ้นครั้งแรกในประเทศไทย เมื่อปีพ.ศ. 2546 โดยองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อส่งเสริมพัฒนาให้เด็กๆได้ใช้ความรู้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานกับจินตนาการ แล้วนำมาประยุกต์ใช้ผ่านกิจกรรมการแข่งขันจรวดขวดน้ำ นอกจากจะเป็นกิจกรรมที่สนุกสนานแล้วยังเป็นกิจกรรมที่ชวนให้เกิดการเรียนรู้ในสาระอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีกมาก จึงง่ายที่เยาวชนจะให้ความสนใจอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันมีหน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชน บุคคลทั่วไป นักเรียน นักศึกษาให้ความสนใจในกิจกรรมนี้มากขึ้น ทำให้มีการจัดแข่งขันจรวดขวดน้ำในหลายระดับ รวมถึงระดับประเทศที่องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อพวช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจัดเป็นประจำทุกๆปี

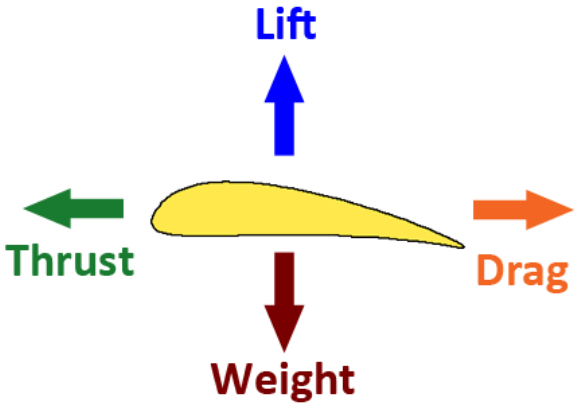
นอกจากการแข่งขันในระดับประเทศของไทยแล้ว จรวดขวดน้ำยังเป็นที่นิยมจัดให้มีการแข่งขันในหลายๆ ประเทศ อย่างประเทศอังกฤษ ในรายการ Water Rocket Challenge (http://www.npl.co.uk/educate-explore/water-rocket-challenge/) ประเทศแคนาดา Adventures in Science and Technology - The Great Cross - Canada Water Rocket Challenge และประเทศญี่ปุ่น Japanese Water Rocket Contest ซึ่งเยาวชนชาวไทย ได้ไปร่วมแสดงความสามารถในระดับนานาชาติมาแล้วหลายเวทีเช่นกัน

รายการล่าสุดที่เกิดขึ้นคือการแข่งขันจรวดขวดน้ำในระดับนานาชาติ โดยการประชุมประจำปีของเครือข่ายองค์กรเทคโนโลยีทางอวกาศเอเชียแปซิฟิก ครั้งที่ 16 หรือ APRSAF 16 (Asia-Pacific Regional Space Agency Forum) ในปี พ.ศ. 2553 มีวัตถุประสงค์ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาโครงการ และความร่วมมือด้านเทคโนโลยีอวกาศ และประเทศไทยได้รับเลือกให้เป็นเจ้าภาพในการแข่งขัน "จรวดขวดน้ำ เอเชียแปซิฟิก" (APRSAF 16 Water Rocket Event) ขึ้น เพื่อร่วมเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในฐานะพระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย ซึ่งมีตัวแทนจากประเทศสมาชิกในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิกรวม 27 ประเทศที่เข้าร่วมแข่งขันในกิจกรรมดั่งกล่าว ประกอบด้วยประเทศออสเตรเลีย บังกลาเทศ บรูไน ภูฏาน แคนาดา จีน ฝรั่งเศส เยอรมนี อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ลาว มาเลเซีย มองโกเลีย พม่า เนปาล นิวซีแลนด์ ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ รัสเซีย สิงคโปร์ ศรีลังกา สหรัฐอเมริกา เวียดนาม และไทย โดยมีองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เป็นเจ้าภาพดำเนินการจัดการแข่งขัน

3. หลักการของจรวดขวดน้ำ

จรวดขวดน้ำเป็นที่นิยมในหมู่นักประดิษฐ์ และรักการทดลองพัฒนา โดยมีการพัฒนากันมาหลายรูปแบบ ซึ่งในปัจจุบันได้เป็นที่รู้จักและแพร่หลายในวงการการศึกษา เกิดเป็นชมรมจรวดขวดน้ำ ในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ จนทำให้เกิดการแข่งขันระดับประเทศถึง 25 ครั้งด้วยกัน โดยในปี พ.ศ. 2560 จัดขึ้นในประเทศสิงคโปร์ จรวดขวดน้ำ คือ จรวดที่สร้างจากขวดพลาสติกน้ำอัดลมใช้แรงขับเคลื่อนด้วยน้ำหรือแป้งโดยอาศัยแรงดันของอากาศที่บรรจุอยู่ภายใน จรวดขวดน้ำนอกจากจะเป็นกิจกรรมที่สนุกสนาน ง่ายที่เยาวชนจะให้ความสนใจแล้ว ยังควบคู่ไปด้วยสาระความรู้ในกระบวนการวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมพัฒนาให้เด็กได้ใช้ความรู้และจินตนาการอย่างดี

การเคลื่อนที่ของจรวดพลังน้ำ สามารถอธิบายได้ด้วยกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน (Newton's Third law of motion) ซึ่งอธิบายไว้ว่า ในธรรมชาติเมื่อมีการกระทำ (หรือแรง) ใด ๆ ต่อวัตถุอันหนึ่ง จะปรากฏแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางที่ตรงกันข้ามกระทำกลับต่อแรงนั้น ๆ (For every action (force) in nature there is an equal and opposite reaction.) ยกตัวอย่างง่ายๆ เช่น ให้เด็กคนหนึ่งยืนถือก้อนหินอยู่บนรถเข็นที่ล้อไม่มีความฝืด เมื่อให้เด็กทุ่มก้อนหินออกมา พบว่ารถเข็นจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตรงข้ามกันกับทิศที่เด็กคนนั้นทุ่มก้อนหินออกมา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเด็กออกแรงกระทำต่อก้อนหิน (โดยการทุ่มมันออกมา) ก้อนหินเองก็มีแรงกระทำตอบกลับไปยังเด็ก ซึ่งส่งผลให้รถเข็นที่จอดนิ่งอยู่เฉยๆ เคลื่อนที่ได้ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน สามารถนำมาอธิบายถึงสาเหตุที่จรวดพลังน้ำสามารถขับเคลื่อนขึ้นไปได้ ด้วยแรงดันลมที่ถูกบรรจุอยู่ภายในขวด จะขับดันน้ำ พ่นออกทางท้ายของจรวด และส่งผลให้เกิดมีแรงในทิศตรงกันข้ามซึ่งถูกเรียกว่า แรงผลัก หรือ Thrusting force ผลักดันให้จรวดเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าเช่นกัน นอกจาก thrust แล้ว ยังมีแรงอื่น ๆ ที่มีส่วนสำคัญในการเคลื่อนที่ไป หรือต่อต้านการเคลื่อนที่ของจรวดอีก ซึ่งได้แก่ น้ำหนัก (Weight), แรงต้าน (Drag), และ แรงยก (Lift) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แรงที่กระทำกับจรวด

(ที่มา http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/liu2/)

น้ำหนัก (Weight) คือ แรงเนื่องจากสนามความโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ โดยทั่วไปในการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เราจะพิจารณาถึง น้ำหนักรวมของวัตถุ (Total weight) ซึ่งเป็นแรงจากสนามความโน้มถ่วงที่กระทำ ณ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล (Center of gravity)

$$W = mg$$

เมื่อ W คือ weight ของจรวดขวดน้ำ [N]

m คือมวลของจรวดขวดน้ำทั้ง ณ เวลาใด ๆ [kg]

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก [m/s^2]

แรงต้าน (Drag) คือ แรงที่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผ่านในตัวกลางที่เป็นของเหลว (รวมถึงอากาศ) มีทิศในทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงต้านนี้เกิดเนื่องจากความแตกต่างของความเร็วที่ผิวสัมผัสของของแข็ง ในระหว่างที่มันเคลื่อนตัวผ่านไปในของเหลว ดังนั้นทุกๆส่วนของวัตถุจึงมีผลในการก่อให้เกิดแรงด้านนี้ ดังนั้นในการออกแบบจรวด หรืออากาศยานใดๆ จำเป็นต้องพิจารณาถึงรูปร่างของวัตถุนั้นด้วย

$$D = \frac{C_d \rho v^2 A}{2}$$

เมื่อ D คือแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ [N]

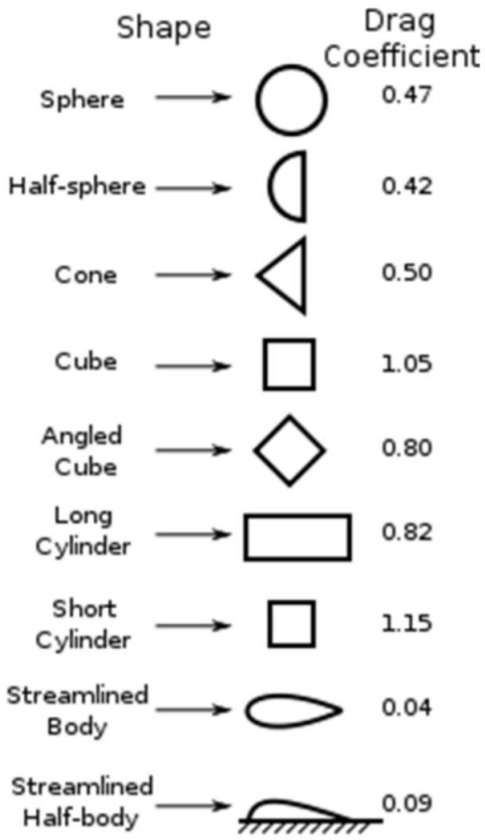
v คือ ความเร็ว [m/s]

ρ คือความหนาแน่นของอากาศ [kg/m^3]

A frontal area [m2]

C_d drag coefficient [-] ดังแสดงในรูปที่ 2

แรงยก (Lift) เป็นแรงที่ทำหน้าที่พยุงอากาศยานให้ลอยได้ในอากาศ แรงยกโดยทั่วไปจะเกิดที่ส่วนของปีก และแพนหาง ที่มีการเคลื่อนที่ และรบกวนในการไหลของอากาศ ให้มีการเบี่ยงเบนทิศทาง ดังนั้นถ้าไม่มีการเคลื่อนที่ก็ไม่เกิดแรงยกขึ้น



รูปที่ 2 Drag coefficient

(ที่มา http://courses.washington.edu/ess472/Lecture_Rocket_Dynamics.pdf)

เมื่อพิจารณาจรวดขวดน้ำที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่งดังแสดงในรูป 4

$$m\frac{du}{dt} = F_{thrust} - D - W$$

เมื่อ m คือมวลทั้งหมดของจรวด (จรวด + น้ำ) [kg]

u คือความเร็ว [m/s]

$$F_{thrust} = \dot{m}u_{ex} - \rho_w A_N u_{ex}^2$$

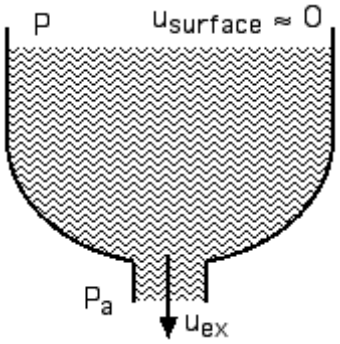
เมื่อ $\dot{m}$ คืออัตราไหลเชิงมวลของน้ำที่ไหลออกจากจรวด (expelled water) [kg/s]

u_{ex} คือ ความเร็วของน้ำที่ไหลออกจากจรวดขวดน้ำที่ผ่าน nozzle [m/s]

ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ [kg/m^3]

A_N คือ พื้นที่ของ nozzle [m^2]

เมื่อพิจารณาสมการอนุรักษ์พลังงานของของเหลวภายในจรวดจะได้สมการ Bernoulli ที่ไหลผ่าน nozzle ดังแสดงในรูป 3 โดยไม่นับผลของพลังงานศักย์



รูปที่ 3 ทิศทางการไหลของน้ำขณะจรวดขวดน้ำเคลื่อนที่

$$\frac{P - P_a}{\rho_w} + \left(\frac{u_{surface}^2 - u_{ex}^2}{2}\right) = 0$$

เมื่อความเร็วพื้นผิวของของเหลวเป็น 0 m/s จะได้สมการ

$$\frac{P - P_a}{\rho_w} = \frac{u_{ex}^2}{2}$$

ดังนั้น

$$F_{thrust} = 2\,(P - P_a)A_N$$

ในการหาความดันเหนือของเหลวภายในจรวดขวดน้ำ จำเป็นอาศัยหลักการของเทอร์โมไดนามิกของ adiabatic expansion เมื่อน้ำพุ่งออกจากขวด ปริมาตรของอากาศภายในจรวดเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันลดลง F_{thrust} ก็ลดลงเช่นกัน

$$P = P_o \left(\frac{V}{V_o}\right)^k$$

k = 1.4 สำหรับอากาศ

P และ V คือ ความดันและปริมาตรของอากาศตามลำดับ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรอากาศภายในจรวดขวดน้ำคือ

$$\frac{dV}{dt} = A_N \left(\frac{2\left(\left(P_o\left(\frac{V_o}{V}\right)^k\right) - P_a\right)}{\sigma_w} \right)^{1/2}$$

หรือ

$$\frac{dV}{dt} = A_N \sqrt{\frac{2\left(P - P_a\right)}{\sigma_w}}$$

ซึ่งจะสามารถแก้สมการสมการอนุพันธ์เพื่อหาความสัมพันธ์นะหว่างปริมาตรที่เปลี่ยนนไปของอากาศภายในจรวดขวดน้ำเทียบกับเวลาได้

4. หลักทางฟิสิกส์กับจรวดขวดน้ำ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพุ่งขึ้นของจรวดขวดน้ำมีหลายปัจจัย เช่น ความดัน ปริมาณน้ำที่เติม มุมยิง รูปทรง ฯลฯ ปัจจัยเหล่านี้ต่างก็ส่งผลต่อการพุ่งขึ้นของจรวดขวดน้ำมุมปล่อยจรวดขวดน้ำกรณีปล่อยจรวดขวดน้ำด้วยมุม 90 องศา เป็นกรณีที่สามารถทดลอง หรืออาจจะเคยเห็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น เวลาโยนก้อนหินขึ้นไปเหนือศีรษะ ก้อนหินก็จะตกลงมาโดนหัว การปล่อยจรวดขวดน้ำแบบนี้ก็เหมือนกันมันจะตกลงมาจุดเดิมที่เราปล่อย

ปริมาณน้ำ

น้ำจะเป็นตัวช่วยชะลอเวลาอากาศที่อยู่ภายในขวดออกมาช้ากว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากว่า น้ำมีมวลที่มากกว่าอากาศ ดังนั้นการเติมน้ำมาก-น้อยก็ล้วนส่งผลต่อการพุ่งขึ้นของจรวดขวดน้ำ การเติมน้ำควรเติมในปริมาณ 1 ใน 3 ของขวด

น้ำหรือแป้ง

ทั้งน้ำและแป้งที่ใส่เข้าไปใน จรวดขวดน้ำกลับทำให้ จรวดขวดน้ำ ไปได้ไกลกว่าเดิม สามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ คือ น้ำและแป้งที่เราใส่เข้าไปใน จรวดขวดน้ำช่วยทำให้อากาศออกจากตัวจรวดขวดน้ำ ช้าลง จึงทำให้ จรวดขวดน้ำ ไปได้ไกลและลอยตัวอยู่ในอากาศได้นานขึ้น มากกว่า จรวดขวดน้ำที่มีแต่แรงดันอากาศเพียงอย่างเดียว

ความดัน

การเพิ่มความดันเข้าไปในขวดมากเท่าใดยิ่งส่งผลให้จรวดขวดน้ำพุ่งไปได้ไกลเท่านั้น แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับขวดน้ำอัดลมที่ใช้ว่าสามารถทนแรงดันได้มาก-น้อย เท่าใด การพุ่งขึ้นของจรวดขวดน้ำสามารถอธิบายการพุ่งขึ้นไปของจรวดขวดน้ำได้ด้วยกฎการเคลื่อนที่ของ นิวตัน ซึ่งคิดขึ้นโดย เซอร์ ไอแซค นิวตัน นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ

กฎข้อที่ 1 เรียกว่า “กฎของความเฉื่อย” กล่าวคือ วัตถุที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ จะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของมันไว้ โดยเคลื่อนที่ไปทิศทางเดิม ด้วยความเร็วเท่าเดิม เช่น จรวดที่ติดที่ฐานปล่อยจรวดจะยังคงรักษาสภาพการหยุดนิ่งอย่างนั้น ตราบใดที่ยังไม่มีการจุดระเบิด หรือมีแรงอื่นมากระทำ

กฎข้อที่ 2 กล่าวว่า เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ จะทำให้มันเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง หรือมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งมีขนาดมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำ ดังสมการ

$$F = ma$$

โดยที่ F คือ ขนาดของแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุ

m คือ มวลของวัตถุ

a คือ ความเร่งของวัตถุเนื่องจากแรงภายนอกที่มากระทำ

กฎข้อที่ 3 แรงกริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา แต่มีทิศทางตรงข้าม กล่าวว่า ถ้าวัตถุ A ให้แรงจำนวนหนึ่งแก่วัตถุ B วัตถุ B ก็ให้แรงจำนวนที่เท่ากันกับที่ได้รับมาส่งกลับให้วัตถุ A เช่น ขณะที่จรวดผลักให้เชื้อเพลิงที่ถูกจุดระเบิดพุ่งลงไปด้านหลัง (แรงกริยา) เชื้อเพลิงที่ถูกจุดระเบิดจะผลักให้จรวดพุ่งขึ้นไปเช่นกัน (แรงปฏิกิริยา)

หลังจากที่เราอัดอากาศเข้าไปในขวด อากาศที่ถูกอัดอยู่ภายในจรวดขวดน้ำ จะทำหน้าที่เหมือนเป็นสปริงที่จะดันให้จรวดลอยสูงขึ้นไป และดันน้ำให้พุ่งออกทางปากขวด การที่เราเติมน้ำลงไปในจรวดขวดน้ำทั้งๆ

ที่ดูเหมือนว่าเราอาศัยเพียงแรงผลักของอากาศทำให้จรวดขวดน้ำพุ่งขึ้นไปได้ เป็นเพราะในขณะที่อากาศผลักให้จรวดขวดน้ำพุ่งขึ้นไป จรวดขวดน้ำก็จะผลักให้อากาศพุ่งถอยหลังไปเช่นกัน (ตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน) แต่มวลของจรวดมีมากกว่ามวลของอากาศมาก ทำให้อากาศมีความเร่งมากกว่าความเร่งของจรวดมาก (พิจารณาตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน) ทำให้อากาศพุ่งออกไปจากจรวดขวดน้ำหมดก่อนที่จรวดขวดน้ำจะพุ่งขึ้นไปได้สูง น้ำที่เราเติมลงไปนั้น จะช่วยชะลอเวลาที่อากาศใช้ในการพุ่งออกจากจรวดขวดน้ำ เพราะจรวดขวดน้ำต้องผลักให้น้ำภายในจรวดขวดน้ำพุ่งออกไปด้วย ทำให้ความเร็วของจรวดสูงขึ้นกว่าตอนที่ไม่ได้เติมน้ำลงไปในจรวดขวดน้ำนี้

แต่ปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้แรงผลักของอากาศลดลง และความดันภายในจรวดก็จะลดลงรวดเร็วมากขึ้น ดังนั้น เราจึงต้องมีอัตราส่วนของการเติมน้ำอย่างเหมาะสม เพื่อทำให้จรวดขวดน้ำพุ่งออกไปได้ไกลที่สุด องค์ประกอบต่างๆของอุปกรณ์สาธิตของจรวดขวดน้ำ แสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 จรวดขวดน้ำ

5. ส่วนประกอบของจรวดขวดน้ำ

ขวด PET (Poly ethylene terephthalate)

เป็นที่รู้จักในประเทศไทยก็จากวงการของน้ำอัดลมนั้นเอง โดยนำมาเป็นขวดที่ใช้ในการใส่เครื่องดื่ม เพราะด้วยคุณสมบัติที่มีน้ำหนักเบา มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่ำ และที่สำคัญคือมีความต้านทาน

แรงกระแทกได้เป็นอย่างดี ถ้าหากเราไปใช้ขวดพลาสติกชนิดอื่น ซึ่งมีความทนต่อแรงดันอากาศต่ำ เมื่อเราใส่แรงดันอากาศเข้าไป แล้วยิง จรวดขวดน้ำ ก็จะทำให้ จรวดขวดน้ำ ระเบิดได้

ฐานยิงจรวดขวดน้ำ

มีอยู่ 2 แบบคือ ประเภทที่ใช้ระบบปลดเร็ว ซึ่งมี adapter ติดกับตัว จรวดขวดน้ำ และ ฐานยิงจรวดขวดน้ำ แบบไม่ใช้ adapter

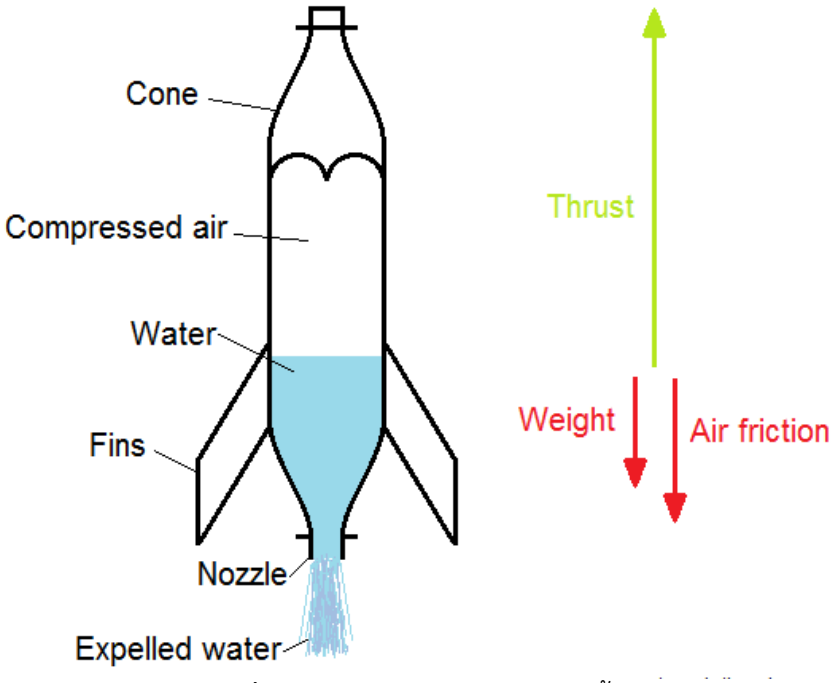
ปีก/ครีบจรวดขวดน้ำ (Fin)

ส่วนสำคัญที่ช่วยในการบังคับทิศทางของ จรวดขวดน้ำ

หัวจรวดขวดน้ำ (Nose)

รูปร่างของหัว จรวดขวดน้ำ นั้น มีผลต่อแรงต้าน (Drag) และตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของแรงต้าน (Center of drag) และการออกแบบ จรวดขวดน้ำ ต้องคำนึกถึงความปลอดภัย ของ จรวดขวดน้ำ และสิ่งที่จรวดขวดน้ำ จะชน

องค์ประกอบต่าง ๆ ของจรวดขวดน้ำดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 องค์ประกอบของจรวดขวดน้ำ

นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบที่เราจำเป็นต้องเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็น ขาตั้งจรวดขวดน้ำ การต่อขวด ปั๊มลม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ จรวดขวดน้ำ ฯลฯ ซึ่งสามารถหาความรู้ได้จากหนังสือ เว็บไซต์ หรือ

แลกเปลี่ยนประสบการณ์การทำ จรวดขวดน้ำ กันโดยตรง จากผู้ที่มีความรู้ความสนใจในกิจกรรม การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ ตามโอกาสต่างๆ

6. การประดิษฐ์จรวดขวดน้ำ

การเตรียมขวด จรวดขวดน้ำ ขวดที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นขวดน้ำอัดลม เลือกขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ได้

การเป่าขวด จรวดขวดน้ำ ส่วนใหญ่จะเป่าที่ก้นขวด เพื่อให้มีปริมาตรมากขึ้น และมีรูปทรงตามต้องการ

ปากขวดของ จรวดขวดน้ำ โดยทั่วไปจะคงไว้ตามเดิม แต่กรณีที่มีปัญหา เช่น ใส่ขวดไม่เข้าเพราะปาก จรวดขวดน้ำ เล็กไปหน่อย หรือ O-ring โตกว่านิดหน่อย การแก้ไขในกรณีนี้ เราก็ขยายปากขวดจรวดขวดน้ำ ให้กว้างขึ้น

หัวจรวดของ จรวดขวดน้ำ ทำได้หลายแบบ หัวทู่ หัวกลม หัวแหลม ขึ้นอยู่กับการทดลองว่าแบบไหนจะเห็นผลมากกว่ากัน

หางจรวดของ จรวดขวดน้ำ หรือปีก (Fin) รูปแบบที่ใช้ก็มีหลากหลายรูปแบบ ถ้ามีพื้นที่มากจะมีแรงต้านมากตามไปด้วย

ลำตัวของ จรวดขวดน้ำ ถ้าไม่เปลี่ยนแปลงก็ใช้ขนาดที่มากับขวด แต่อยากแต่งซิ่งก็ต้องเป่ากันหน่อย

การต่อขวด จรวดขวดน้ำ นำขวดมา 2 ใบ ทำให้ใบหนึ่งใหญ่กว่าอีกใบหนึ่งเล็กน้อย พยายามที่จะให้อีกใบหนึ่งสวมเข้าไปได้ ตรงรอยต่อให้ขัดกระดาษทรายเพื่อจะได้ติดแน่นเวลาใส่กาว ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 วิธีทำจรวดขวดน้ำ

กรณีนี้ ต่อแบบทะลุ 2 ขวด บางท่านอาจต่อแบบไม่ทะลุ แบบนี้ต้องเล็งให้ได้ศูนย์ จึงจะดีต่อการเคลื่อนที่ของจรวด

ก่อนใส่กาว หาลวดเล็ก ๆ มาเสียบระหว่างรอยต่อของ จรวดขวดน้ำ เพื่อให้มีช่องสำหรับการเคลื่อนที่ของกาว แล้วขยับลวดไปรอบ ๆ พร้อมกับค่อยๆ เติมกาว อย่าใจร้อน ค่อยๆ สังเกต เมื่อกาวทั่วดีแล้ว ทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง จรวดขวดน้ำ ก็จะใช้ได้ดี และแข็งแรงพอที่จะรับแรงดันได้ 60 ปอนด์

7. ความปลอดภัยกับจรวดขวดน้ำ

จรวดขวดน้ำถึงจะดูเผินๆ คล้ายของเล่น แต่เนื่องจากมันสามารถวิ่งไปด้วยความเร็ว ไม่น้อยกว่า 76 เมตรต่อวินาที (หรือ 170 ไมล์ต่อชั่วโมง) ดังนั้นในการเล่น จรวดขวดน้ำจึงมีข้อควรระวัง และเป็นต้องปฏิบัติตามดังนี้

7.1. น้องๆ ที่อายุน้อย ควรเล่น จรวดขวดน้ำ ภายใต้การควบคุมอย่างใกล้ชิดจากผู้ใหญ่

7.2. ไม่ควรปล่อย จรวดขวดน้ำ ในทิศทางที่มีคน หรือกลุ่มคน

7.3. ไม่ควรเล่น จรวดขวดน้ำ ในที่คับแคบ และใกล้เคียงกับอาคาร รถยนต์ หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่แตกหักเสียหายได้จากการพุ่งชนของ จรวดขวดน้ำ

7.4. ไม่ควรเล่น จรวดขวดน้ำ ใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง หรือถนนที่มีรถยนต์วิ่งไปมา

7.5. ห้ามใช้วัสดุอื่นใดที่ไม่ใช้ขวดน้ำอัดลม (ขวด PET) อาทิเช่น ขวดแก้ว ขวดน้ำดื่มพลาสติก ในการทำตัว จรวดขวดน้ำ

7.6. ห้ามปล่อย จรวดขวดน้ำ ในที่ที่มีลมพัดแรง ทั้งนี้จะทำให้ จรวดขวดน้ำ เปลี่ยนทิศทาง และก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้คนรอบข้างได้

7.7. ควรมีอุปกรณ์สวมอุปกรณ์ป้องกันศีรษะ และดวงตา ในการเล่น จรวดขวดน้ำ PET

7.8. ไม่ยิง จรวดขวดน้ำ PET ในบริเวณใกล้เคียงกับสนามบิน หรือที่ที่มีการขึ้นลงของเครื่องบินโดยสาร หรือเครื่องบินขนาดเล็ก

7.9. ก่อนสูบลมเข้าไปใน จรวดขวดน้ำ ให้ตรวจสอบระบบล็อคให้เรียบร้อยแน่นหนา

7.10. ในขณะสูบลม อย่าให้มีคนขวางเส้นทางของ จรวดขวดน้ำ เนื่องจาก จรวดขวดน้ำ อาจหลุดออกจากฐานได้ โดยไม่ตั้งใจ

7.11. หมั่นตรวจสอบอุปกรณ์ของ ฐานยิงจรวดขวดน้ำ อุปกรณ์สูบลม และส่วนประกอบต่างๆ ของจรวดขวดน้ำ อย่างสม่ำเสมอ ของแต่ละชิ้น จะมีอายุการใช้งานต่างกัน และมีขีดจำกัดในการรับแรงต่างกัน เมื่อใช้ไปหลายๆ ครั้ง อาจเกิดการเสื่อมสภาพขึ้นได้

7.12. ระมัดระวังเมื่อมีการใช้แรงดันสูงๆ ในการยิง จรวดขวดน้ำ

7.13. ใช้วิจารณญาณในการเล่นตลอดเวลา

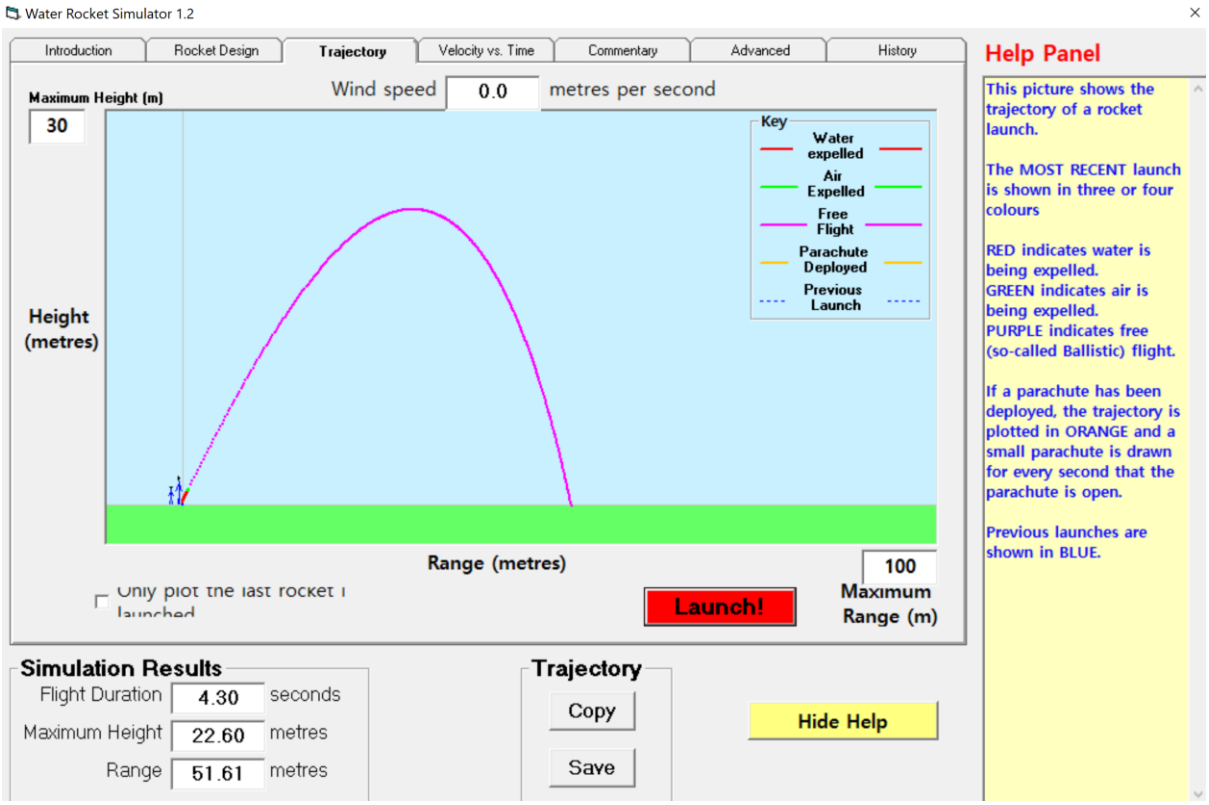
8. เอกสารอ้างอิง

1. วิชาการดอทคอม http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php?aid=386
2. กระปุกดอทคอม. 2550. จรวดขวดน้ำ วิธีทำจรวดขวดน้ำ ง่ายๆ. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต, https://hilight.kapook.com/view/15400, ค้นเมื่อวันที่ 9 มกราคม 2562
3. Halliday, Ken.2004. Water Rocket Analysis, www.ohio.edu/mechanical/programming/rocket/analysis1.html, accessed on 9 January 2019

9. ภาคผนวก

Water rocket simulator (รูปที่ 7)

http://www.npl.co.uk/educate-explore/water-rocket-challenge/resources/



รูปที่ 7 โปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของจรวดขวดน้ำ