

è Â ċ š Ö Þ ë¼ è Õ½ è Â

ù æ Þ í ã í å Đ Þ š

**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*



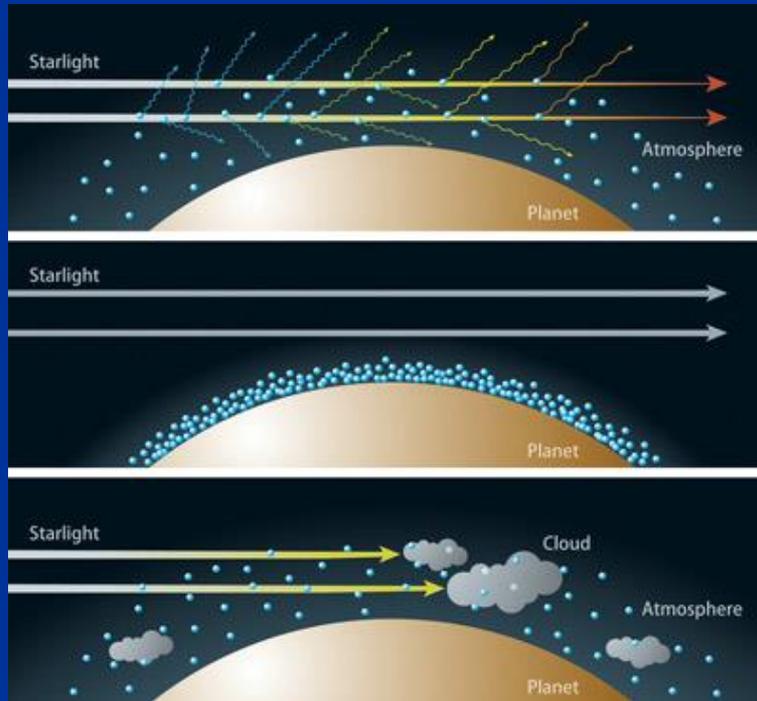
Ãä ÖPëå Â¿ř

- เข้าใจที่มาของธาตุต่างๆ ในตารางธาตุ
- เข้าใจสภาวะที่เอื้อต่อการดำรงอยู่ของชีวิต
- เข้าใจถึงตัวบ่งชี้เบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ของสิ่งมีชีวิตนอกโลก



การสังเกตการณ์ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ

ในช่วงกำเนิดดวงดาว ระบบดาวเคราะห์ก็ถือกำเนิดขึ้นมาพร้อมๆ กันจากมวลสารที่อยู่รอบๆ ดาวฤกษ์ เราสามารถใช้สเปกโตรสโคปีในการหาค่าประกอบของดาวฤกษ์ และชั้นบรรยากาศของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะได้



¼ĩÃ ¼ P P Ü Ò 1: ¼ÿ÷Ôïï P ëÕÕï í â÷; P í ëæšÃí ¼ 0 0
ø à ëø ¼

แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม: หญิง (แก๊ส) และ ชาย (ฝุ่น) (ถ้าหากว่ามีจำนวนผู้เข้าร่วม
ที่ต่างกันมากระหว่างสองกลุ่ม ให้กลุ่มที่ใหญ่กว่าเป็นแก๊ส เนื่องจากในกำเนิดระบบดาว
เคราะห์นั้น มีมวลของแก๊สมากกว่าฝุ่นถึงกว่า 100 เท่า)

ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแสดงกิจกรรมประกอบไปกับเนื้อเรื่อง เช่น:



¼iĩ ¼ P P Ü Ò 1: ¼ÿ÷Ôiĩ P ëÕÕĩ í â÷; P í ëæšÃí ¼ OÿÔ

ø à ëø ¼

÷Ôè ÷Pè Â:

¼í Pø à Ĩ Â½ è Â×ø à Ĩ Â:

¼í à ; PÂæ ÔĤÔ í Ô
 Ü í ø àø Ü¼ àÿÜ ¼øÔ
 ÷Ü Á Ò ¼ĩ Ĩ í ¼ø ¼
 ø à ëø

ทุกคนรวมตัวกันเป็นกลุ่มก่อนเมฆ มีผู้แสดงที่รับบท
 เป็นแก๊สในจำนวนที่มากกว่า ผู้แสดงทุกคนจับมือกัน
 โดยสุมในก่อนเมฆ ก่อให้เกิดเป็นเครือข่าย

Ãí ¼ ÔiÔ ¼ àÿÜ ø ¼ Ĩ Ã
 ÷Pÿ P â Ü Ðiâ ¼Ôú Ô
 Õ Pÿ-â Í ¼Ĥ¼ à í Â ø à ë
 OÿÔ P â Ü Ðiâ ¼iÔ P è Öý

ผู้แสดงเริ่มที่จะแยกออกจากกัน ผู้ที่รับบทเป็นแก๊ส
 ค่อยๆ รวมตัวกันในบริเวณกึ่งกลาง และผู้ที่รับบทเป็น
 ฝุ่นจับมือกันรอบๆ





¼ĩÃ ¼ P P Ü Òñ 1: ¼ÿ÷Ôiï
P ëÕÕİ í â÷ç P í ëæšÃí ¼
ØŷÔ ø à ëø ¼œ



¼iÃ ¼ P P Ü Ò 1: ¼ÿ÷Ôiİ P ëÕÕİ í â÷; P í ëæšÃí ¼ OÿÔ

ø à ëø ¼

÷Ôè ÷Pè Â:

¼í Pø à İ Â½ è Â×ø à İ Â:

ÕPřâ Í ¼¼¼¼ à í ÂÔç,è åÿâ Ô Ò
Ãë¼¼ à í Ýû Ö÷ÖÏ İ â Âè í ÒiD Ýš
æ Pè İ í â ß ¼ äš½ è ÂPëÕÕ
åóPİÝ ëèÓú Ô Òóí

ดาวฤกษ์ค่อยๆ ส่องสว่าง และฉายแสงไปในทุกทิศทาง
คำอธิบาย: ทันทีที่ดาวฤกษ์ส่องสว่าง แก๊สที่ลอยอยู่โคจรๆ จะ
เริ่มถูกเป่าออกไป

İ í â÷; P í ëæšİ â Â÷ap¼ý **เริ่ม**
Ñè ¼ÿ÷Ôiİ ½ñÔ Ãí ¼¼¼¼ àÿÜ
¼EÔ OÿÔ Òâ â Ü Diâ ¼iÔú æ Èÿ
½ñÔ Ã Ô ¼¼¼¼ à í Ý÷ÖÏ ¼EÔ æiÔ
ø à ëİ í â÷; P í ëæšæiÔú Ö ú Ô
Òóí

ผู้แสดงที่เล่นเป็นฝุ่น ค่อยๆ รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนแทนดาว
เคราะห์หิน
คำอธิบาย: ฝุ่นจะไม่ได้รวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์หินทั้งหมด
ยังมีฝุ่นบางส่วนหลงเหลืออยู่ในบริเวณที่ไกลออกไป



¼iÃ ¼ P P Ü Ò 1: ¼ÿ÷Ôiï P ëÕÕï í â÷; P í ëæšÃí ¼ OÿÔ

ø à ëø ¼

÷Ôè ÷Pè Â:

¼í Pø à ï Â½ è Â×ø à ï Â:

ï í â÷; P í ëæš¼ äš Ñè
¼ÿ÷Ôiï ½ñÔú ¼à è è ¼ú Ö ú Ô
ÕP÷â Í ÒèÿÂû ¼à Ãí ¼
; â í Ü PÖÔ Ãí ¼ï í â ß ¼ äš
ÆÂø ¼ à í Ü í PÑ P â Ü Diâ
¼Ôú ïï ÿü ÿü è è Ü
½ï ½ â í Â

ผู้แสดงที่เหลื่อทั้งฝุ่นและแก๊สจำนวนมากรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ยักษ์
คำอธิบาย: อุณหภูมิที่แตกต่างกันสืบเนื่องมาจากระยะห่างที่ไกลออกไปจากดาวฤกษ์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดดาวเคราะห์หินและดาวยักษ์แก๊ส





1/4iÃ 1/4 P P Ü Òñ 1: 1/4ÿ÷Ôiï
P ëÕÕİ í â÷ç P í ëæšÃí 1/4
ØÿÔ ø à ëø 1/4œ



สเปกโทรสโกปีช่วยให้เราทราบข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของดาวเคราะห์นอกระบบและชั้นบรรยากาศ เราสามารถเห็นภาพสเปกตรัมของหลอดไฟด้วยดีวีดี (เราเห็นเส้นของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายใน)

สเปกโทรสโกปีช่วยให้เราทราบข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของดาวเคราะห์นอกระบบและชั้นบรรยากาศ เราสามารถเห็นภาพสเปกตรัมของหลอดไฟด้วยดีวีดี (เราเห็นเส้นของก๊าซที่บรรจุอยู่ภายใน)



¼ĩÃ ¼P P Ü Òñ 3: ¼í P ãÿ ø Ô ¼Óí Đú Ô Đ í P í ÂÓí Đó

<p>ø æ á Ô :</p> <p>Ò è Á¿ÿ Au</p>	<p>æíá á áÿ Ô Òñ¼÷¿ àòè Ô</p> <p>ĩÃ Ý :</p> <p>û Ò ÷Ò ÷Òÿ Ü Ti</p>	<p>ø ¼ũ ú Ô àò¼ũ ÖÿÁ á P P ¿š:</p> <p>éø÷àðÝ Ü He</p>	<p>Ø è Ý¼áĩ æ ÜÆ :</p> <p>Ô÷¿rà Ni</p>
<p>ø Ô Đ Üð Ñð æ Pð Ñÿí Ô</p> <p>¼P è İóÜ :</p> <p>ãĩ÷Óÿ Ü Li</p>	<p>æíá ÷Òÿ Ô P Ñ Ý Ô Đø</p> <p>Ò è Á¿ÿ ½ í á Pt</p>	<p>á í Ýá Ü Ò è Áø Í Á:</p> <p>Ò è Áø Í Á Cu</p>	<p>á í P á æ á í Ýø è è İò :</p> <p>á è è İò I</p>
<p>Ôÿ ½ á İ H₂O:</p> <p>û é ú İ P ÷Ã Ô H</p>	<p>æ ÜÆ æ Á ½Æ á :</p> <p>è æ àòÜĩ÷Òÿ Ü Al</p>	<p>û á Ñ Ö Ô á è İÿ :</p> <p>ø ¼P ù Ú Đø C</p>	<p>¼ÿ Ü è Ñ İ Ô áÿ æ P İ</p> <p>¼ í P ÷¼á Đ P :</p> <p>¼ÿ Ü è Ñ İ Ô S</p>
<p>¼P è ÖŠ Â Ôÿ è İ á Ü :</p> <p>è æ àòÜĩ÷Òÿ Ü Al</p>	<p>Ô í ç í ¼ í ½Æ Üð</p> <p>û Ò ÷Ò ÷Òÿ Ü Ti</p>	<p>÷æ P ÿ È ÷Ã Ô :</p> <p>÷Ã Ô Ag</p>	<p>Øø :</p> <p>Đ è ¼ã Pb</p>
<p>¼Ô ÷æ á í İ Ô á è :</p> <p>æ Á ¿ P Á Zn</p>	<p>Đ è Öø ¼ÿ :</p> <p>÷æ ÷¼ Fe</p>	<p>÷Ò è P Ñ Ü Ü ÷Đ è Đø</p> <p>ø ¼á ÷áÿ Ü Ga</p>	<p>û ÜÆ ð ù Ú :</p> <p>Ú è á Ú è P ã P</p>



Óí Đ Òñ¼ × äĩ Đ ½ ñ Ó ú Ô Ô í Òø P ¼ æ à Ì Á Ò ¼ ø Ò Á
(áðÜÆ)

ธาตุที่ถูกผลิตขึ้นภายในใจกลางของดาวฤกษ์ (áø æ àòè Á)

Óí Đ Òñ¼ × äĩ Đ ½ ñ Ó ú Ô ¼ í P P è ÷ Ö ÿ Æ è Ö è P Ñ İ



¼iÃ ¼ P P Ü Òñ 4: àô¼ æ à í Ô ½ è Âï â Âï í â

è ÂçšÖ P ë¼ è Õ ½ è ÂPÿ Â¼í Ý Ü Ôã Ýš

Ó í ÐóÒñ Õ Ü í ¼ : è è ¼ Æř-Ã Ô , ç í Pš è Ô , û é ù İ P ÷ Ã Ô , û Ô ù Ð P ÷ Ã Ô ,

ø ç à ÷ ÆŸ Ü , Ú è å Ú è Ðiå , ù Ü ø Ò å ÷ ÆŸ Ü , ¼Ÿ Ü è ÑiÔ , ÷ æ à ð¼ ,

ù Æ ÷ İ ð Ý Ü , ç à è PÔ , ø à è ø Ü ¼ Ô ð ÆŸ Ü .

Ó í ÐóÒñ Õ Ü Ý ð Ü ð Ý Â ÷ à ð¼ Ô Æ Ý : Ú à è è PÔ ,

âi Â¼ è å ð , Ò è Â o İ Â , Æïi¼ è Ô , â í Ô í

÷ İ ð Ý Ü , ø Ü Â¼ í Ô ã , û è ù è İ ð Ô , Ô ð ç i à ,

ù Ü äř Ò İ ð i Ü , ù ç P ÷ Ü Ÿ Ü ø à è ù ç Ô è å ð

Ó í ÐóÒñ Æ Ÿ ÷ Ö ð : äř-ÓŸ Ü , ø ç İ ÷ Ü ð Ý Ü ,

â í P æ Ô è and İ ð ð¼ .

1												2					
H															He		
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	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		72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88		104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

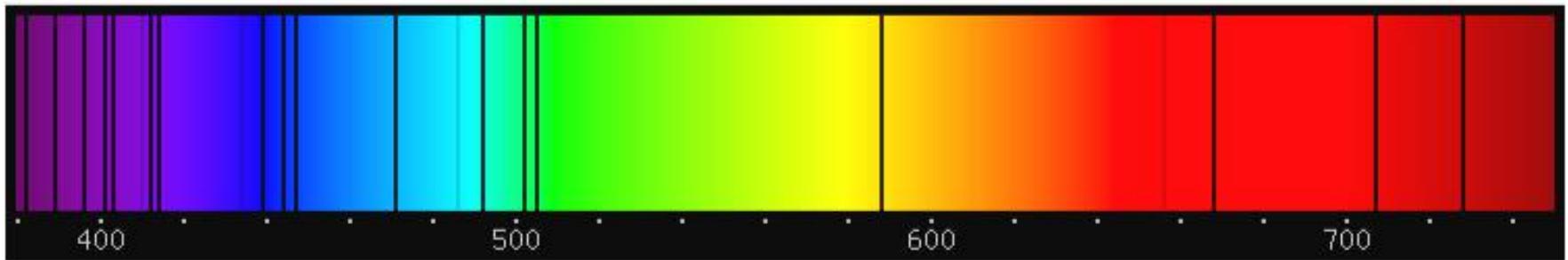
Ó í ÐóÒñ Õ Ü í ¼ ÒiÂæ Ü İ (Ý¼ ÷ âÔ H) Ññ¼ × ài Ð ½ñÔ Æ í ¼ Ü í Ýú Ô

ø ¼ Ô ¼ à í Â½ è Âï í â ð ¼ äš

÷ P í Òó¼ ç Ô ç è è àô¼ æ à í Ô ½ è Âï â Âï í â ! 

İ â Â è í Ò ï Ð Ý š ů Ü ŷ Å ÿ Ĩ í â ß ¼ ä š Þ Œ ø Þ ¼

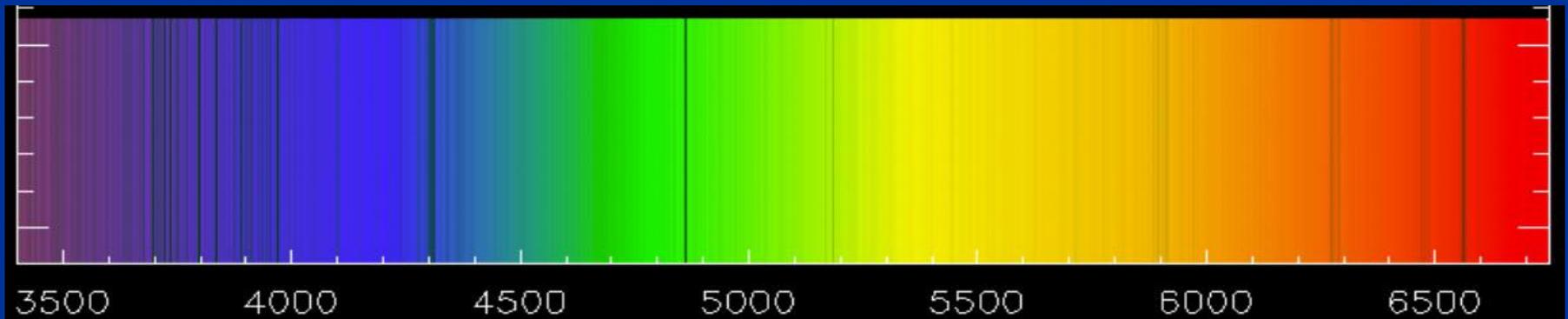
ดาวฤกษ์รุ่นแรกนั้น มีชีวิตอยู่และดับไปอย่างรวดเร็ว จึงไม่สามารถอยู่รอดจนถึงทุกวันนี้ได้ จะปรากฏแต่เพียงแถบการดูดกลืนของสเปกตรัมไฮโดรเจน ฮีเลียม และอาจจะลิเทียมเพียงเท่านั้น



ภาพจำลองสเปกตรัมของดาวฤกษ์รุ่นแรก

İ â Âè í ÒiĐ Ýşü Üÿü Åÿİ í â ß ¼ äš PÖ ø P ¼

ดาวฤกษ์ที่มีธาตุมากกว่าย่อมหมายความว่าเมฆที่ก่อกำเนิดพวกมันนั้นจะต้องมาจากซากที่เหลืออยู่ของซูเปอร์โนวา



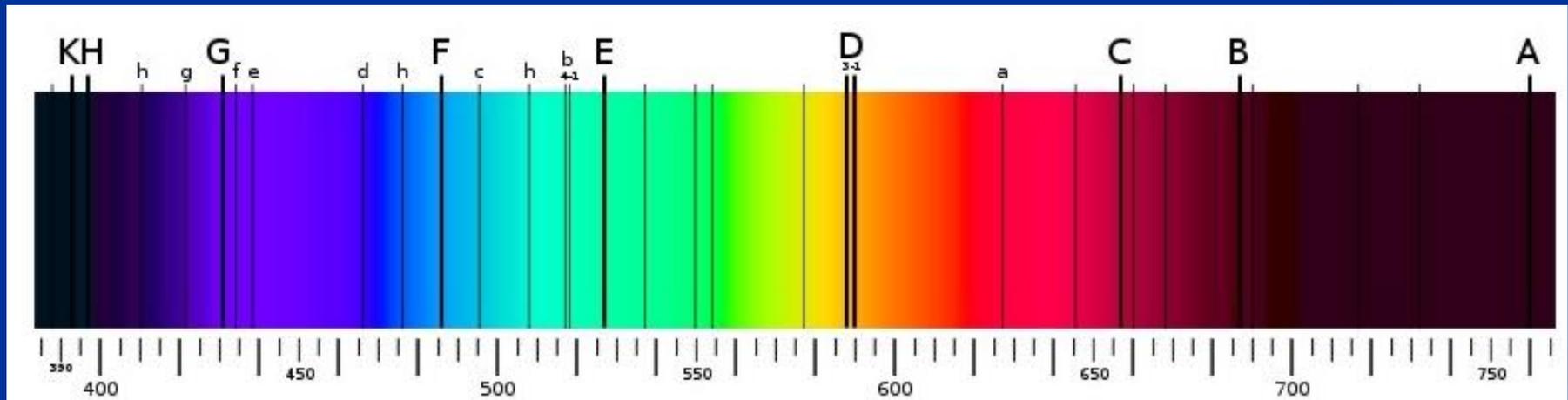
เส้นสเปกตรัมของดาวฤกษ์รุ่นที่สอง

SMSS J031300.36-670839.3 with Hydrogen and Carbon lines



İ â Âè í ÒiĐ Ýřü Üÿü Åÿİ í â ß ¼ äř PÖ ø P ¼

ระบบสุริยะนั้นมีธาตุเป็นจำนวนมากที่พบได้เฉพาะในการระเบิดของซูเปอร์โนวา
ดังนั้นดวงอาทิตย์น่าจะมาจากเมฆก่อกำเนิดที่มาจากซากของซูเปอร์โนวาอย่าง
น้อยสองซูเปอร์โนวา ดังนั้นดวงอาทิตย์จึงเป็นดาวฤกษ์ในรุ่นที่สาม

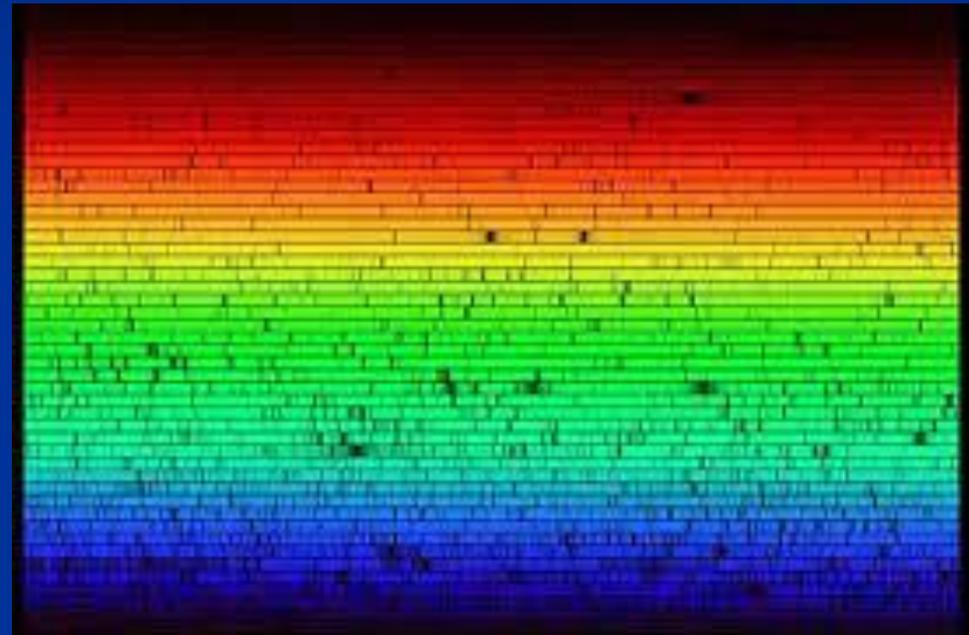


สเปกตรัมของดวงอาทิตย์พร้อมทั้งแถบการดูดกลืน



¼iÃ ¼ P P Ü 5: ÷ǎŒ ÷Ú P í Ôšù é ÷Ú è Pš½ è Âï â Â
è í ÒiĐ Ýř

สเปกตรัมของดวงอาทิตย์มีความ
ต่อเนื่อง โดยมีเส้นสีเข้มที่เรียกว่าเส้นเฟ
ราน์โฮเฟอร์ ซึ่งสอดคล้องกับ
องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในชั้น
บรรยากาศ

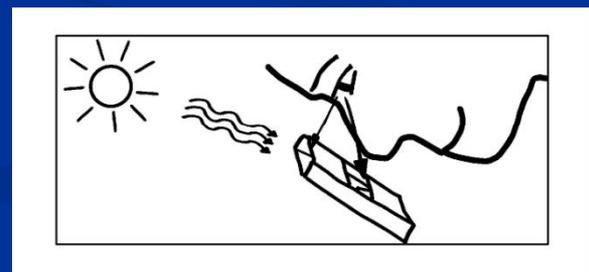
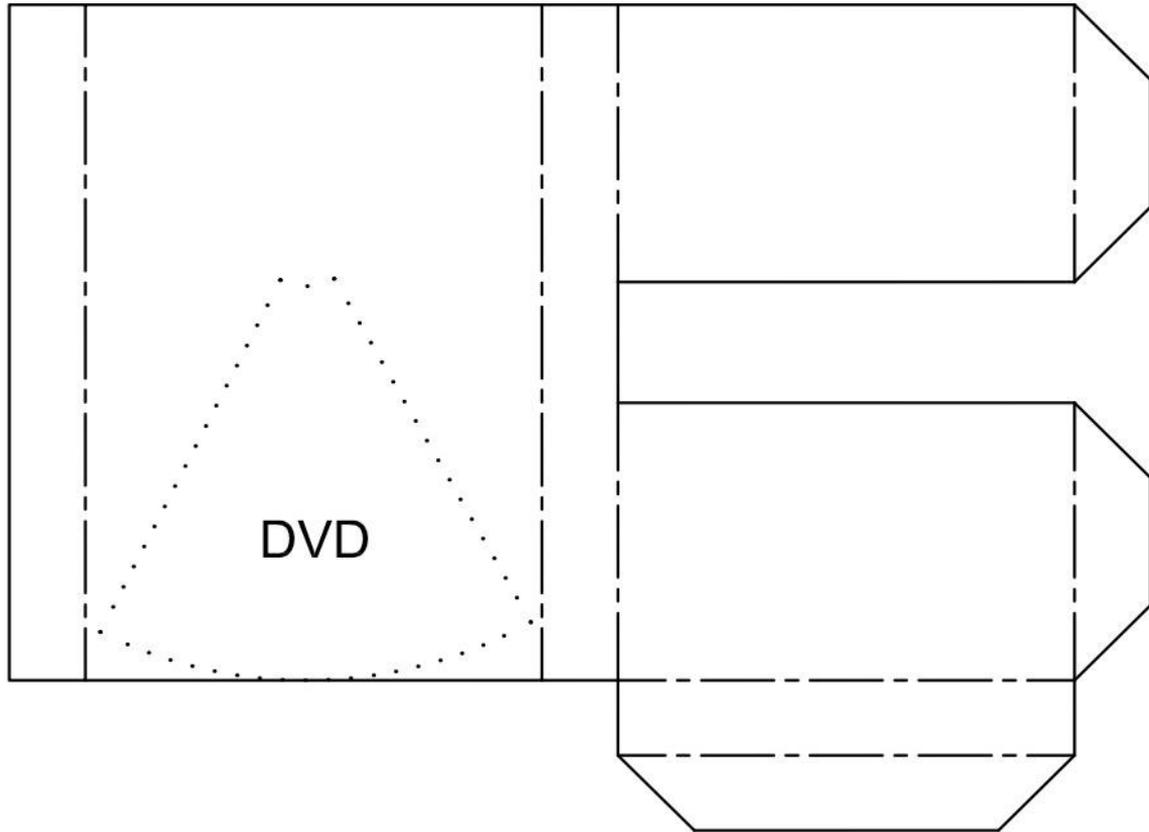


สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในแผ่น
DVD แบบสะท้อนแสงแคด มีการ
สังเกตเส้น Fe หลายเส้น, Mg
triplet (สีเขียว), Na doublet
(สีเหลือง)

¼ĩÃ ¼ P P Ü 5: ÷ǎœ ÷Ú P í Ôşù é ÷Ú è Pş½ è Âĩ â Â

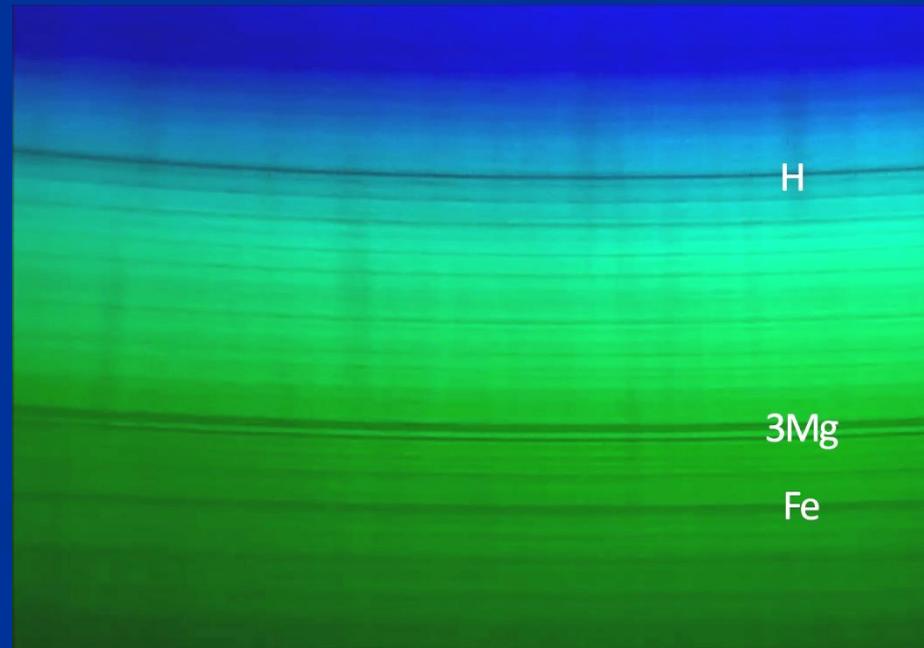
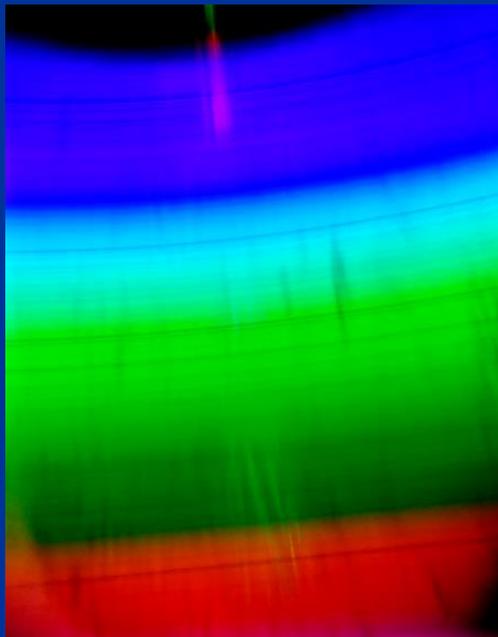
è í ÒiĐ Ýř

ตัดแม่แบบออก ตัดกาบ 1/8 ของคิ้วคิ้ว แล้วประกอบกล่องโดยให้คิ้ว
คืออยู่ข้างใน พับตามเส้นประ.

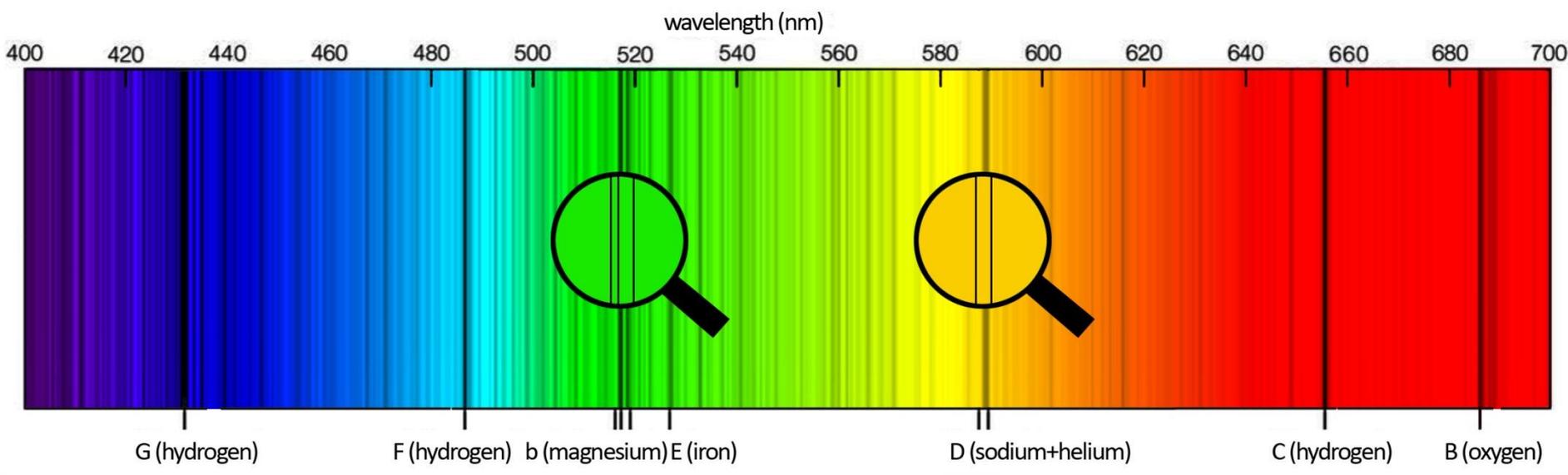


¼ĩÃ ¼ P P Ü 5: ÷ǎœ÷Ú P í Ôšù é ÷Ú è P½ è Âĩ â Â
è í ÒiĐ Ýř

นำหน้าของคุณเข้าใกล้กล่องมากขึ้น โดยมองไปที่เงาสะท้อนเสมอ ซึ่งจะ
ปรากฏกว้างขึ้น เมื่อตาของคุณแทบจะสัมผัสหน้าตาต่าง คุณจะเห็นเส้นสีดำ
บางๆ คมชัดในบริเวณสี เป็นเส้นสเปกตรัมขององค์ประกอบทางเคมีที่อยู่
ในดวงอาทิตย์



¼ĩÃ ¼ P P Ü 5: ÷ãœ÷Ú P í Ôšù é ÷Ú è P½ è Âĩ â Â
 è í ÒiĐ Ýš

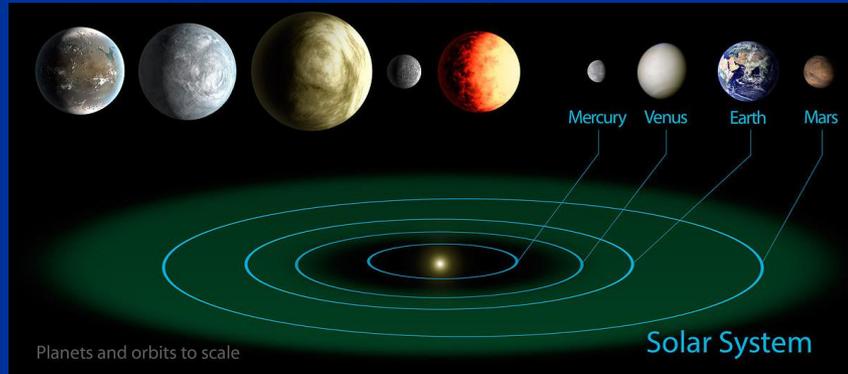


มีให้เห็นหลายบรรทัดบางเส้นรุนแรงกว่าเส้นอื่น แถบหลักที่เห็นเป็นสีน้ำเงินนั้นมาจากไฮโดรเจน ในสีเขียวคุณสามรถเห็นแถบสามแถบที่ใกล้เคียงกันมากซึ่งก็คือแถบแฝดของแมกนีเซียม และอีกแถบที่แยกจากกันซึ่งมาจากเหล็ก ในส่วนสีเหลือง คุณจะเห็นแถบสองแถบซึ่งมาจากฮีเลียมและโซเดียม ในส่วนสีแดง คุณจะเห็นไฮโดรเจนที่มีความเข้มข้น

ระยะห่างในวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต

นั้นเป็นเงื่อนไขที่สำคัญ, แต่ไม่เพียงพอต่อการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิต

ตัวอย่าง: ดาวศุกร์ และดาวอังคาร



ที่จะทำให้

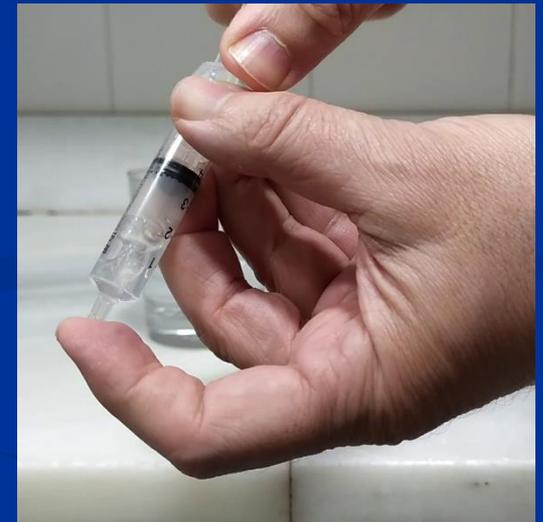
มีแรงโน้มถ่วงเพียงพอที่จะดึงดูดชั้นบรรยากาศเอาไว้ด้วย

นี่เป็นเหตุผลหลักว่าทำไมดาวอังคารจึงไม่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิตในทุกวันนี้ เนื่องจากมันสูญเสียชั้นบรรยากาศและน้ำบนพื้นผิวไปส่วนมากในช่วงพันล้านปีแรกของมัน

ความดันบรรยากาศบนดาวอังคารอ่อน (0.7% ของโลก) แม้จะมีความกดอากาศต่ำ แต่เมฆน้ำก็ก่อตัวบนดาวอังคารที่ขั้วของดาวเคราะห์ ทำไมไม่มีน้ำเหลวบนพื้นผิว?

ความดันบรรยากาศบนดาวอังคารอ่อน (0.7% ของโลก) แม้จะมีความกดอากาศต่ำ แต่เมฆน้ำก็ก่อตัวบนดาวอังคารที่ขั้วของดาวเคราะห์ ทำไมไม่มีน้ำเหลวบนพื้นผิว?

เราใส่น้ำร้อนใกล้เดือด
ในหลอดฉีดยา



การดึงลูกสูบจะลดแรงดันและน้ำเริ่มเดือดกลายเป็นไอน้ำและค่อยๆหายไป ในการจำลองความดันของดาวอังคารเราควรดึงลูกสูบขึ้นไป 9 ม.

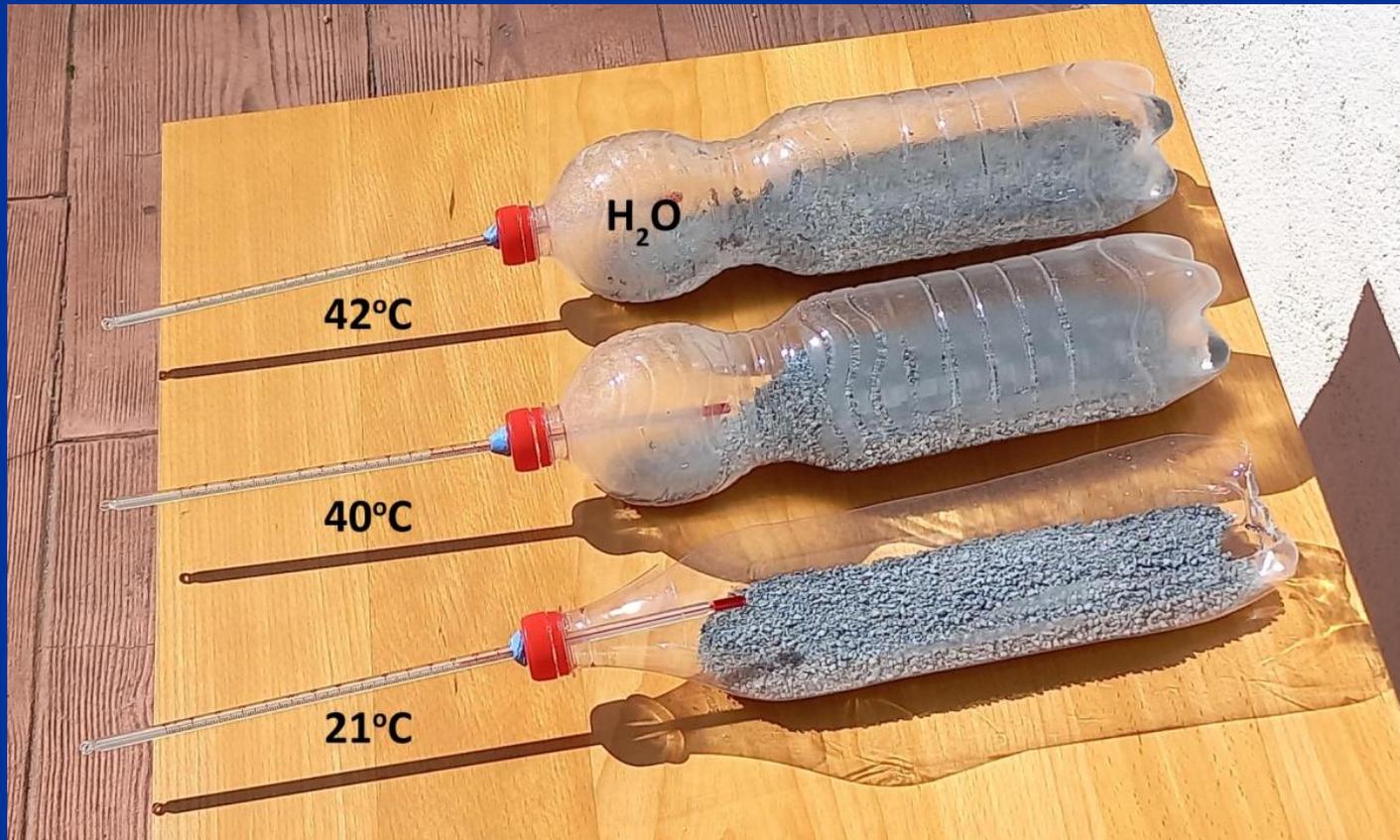
¼iÃ¼ ¼P P Ü Ò 7 Ö P í ¼Ê ¼í P Í ÷ P ò è Ô ¼ P ë Ñ ¼

เราใส่ดินสีเข้มลงในขวดพลาสติกเปล่า 2 ขวดและหนึ่งในสามฝาครึ่งตามยาว เราเสียบเทอร์โมมิเตอร์ที่จุกขวดแต่ละขวด ขวดที่ตัดออกมาจำลองดาวเคราะห์ที่ไม่มีเมฆ ขวดแรกทั้งขวดจำลองดาวเคราะห์ที่มีเมฆและขวดสุดท้าย เราใส่น้ำสองสามหยดลงไปเพื่อจำลองบรรยากาศที่มีไอน้ำ



การวัดอุณหภูมิของน้ำที่ผ่านการกรองด้วยวัสดุธรรมชาติ

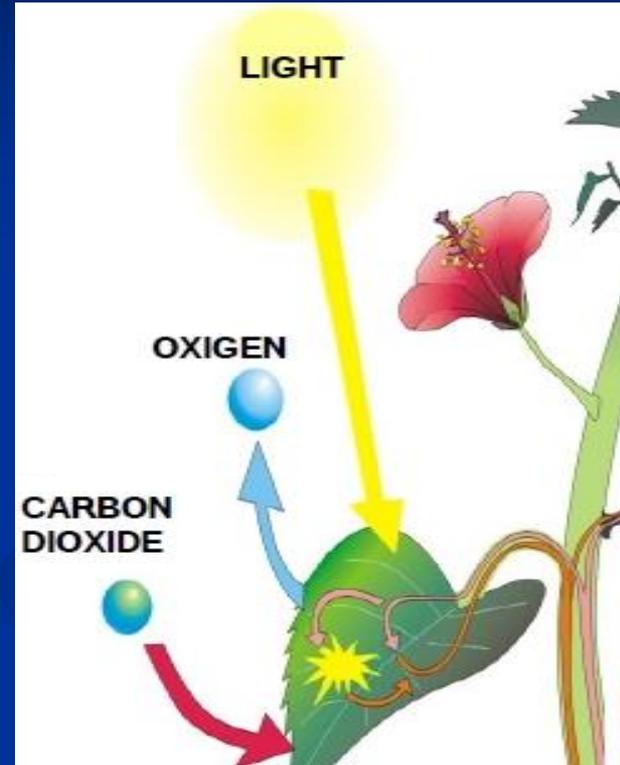
เรานำขวดไปตากแดดและวัดอุณหภูมิภายในทุกๆ 5 นาที เราจดการวัดเพื่อพิจารณาว่าปรากฏการณ์เรือนกระจกมีอิทธิพลอย่างไร



1/4 P ë Ö â Ô 1/4 í P à Ì Á ÷ ; P í ë æ š ø å Å : 1/4 í P × à ì Ð

è è 1/4 Æ ï Ñ Ô

กระบวนการสังเคราะห์แสง เป็น
กระบวนการที่พืชและแบคทีเรียบางชนิด
ใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตกลูโคส
คาร์โบไฮเดรต และออกซิเจน จาก
คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



ù Ü ÷ à 1/4 ð Ò ð P ð Ý 1/4 â ý ÷ Ü ï ã ð à Ì Á ÷ ; P í ë æ š ø å Å ÷ Ö à ð Ý Ô

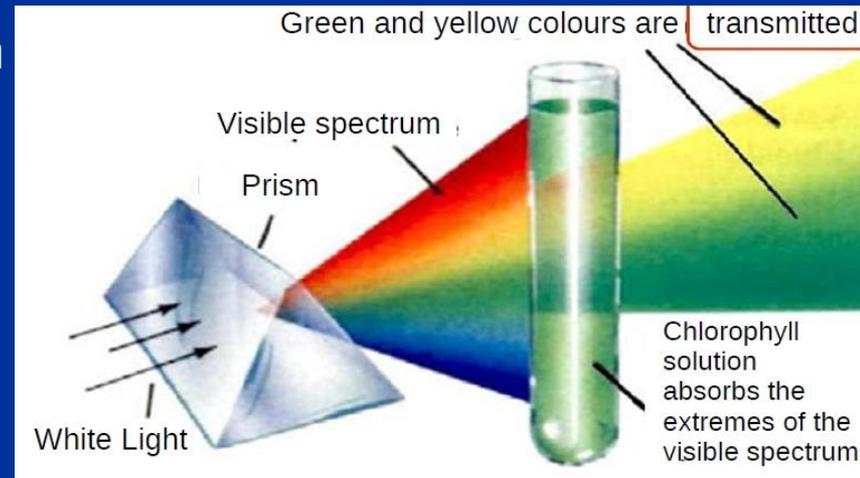
Ù à Ì Á Á í Ô ø å Å ù Ö ÷ Ö Þ Ò ù à Ì Á Á í Ô ÷ ; Ü ð



การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดในช่วงแสงสีฟ้า (400-500 nm) และอีกกลุ่มหนึ่งในช่วงแสงสีแดง (600-700 nm) โดยไม่ดูดกลืนแสงในช่วงแสงสีเขียวและสีเหลือง (500-600 nm) ซึ่งแสงสีเหล่านี้จะถูกส่งผ่านต่อไปยังพืช

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



คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดในช่วงแสงสีฟ้า (400-500 nm) และอีกกลุ่มหนึ่งในช่วงแสงสีแดง (600-700 nm) โดยไม่ดูดกลืนแสงในช่วงแสงสีเขียวและสีเหลือง (500-600 nm) ซึ่งแสงสีเหล่านี้จะถูกส่งผ่านต่อไปยังพืช



¼ P ë Õ â Ô ¼ í P à Ì Â ÷ ç P í ë æ š ø å Â : ¼ í P × à ì Ð

è è ¼ Æ ÿ ã Ô

÷ Ü ð ø å Â Ð ¼ ¼ P ë Ò Õ à Â Õ Ô ÷ Ü þ ì å ð ÷ Ü þ ì å ð ã ë Ì ñ Â

ë ÷ à þ ¼ Ð P è Ô è è ¼ Ü í ã í ¼ Ô ÿ ø à ë å ÿ Â Ð ÿ × ý í Ô ã í ¼

ù Ü ÷ à ¼ ð æ Ô ã û Ö Ý Ì Â è ð ¼ ù Ü ÷ à ¼ ð æ Ô ã ã ø à è è è ¼ Æ ÿ ã Ô

ã í ¼ Ô ÿ ã ë æ à ó Ì è è ¼ Ü í ÷ Ö þ Ô ù Ü ÷ à ¼ ð ½ è Â è è ¼ Æ ÿ ã Ô

Ô ð è Ò Ê ì þ ì Ý í Ò ð ¼ ì Ì ½ ñ Ô ú Ô Å ÿ â Â “ å å ÿ Â ” ½ è Â

¼ P ë Õ â Ô ¼ í P à Ì Â ÷ ç P í ë æ š ø å Â

ø Ð ÿ ü Ô Å ÿ â Â “ Ü ð ” ½ è Â ¼ í P à Ì Â ÷ ç P í ë æ š ø å Â

ç í P ã Ì Õ û é ÷ Ì P Ð ø à ë Ô ÿ Ð í à ã ë Ñ ð ¼ × à ì Ð ½ ñ Ô ù Ì Ý û Ü ÿ

ã ÿ ÷ Ö þ Ô Ð Æ Â Ü ð å Â Ü í ÷ ¼ ð Ý å ½ Æ Â ú Ô ½ ì Ô Ð è Ô Ô ð



1/4ĩÃ 1/4 P P Ü Òñ 8: 1/4í P × àiĐ è è 1/4 Æř-Ã Ô
ú Ô 1/4 P ëÕ â Ô 1/4í P ài Â÷; P í ëæšø à Â



เตรียมขวดโหลใส กับกระดาษแก้วสีฟ้าและสีแดง



¼ĩÃ ¼ P P Ü Òñ 8: ¼ í P × àĩĐ è è ¼ ÆĩÃ Ôú Ô

¼ P ëÕ â Ô ¼ í P àĩ Æ÷; P í ëæšø à Æ



ใช้ที่เจาะกระดาษ เจาะใบไม้ (เช่น ใบผักโขม พยายามหลีกเลี่ยงก้านใบ) เป็นแผ่นวงกลม ใส่วงกลมใบไม้ 10 วงลงในขวดโหลแต่ละใบ

¼ĩÃ ¼ P P Ü Òñ 8: ¼í P × àĩĐ è è ¼ Æĩ-Ã Ôú Ô
¼ P ëÕâ Ô ¼í P àìÂ÷; P í ëæšø à Â



เตรียมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 25 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร นำสารละลาย 20 มล. ใส่ในขวดโหลแต่ละใบ
เตรียมใบไม้ให้อิมทั่วไปด้วยสารละลาย โดยการในแผ่นเจาะใบไม้ลงไปในหลอดฉีดยา ขนาด 10 มล. แล้วดูดสารละลายเข้าไปจนกระทั่งแผ่นเจาะแขวนลอยอยู่ในหลอด



¼ĩÃ ¼ P P Ü Ò 8: ¼í P × àiĐ è è ¼ Æř-Ã Ô

ú Ô ¼ P ëÕ â Ô ¼í P ài Â ÷; P í ë æ š ø å Â

เอาอากาศที่เข้าไปในหลอดออกมาให้มากที่สุด ทิ้งเอาไว้เพียงแผ่นใบไม้ที่ลอยอยู่ใน
สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

ปิดปลายกระบอกฉีดยาด้วยนิ้ว และดึงกระบอกสูบเล็กน้อย เพื่อให้เกิดสุญญากาศ
เพื่อให้ช่องว่างภายในเนื้อเยื่อของพืชถูกแทนที่ด้วยสารละลายไบคาร์บอเนต สารละลาย
นี้จะทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนที่อยู่ใกล้กับ โครงสร้างที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงใน
ใบไม้



¼iÃ ¼ P P Ü Ò 8: ¼ í P × ài Ð è è ¼ Æ Æ Æ Ô

ú Ô ¼ P ë Õ â Ô ¼ í P ài Â ÷ ; P í ë æ š ø å Â

นำแผ่นใบไม้แต่ละแผ่นใส่ลงในขวดโหล กรอบปากขวดโหลแต่ละขวดด้วยกระดาษแก้วสี
แดงและสีฟ้า

ติดตั้งหลอดไฟ (อย่างน้อย 70W) ไว้เหนือขวดโหลแต่ละขวด (ที่มีกระดาษแก้วครอบอยู่)
โดยมีระยะห่างจากขวดโหลเท่ากัน

ถ้าใช้หลอด LED จะดีกว่า เนื่องจากหลอดประเภทอื่นจะสูญเสียพลังงานไปเป็นความร้อน



¼ĩÃ ¼ P P Ü Òñ 8: ¼í P × àĩĐ è è ¼ Æĩ-Ã Ô

ú Ô ¼ P ëÕ â Ô ¼í P àì Â÷; P í ëæšø á Â

เปิดไฟ และจับเวลาที่แผ่นไบโม่เริ่มลอยขึ้น

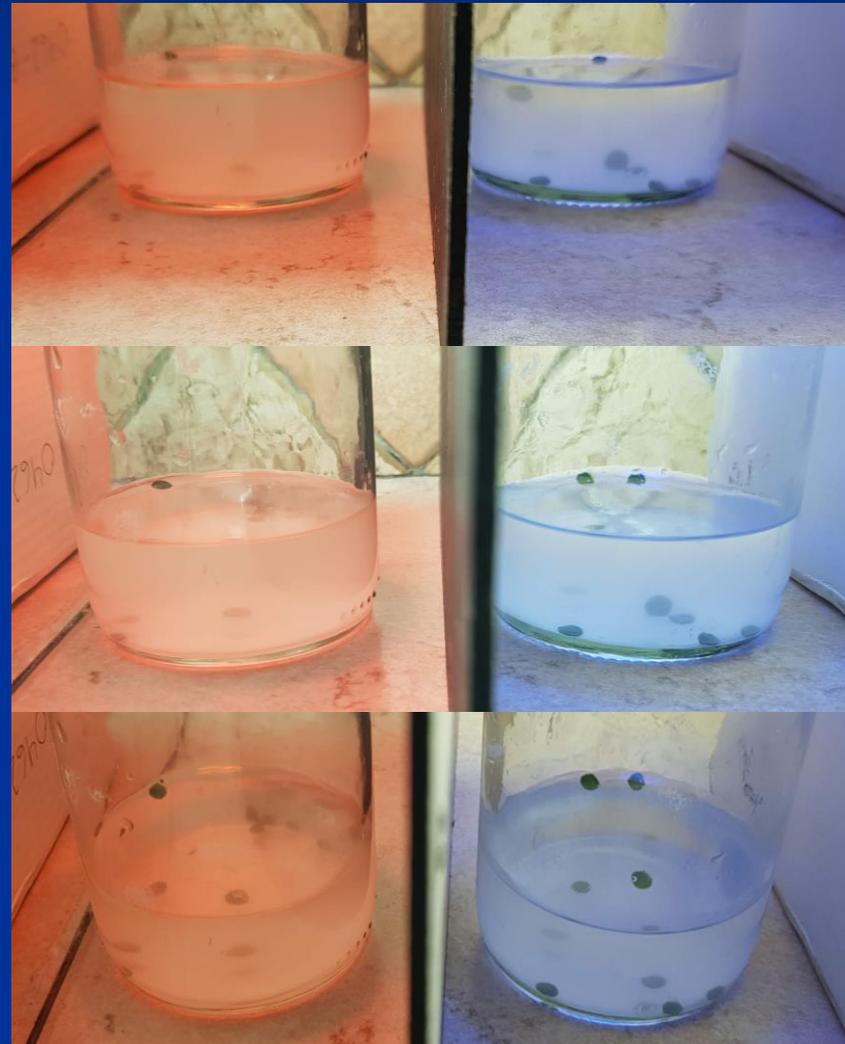
นี่จะเป็นวิธีวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาการ
สังเคราะห์แสงโดยอ้อม



¼ĩÃ ¼ P P Ü Ò 8: ¼ í P × à ï Ð è è ¼ Æ ï Ñ Ô

ú Ô ¼ P ë Õ â Ô ¼ í P à ï Ñ ÷ ; P í ë æ š ø á Ñ

รอประมาณ 5 นาที ให้ใบไม้
เริ่มลอยตัวขึ้น (ขึ้นอยู่กับ
หลอดไฟและระยะห่าง)



¼iÃ ¼ P P Ü Ò 8: ¼í P × àiÐ è è ¼ Æi-Ã Ô

ú Ô ¼ P ë Õ â Ô ¼í P ài Â ÷ ; P í ë æ š ø á Â

แผ่นใบไม้จะเริ่มลอยตัวเมื่อพวกมันผลิตออกซิเจนออกมาในรูปของฟองอากาศ
ซึ่งจะทำให้ใบไม้ลอยขึ้น

เวลาที่ใช้นั้นจะแตกต่างกันไปตามสีของแสงที่ตกกระทบ สีฟ้าจะเกิดปฏิกิริยา
สังเคราะห์แสงในอัตราที่เร็วกว่า (เนื่องจากเป็นแสงสีที่มีพลังงานมากกว่า)



¼iÃ ¼P P Ü Òñ 9: ÅðâiĐú Ô å Û í â ë
ø â Ĩ àŒ Ü åóĬ ½ìâ

ยีสต์ (รา) จะเปลี่ยนน้ำตาล (กลูโคส) ไปเป็นเอทิล
แอลกอฮอล์ หรือเอทานอล และ
คาร์บอนไดออกไซด์

กระบวนการหมักเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ
ทางพลังงานที่ต่ำ ในขณะที่การหายใจนั้นเป็น
กระบวนการที่ให้พลังงานสูง และเกิดขึ้นใหม่กว่า
มากในเชิงวิวัฒนาการ



¼iÃ ¼ P P Ü Ò 9: Å ã i Ð ú Ô å Û í â ë
ø â Ì à Æ Ü å ó Ì ½ ì â

ถ้ามีการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น เราจะ
ทราบได้ว่ามีกระบวนการหมักเกิดขึ้น และจะ
เป็นการทดสอบความเป็นไปได้ของชีวิต

ในการทดลองของเรา เราจะเริ่มจากผลิตผลทาง
การเกษตรที่มีน้ำ



¼ĩÃ ¼ P P Ü Ò 9: ÅđâĐú Ô ă Ũ í â ë

ø â Ĩ àŒ Ü ăóĬ ½ìâ

เราจะใช้:

ยีสต์ (สำหรับทำขนมปัง) 1 ช้อนโต๊ะ ยีสต์เป็นจุลินทรีย์มีชีวิตที่หาได้ค่อนข้าง
ง่าย

น้ำอุ่น 1 แก้ว (เกินครึ่งแก้วมานิดหนึ่ง อุณหภูมิระหว่าง 22° ถึง 27° C)

น้ำตาล 1 ช้อนโต๊ะ ที่จุลินทรีย์สามารถบริโภคได้

กระบวนการเดียวกันในชุดทดลองควบคุม และชุดทดลองอื่นภายใต้สภาวะ
แวดล้อมสุดขั้ว



1/4ĩÃ 1/4 P P Ü Òđ 9: ÅđâiĐú Ô ả Û í â ẽ ø â Ĩ àŒ Ü ảóĩ 1/2ìâ

Ảóĩ Ò Ĩ à ẽ Â; â Õ;óÜ :

ละลายยีสต์และน้ำตาลในน้ำอุ่น จากนั้นรินนำ
ส่วนผสมไปใส่ลงในถุงพลาสติก เอาอากาศ
ในถุงออก และปิดถุง

ควรระวังไม่ให้มีอากาศหลงเหลืออยู่ในถุง



1/4iÃ 1/4 P P Ü Ò 9: Å ðâi Ðú Ô å Û í â ë
ø â Ĩ à Æ Ü å ó Ĩ 1/2 ì â

Å ó Ĩ Ò Ĩ à è Â ; â Õ ; ó Ü

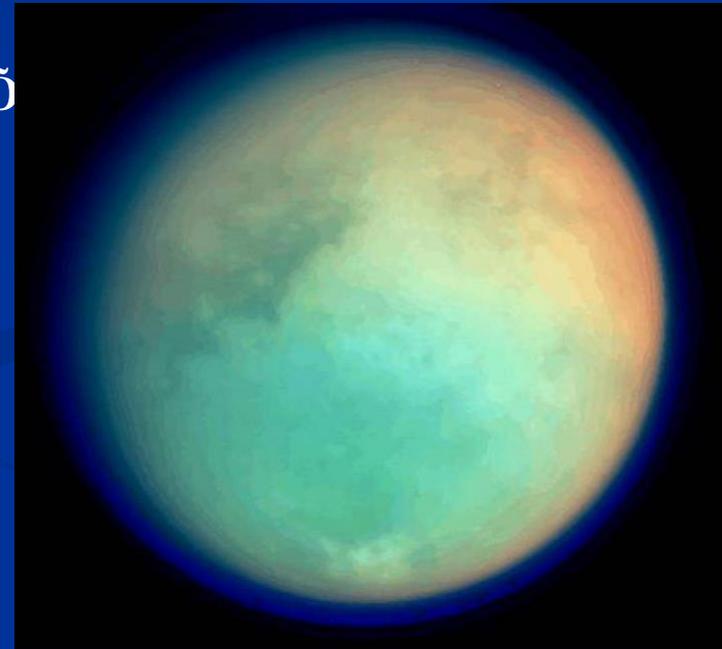
หลังจากเวลาผ่านไป 15-20 นาที จะเริ่มเห็นฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน
ถุงที่เริ่มบวมออก คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าจุลินทรีย์ยังคง
ดำรงชีวิตอยู่



¼ĩÃ ¼ P P Ü Ò 9: ÅđâiĐú Ô å Û í â ë
ø â Ĩ àŒ Ü åóĬ ½ìâ

¼í P Ò Ĩ à è ÂÕÔ “Ĭ í â ÷ ĸ P í ë æ š ĩ ý Ĩ Â”
(÷ ÅÿÔ ÷ Ô Ö Ñ Œ æ P ÷ û Ò Ò ï Ô Û P Œ Ü
ø è Ü ù Ü ÷ Ô Ÿ): Ò Ÿ ¼í P Ò Ĩ à è Â Æ Ÿ è ð ¼ P è Ô
ù Ĩ Ý ú åÿ ù Æ ÷ Ĩ ð Ÿ Ü û Ö ĸ í P Œ è ÷ Ô Đ æ P ÷
ø è Ü ù Ü ÷ Ô Ÿ à Â û Ö

สเกล pH แสดงความเป็นด่าง:
โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือเบกกิ้งโซดา: pH 8.4



Titan, Credit NASA

ถ้ามีฟองอากาศปุดขึ้น แสดงว่ามีสิ่งมีชีวิต



¼íÃ ¼ P P Ü Ò ð 9: ÅðâiÐú Ô å Û í â ë
ø â Ì àœ Ü åóí ½ìâ

¼í P Ò Ì à è ÅÕÔ “Ì í â ÷ ÿ P í ë æ ð ¼ à è ”
(÷ ÅÿÔ Ì í â è Ì ÿ í P æ P è ø ¼ Ô ì Ü ä)

ทำการทดลองซ้ำ โดยละลายโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) ลงใน
น้ำ



Ganymede, Credit NASA



ÑœÜú è À è í ¼ í ã Ö ð ½ ñ Ô ø å Ì Â äÿ Ü ð Ì Å ð â ì

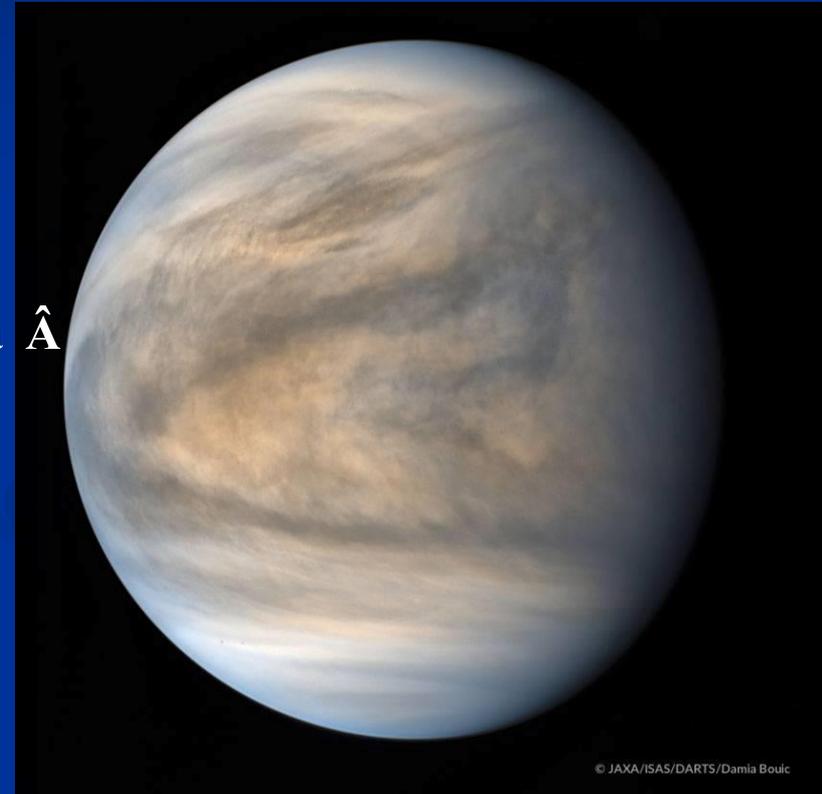
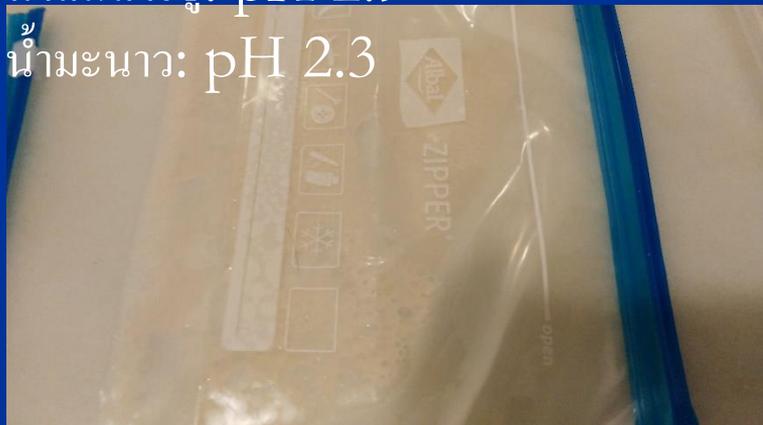
¼iÃ ¼ P P Ü Òñ 9: ÅðâiĐú Ô å Û í â ë
ø â Ĩ àœ Ü åóĭ ½ìâ

¼í P Ò Ĩ à è Â Õ Ô “ Ĩ í â ÷ ĵ P í ë æ š ¼ P Ĩ ”
(÷ Å ŷ Ô Ĩ í â ã ó ¼ P Ò Ÿ Ü Ø Ô Đ ¼ ÷ Ö Þ Ô ¼ P Ĩ
¼ Ÿ Ü ë Ñ Ĩ Ô): Ò Ÿ ¼ í P Ò Ĩ à è Â Æ Ÿ ù Ĩ Ý
à è à í Ý Ô Ÿ å œ ù å í Ý Å ð æ Þ œ Ô Ÿ Ü ë Ô í â à Â
ú Ô Ô Ÿ ÷ à ð Ý Â ÷ Å è

สเกล pH แสดงความเป็นกรด:

น้ำส้มสายชู: pH 2.9

น้ำมะนาว: pH 2.3



© JAXA/ISAS/DARTS/Damia Bouic

Venus, Credit NASA

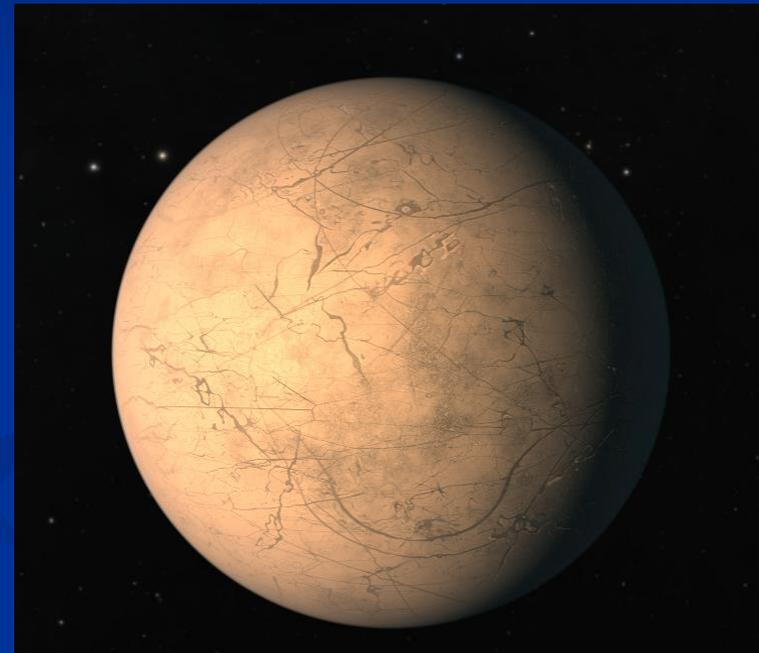
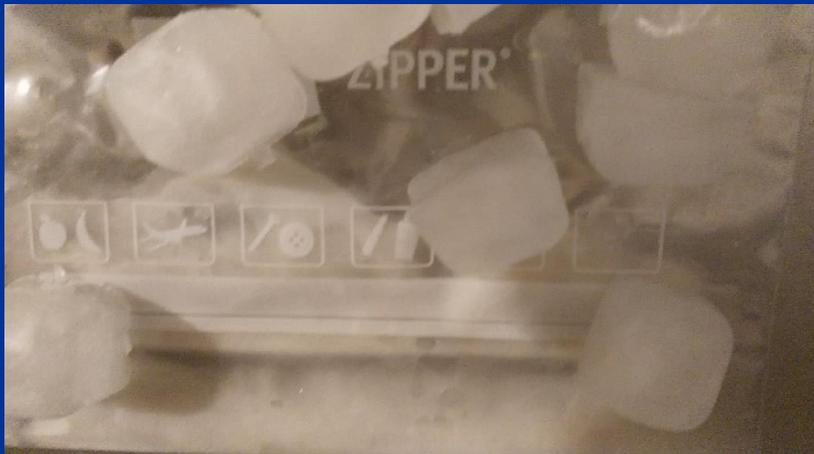


ÑœÜđ é Â è í ¼ í ã Ö ĩ ½ ĩ Ô ø å Ĩ Â â ĩ Ü ð Ì Å ð Ì

¼ĩÃ ¼ P P Ü Òñ 9: ÅđâiĐú Ô ả Û í â ë
ø â Ĩ àŒ Ü ảóĩ ½ìâ

¼í P Ò Ĩ à è Â Õ Ô “ Ĩ í â ÷ ĩ P í ë æ š
Ô Ÿ ø ½ p Â ” (÷ Å ÿ Ô Õ Ô Ĩ í â Ý ũ P Ö í æ P ð
ø Ò P Ö Û ì ả -1h)

นำถุงแช่ลงในภาชนะที่เต็มไปด้วยน้ำแข็ง หรือแช่ในช่องแข็ง



Trappist 1h Artist's impression

ÑŒê ÜÿÜđ é Â è í ¼ í ã Ö đ ½ ñ Ô ø ả Ĩ Â ãÿ ù ÜÿÜđ Æ Ü Æ ãiÈ



1/4iÃ 1/4 P P Ü Ò 10: Đ í Ü æ í

ù à 1/4ú Õ Ò ẽ è Â

ทุกวันนี้ โลกเป็นดาวเคราะห์เพียงดวงเดียวที่เราทราบว่า มีสิ่งมีชีวิตอยู่ หากเราลองพิจารณาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดูบ้าง คิดว่าปัจจัยในข้อใด น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด?

- รัศมีและมวล
- แถบที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต
- ดาวฤกษ์



$R_{\text{disk}} \approx \frac{1}{2} R_{\text{star}} \left(\frac{M_{\text{disk}}}{M_{\text{star}}} \right)^{1/2}$

รัศมีและมวลของดาวเคราะห์นั้นจะต้องนำมาพิจารณาเพื่อประมาณถึงความหนาแน่นที่พอเหมาะ

$\frac{M_{\text{disk}}}{M_{\text{star}}} \approx \frac{1}{2} \left(\frac{R_{\text{disk}}}{R_{\text{star}}} \right)^2 \left(\frac{\rho_{\text{disk}}}{\rho_{\text{star}}} \right)$

☐ ดาวเคราะห์ขนาดโลกจะต้องมีรัศมีเล็กกว่า 2 เท่าของโลก

$$R < 2R_{\oplus}$$

☐ ขอบเขตบนของดาวเคราะห์หินขนาดยักษ์อยู่ที่ มวลตั้งแต่ 10 เท่าของโลกขึ้นไป

Ü â à ½ è Â Ĩ í â ß ¼ äš

วัฏจักรชีวิตของดาวฤกษ์นั้นขึ้นอยู่กับมวลของมัน พลังงานที่ดาวฤกษ์สามารถนำไปใช้จากปฏิกิริยาฟิวชั่นของไฮโดรเจนนั้นแปรผันตาม และเวลาที่ดาวฤกษ์จะอยู่ในลำดับหลักนั้นสามารถหาได้จากการหารด้วยกำลังสองสว่างของดาว ถ้าเราใช้ดวงอาทิตย์เป็นดาวอ้างอิง เราจะพบว่าอายุขัยของดาวฤกษ์ในช่วงลำดับหลักจะหาได้จาก

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

ǎŸ æ ß ð Œ Ĩ í â ú Ô à Ÿ ï ð æ à ÷ ¼ ¼ Ÿ à Ì Â à ÿ Ê à â Ÿ Â Ã ë ø Ö Þ × ï Ô ¼ ï Õ

Ü â à ð í Ü L α M^{3.5}

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

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

$$t_s = 10^{10} \text{ years}$$

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

years, อายุขัยของดาวฤกษ์ใดๆ จะเท่ากับ:

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

เราลองคำนวณขอบเขตบนของมวลดาวฤกษ์ ที่จะทำให้ผู้อยู่อาศัยในระบบดาวมีเวลาเพียงพอที่จะวิวัฒนาการไปเป็นสิ่งมีชีวิต โดยกำหนดให้ดาวจะต้องอยู่ในช่วงลำดับหลักไม่น้อยกว่า 3×10^9 years

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

$$M^* = (10^{10} \times 3000000000)^{-0.4} M_s$$

$$M^* = < 1.6 M_s$$

Đ í Û æ í ù à ¼ú Õ Òñ è Â

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
Kepler-452 b	unknown	1.59	1.05	1.04	G2V
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	2.19	unknown	0.09	0.29	M3.5V
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
Kepler-138c	1.97	1.20	0.09	0.57	M1V
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

Đ í Û æ í ù à ¼ú Õ Òñ è Â

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	14.20	68.0	1.56	A5V
Kepler-452 b	unknown	1.59	1.05	1.04	G2V
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	2.19	unknown	0.09	0.29	M3.5V
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	1.97	1.20	0.09	0.57	M1V
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

ำ PÖ

- เข้าใจหลักการของบริเวณที่เอื้อต่อสิ่งมีชีวิต
- แนะนำเข้าสู่เนื้อหาของชีวดาราศาสตร์
- แสดงให้เห็นว่าออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์นั้นถูกผลิตขึ้นมาได้อย่างไร
- เราจะหาโลกใบที่สองได้อย่างไร

ขอบคุณที่รับฟัง!

