

# องค์ประกอบของ โหราศาสตร์

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Alexandre Costa,  
Florian Seitz, Ana Villaescusa, Madelaine Rojas**

*International Astronomical Union, Technical University of Catalonia,  
Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Escola  
Secundária de Faro, Portugal, Heidelberg Astronomy House, Germany,  
Diverciencia, Algeciras, Spain, SENACYT, Panama*



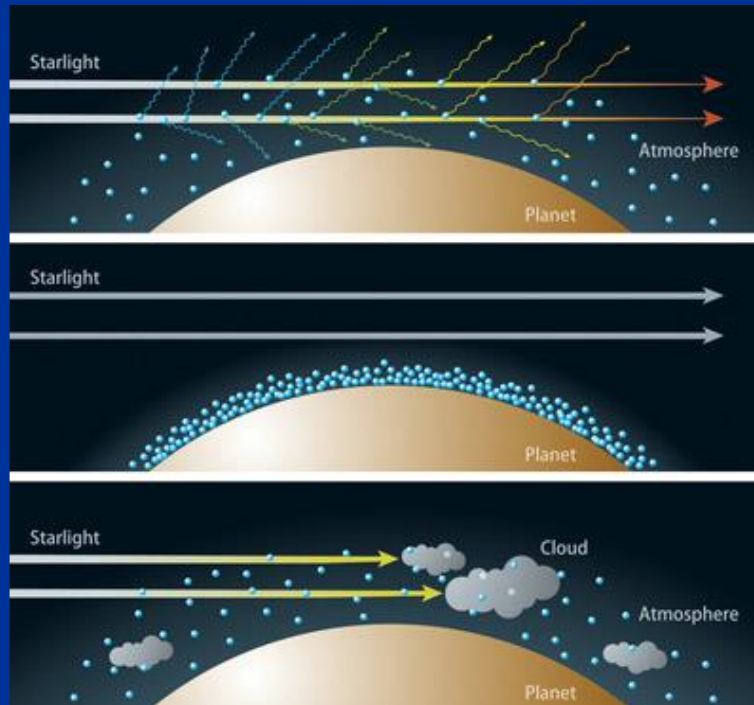
# จุดประสงค์

- เข้าใจที่มาของธาตุต่างๆ ในตารางธาตุ
- เข้าใจสภาวะที่เอื้อต่อการดำรงอยู่ของชีวิต
- เข้าใจถึงตัวบ่งชี้เบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ของสิ่งมีชีวิตนอกโลก



# กำเนิดระบบดาวเคราะห์

ในช่วงกำเนิดดวงดาว ระบบดาวเคราะห์ก็ถือกำเนิดขึ้นมาพร้อมๆ กันจากมวลสารที่อยู่รอบๆ ดาวฤกษ์ เราสามารถใช้สเปกโตรสโคปีในการหาค่าประกอบของดาวฤกษ์ และชั้นบรรยากาศของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะได้



# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาวเคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส

แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม: หญิง (แก๊ส) และ ชาย (ฝุ่น) (ถ้าหากว่ามีจำนวนผู้เข้าร่วมที่ต่างกันมากระหว่างสองกลุ่ม ให้กลุ่มที่ใหญ่กว่าเป็นแก๊ส เนื่องจากในกำเนิดระบบดาวเคราะห์นั้น มีมวลของแก๊สมากกว่าฝุ่นถึงกว่า 100 เท่า)

ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแสดงกิจกรรมประกอบไปกับเนื้อเรื่อง เช่น:



# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาวเคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส

เนื้อเรื่อง:

การแสดงของผู้แสดง:

กาลครั้งหนึ่งนานมาแล้ว มีกลุ่มก้อนเมฆที่เกิดจากแก๊สและฝุ่น

ทุกคนรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเมฆ มีผู้แสดงที่รับบทเป็นแก๊สในจำนวนที่มากกว่า ผู้แสดงทุกคนจับมือกันโดยสุ่มในก้อนเมฆ ก่อให้เกิดเป็นเครือข่าย

จากนั้น กลุ่มแก๊สจึงเริ่มรวมตัวกันในบริเวณกึ่งกลาง และฝุ่นรวมตัวกันรอบๆ

ผู้แสดงเริ่มที่จะแยกออกจากกัน ผู้ที่รับบทเป็นแก๊สค่อยๆ รวมตัวกันในบริเวณกึ่งกลาง และผู้ที่รับบทเป็นฝุ่นจับมือกันรอบๆ



# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาวเคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส

เนื้อเรื่อง:

การแสดงของผู้แสดง:

มีการเคลื่อนไหวเป็นอย่างมาก อนุภาค  
แก๊สดึงดูดแก๊สด้วยกัน และฝุ่นดึงดูดฝุ่น  
ด้วยกัน

ผู้แสดงเริ่มหมุน เคลื่อนที่ ชนกัน สั่น กระโดด บางคนหลุดออกมา  
และบางคนก็จับและกอดอนุภาคแบบเดียวกันเอาไว้ (แก๊สกับแก๊ส  
และฝุ่นกับฝุ่น)

ในบริเวณกึ่งกลาง แกนที่แน่นและหนา  
ที่บิเริ่มก่อตัวขึ้น ล้อมรอบไปด้วยจานที่  
เต็มไปด้วยแก๊สและฝุ่น

ผู้แสดงที่อยู่ตรงกลาง (แก๊ส) รวมตัวกัน และผู้แสดงที่เป็นฝุ่นล้อม  
เป็นวงกลมจับมือกันรอบๆ  
คำอธิบาย: แก๊สไม่ได้อยู่ในบริเวณกึ่งกลางทั้งหมด มีแก๊สบางส่วนที่  
อยู่ในวงกลมส่วนนอก





# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาว เคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส





# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาวเคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส

เนื้อเรื่อง:

บริเวณกึ่งกลางนี้คือส่วนที่จะกลายเป็น  
ดวงอาทิตย์ หรือดาวฤกษ์ของระบบสุริยะ  
อื่นในที่สุด

การแสดงของผู้แสดง:

ดาวฤกษ์ค่อยๆ ส่องสว่าง และฉายแสงไปในทุกทิศทาง  
คำอธิบาย: ทันทีที่ดาวฤกษ์ส่องสว่าง แก๊สที่ลอยอยู่โคจรๆ จะ  
เริ่มถูกเป่าออกไป

ดาวเคราะห์ดวงเล็กๆ **เริ่มถือ**  
กำเนิดขึ้นจากกลุ่มก้อนฝุ่นที่รวมตัวกัน  
ใหญ่ขึ้นจนกลายเป็นก้อนหิน และดาว  
เคราะห์หินไปในที่สุด

ผู้แสดงที่เล่นเป็นฝุ่น ค่อยๆ รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนแทนดาว  
เคราะห์หิน

คำอธิบาย: ฝุ่นจะไม่ได้รวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์หินทั้งหมด  
ยังมีฝุ่นบางส่วนหลงเหลืออยู่ในบริเวณที่ไกลออกไป



# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาวเคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส

เนื้อเรื่อง:

ดาวเคราะห์ยักษ์ถือกำเนิดขึ้นไกลออกไปในบริเวณที่ห่างไกลจากความร้อนจากดาวฤกษ์ ซึ่งแก๊สสามารถรวมตัวกันได้โดยไม่มีอะไรคอยขัดขวาง

การแสดงของผู้แสดง:

ผู้แสดงที่เหลือทั้งฝุ่นและแก๊สจำนวนมากรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ยักษ์

คำอธิบาย: อุณหภูมิที่แตกต่างกันสืบเนื่องมาจากระยะห่างที่ไกลออกไปจากดาวฤกษ์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดดาวเคราะห์หินและดาวยักษ์แก๊ส



# กิจกรรมที่ 1: กำเนิดระบบดาว เคราะห์จากฝุ่นและแก๊ส



## กิจกรรม 2: สเปกตรัมการปล่อย

สเปกโทรสโกปีช่วยให้เราทราบข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของดาวเคราะห์นอกระบบและชั้นบรรยากาศ เราสามารถเห็นภาพสเปกตรัมของหลอดไฟด้วยดีวีดี (เราเห็นเส้นของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายใน)



# องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญต่อวิวัฒนาการดาวฤกษ์

- Elements which were produced in the first minutes after the Big Bang
- Elements which were forged in the interior of stars
- Elements appearing in supernova explosions
- Man-made elements in the laboratory

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

# กิจกรรมที่ 3: การจำแนกธาตุในตารางธาตุ

นำวัตถุดังต่อไปนี้ ไปใส่ในตะกร้าให้ถูกต้อง (สีน้ำเงิน, เหลือง, และแดง)

แหวน: ทองคำ Au	หัวสว่านที่ถูกเคลือบด้วย: ไทเทเนียม Ti	แก๊สในลูกโป่งสวรรค์: ฮีเลียม He	ฝอยขัดหม้อ: นิกเกิล Ni
แบตเตอรี่หรือถ่านกระดุม: ลิเทียม Li	หัวเทียนรถยนต์: ทองคำขาว Pt	สายไฟทองแดง: ทองแดง Cu	สารละลายไอโอดีน: ไอโอดีน I
น้ำขวด H <sub>2</sub> O: ไฮโดรเจน H	หม้อหุงข้าว: อะลูมิเนียม Al	ไส้ดินสอดำ: แกรไฟต์ C	กำมะถันสำหรับการเกษตร: กำมะถัน S
กระป๋องน้ำอัดลม: อะลูมิเนียม Al	นาฬิกาข้อมือ: ไทเทเนียม Ti	เหรียญเงิน: เงิน Ag	ท่อ: ตะกั่ว Pb
กบเหลาดินสอ: สังกะสี Zn	ตะปูเก่า: เหล็ก Fe	เทอร์โมมิเตอร์: แกลเลียม Ga	ไม้ขีดไฟ: ฟอสฟอรัส P

ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นในนาที่แรกหลังบิกแบง (สีฟ้า)

ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นภายในใจกลางของดาวฤกษ์ (สีเหลือง)

ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นในการระเบิดซูเปอร์โนวา (สีแดง)





# กิจกรรมที่ 3: การจำแนกธาตุในตารางธาตุ

แหวน: ทองคำ Au	หัวสว่านที่ถูกเคลือบด้วย: ไทเทเนียม Ti	แก๊สในลูกโป่งสวรรค์: ฮีเลียม He	ฝอยขัดหม้อ: นิกเกิล Ni
แบตเตอรี่ถ่านหรือถ่านกระดุม: ลิเทียม Li	หัวเทียนรถยนต์: ทองคำขาว Pt	สายไฟทองแดง: ทองแดง Cu	สารละลายไอโอดีน: ไอโอดีน I
น้ำขวด H <sub>2</sub> O: ไฮโดรเจน H	หม้อหุงข้าว: อะลูมิเนียม Al	ไส้ดินสอดำ: แกรไฟต์ C	กัมมะถันสำหรับการเกษตร: กัมมะถัน S
กระป๋องน้ำอัดลม: อะลูมิเนียม Al	นาฬิกาข้อมือ: ไทเทเนียม Ti	เหรียญเงิน: เงิน Ag	ท่อ: ตะกั่ว Pb
กบเหลาดินสอ: สังกะสี Zn	ตะปูเก่า: เหล็ก Fe	เทอร์โมมิเตอร์: แกลเลียม Ga	ไม้ขีดไฟ: ฟอสฟอรัส P



ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นในนาที่แรกหลังบิกแบง (สีฟ้า)

ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นภายในใจกลางของดาวฤกษ์ (สีเหลือง)

ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นในการระเบิดซูเปอร์โนวา (สีแดง)



# กิจกรรมที่ 4: อุณหภูมิของดวงดาว

องค์ประกอบของร่างกายมนุษย์:

ธาตุที่พบมาก: ออกซิเจน, คาร์บอน, ไฮโดรเจน, ไนโตรเจน, แคลเซียม, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, กำมะถัน, เหล็ก, โซเดียม, คลอรีน, และแมกนีเซียม.

ธาตุที่มีอยู่เพียงเล็กน้อย: ฟลูออรีน, สังกะสี, ทองแดง, ซีลีเนียม, วานาเดียม, แมงกานีส, ไอโอดีน, นิกเกิล, โมลิบดีนัม, โคโรเนียม และ โคบอลต์

ธาตุที่จำเป็น: ลิเทียม, แคลเซียม, สารหนู and ดีบุก.

Legend:

- Elements which were produced in the first minutes after the Big Bang
- Elements which were forged in the interior of stars
- Elements appearing in supernova explosions
- Man-made elements in the laboratory

1																	2	
H																	He	
3	4											10						
Li	Be											Ne						
11	12											18						
Na	Mg											Ar						
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cb	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56																	86
Cs	Ba																	Rn
87	88																	118
Fr	Ra																	Og
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

ธาตุที่พบมากที่สุดทั้งหมด (ยกเว้น H) ถูกผลิตขึ้นจากภายในแกนกลางของดาวฤกษ์

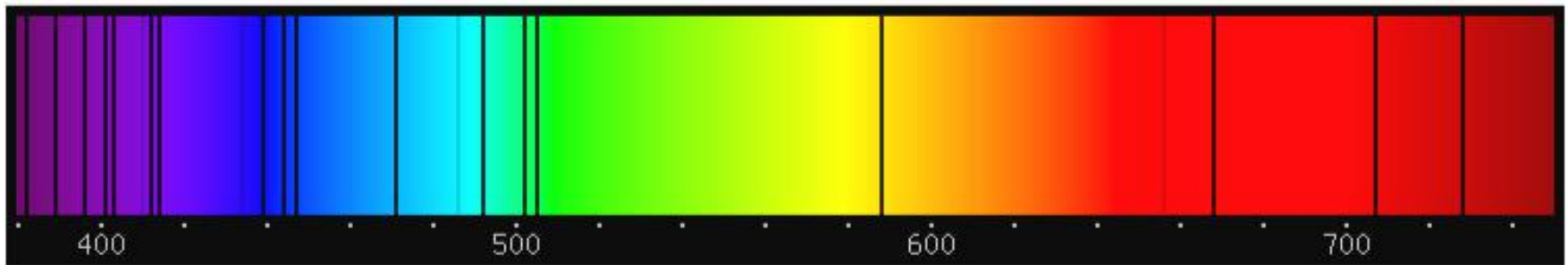
เราทุกคนคืออุกกาหลาของดวงดาว!!!!





# ดวงอาทิตย์ไม่ใช่ดาวฤกษ์รุ่นแรก

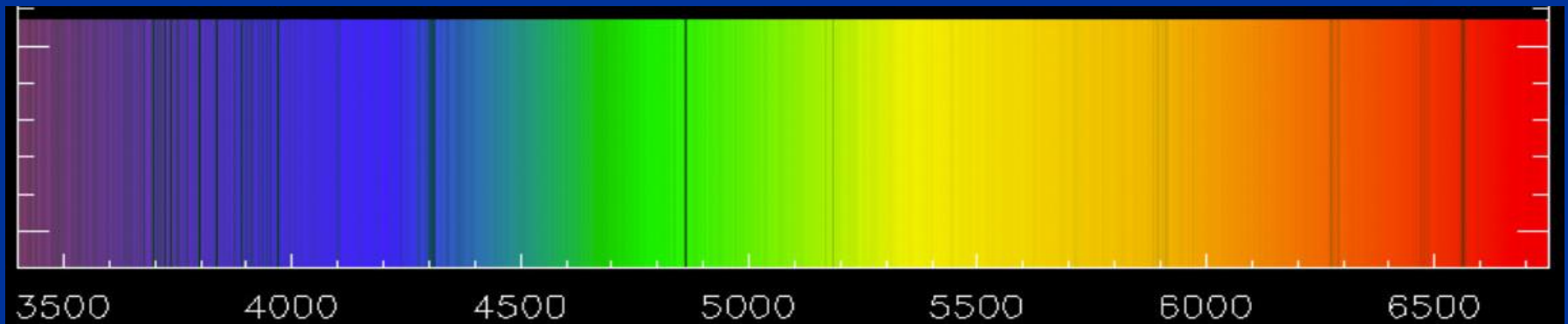
ดาวฤกษ์รุ่นแรกนั้น มีชีวิตอยู่และดับไปอย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถอยู่รอดจนถึงทุกวันนี้ได้ จะปรากฏแต่เพียงแถบการดูดกลืนของสเปกตรัมไฮโดรเจน ฮีเลียม และอาจจะลิเทียมเท่านั้น



ภาพจำลองสเปกตรัมของดาวฤกษ์รุ่นแรก

# ดวงอาทิตย์ไม่ใช่ดาวฤกษ์รุ่นแรก

ดาวฤกษ์ที่มีธาตุมากกว่าย่อมหมายความว่าเมฆที่ก่อกำเนิดพวกมันนั้นจะต้องมาจากซากที่เหลืออยู่ของซูเปอร์โนวา

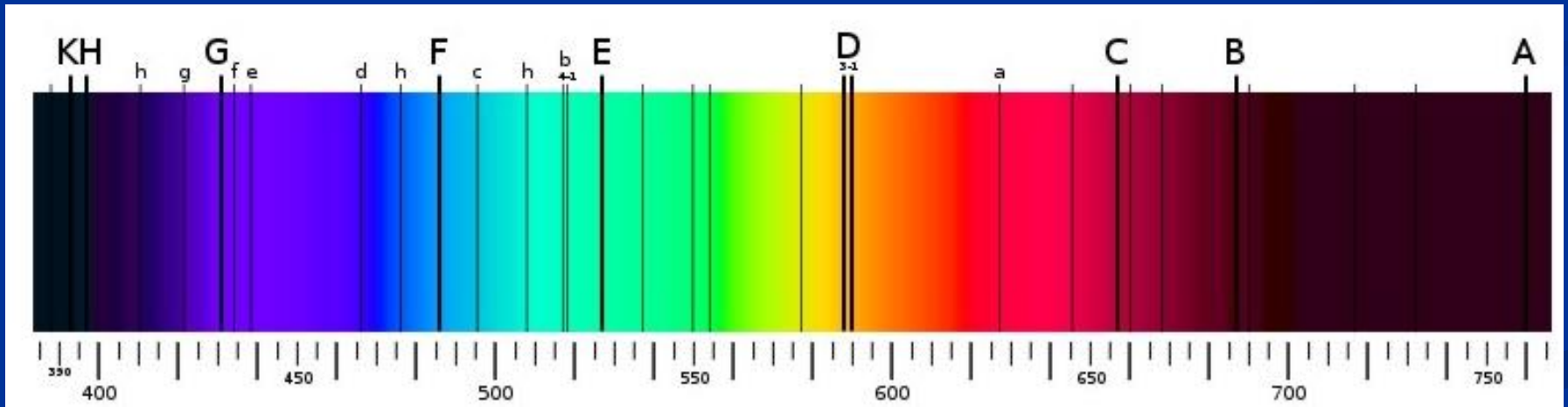


เส้นสเปกตรัมของดาวฤกษ์รุ่นที่สอง

SMSS J031300.36-670839.3 with Hydrogen and Carbon lines

# ดวงอาทิตย์ไม่ใช่ดาวฤกษ์รุ่นแรก

ระบบสุริยะนั้นมีธาตุเป็นจำนวนมากที่พบได้เฉพาะในการระเบิดของซูเปอร์โนวา ดังนั้นดวงอาทิตย์น่าจะมาจากเมฆก่อกำเนิดที่มาจากซากของซูเปอร์โนวาอย่างน้อยสองซูเปอร์โนวา ดังนั้นดวงอาทิตย์จึงเป็นดาวฤกษ์ในรุ่นที่สาม

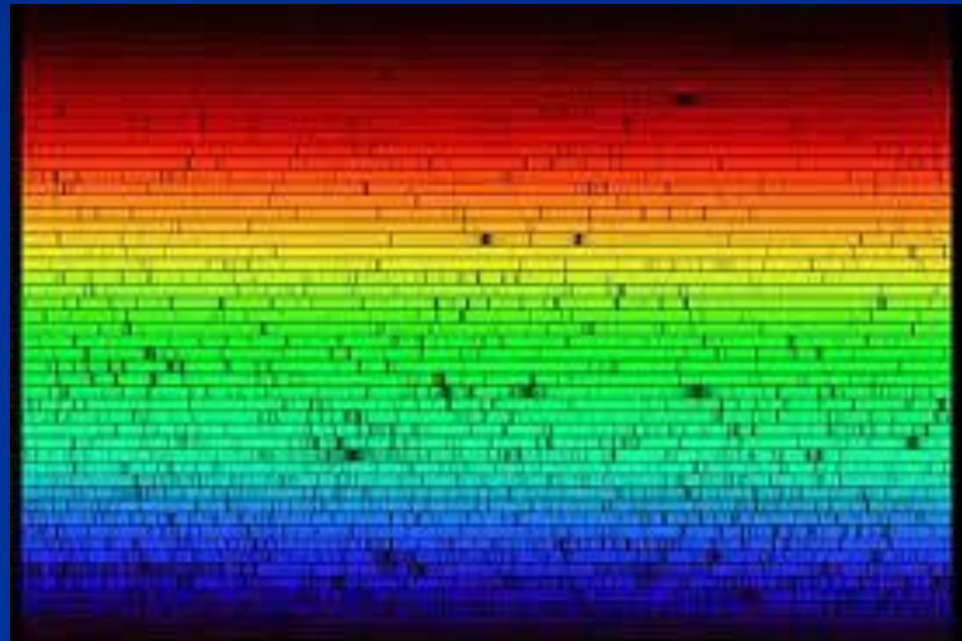


สเปกตรัมของดวงอาทิตย์พร้อมทั้งแถบการดูดกลืน

# กิจกรรม 5: เส้นเฟราน์โฮเฟอร์ของดวงอาทิตย์

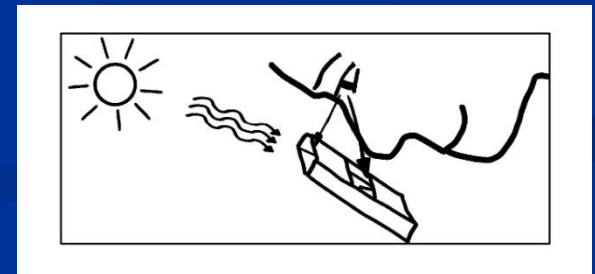
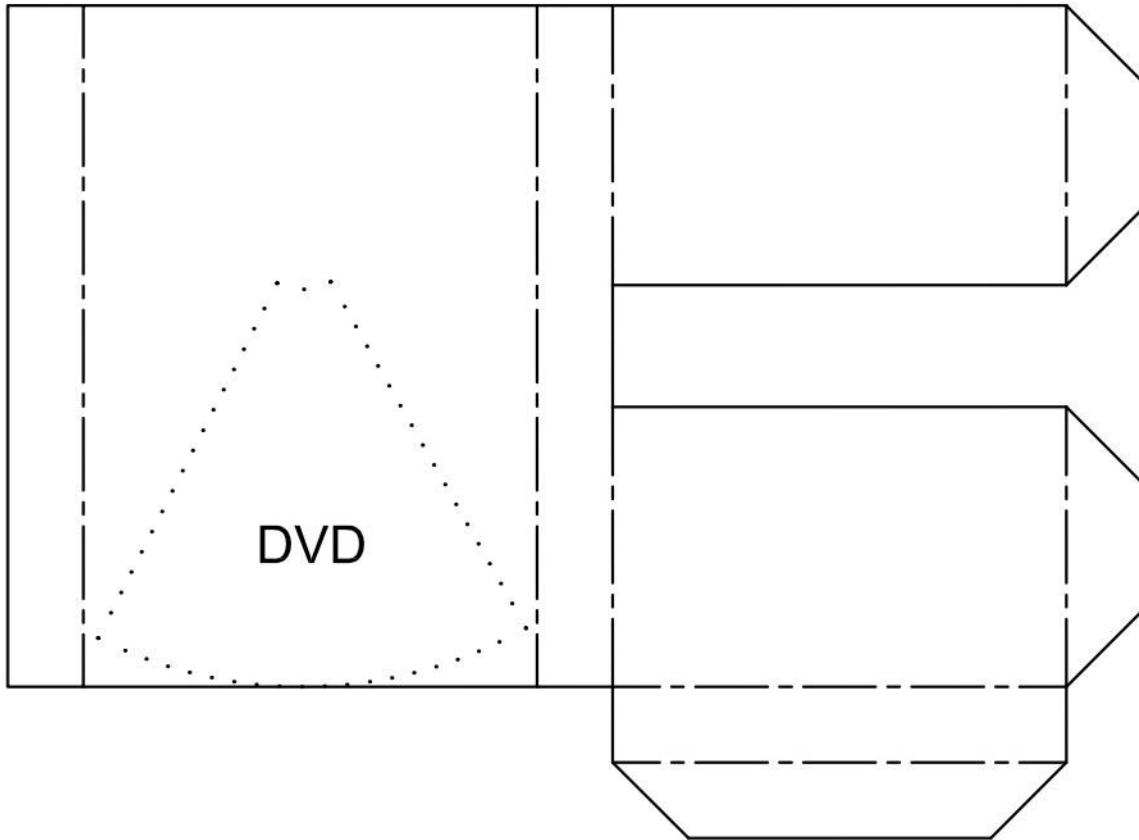
สเปกตรัมของดวงอาทิตย์มีความ  
ต่อเนื่อง โดยมีเส้นสีเข้มที่เรียกว่าเส้นเฟ  
ราน์โฮเฟอร์ ซึ่งสอดคล้องกับ  
องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในชั้น  
บรรยากาศ

สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในแผ่น  
DVD แบบสะท้อนแสงแคด มีการ  
สังเกตเส้น Fe หลายเส้น, Mg  
triplet (สีเขียว), Na doublet  
(สีเหลือง)



# กิจกรรม 5: เส้นเฟรอันโฮเฟอร์ของดวงอาทิตย์

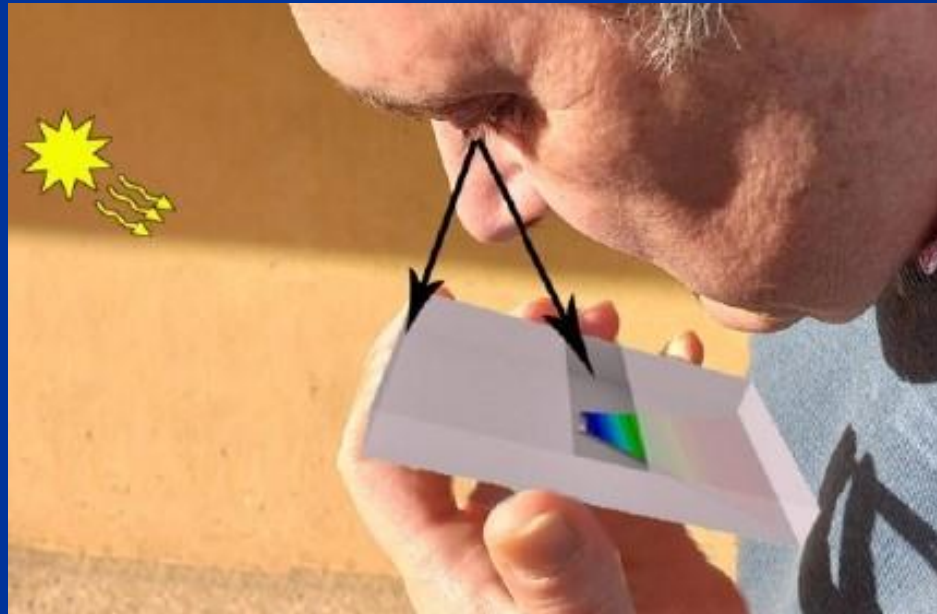
ตัดแม่แบบออก ตัดกาบ  $1/8$  ของคิ้วดี แล้วประกอบกล่องโดยให้คิ้วดีอยู่ข้างใน พับตามเส้นประ.



# กิจกรรม 5: เส้นเฟรอน์โฮเฟอร์ของดวงอาทิตย์

ออกไปข้างนอกในวันที่มีแดดและเผชิญกับดวงอาทิตย์

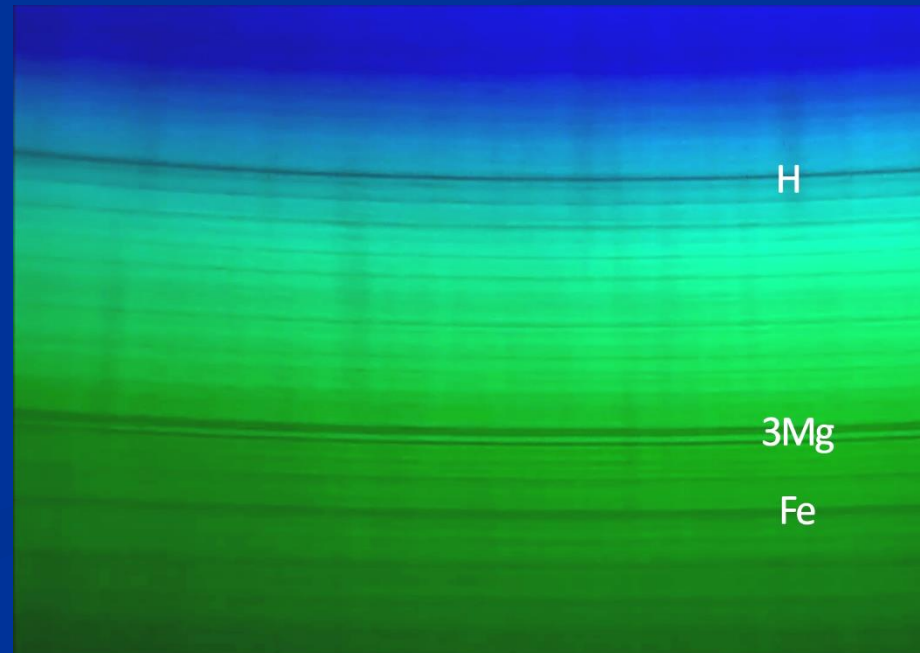
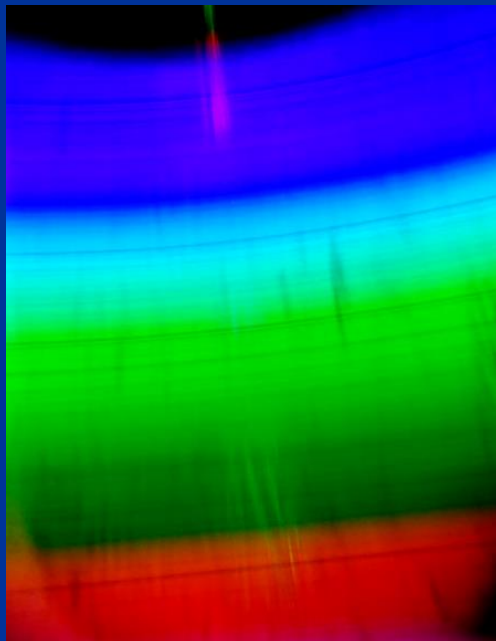
วางกล่องไว้ด้านหน้าใบหน้าของคุณ โดยให้ขอบด้านบนอยู่ในระดับสายตา ดังที่เห็นในภาพ เมื่อดูดีวีดีด้านใน ขยับซ้ายๆ จนกว่าคุณจะเห็นแสงสะท้อนในแนวรัศมีหลากสีที่สดใสของดวงอาทิตย์บนดีวีดี





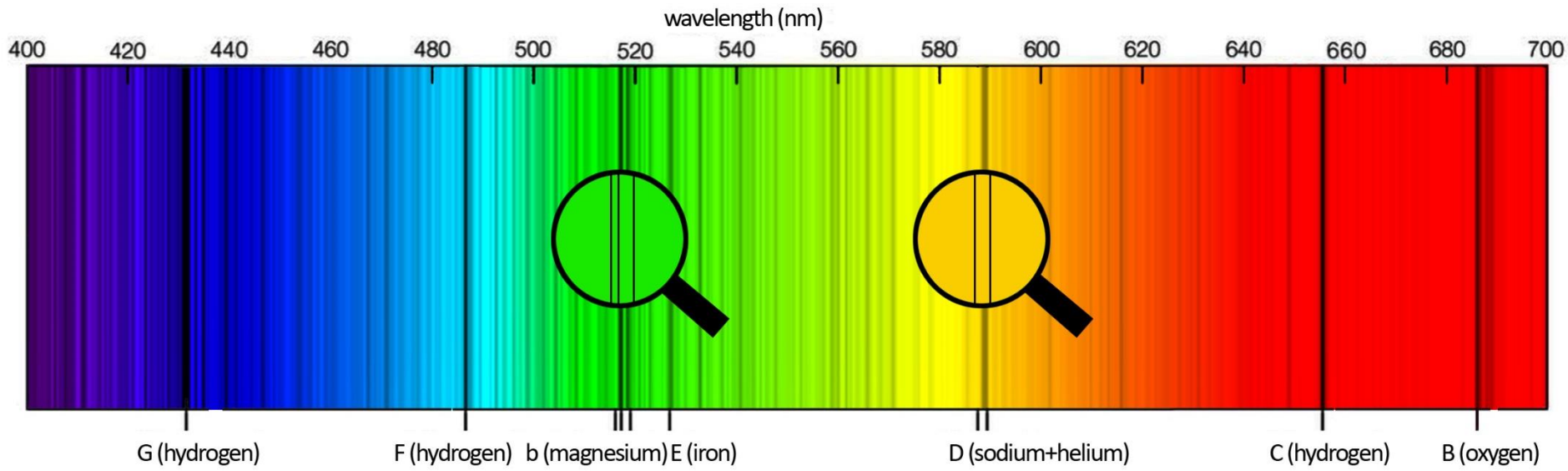
# กิจกรรม 5: เส้นเฟรอน์โฮเฟอร์ของดวงอาทิตย์

นำหน้าของคุณเข้าใกล้กล้องมากขึ้น โดยมองไปที่เงาสะท้อนเสมอ ซึ่งจะปรากฏกว้างขึ้น เมื่อตาของคุณแทบจะสัมผัสหน้าต่าง คุณจะเห็นเส้นสีดำบางๆ คมชัดในบริเวณสี เป็นเส้นสเปกตรัมขององค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในดวงอาทิตย์





# กิจกรรม 5: เส้นเฟราน์โฮเฟอร์ของดวงอาทิตย์



มีให้เห็นหลายบรรทัดบางเส้นรุนแรงกว่าเส้นอื่น แถบหลักที่เห็นเป็นสีน้ำเงินนั้นมาจากไฮโดรเจน ในสีเขียวคุณสามรถเห็นแถบสามแถบที่ใกล้เคียงกันมากซึ่งก็คือแถบแฝดของแมกนีเซียม และอีกแถบที่แยกจากกันซึ่งมาจากเหล็ก ในส่วนสีเหลือง คุณจะเห็นแถบสองแถบซึ่งมาจากฮีเลียมและโซเดียม ในส่วนสีแดง คุณจะเห็นไฮโดรเจนที่มีความเข้มข้น

# แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต

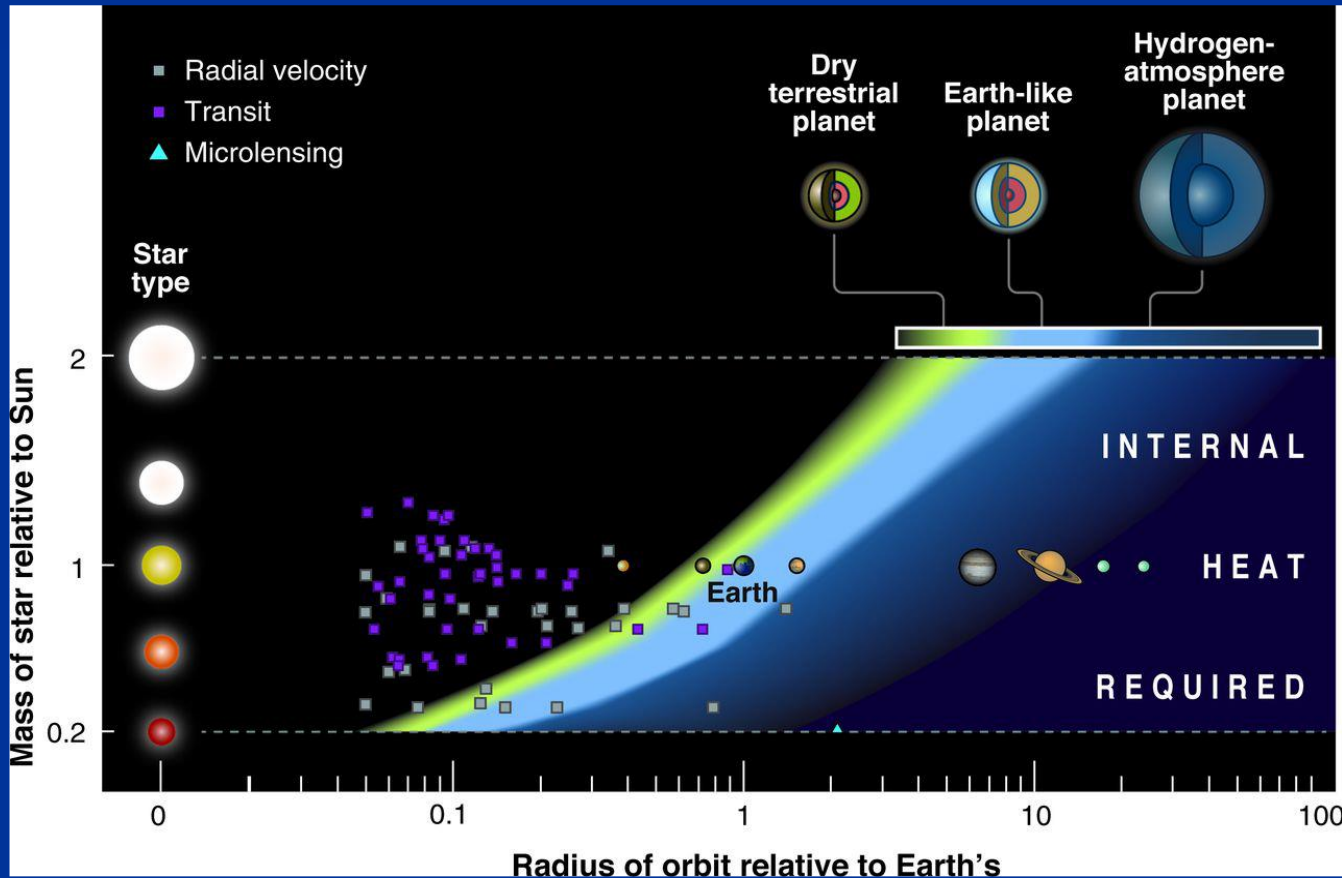
แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตเป็นบริเวณรอบๆ ดาวฤกษ์ที่ปริมาณรังสีที่ตกลงบนพื้นผิวของดาวเคราะห์หินนั้นจะเอื้อต่อการมีน้ำที่อยู่ในรูปของเหลว (เราคาดว่าสิ่งมีชีวิตที่ใช้ธาตุคาร์บอนเป็นหลักนั้นจะต้องอาศัยน้ำที่อยู่ในรูปของเหลว).

มักจะเกิดขึ้นในวัตถุที่มีมวลระหว่าง  $0.5$  และ  $10 M_E$  และมีความกดอากาศมากกว่า  $6.1$  mbar สอดคล้องกับจุดร่วมสามของน้ำที่อุณหภูมิ  $273.16K$  (เมื่อน้ำสามารถอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลว และแก๊สพร้อมๆ กันได้)



# แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต

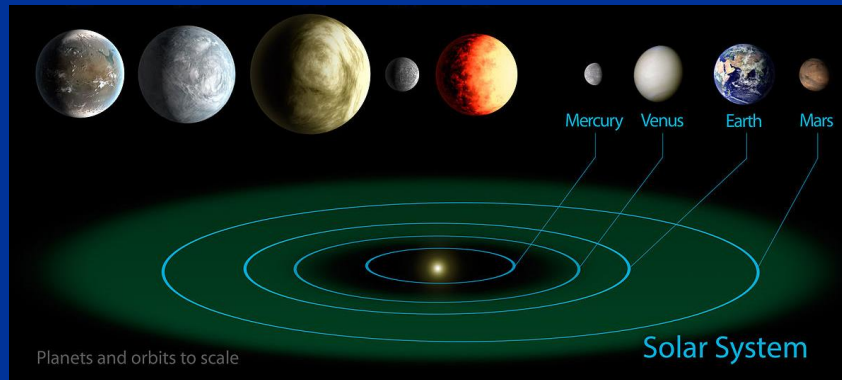
แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ ถ้าหากว่าดาวฤกษ์มีมวลมาก อุณหภูมิและความสว่างจะเพิ่มขึ้นและแถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตก็ต้องถอยห่างออกไป



# เงื่อนไขอื่นที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต

ระยะห่างในวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตนั้นเป็นเงื่อนไขที่สำคัญ, แต่ไม่เพียงพอต่อการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิต

ตัวอย่าง: ดาวศุกร์ และดาวอังคาร



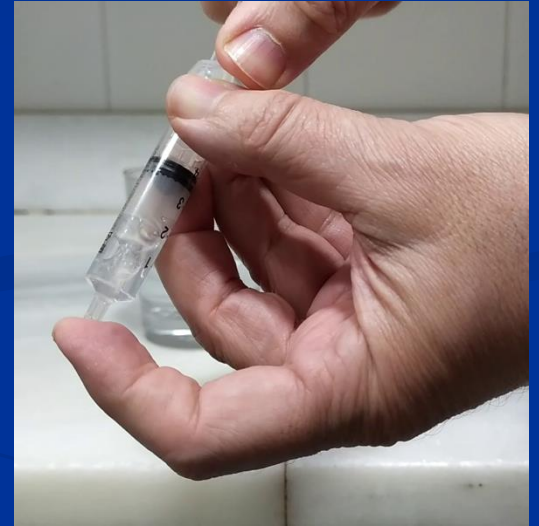
มวลของดาวเคราะห์นั้นจะต้องมากเพียงพอ ทว่าจะทำให้บรรยากาศไหม้ถว้งเพียงพอที่จะดึงดูดชั้นบรรยากาศเอาไว้ด้วย

นี่เป็นเหตุผลหลักว่าทำไมดาวอังคารจึงไม่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตในทุกวันนี้ เนื่องจากมันสูญเสียชั้นบรรยากาศและน้ำบนพื้นผิวไปส่วนมากในช่วงพันล้านปีแรกของมัน

# กิจกรรมที่ 6: น้ำเหลวบนดาวอังคาร?

ความดันบรรยากาศบนดาวอังคารอ่อน (0.7% ของโลก) แม้จะมีความกดอากาศต่ำ แต่เมฆน้ำก็ก่อตัวบนดาวอังคารที่ขั้วของดาวเคราะห์ ทำไมไม่มีน้ำเหลวบนพื้นผิว?

เราใส่น้ำร้อนใกล้เดือด  
ในหลอดฉีดยา



การดึงลูกสูบจะลดแรงดันและน้ำเริ่มเดือดกลายเป็นไอน้ำและค่อยๆหายไป ในการจำลองความดันของดาวอังคารเราควรดึงลูกสูบขึ้นไป 9 ม.

# กิจกรรมที่ 7 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

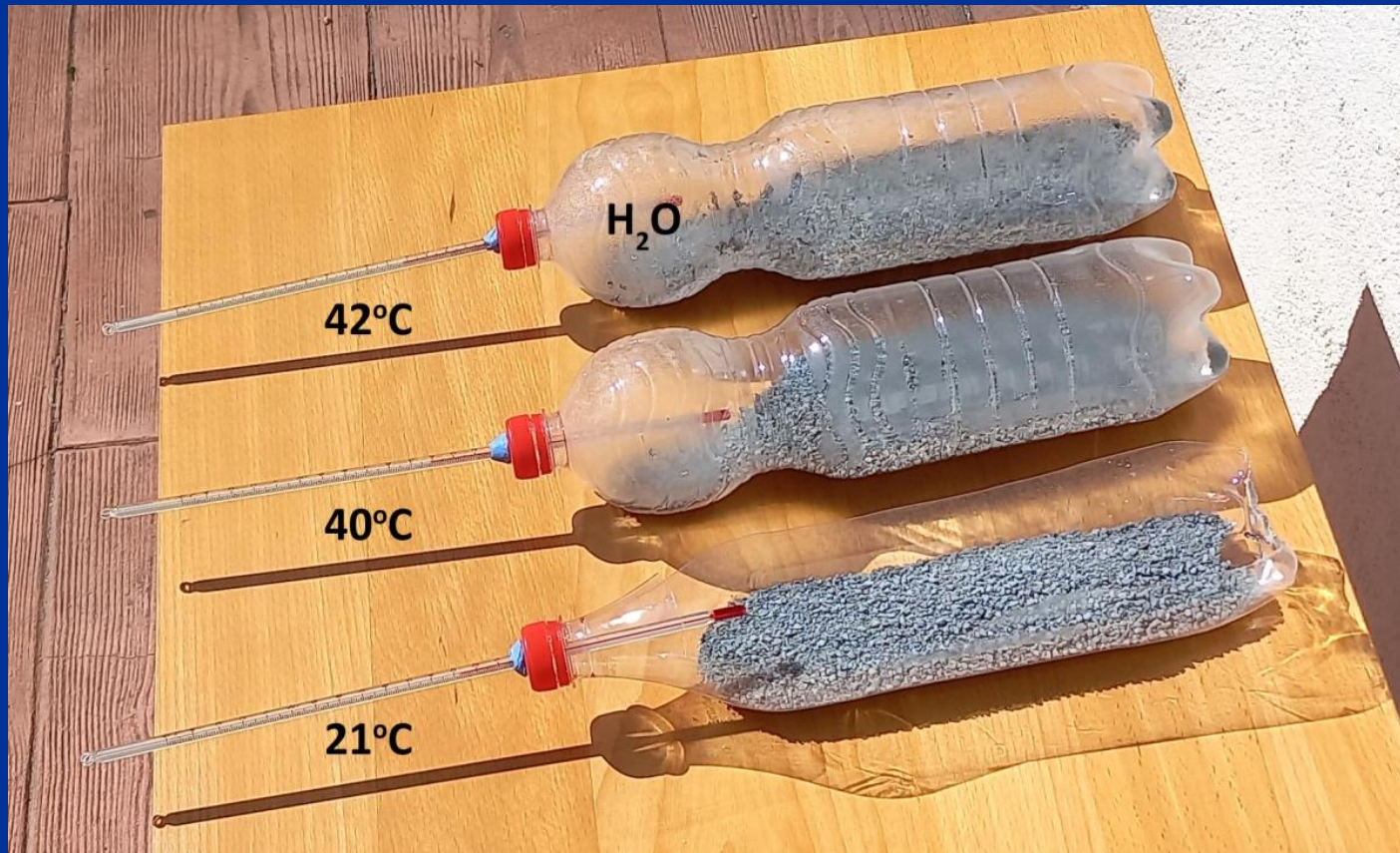
เราใส่ดินสีเข้มลงในขวดพลาสติกเปล่า 2 ขวดและหนึ่งในสามฝาครึ่งตามยาว เราเสียบเทอร์โมมิเตอร์ที่จุกขวดแต่ละขวด ขวดที่ตัดออกมาจำลองดาวเคราะห์ที่ไม่มีเมฆ ขวดแรกทั้งขวดจำลองดาวเคราะห์ที่มีเมฆ และขวดสุดท้าย เราใส่น้ำสองสามหยดลงไปเพื่อจำลองบรรยากาศที่มีไอน้ำ





# กิจกรรมที่ 7 ปراكฏการณ์เรื้อนกระจก

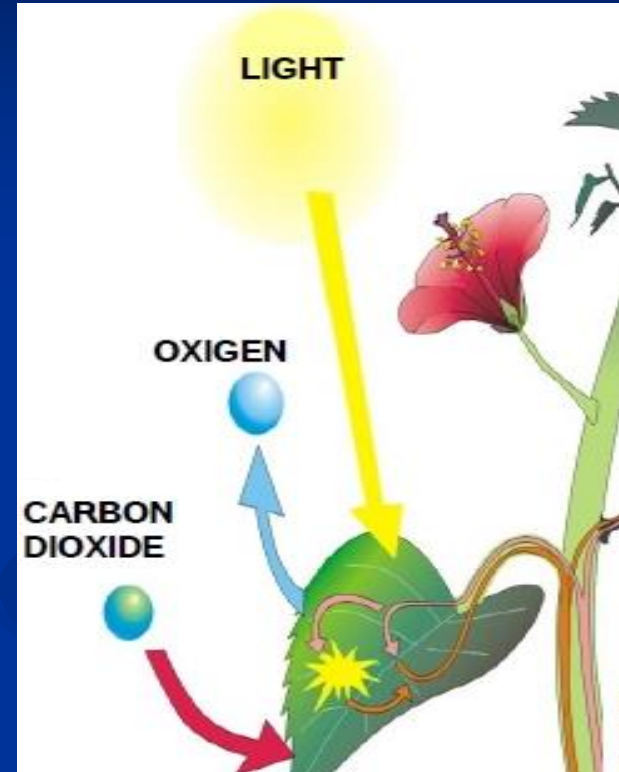
เรานำขวดไปตากแดดและวัดอุณหภูมิภายในทุกๆ 5 นาที เราจดการวัดเพื่อพิจารณาว่าปراكฏการณ์เรื้อนกระจกมีอิทธิพลอย่างไร





# กระบวนการสังเคราะห์แสง: การผลิตออกซิเจน

กระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการที่พืชและแบคทีเรียบางชนิดใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตกลูโคส คาร์โบไฮเดรต และออกซิเจน จากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

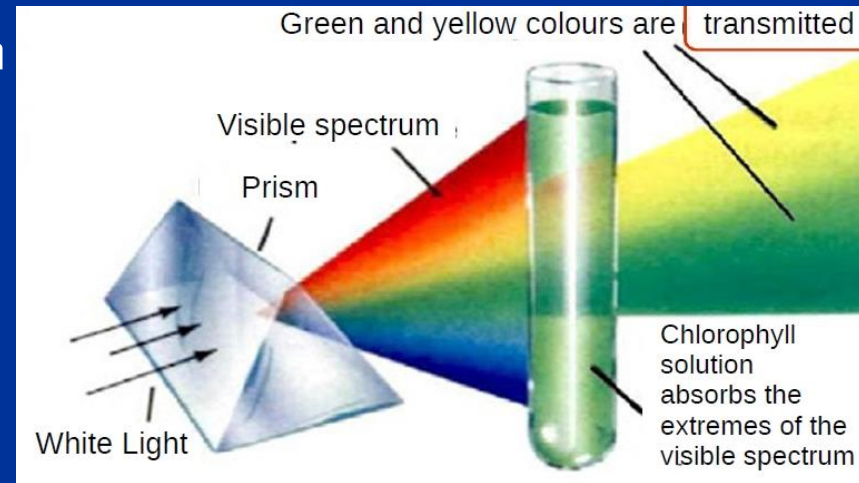


โมเลกุลที่เรียกว่า **เม็ดสีสังเคราะห์แสง** เปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี

# กระบวนการสังเคราะห์แสง : เพราะเหตุใดใบไม้จึงเป็นสีเขียว?

แสงที่พืชดูดกลืนไปนั้นสามารถนำไปใช้ในปฏิกิริยาทางเคมีในการเติบโตของพืช แต่แสงที่สะท้อนออกไปนั้นจะเป็นตัวกำหนดสีที่เราสามารถสังเกตเห็นได้

เม็ดสีสังเคราะห์แสงกลุ่มที่พบมากในพืช มีการดูดกลืนแสงด้วยกันอยู่สองช่วงคลื่น กลุ่มหนึ่งดูดกลืนในช่วงแสงสีฟ้า (400-500 nm), และอีกกลุ่มหนึ่งในช่วงแสงสีแดง (600-700 nm)



อย่างไรก็ตาม เม็ดสีทั้งสองกลุ่มนั้นสะท้อนแสงในช่วงกึ่งกลางของสเปกตรัมที่ตามองเห็น ซึ่งสอดคล้องกับสีเขียว (500-600 nm).

## กระบวนการสังเคราะห์แสง: การผลิตออกซิเจน

เมื่อแสงตกกระทบบนเมื่อดสี เมื่อดสีจะดึงอิเล็กตรอนออกมาจากน้ำ และส่งต่อผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง และออกซิเจนจากน้ำจะหลุดออกมาเป็นโมเลกุลของออกซิเจน นี่คือนิยามที่เกิดขึ้นในช่วง “สว่าง” ของกระบวนการสังเคราะห์แสง

แต่ในช่วง “มืด” ของการสังเคราะห์แสง คาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลจะถูกผลิตขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีแสงมาเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้



# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ ตั้งเคราะห์แสง



เตรียมขวดโหลใส กับกระดาษแก้วสีฟ้าและสีแดง

# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง



ใช้ที่เจาะกระดาษ เจาะใบไม้ (เช่น ใบผักโขม พวยยามหลีกเลี้ยงก้าน  
ใบ) เป็นแผ่นวงกลม ใส่วงกลมใบไม้ 10 วงลงในขวดโหลแต่ละ  
ใบ



# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง



เตรียมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 2 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร นำสารละลาย 20 มล. ใส่ในขวดโหลแต่ละใบ

เตรียมใบไม้ให้อิมตัวไปด้วยสารละลาย โดยการในแผ่นเจาะใบไม้ลงไปในหลอดน็อคยา ขนาด 10 มล. แล้วดูดสารละลายเข้าไปจนกระทั่งแผ่นเจาะแขวนลอยอยู่ในหลอด

# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง

เอาอากาศที่เข้าไปในหลอดออกมาให้มากที่สุด ทิ้งเอาไว้เพียงแผ่นใบไม้ที่ลอยอยู่ใน  
สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

ปิดปลายกระบอกฉีดยาคั่วนี้ไว้ และดึงกระบอกสูบเล็กน้อย เพื่อให้เกิดสุญญากาศ  
เพื่อให้ช่องว่างภายในเนื้อเยื่อของพืชถูกแทนที่ด้วยสารละลายไบคาร์บอเนต สารละลาย  
นี้จะทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนที่อยู่ใกล้กับ โครงสร้างที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงใน  
ใบไม้





# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง

นำแผ่นใบไม้แต่ละแผ่นใส่ลงในขวดโหล ครอบปากขวดโหลแต่ละขวดด้วยกระดาษแก้วสี  
แดงและสีฟ้า

ติดตั้งหลอดไฟ (อย่างน้อย 70W) ไว้เหนือขวดโหลแต่ละขวด (ที่มีกระดาษแก้วครอบอยู่)  
โดยมีระยะห่างจากขวดโหลเท่ากัน

ถ้าใช้หลอด LED จะดีกว่า เนื่องจากหลอดประเภทอื่นจะสูญเสียพลังงานไปเป็นความร้อน



# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง

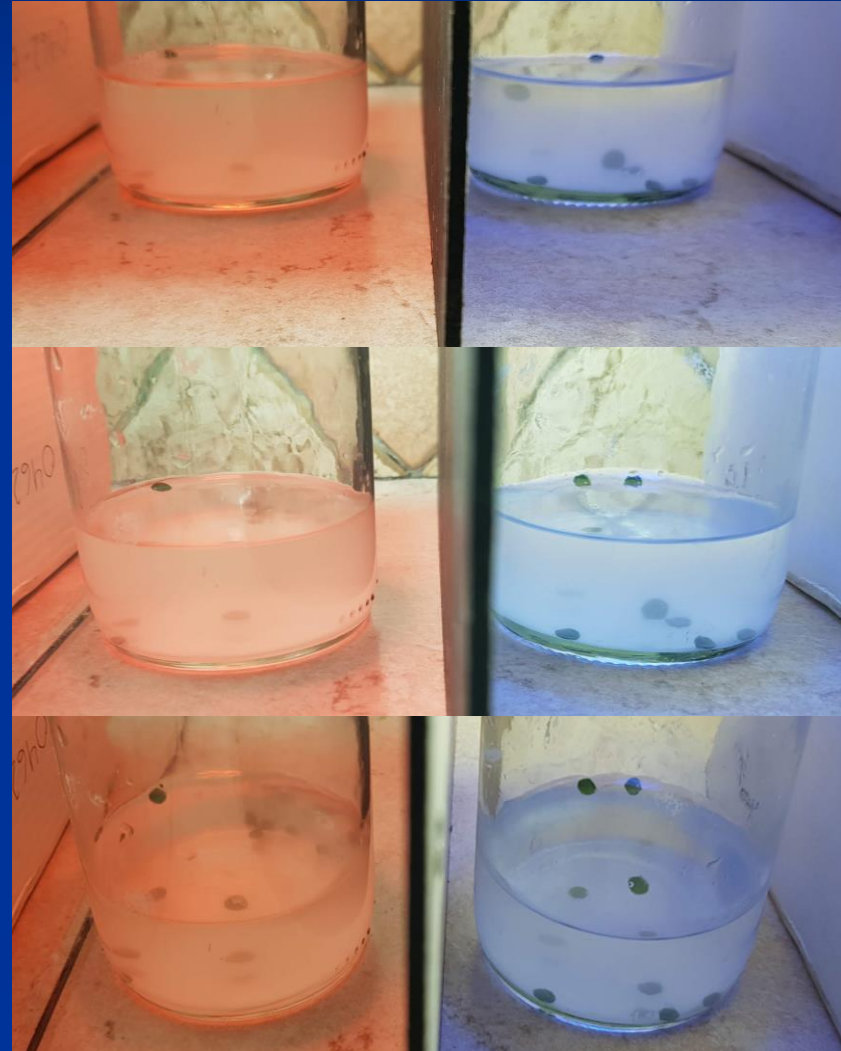
เปิดไฟ และจับเวลาที่แผ่นใบไม้เริ่มลอยขึ้น

นี่จะเป็นวิธีวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาการ  
สังเคราะห์แสงโดยอ้อม



# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง

รอประมาณ 5 นาที ให้ใบไม้  
เริ่มลอยตัวขึ้น (ขึ้นอยู่กับ  
หลอดไฟและระยะห่าง)



# กิจกรรมที่ 8: การผลิตออกซิเจนในกระบวนการ สังเคราะห์แสง

แผ่นใบไม้จะเริ่มลอยตัวเมื่อพวกมันผลิตออกซิเจนออกมาในรูปของฟองอากาศ  
ซึ่งจะทำให้ใบไม้ลอยขึ้น

เวลาที่ใช้นั้นจะแตกต่างกันไปตามสีของแสงที่ตกกระทบ สีฟ้าจะเกิดปฏิกิริยา  
สังเคราะห์แสงในอัตราที่เร็วกว่า (เนื่องจากเป็นแสงสีที่มีพลังงานมากกว่า)



# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

ยีสต์ (รา) จะเปลี่ยนน้ำตาล (กลูโคส) ไปเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์

กระบวนการหมักเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานที่ต่ำ ในขณะที่การหายใจนั้นเป็นกระบวนการที่ให้พลังงานสูง และเกิดขึ้นใหม่กว่ามากในเชิงวิวัฒนาการ



# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสถานะแวดล้อมสุดขั้ว

ถ้ามีการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น เราจะ  
ทราบได้ว่ามีกระบวนการหมักเกิดขึ้น และจะ  
เป็นการทดสอบความเป็นไปได้ของชีวิต

ในการทดลองของเรา เราจะเริ่มจากผลิตผลทาง  
การเกษตรที่มีน้ำ





# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

เราจะใช้:

ยีสต์ (สำหรับทำขนมปัง) 1 ซ้อนโต๊ะ ยีสต์เป็นจุลินทรีย์มีชีวิตที่หาได้ค่อนข้างง่าย

น้ำอุ่น 1 แก้ว (เกินครึ่งแก้วมานิดหนึ่ง อุณหภูมิระหว่าง  $22^{\circ}$  ถึง  $27^{\circ}$  C)

น้ำตาล 1 ซ้อนโต๊ะ ที่จุลินทรีย์สามารถบริโภคได้

กระบวนการเดียวกันในชุดทดลองควบคุม และชุดทดลองอื่นภายใต้สภาวะแวดล้อมสุดขั้ว



# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

ชุดทดลองควบคุม:

ละลายยีสต์และน้ำตาลในน้ำอุ่น จากนั้นรีบนำ  
ส่วนผสมไปใส่ลงในถุงพลาสติก เอาอากาศ  
ในถุงออก และปิดถุง

ควรระวังไม่ให้มีอากาศหลงเหลืออยู่ในถุง



# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

## ชุดทดลองควบคุม

หลังจากเวลาผ่านไป 15-20 นาที จะเริ่มเห็นฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน  
ถุงที่เริ่มบวมออก คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าจุลินทรีย์ยังคง  
ดำรงชีวิตอยู่



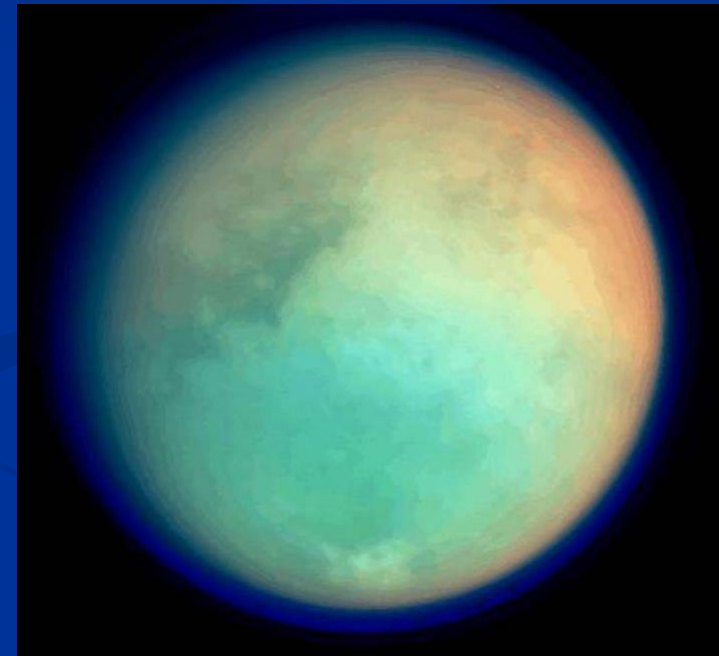
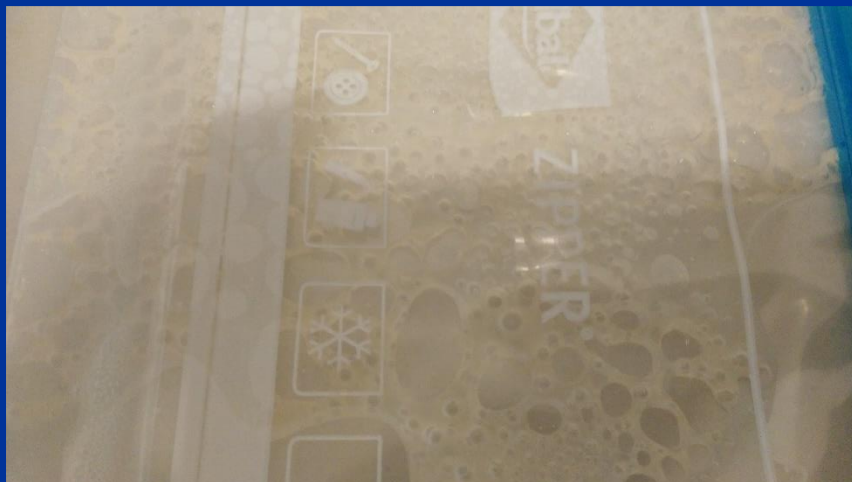
# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

การทดลองบน “ดาวเคราะห์ต่าง” (เช่น เนปจูนหรือไททัน พร้อมแอมโมเนีย): ทำการทดลองซ้ำอีกรอบโดยใช้โซเดียมไปคาร์บอเนตหรือแอมโมเนียลงไป

สเกล pH แสดงความเป็นด่าง:

โซเดียมไปคาร์บอเนต หรือเบกกิ้งโซดา: pH 8.4

แอมโมเนียใช้ในบ้าน: pH 11



Titan, Credit NASA

ถ้ามีฟองอากาศปุดขึ้น แสดงว่ามีสิ่งมีชีวิต



# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

การทดลองบน “ดาวเคราะห์เกลือ” (เช่น ดาวอังคาร หรือแกนีมีด)

ทำการทดลองซ้ำ โดยละลายโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) ลงในน้ำ



Ganimede, Credit NASA

ถ้ามีฟองอากาศปุดขึ้น แสดงว่ามีสิ่งมีชีวิต





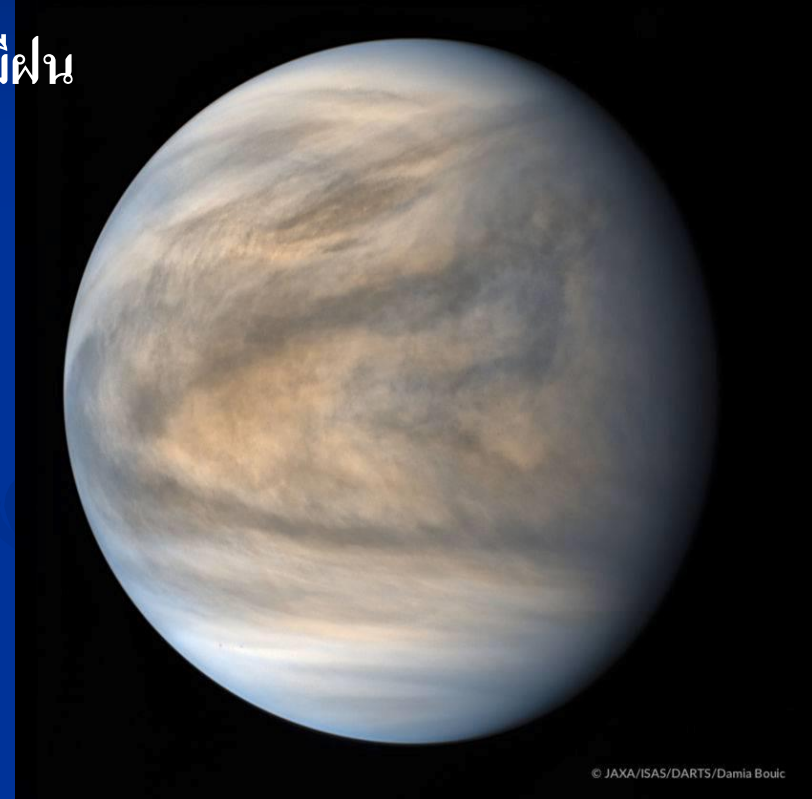
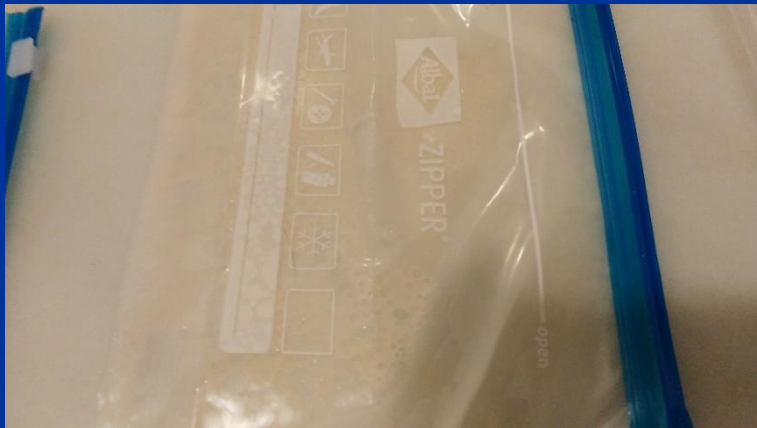
# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

การทดลองบน “ดาวเคราะห์กรด” (เช่น ดาวศุกร์ที่มีฝนตกเป็นกรดกำมะถัน): ทำการทดลองซ้ำ โดยละลายน้ำส้มสายชู หรือน้ำมะนาวลงในน้ำเลี้ยงเชื้อ

สเกล pH แสดงความเป็นกรด:

น้ำส้มสายชู: pH 2.9

น้ำมะนาว: pH 2.3



© JAXA/ISAS/DARTS/Damia Bouic

Venus, Credit NASA

ถ้ามีฟองอากาศปุดขึ้น แสดงว่ามีสิ่งมีชีวิต

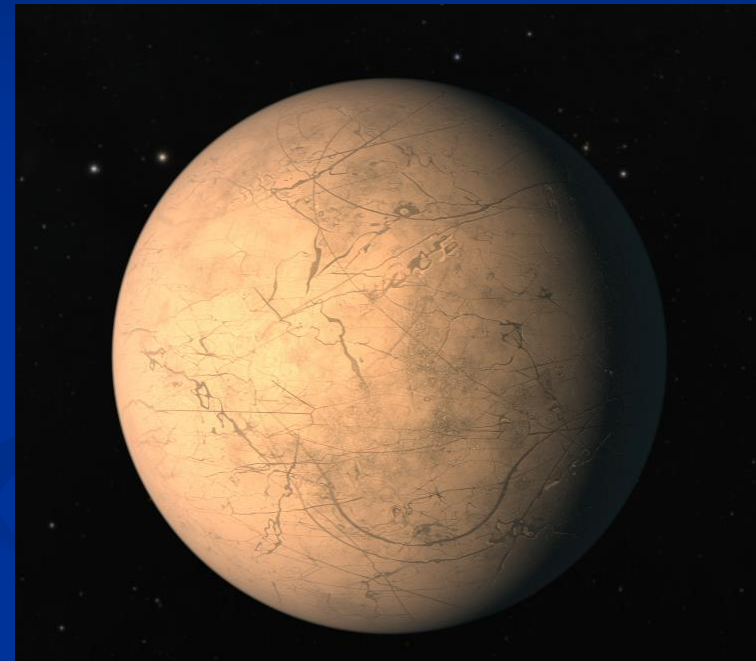
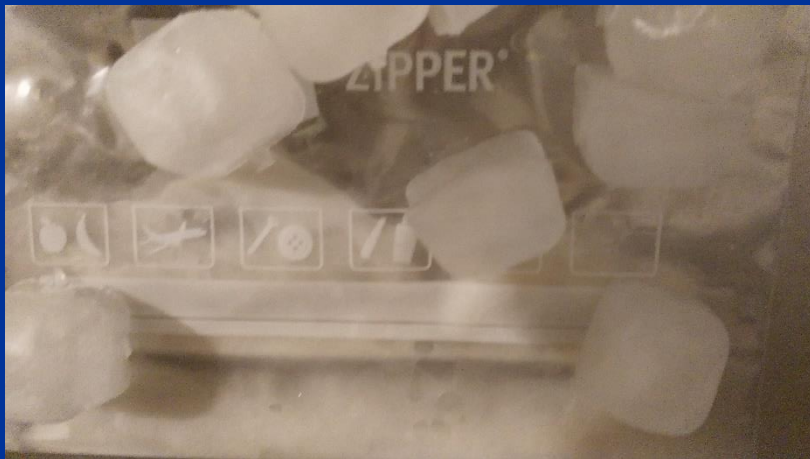




# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

การทดลองบน “ดาวเคราะห์น้ำแข็ง” (เช่น บนดาว  
ยูโรปา หรือ แทรปพิส-1h)

นำถุงแช่ลงในภาชนะที่เต็มไปด้วยน้ำแข็ง หรือแช่ในช่องแข็ง



Trappist 1h Artist's impression

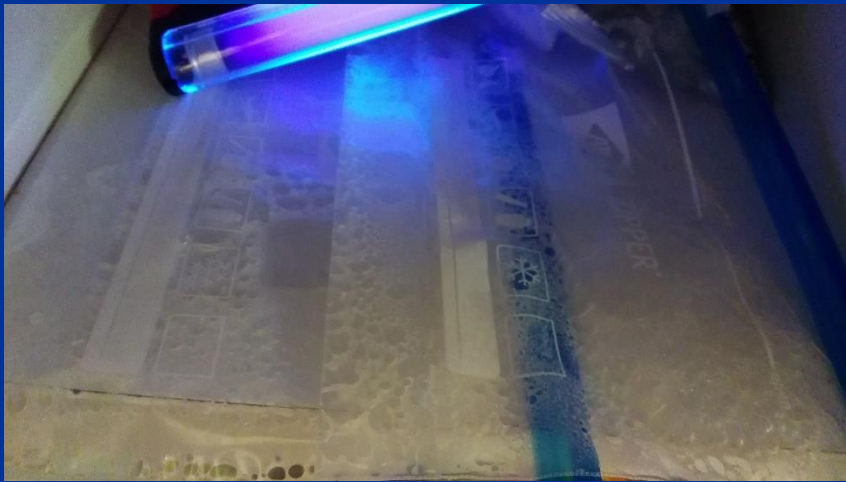
ถ้าไม่มีฟองอากาศพุ่งขึ้น แสดงว่าไม่มีสิ่งมีชีวิต



# กิจกรรมที่ 9: ชีวิตในสภาวะแวดล้อมสุดขั้ว

การทดลองบน “ดาวเคราะห์ที่มี UV” (เช่น ดาวอังคาร)

ทำการทดลองโดยเอาถุงไปวางไว้ได้แสง UV



Marte, Credit iStock

ถ้าไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น แสดงว่าไม่มีสิ่งมีชีวิต



# กิจกรรมที่ 10: ตามหาโลกใบที่สอง

ทุกวันนี้ โลกเป็นดาวเคราะห์เพียงดวงเดียวที่เราทราบว่ามียังมีชีวิตอยู่ หากเราลองพิจารณาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดูบ้าง คิดว่าปัจจัยในข้อใด น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด?

- รัศมีและมวล
- แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต
- ดาวฤกษ์



# รัศมีและมวล (ดาวเคราะห์นอกระบบ)

รัศมีและมวลของดาวเคราะห์นั้นจะต้องนำมาพิจารณาเพื่อประมาณถึงความหนาแน่นที่พอเหมาะ

จากเงื่อนไขของภารกิจเคพลอร์:

ดาวเคราะห์ขนาดโลกจะต้องมีรัศมีเล็กกว่า 2 เท่าของโลก

$$R < 2R_e$$

ขอบเขตบนของดาวเคราะห์หินขนาดยักษ์อยู่ที่ มวลตั้งแต่ 10 เท่าของโลกขึ้นไป

# แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต

ดาวในลำดับหลักนั้นมีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่าง  
ความสว่างและอุณหภูมิ ยิ่งดาวร้อนเท่าใด ดาวก็ยิ่ง  
สว่างเท่านั้น และแถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตก็จะถอยห่าง  
ออกไป

Spectral Type	Temperature K	Habitability Zone AU
O6V	41 000	450-900
B5V	15 400	20-40
A5V	8 200	2.6-5.2
F5V	6 400	1.3-2.5
G5V	5 800	0.7-1.4
K5V	4 400	0.3-0.5
M5V	3 200	0.07-0.15



# มวลของดาวฤกษ์

วัฏจักรชีวิตของดาวฤกษ์นั้นขึ้นอยู่กับมวลของมัน พลังงานที่ดาวฤกษ์สามารถนำไปใช้จากปฏิกิริยาฟิวชั่นของไฮโดรเจนนั้นแปรผันตาม และเวลาที่ดาวฤกษ์จะอยู่ในลำดับหลักนั้นสามารถหาได้จากการหารด้วยกำลังส่องสว่างของดาว ถ้าเราใช้ดวงอาทิตย์เป็นดาวอ้างอิง เราจะพบว่าอายุขัยของดาวฤกษ์ในช่วงลำดับหลักจะหาได้จาก

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(L^*/L_s)$$

สำหรับดาวในลำดับหลัก กำลังส่องสว่างจะแปรผันกับมวลตาม  $L \propto M^{3.5}$

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(M^{*3.5}/M_s^{3.5}) = (M^*/M_s)^{-2.5}$$

$$t^*/t_s = (M_s/M^*)^{2.5}$$



## มวลของดาวฤกษ์

เนื่องจากดวงอาทิตย์มีอายุขัย  $t_s = 10^{10}$  years, อายุขัยของดาวฤกษ์ใดๆ จะเท่ากับ:

$$t^* \sim 10^{10} \cdot (M_s / M^*)^{2.5} \text{ years}$$

เรามาลองคำนวณขอบเขตบนของมวลดาวฤกษ์ ที่จะทำให้ผู้อยู่อาศัยในระบบดาวมีเวลาเพียงพอที่จะวิวัฒนาการไปเป็นสิ่งมีชีวิต โดยกำหนดให้ดาวจะต้องอยู่ในช่วงลำดับหลักไม่น้อยกว่า  $3 \times 10^9$  ปี:

$$M^* = (10^{-10} \times t)^{-0.4} M_s$$

$$M^* = (10^{-10} \times 3\,000\,000\,000)^{-0.4} M_s$$

$$M^* = < 1.6 M_s$$

# ตามหาโลกใบที่สอง

Exoplanet Name	Mass in masses of Earth	Radius in Earth radii	Distance to star in AU	Star Mass in masses of the Sun	Star Spectral Type/surface temperature
Beta Pic b	4100	18.5	11.8	1.73	A6V
HD 209458 b	219.00	15.10	0.05	1.10	G0V
HR8799 b	2226	14.20	68.0	1.56	A5V
<b>Kepler-452 b</b>	<b>unknown</b>	<b>1.59</b>	<b>1.05</b>	<b>1.04</b>	<b>G2V</b>
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
<b>Luyten b</b>	<b>2.19</b>	<b>unknown</b>	<b>0.09</b>	<b>0.29</b>	<b>M3.5V</b>
Tau Cet c	3.11	unknown	0.20	0.78	G8.5V
TOI 163 b	387	16.34	0.06	1.43	F
Trappist-1 b	0.86	1.09	0.01	0.08	M8
TW Hya d <small>(yet unconfirmed)</small>	4	unknown	24	0.7	K8V
HD 10613 b	12.60	2.39	0.09	1.07	F5V
<b>Kepler-138c</b>	<b>1.97</b>	<b>1.20</b>	<b>0.09</b>	<b>0.57</b>	<b>M1V</b>
Kepler-62f	2.80	1.41	0.72	0.69	K2V
Proxima Centauri b	1.30	1.10	0.05	0.12	M5V
HD 10613 b	12.60	2.39	0.09	1.07	F5V

# ตามหาโลกใบที่สอง

Exoplanet Name	Mass in masses of Earth	Radius in Earth radii	Distance to star in AU	Star Mass in masses of the Sun	Star Spectral Type/surface temperature
Beta Pic b	4100	48.5	41.8	4.73	A6V
HD 209458 b	219.00	45.10	0.05	1.10	G0V
HR8799 b	2226	44.20	68.0	1.56	A5V
Kepler-452 b	<b>unknown</b>	<b>1.59</b>	<b>1.05</b>	<b>1.04</b>	<b>G2V</b>
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	<b>2.19</b>	<b>unknown</b>	<b>0.09</b>	<b>0.29</b>	<b>M3.5V</b>
Tau Cet c	3.11	unknown	0.20	0.78	G8.5V
TOI 163 b	387	46.34	0.06	1.43	F
Trappist-1 b	0.86	1.09	0.01	0.08	M8
TW Hya d <small>(yet unconfirmed)</small>	4	unknown	24	0.7	K8V
HD 10613 b	42.60	2.39	0.09	1.07	F5V
Kepler-138c	<b>1.97</b>	<b>1.20</b>	<b>0.09</b>	<b>0.57</b>	<b>M1V</b>
Kepler-62f	2.80	1.41	0.72	0.69	K2V
Proxima Centauri b	1.30	1.10	0.05	0.12	M5V
HD 10613 b	42.60	2.39	0.09	1.07	F5V

# สรุป

- เข้าใจหลักการของบริเวณที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต
- แนะนำเข้าสู่เนื้อหาของชีวดาราศาสตร์
- แสดงให้เห็นว่าออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์นั้นถูกผลิตขึ้นมาได้อย่างไร
- เราจะหาโลกใบที่สองได้อย่างไร

**ขอบคุณที่รับฟัง!**

