مدارات كاسيني: الختام الكبير لمهمّة استمرت عشرين عاماً



دليل المدار

في مدارات الختام الكبير لكاسيني (**Cassini's Grand Finale**) وهي المدارات النهائية لبعثته التي استمرت عشرين عاماً تقريباً، تنتقل المركبة الفضائية في مسار بيضوي يقودها نحو اختراق الفراغ الذي يُقدَّر عرضه بـ 2400 كيلومتر، وذلك بسرعة عشرات آلاف الأميال في الساعة، إذ يقع هذا الفراغ بين الحلقات والكوكب، وهو مكان لم يسبق لمركبة فضائية أن غامرت بالدخول إليه من قبل.

يستغرق إتمام كل مدار من هذه المدارات الـ 22 ما يقارب ستة أيام ونصف اليوم، إذ بدأت في 22 نيسان/أبريل وستنتهي في 15 أيلول/سبتمبر، كما ستتراوح سرعة المركبة الفضائية بين 121000 و126000 كيلومتر في الساعة اعتماداً على المدار، وذلك حين تقترب كاسيني من زحل أثناء كل دورة.

لم تُسمى مدارات كاسيني الختامية بالختام الكبير لأنها تأخذ كاسيني نحو نهايتها فحسب، وإنما لأنها حقاً عظيمة، حيث تُحلِّق المركبة الفضائية عبر منطقة غير مُكتشَفة من نظام زحل لتعطي صوراً فريدةً من نوعها، وتحاول حل ألغازٍ دامت طويلاً ككتلة حلقات زحل ومعدّل دوران الكوكب (طول اليوم الواحد على زحل)، وفيما بعد ـ وأثناء دورات كاسيني الخمسة الأخيرة ـ ستهبط كاسيني مباشرةً نحو الأسفل لتُعاين الغلاف الجوي العلوي لزحل.

تحتوي هذه الملخصات الخاصة بكل واحدٍ من مدارات الختام الكبير بعضاً من النقاط الهامة عن الأبحاث العلمية الفريدة التي تنجزها كاسيني خلال هذه المدارات غير المسبوقة، ولأن زحل عملاق غازي، فلا يمكننا وصف بُعد كاسيني عن سطح الكوكب بمسافة محددة، لذلك يتضمن كل ملخص أقرب مُقاربة للمركبة الفضائية من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل بالنسبة لذلك المدار. والبار هو الضغط الجوي النظامي الذي نختبره على كوكب الأرض عند مستوى سطح البحر.

شريط فيديو قصير يصف الختام الكبير لكاسيني.

التواريخ الرئيسية

- 22 نيسان/أبريل: التحليق بالقرب من "تيتان 126" في الساعة 06:08 صباحاً بالتوقيت العالمي المنسق (11:08 مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ في 21 نيسان/أبريل).
- 23 نيسان/أبريل: بداية المدار الأول في الختام الكبير في الساعة 03:46 صباحاً بالتوقيت العالمي المنسق (08:46 مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ في 22 نيسان/أبريل).
- 26 نيسان/أبريل: أول عبور لمستوي حلقة في الساعة التاسعة صباحاً بالتوقيت العالمي المنسق (الساعة الثانية صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ).
- 24 أيار/مايو: بدء الانقلاب الصيفي الشمالي.
- 15 أيلول/سبتمبر: دخول كاسيني النهائي إلى غلاف زحل الجوي الذي يبدأ في الساعة 10:44 صباحاً بالتوقيت العالمي المنسق (03:44 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)، ويليه بدقيقة واحدة فقدان إشارة المركبة الفضائية في الساعة 10:45 صباحاً بالتوقيت العالمي المنسق (03:45 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ).
- 15 أيلول/سبتمبر: تلقّي الأرض للإشارة الأخيرة في الساعة 12:08 صباحاً بالتوقيت العالمي المنسق (05:08 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ).

قائمة كاملة بالمدارات

المدار 271: مدار مُكتمل، استغرق إتمامه من 23 ـ 29 نيسان/أبريل.

الحدث	التاريخ	(الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش	(الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ	ملاحظات
أوج المدار	23 نيسان/أبريل	03:46 صباحاً	08:46 مساءً (22 نيسان/أبريل)	البداية الرسمية لمدارات الختام الكبير

العبور الأول لمستوي الحلقات 1#	26 نيسان/أبريل	09:00 صباحاً	02:00 صباحاً	العبور الأول عبر الفجوة بين الغلاف الجوي لزحل والحلقة الأقرب إليه من الداخل. وسيُستخدَم الهوائي عالي الكسب كدرع يقي المركبة من التأثيرات المحتملة للجسيمات الموجودة في الحلقة.
الاتصال بالأرض	27 نيسان/أبريل	05:52 صباحاً	10:52 مساءً (26 نيسان/أبريل)	وقت التلقّي المقدّر على الأرض (TER): صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (27 نيسان/أبريل). 12:10

تبدأ أولى مدارات الختام الكبير عقب تحليق أخير بالقرب من "تيتان"، والذي من شأنه أن يضع كاسيني في أول اختراق لها خلال الفجوة بين زحل وحلقاته.

- قبل مرورها من أقرب نقطةٍ لها من كوكب زحل (ذروتي القطْع الناقص الواقعتين على محوره الصغير **periapse**)، سيلتقط مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء **(Visible and Infrared Mapping Spectrometer VIMS)** صوراً ليُنتج فيلماً عالي الدقة عن منطقة القطب الشمالي لزحل بما في ذلك التيار المتدفق سداسي الزوايا، وذلك أثناء ما يقارب دورة كاملة لزحل.

- يؤمّن المدار لكاسيني أفضل مشاهدة على الإطلاق للقطب الشمالي لزحل، وذلك باستخدام كل من (**VIMS**) ومطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**)، كما ينبغي لعمليات الرصد أن تقدّم أكثر أفلام الأشعة تحت الحمراء دقةً حتى الآن عن الحركة داخل وحول المسدسات النفاثة.

- قبل عبور كاسيني لمستوي حلقة زحل للمرة الأولى في المنطقة بين زحل وحلقاته، ستغير المركبة الفضائية ارتفاعها ليتجه الهوائي عالي الكسب نحو الأمام مساعداً في تشكيل درع واقٍ للمركبة الفضائية من جسيمات الحلقة أثناء عبورها مستوي الحلقة.

- وباستخدام كل من مطياف الخرائط و مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية **Ultraviolet Imaging Spectrograph** او اختصاراً (**UVIS**) ستدرس كاسيني أصغر جسيمات الحلقة حالَ مرور هذه الجسيمات بين الشمس والمركبة الفضائية.

- أثناء الساعة التي ستؤدي إلى أقرب مسافة من زحل ستلتقط كاميرات التصوير سلسة قطاعية من الصور (والتي أشار إليها الفريق بـ"المعكرونة") لمعالمٍ في الغلاف الجوي، ومن المتوقع أن تكون هذه الصور أقرب مَشاهد كاسيني حتى الآن، وستكون أعلى دقّة بـ 10 أضعاف عن ذي قبل.

- أثناء هذا المدار تقترب كاسيني من مستوى الـ 1 بار لزحل بمقدار 2950 كيلومتراً، كما ستتقدم عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل D بمقدار 4760 كيلومتراً.

المدار 272 : مدار مكتمل استمر من 29 نيسان/ أبريل وحتى 6 أيار/مايو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	29 نيسان/أبريل	02:22 ظهراً	07:22 صباحاً	
العبور الثاني لمستوي الحلقات #2	2 أيار/مايو	07:38 مساءً	12:38 ظهراً	
الاتصال بالأرض	3 أيار/مايو	02:13 ظهراً	07:13 صباحاً	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 08:30 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (3 أيار/مايو).

- تلتفّ كاسيني خلال هذا المدار لمعايرة مقياس شدة الحقل المغناطيسي **magnetometer** او اختصاراً **(MAG)** المستخدم في عمليات رصد الحقول المغناطيسية عالية الكثافة والتي ستتم عندما تكون المركبة الفضائية في أقرب نقطة لها من زحل، وهذه هي المرة الأولى التي يُجري **MAG** فيها هذا النوع من القياسات.

- تستفيد كاميرات تصوير كاسيني (نظام التصوير والعلوم الفرعي (**ISS**) **Imaging Science Subsystem** من الفرصة الأخيرة في رصد حلقات زحل في مراحل زاويّة حادة جداً عندما تكون الشمس متوارية خلف زحل، ما يسمح بمسح الانحناءات الخافتة في الحلقات الأساسية التي يصعب رصدها خارج هذه الهندسة، كما يجمع (**ISS**) أيضاً صوراً لإنتاج فيلم لمراقبة البنى المختلفة في حلقة زحل **D**.

- ويرصد المطياف المركب العامل بالأشعة تحت الحمراء (**CRIS**) قمر زحل ريا (**Rhea**) لتحديد تركيب وبنية معادن سطحه.

- تقترب كاسيني أثناء هذا المدار من مستوى الـ 1 بار لزحل بمقدار 2930 كيلومتراً، وتعبر أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** بمقدار 4780 كيلومتراً.

المدار 273: مدار مكتمل، استمر في الفترة بين 6 ـ 12 أيار/مايو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	6 أيار/مايو	12:59 صباحاً	05:59 مساءً (5 أيار/مايو)	
العبور الثالث لمستوي الحلقات #3	9 أيار/مايو	06:13 صباحاً	11:13 مساءً (8 أيار/مايو)	
الاتصال بالأرض	9 أيار/مايو	06:13 صباحاً	11:13 مساءً (8 أيار/مايو)	ستكون المركبة كاسيني في عملية اتصال مع الأرض خلال فترة العبور. وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 12:49 بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (9 أيار/مايو).

- أثناء المدار الثالث من الختام الكبير لكاسيني ستنجز أداة المركبة الراديوية المسماة بالنظام الفرعي للعلوم الراديوية **Radio Science Subsystem** أو اختصاراً **(RSS)** قياسات حقل الجاذبية باستخدام محور "دوبلر" لدراسة باطن زحل، كما تدرس

أداة العلوم الراديوية أيضاً حلقات زحل عند عبور إشارات المركبة الراديوية للحلقات باتجاه الأرض.

- وترصد كاميرات تصوير كاسيني (نظام التصوير والعلوم الفرعي **ISS**) قمر زحل "تيتان" لعدة ساعات لاقتفاء أثر غيوم القمر، ولدراسة كيفية تغيّرها مع الزمن، كما يرصد مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة تحت الحمراء والأشعة المرئية (**VIMS**) أيضاً غيوم "تيتان" أثناء عمليات الرصد التي يجريها (**ISS**)، وفي هذه الأثناء يراقب المطياف المركب العامل بالأشعة تحت الحمراء درجة الحرارة العامة على "تيتان" ورياحه.

- أثناء هذا المدار تقترب كاسيني من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل بمقدار 2710 كيلومتراً، وتقطع كاسيني أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 5010 كيلومتراً.

المدار 274 : مدار مكتمل استمر من 12 ـ 18 أيار/مايو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	12 أيار/مايو	11:30 صباحاً	04:30 صباحاً	
العبور الرابع لمستوي الحلقات #4	15 أيار/مايو	04:42 مساءً	09:42 صباحاً	
الاتصال بالأرض	15 أيار/مايو	04:42 ظهراً	09:42 صباحاً	ستكون المركبة كاسيني في عملية اتصال مع الأرض خلال فترة العبور. وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 09:42 بتوقيت منطقة المحيط الهادئ، (15 أيار/مايو).

- أثناء هذا المدار من ختام كاسيني الكبير ترصد كاميرا كاسيني العاملة بالأشعة المرئية وهي كاميرا التصوير والعلوم الفرعية (**SIS**) أكثر المعالم المروحية للحلقات بروزاً.

- بعد ذلك يستفيد النظام الفرعي للعلوم والراديو من واحدة من أفضل الفرص في البعثة لدراسة كسوفات راديوية لنظام حلقات زحل وإجراء تجربة جاذبية لدراسة حقل الجاذبية الخاص بزحل بدقّة غير مسبوقة، كما تهدف التجربة إلى اكتشاف مدى كروية حقل الجاذبية الخاص بزحل، مما يساعد العلماء على قياس كتلة حلقات زحل، وهي إحدى الخصائص الغير معروفة بدقة.

- أثناء عمليات رصد موجات الراديو/الجاذبية يقوم محلل الغبار الكوني**Cosmic Dust Analyzer** أو اختصاراً (**CDA**) بالتقاط جسيمات صغيرة من الحلقات وتحليلها للمساعدة في تحديد عمر حلقات زحل، فقد قصفت النيازك بين الكوكبية حلقات زحل الأساسية مخلّفةً السيليكات والمواد العضوية والمعادن في جسيمات الحلقات، وكلما عثر (**CDA**) على المزيد من هذه الملوثات كلما كان عمر هذه الحلقات أكبر على الأرجح.

- أثناء هذا المدار، تقترب كاسيني من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل بمقدار 2660 كيلومتراً، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية

لحلقة زحل **D** مسافة 5000 كيلومتر.

المدار 275 : مدار مكتمل استمرّ من 18 ـ 25 أيار/مايو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	18 أيار/مايو	09:59 مساءً	02:59 ظهراً	
العبور الخامس لمستوي الحلقات #5	22 أيار/مايو	03:11 صباحاً	08:11 مساءً (21 أيار/مايو)	
الاتصال بالأرض	22 أيار/مايو	03:11 صباحاً	08:11 مساءً (21 أيار/مايو)	ستكون المركبة كاسيني في عملية اتصال مع الأرض خلال فترة العبور. وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 09:26 مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (21 أيار/مايو).

- هذا المدار كسابقه، واحد من أفضل الفرص في البعثة بالنسبة للنظام الفرعي للعلوم والراديو (**RSS**) لدراسة كسوفات راديوية لنظام حلقات زحل وإجراء تجربة لدراسة حقل الجاذبية الخاص بزحل بتفاصيل غير مسبوقة، وتساعد هذه التجربة أيضاً على توضيح مدى كروية حقل الجاذبية الخاص بزحل، كما أنها تساعد العلماء على قياس كتلة حلقات زحل، إحدى الخصائص التي لم تكن معروفة سابقاً.

- وكذلك كما في المدار السابق، يلتقط محلل الغبار الكوني (**CDA**) جسيمات من الحلقات ويحللها، لكن الجسيمات المأخوذة من الحلقات في هذه المرة تكون كبيرة على خلاف سابقتها، ويساعد ذلك في تحديد عمر حلقات زحل، فقد قصفت النيازك بين الكوكبية حلقات زحل الأساسية مخلفةً السيليكات والمواد العضوية والمعادن في جسيمات الحلقات، وكلما عثر (**CDA**) على المزيد من هذه الملوثات، كلما كان عمر هذه الحلقات أكبر على الأرجح.

- كذلك في هذا المدار، يقوم كل من نظام التصوير والعلوم الفرعي (**ISS**) ومطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) ومطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة تحت الحمراء والأشعة المرئية (**VIMS**) برصد الغلاف الجوي لزحل ورسم خرائط له، وذلك من خلال دراسة درجات حرارة طبقات الغلاف الجوي المختلفة إضافة إلى تركيب الغلاف الجوي.

- أثناء هذا المدار، تقترب كاسيني من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل بمقدار 2700 كيلومتر، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 5010 كيلومتراً.

المدار 276: مدار مكتمل، بدأ اعتباراً من 25 ـ 31 أيار/مايو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	25 أيار/مايو	08:50 صباحاً	01:50 صباحاً	
العبور السادس لمستوي الحلقات #6	28 أيار/مايو	02:22 ظهراً	07:22 صباحاً	أبعد نقطة في الحلقة D ستصل إليها المركبة. المركبة مُدرّعةً بالهوائي عالي الكسب الخاص بها.
الاتصال بالأرض	29 أيار/مايو	03:29 صباحاً	08:29 مساءً (28 أيار/مايو)	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER: 09:44) مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (28 أيار/مايو).

- أثناء هذا المدار، تلتقط كاميرات التصوير الموجودة على متن المركبة الفضائية ونظام التصوير والعلوم الفرعي صوراً لحافة الحلقة **A** والحلقة **F** والفراغ بينهما، وذلك لدراسة بنية الحلقات وكيفية تفاعلها في المنطقة، ولاحقاً في هذا المدار يقوم (**ISS**) بفعل الأمر نفسه في المنطقة الحدودية لحلقات زحل **B** و **C**.

- وينجز رادار كاسيني الجزء الأول من ثلاثة أجزاء لتجربةٍ لم يسبق القيام بها من قبل وذلك بالمسح باتجاه الأمام من الحافة الخارجية للحلقة **A** كل المنطقة عبر الحلقة الداخلية **C**، وتكون عمليات مسح الحلقات الأساسية الناتجة عن الرادار بدقة تتراوح من 4 كيلومتر نزولاً حتى المئة متر في كل بكسل.

- تكون المركبة موجّهة أثناء عملية عبور مستوي الحلقة بحيث يكون الهوائي عالي الكسب أماماً للمساعدة في حماية المركبة من جسيمات الحلقة، وهذا العبور لمستوي الحلقة هو الأعلى الذي تمكّنت منه كاسيني على الإطلاق في الحلقة **D**.

- كذلك وأثناء عبور مستوي الحلقة (الأمر الذي يستغرق ست دقائق، إذ تؤخذ الاصطدامات بعين الاعتبار وتصبح أمراً وارداً) تلتقط أداة علوم أمواج البلازما والراديو أصوات اصطدام جسيمات الحلقة التي ينتج عنها سُحُب من البلازما يمكن الكشف عنها عند ضربها المركبة الفضائية، ويعلو الهوائي عدة أمتار فوق الهوائي الثقيل (عالي الكسب)، مما يسمح له بالتفاعل مع جسيمات الحلقة في الوقت الذي تكون فيه المركبة الفضائية بمعظمها محمية.

- أثناء هذا المدار، تقترب كاسيني من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل بمقدار 3900 كيلومتر، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 3810 كيلومتراً.

المدار 277: مدار مكتمل استغرق إتمامه من 31 مايو/أيار وحتى 7 حزيران/يونيو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	31 مايو/أيار	08:04 مساءً	01:04 مساءً	
العبور السابع لمستوي الحلقات #7	4 حزيران/يونيو	01:38 صباحاً	06:38 مساءً (3 حزيران/يونيو)	الوصل الثاني الأقرب للمركبة عبر الحلقة D. سيستخدم الهوائي الخاص بالمركبة كدرعٍ لحمايتها.

الاتصال مع الأرض	4 حزيران/يونيو	02:10 مساءً	07:10 صباحاً	الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT) في الساعة 08:25 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (4 حزيران/يونيو)

- خلال هذا المدار السابع لكاسيني ضمن مرحلة الختام الكبير، وأثناء تحليق المركبة مباشرةً فوق الحلقات أعلى نصف الكرة الشمالي لزحل، سيقوم مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) بعمل مسح ذي دقة عالية للحلقة الرئيسية، كما سيتم تقليل تأثير التقصير الذي عادةً ما يُخفِّض من دقة عملية المسح، وذلك عن طريق مسح الحلقات بزاوية قريبة من 90 درجة.

- سيقوم رادار كاسيني بتنفيذ الجزء الثاني من الأجزاء الثلاثة للتجربة التي لم يسبق القيام بها من قبل، وذلك من خلال القيام بعملية مسحٍ بدءاً من الحافة الخارجية للحلقة **A** ووصولاً إلى الحافة الداخلية للحلقة **C**، كما سينفِّذ الرادار عمليات المسح للحلقات الرئيسية بدقةٍ تتراوح بين 4 كيلومترات نزولاً إلى 100 متر.

- خلال اجتياز مستوي الحلقات هذا، سيتم توجيه المركبة مرةً أُخرى بحيث يُشكِّل الهوائي عالي الكسب الخاص بها (والمسمّى أيضاً بالهوائي الثقيل **high-gain antenna** أو الطبق الكبير **the big dish** لشكله الذي يشبه الطبق) درعاً يحميها من جسيمات الحلقات.

- وأيضاً خلال اجتياز مستوي الحلقات في الفترة الوجيزة التي يُتوقع ازدياد احتمالية حدوث تصادمات بين المركبة والجسيمات خلالها، ستقوم أداة علوم موجات البلازما والراديو (**RPWS**) "بالاستماع" للتصادمات الجسيمة التي تُنتِج سحباً بلازميةً قابلةً للكشف عند اصطدامها بالمركبة، ويبرز الهوائي الخاص بأداة (**RPWS**) عدة أمتارٍ خارج نطاق حماية الهوائي عالي الكسب، لذا سيكون قادراً على كشف التصادمات.

- خلال هذا المدار، ستحلق كاسيني على مسافة 3890 كيلومتراً من مستوي الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 3820 كيلومتراً.

المدار رقم 278: مدار مكتمل استمرَّ من 7 – 13 حزيران/يونيو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	7 حزيران/يونيو	07:18 صباحاً	12:18 صباحاً	
العبور الثامن لمستوي الحلقات #8	10 حزيران/يونيو	12:49 مساءً	05:49 صباحاً	
الاتصال مع الأرض	10 حزيران/يونيو	12:49 مساءً	05:49 صباحاً	ستكون كاسيني على اتصالٍ مع الأرض خلال عملية عبور مستوي الحلقات. الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (TER) في الساعة 07:04 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (10 حزيران/يونيو).

- ينفّذ النظام الفرعي للعلوم الراديوية (**RSS**) خلال هذا المدار عملية الحجب الراديوية (**radio occultation**) لنظام زحل الحلقي وهي الرابعة من أصل ست عمليات، كما سيُجري تجربةً لدراسة مجال الجاذبية الخاص بزحل بأقصى دقةٍ ممكنة. وتهدف التجربة لقياس مدى كروية مجال الجاذبية الخاص بزحل، إضافةً إلى مساعدة العلماء في قياس كتلة حلقات زحل، إذ لا تزال كتلة الحلقات غير معروفة تماماً.

- خلال التجارب الراديوية، سيلتقط محلل الغبار الكوني (**CDA**) جسيمات من الحلقات الصغيرة وتحللها مُساعِدَةً في تحديد عمر الحلقات، إذ تصطدم النيازك بين الكوكبية بحلقات زحل الرئيسية مؤدِّيةً لتفريغ حمولتها من السيليكات والمواد العضوية والمعادن داخل الحلقات، وكلما وَجَد (**CDA**) كميةً أكبر من هذه الملوثات زادت أرجحية قدم الحلقات.

- بعد ذلك، سيقوم مطياف رسم الخرائط بالأشعة تحت الحمراء والضوء المرئي (**VIMS**) برسم خرائط تفصيلية ذات دقةٍ عالية لنصف الكرة الجنوبي لزحل، وتبحث الأداة عن تغيراتٍ في الرياح وبنية الغيوم، وربما عن تغيراتٍ في كيمياء الغلاف الجوي بتغير معدل التصاعد في الغلاف الجوي (**atmospheric upwelling**) خلال فصول السنة.

- خلال هذا المدار، ستحلق كاسيني على مسافة 3410 كيلومتراً من مستوي الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4300 كيلومتر.

المدار رقم 279: مدار مكتمل تم خلال 13 – 20 حزيران/يونيو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	13 حزيران/يونيو	06:24 مساءً	11:24 صباحاً	
العبور التاسع لمستوي الحلقات #9	16 حزيران/يونيو	11:52 مساءً	04:52 مساءً	
الاتصال مع الأرض	17 حزيران/يونيو	12:05 مساءً	05:05 صباحاً	الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT) في الساعة 06:20 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (17 حزيران/يونيو).

- خلال هذا المدار، سيرصد مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) الشفق القطبي الشمالي لزحل في محاولةٍ لرصد الشكل الإهليلجي الكامل للشفق عبر عدّة عمليات رصد، وفي نفس الوقت سيرصد مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**SCIR**) الشفق أيضاً.

- ـ ستكون الأولوية لمطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**) خلال مرور المركبة بمستوي الحلقات قياس كثافة وتكوين الجسيمات المحايدة في تلك المنطقة لدراسة العلاقة بين حلقات زحل وغلافه الجوي، كما ستجري الأداة (**INMS**)

قياساتٍ للأيونات كأيون (**O2+**) الذي يتم إنتاجه عند سطح الحلقات ليُنقَل من ثمّ على طول خطوط المجال لأماكن أخرى.

- سيقوم محلل الغبار الكوني (**CDA**) بأخذ عيناتٍ من جسيمات الحلقات أثناء عبور كاسيني لمستوي الحلقات.

- ستقوم كاميرات المركبة التصويرية (نظام التصوير والعلوم الفرعي **ISS**) بالتقاط صورةٍ خاصةٍ للحلقات من الداخل إلى الخارج أثناء عبور مستوي الحلقات.

- تحلق كاسيني خلال هذا المدار على مسافة 3350 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4360 كيلومتراً.

المدار رقم 280: مدار مُكتمل استمرّ من 20 – 26 حزيران/يونيو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	20 حزيران/يونيو	05:26 صباحاً	10:26 مساءً (19 حزيران/يونيو)	
العبور العاشر لمستوي الحلقات #10	23 حزيران/يونيو	10:54 صباحاً	03:54 صباحاً	
الاتصال مع الأرض	23 حزيران/يونيو	10:54 صباحاً	03:54 صباحاً	ستكون كاسيني على اتصالٍ مع الأرض خلال عملية عبور مستوى الحلقات. الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT) في الساعة 05:09 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (23 حزيران/يونيو).

- خلال هذا المدار، سيقوم مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) برصد قمر زحل المُسمى ديون (**Dione**) وذلك للحصول على فهمٍ أفضل لدرجة حرارة القمر ولدراسة مكونات وبنية مواد القمر السطحية.

- سيقوم النظام الفرعي للعلوم الراديوية (**RSS**) بإجراء عملية حجب راديوية (**radio occultation**) أخرى لنظام زحل الحلقي، كما سيُجرِي تجربةً لدراسة مجال جاذبية زحل بالتفصيل، وتهدف التجربة لقياس مدى كروية مجال الجاذبية الخاص بزحل، إذ تكشف الانحرافات في الشكل الكروي عن طريقة تغير كثافة زحل بتغيّر العمق، كما تكشف عن آلية تأثير الرياح السطحية على الأعماق الجوية السُفلى لزحل، وبالإضافة لذلك ستشعر كاسيني بتأثير جاذبية الحلقات (الحلقة **B** تحديداً)، باستخدام بيانات عملية العبور هذه سيتمكن العلماء من تحديد كتلة الحلقات بدقةٍ كبيرة والذي بدوره سيساعد العلماء في تحديد عمر النظام الحلقي لزحل.

- وخلال التجارب الراديوية سيُجرِي محلل الغبار الكوني (**CDA**) تحليلاً لجسيمات الحلقات الصغيرة للمساعدة في تحديد عمر الحلقات، إذ يؤدي اصطدام النيازك بين الكوكبية بحلقات زحل الرئيسية إلى تفريغ حمولتها من السيليكات والمواد العضوية

والمعادن داخل الحلقات، وكلما وَجَد (**CDA**) كميةً أكبر من هذه الملوثات كلما زادت أرجحية قِدم الحلقات.

- كما سيرصد مطياف الأشعة تحت الحمراء المركب الحلقة A للمقارنة بين خصائص الجليد في الحلقات وبين أقمار زحل الجليدية.

- خلال هذا المدار، ستحلق كاسيني على مسافة 3390 كيلومتراً من مستوي الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4320 كيلومتراً.

المدار رقم 281: مدار مكتمل استمر من 26 حزيران/يونيو وحتى 3 تموز/يوليو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	26 حزيران/يونيو	04:35 مساءً	09:35 صباحاً	
العبور الحادي عشر لمستوي الحلقات #11	29 حزيران/يونيو	10:10 مساءً	03:10 مساءً	ستشرع كاسيني مرةً أخرى عبر الحلقة D، ولكن لن يقوم الهوائي الخاص بها بحمايتها بعد الآن.
الاتصال مع الأرض	30 حزيران/يونيو	09:55 صباحاً	02:55 صباحاً	الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT) في الساعة 04:30 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (30 حزيران/يونيو).

- خلال هذا المدار، سيقوم مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) برصد حافة غلاف زحل الجوي لدراسة الوهج الجوي (**airglow**) والشُفق القطبية والهيدروكربونات، إذ يحتاج العلماء لمزيدٍ من المعلومات عن توزّع الهيدروكربونات الخاصة بزحل لتحسين نماذجهم التي تدرس تأثير أشعة الشمس على كيمياء الجزء العلوي من غلاف زحل الجوي.

- ـ سيقوم مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) بوضع خرائط لدرجة حرارة وبنية دوّامة القطب الشمالي لزحل في أعلى دقّة للبعثة حتى الآن.

- سيقوم مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) بالتقاط فيديو للمنطقة القطبية الجنوبية لزحل، إذ سيكون أكثر الفيديوهات (ذات النطاق القريب من الأشعة تحت الحمراء) حدّةً وأقربها للبنية المعقدة وللحركات المعقدة لملامح الغلاف الجوي لزحل داخل وحول الدوامة القطبية الجنوبية.

- كان من المفترض أن يتم في هذا المدار توجيه المركبة مرةً أخرى بحيث يُشكِّل الهوائي الطبقي الخاص بها درعاً يحميها من جسيمات الحلقة، ولكن خلال العبورين السابقين للحلقة **D** (في المدار 267 والمدار 277) وجد العلماء بأن هذه الجسيمات حميدة (غير خطرة)، فقرروا بناءً على ذلك إلغاء شرط التدرّع لهذا المدار، وسيتم استخدام الهوائي مرة أخرى في المدار 282.

- بعد عبور مستوي الحلقات، تجري كاسيني تحققاً هندسياً لتركيب مستشعر الشمس الخاص بالمركبة للتأكد من عدم تضرره أثناء استخدام الهوائي كدرعٍ لعبور مستوي الحلقات.

- تحلق كاسيني خلال هذا المدار على مسافة 3720 كيلومتراً من مستوي الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 3980 كيلومتراً.

المدار 282: مدار مكتمل تمّ خلال 3 – 9 تموز/يوليو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	3 تموز/يوليو	03:54 صباحاً	08:54 مساءً في 2 تموز/يوليو	
العبور الثاني عشر لمستوي الحلقات #12	6 تموز/يوليو	09:31 صباحاً	02:31 صباحاً	تمر كاسيني مرةً أخرى عبر الحلقة D، ويُستخدم الهوائي الخاص بالمركبة كدرعٍ لحمايتها.
الاتصال مع الأرض	7 تموز/يوليو	05:44 صباحاً	10:44 مساءً (6 تموز/يوليو)	الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT) في الساعة 11:59 مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (30 حزيران/يونيو).

- يقوم مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) خلال هذا المدار برصد نجم كابا كانيس ماجوريس (**Kappa Canis Majoris**)، وذلك عند عبور أجزاء من الحلقتين **A** و **C** بين المركبة والنجم، كما يرصد مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) عملية الحجب (**occultation**) أيضاً.

- ـ تقوم كاميرات المركبة التصويرية نظام التصوير والعلوم الفرعي (**ISS**) برصد بعض الملامح الخاصة بحلقات زحل والمعروفة بالمروحة، وتستهدف بعد ذلك المنطقة الحدودية للحلقة **F** والحلقة **A** لدراسة ديناميكية الحلقات في تلك المنطقة.

- كما يدرس (**UVIS**) البنى ذات النطاق الصغير في الحلقات.

- خلال اجتياز مستوي الحلقات هذا، سيتم توجيه المركبة مرةً أخرى بحيث يُشكل الهوائي الطبقي الخاص بها درعاً يحميها من جسيمات الحلقات.

- وأيضاً خلال اجتياز مستوي الحلقات هذا، وفي الفترة التي يُتوقع أن تزداد خلالها احتمالية حدوث تصادماتٍ بين المركبة والجسيمات تقوم أداة علوم موجات البلازما والراديو(**RPWS**) "بالاستماع" لتصادمات الجسيمات، والتي تُنتِج سُحباً بلازمية قابلة للكشف عند اصطدامها بالمركبة، ويبرز الهوائي الخاص بالأداة (**RPWS**) عدة أمتارٍ خارج نطاق حماية الهوائي الطبقي الخاص بالاتصال، وبالتالي ستكون قادرةً على كشف التصادمات.

- خلال هذا المدار، تحلق كاسيني على مسافة 3730 كيلومتراً من مستوي الـ 1 بار الخاص بزحل. وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 3980 كيلومتراً.

المدار رقم 283: مدار مكتمل استمرّ من 9 – 16 تموز/يوليو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	9 تموز/يوليو	03:13 مساءً	08:13 صباحاً	
العبور الثالث عشر لمستوي الحلقات #13	12 تموز/يوليو	08:44 مساءً	01:44 مساءً	
الاتصال مع الأرض	13 تموز/يوليو	08:19 صباحاً	01:17 مساءً	الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT) في الساعة 02:33 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (13 تموز/يوليو).

- سيقوم مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) خلال هذا المدار برصد الجانب المُضاء لوسط الحلقة **A** وذلك لتحديد مكوناتها وبنيتها، وبعد ذلك سيستهدف منطقة سقوط ظل زحل على طول الحلقة **B** وذلك لدراسة كيفية تغير حرارة الحلقة أثناء مرورها في ظل الكوكب، إذ ستكشف عمليات الرصد هذه تفاصيلاً عن بنية جسيمات الحلقات نفسها، والتي هي صغيرة جداً ليتم تحليلها بواسطة كاميرات كاسيني.

- ستقوم كاميرات المركبة التصويرية نظام التصوير والعلوم الفرعي(**ISS**) برصد بعض الملامح الخاصة بحلقات زحل التي تشبه المروحة بشكلها، كما ستنفّذ مسحاً ذي دقةٍ عالية للحلقة **C** والجزء الداخلي للحلقة **B**.

- مع اقتراب كاسيني مسافة 50000 كيلومترٍ من الطبقة السفلية لغلاف زحل الجوي سيقوم مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمحايدة (**INMS**) بأخذ عيناتٍ من طبقة الغلاف الخارجي (إكسوسفير **exosphere**) وطبقة الغلاف الأيوني (أيونوسفير **ionosphere**) الخاصتين بزحل إضافة إلى الغلاف الجوي-الأيوني لحلقات زحل، وخلال مدارٍ لاحق (المدار رقم 288) ستأخذ أداة (**INMS**) عيناتٍ من غلاف زحل المرئي الأكثر كثافة لأول مرةٍ على الإطلاق.

- ستحلق كاسيني خلال هذا المدار على مسافة 3730 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 3980 كيلومتراً.

المدار رقم 284: قَيد الإنجاز سيتمّ بين 16 – 22 تموز/يوليو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	16 تموز/يوليو	02:21 صباحاً	07:21 مساءً (15 تموز/يوليو)	
العبور الرابع عشر لمستوي الحلقات #14	19 تموز/يوليو	07:50 صباحاً	12:50 صباحاً	

الاتصال مع الأرض	19 تموز/يوليو	07:50 صباحاً	12:50 صباحاً	ستكون كاسيني على اتصالٍ مع الأرض خلال عملية عبور مستوي الحلقات. الوقت المتوقع لاستقبال الأرض للإشارة (ERT): في الساعة 02:06 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (19 تموز/يوليو).

- خلال هذا المدار، سيقوم النظام الفرعي للعلوم الراديوية (**RSS**) بإجراء آخر عملية رصدٍ عِلمية له في هذه المَهَمّة، إذ تقوم هذه الأداة بإجراء عمليات حجب راديوية (**radio occultations**) لنظام زحل الحلقي، كما ستجري تجربة جاذبية لتحديد خصائص مجال جاذبية زحل بدقة لم يسبق لها مثيل، وستقوم بتحديد خصائص مجال جاذبية زحل عن طريق تتبع مدار كاسيني بالنسبة للأرض بدقةٍ كبيرةٍ جداً وذلك أثناء تحليق المركبة فوق حافة الغلاف الجوي لزحل.

- وعن طريق قياس انزياح دوبلر (**Doppler shift**) في إشارة كاسيني الراديوية، يمكن للعلماء معرفة كيفية توزع الكتلة في زحل، وبالإضافة لذلك ستشعر كاسيني بالوقت ذاته بتأثير جاذبية الحلقات (الحلقة **B** تحديداً) وستحدد بالتالي كتلة الحلقات بدقةٍ كبيرة، إذ تساعد الكتلة العلماء على تحديد عمر الحلقات.

- عندما تكون كاسيني في أقرب نقطةٍ مداريةٍ من زحل خلال هذا المدار، ستدور المركبة بحيث يستطيع مقياس المغناطيسية (**GMA**) جمع قياساتٍ فريدةٍ من نوعها ستؤدي لفهمٍ أفضل لمجال زحل المغناطيسي ومعدل دورانه وحجم لبّه المركزي، إضافةً إلى خصائص أخرى.

- سيؤدي بعد ذلك مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) عمليات رصدٍ للنصف الجنوبي لزحل أثناء الليل.

- وخلال هذا المدار، ستحلق كاسيني على مسافة 2790 كيلومتراً من مستوي الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4910 كيلومتراً.

المدار 285: قيد الإنجاز، سيتمّ بين 22 ـ 29 تموز/يوليو

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	22 تموز/يوليو	01:27 ظهراً	06:27 صباحاً	
العبور الخامس عشر لمستوي الحلقات #15	25 تموز/يوليو	06:55 مساءً	11:55 صباحاً	
الاتصال بالأرض	26 تموز/يوليو	06:10 صباحاً	11:10 مساءً (25 تموز/يوليو)	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 12:27 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (29 تموز/يوليو)

- ستأخذ كاميرات تصوير كاسيني (نظام التصوير والعلوم الفرعي **ISS**) الأولوية خلال هذا المدار لرصد قمر زحل "تيتان" لدورتين، إذ تستمر كل دورة عدة ساعات متواصلة لالتقاط صورٍ لسطح القمر وغلافه الجوي ولاسيما لمراقبة شكل غيومه وتغيّرها، كما يقوم كلّ من مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) برصد "تيتان" أيضاً.

- ويرصد مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) مساحات كلّ من منطقتي الشفق القطبي الجنوبية والشمالية، حيث تكون المنطقة الشمالية مضاءة بأشعة الشمس والجنوبية مظلمة.

- ستدور المركبة الفضائية في هذا المدار لمعايرة الأجهزة المغناطيسية التابعة لكاسيني (**MAG**) من أجل إتمام عمليات رصد المجال المغناطيسي عالي الكثافة عندما تكون المركبة أقرب ما يمكن لزحل.

- تكون أجهزة أداة علوم موجات البلازما والراديو (**RPWS**) مُفعَّلة خلال دوران الأجهزة المغناطيسية التابعة لكاسيني (**MAG**) لتلتقط "أصوات الصافرات" التي يطلقها برق كوكب زحل.

- كما تصل كاسيني في هذا المدار مسافة تقارب 2810 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4890 كيلومتراً.

المدار 286: قيد الإنجاز، يستمر من 29 تموز/يوليو حتى 4 آب/أغسطس

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	29 تموز/يوليو	12:33 صباحاً	05:33 مساءً (28 تموز/يوليو)	
العبور السادس عشر لمستوي الحلقات #16	1 آب/أغسطس	06:05 صباحاً	11:05 مساءً (31 تموز/يوليو)	
الاتصال بالأرض	1 آب/أغسطس	10:57 مساءً	03:57 ظهراً	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 05:14 عصراً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (1 آب/أغسطس).

- يقوم مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) في هذا المجال بعمليات رصد طويلة للشفق القطبي الشمالي لزحل بمسافة قريبة بشكل غير معتاد من أجل التقاط بعض أكثر الصور دقة للشفق خلال البعثة بأكملها.

- كما سيرصد مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) شفق زحل أيضاً، وسيكون رصد الشفق الذي يقوم به (**VIMS**) الأكثر دقةً وقرباً خلال مهمة كاسيني بأكملها.
كما سيقوم مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) برصد منطقة القطب الجنوبي لقمر زحل إنسيلادوس (**Enceladus**) في هذا المدار لدراسة درجات الحرارة في فصل الشتاء على سطح القمر، وتعدّ هذه فرصة الجهاز الأخيرة لدراسة درجات حرارة "إنسيلادوس" من أجل مساعدة الباحثين على فهم كيفية تغيّرها مع مرور الزمن.

- تصل كاسيني في هذا المدار إلى قرابة 2920 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4790 كيلومتراً.

المدار 287: قيد الإنجاز، يستمر بين 4 ـ 10 آب/أغسطس

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	4 آب/أغسطس	11:46 صباحاً	04:46 صباحاً	
العبور السابع عشر لمستوي الحلقات #17	7 آب/أغسطس	05:19 عصراً	10:19 صباحاً	
الاتصال بالأرض	8 آب/أغسطس	03:11 ظهراً	08:11 صباحاً	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 09:29 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (8 آب/أغسطس).

- يرصد مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) في هذا المدار الشفق القطبي الشمالي لزحل في محاولة لالتقاط كامل إهليجية الشفق القطبي وذلك خلال عدة عمليات رصد.

- تنجز كاميرات تصوير المركبة (نظام التصوير والعلوم الفرعي **ISS**) أولى آخر عمليتي رصد لأحد أصغر أقمار زحل وأغربها كيفيك (**Kiviuq**) والتي تُكمِل قرابة 80% من دورة واحدة خلال عمليات رصد كاسيني، وتسعى هذه العمليات لتحسين نماذج لشكل القمر وخصائصه الأخرى.

- كما سيستهدف (**ISS**) إحدى معالم مراوح حلقات زحل، وستكمل رحلتها في رصد قمر "تيتان" لفترتين زمنيتين، تدوم كل واحدة منها عدة ساعات وذلك لتصوير غلاف القمر الجوي وسطحه ولاسيما لمشاهدة تشكل غيومه وتغير حركتها، كما يرصد مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) و مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) قمر "تيتان" أيضاً.

- تدور المركبة في هذا المدار لمعايرة أجهزة كاسيني لقياس المغناطيسية (**MAG**).

- وتصل كاسيني في هذا المدار قرابة 2940 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 4760 كيلومتراً.

المدار 288: قيد الإنجاز، يستمر بين 10 ـ 17 آب/أغسطس

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	10 آب/أغسطس	10:56 مساءً	03:56 ظهراً	

حضيض المدار	14 آب/أغسطس	04:22 صباحاً	09:22 مساءً (13 آب/أغسطس)	الاختراق الأول من "الاختراقات الخمسة الأخيرة" لغلاف زحل الجوي
الاتصال بالأرض	15 آب/أغسطس	12:26 صباحاً	05:26 مساءً (14 آب/أغسطس)	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER: 06:45) مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (14 آب/أغسطس).

- هنا يتبقّى لكاسيني خمس مداراتٍ فقط حول زحل حتى تنتهي مهمتها.

- يرصد مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) في هذا المدار حافة غلاف زحل الجوي ليحدد درجات الحرارة المتفاوتة عند ارتفاعات مختلفة.

- ثم سيرصد (**ISS**) معالم غامضة تسمى بشكل غير رسمي "بالشرائط **streaks**" في حلقة زحل **C**.

- هذا هو أوّل المدارات الخمسة التي تقوم كاسيني خلالها بالطيران عبر مدارها الإهليلجي على نحوٍ منخفض جداً، بحيث تمرّ المركبة بإيجازٍ عبر غلاف الجو الخارجي لزحل، كما أن محركات الدفع التي تتحكم بردّات الفعل ستكون جاهزةً لتعديل مسار المركبة في حال تأثير قوى دفع غلاف زحل الجوي عليها كافٍ لتُسبِّب أي دوران.

- وفي الفترة التي تكون فيها المركبة أقرب ما يمكن إلى زحل سينجز مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**) أول مهمة على الإطلاق في معاينة مباشرة لغلاف زحل الجوي، كما سيقيس المطياف كثافات مختلف أنواع الهيدروجين الجزيئي والهيليوم ومجموعة متنوعة من الأيونات في المنطقة المتاخمة للمركبة.

- وبالتساوي مع وقت عمل مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**) سيعمل جهاز رادار كاسيني (**RADAR**) على دراسة غلاف زحل الجوي في وضع الخمول وذلك لدراسة تركيز الأمونيا (النشادر) والبُنى ذات النطاق الضيق الموجودة في الغلاف.

- ستصل كاسيني في هذا المدار مسافة تقارب 1710 كيلومتراً عند مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 5990 كيلومتراً.

المدار 289: قيد الإنجاز، يستمر بين 17 ـ 23 آب/أغسطس

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	17 آب/أغسطس	09:53 صباحاً	02:53 صباحاً	
حضيض المدار	20 آب/أغسطس	03:23 ظهراً	08:23 صباحاً	الاختراق الثاني من "الاختراقات الخمسة الأخيرة" لغلاف زحل الجوي
الاتصال بالأرض	21 آب/أغسطس	03:10 صباحاً	08:10 مساءً (20 آب/أغسطس)	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER: 09:30) مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (20 آب/أغسطس).

- مع أربعة مدارات متبقّية، أمام كاسيني مدة أقل من شهر قبل انتهاء مهمّتها.

- سيرصد مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) خلال هذا المدار الشفق القطبي الشمالي لزحل.

- كما سيرصد مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) في المركبة الفضائية درجات حرارة الدوامة القطبية الجنوبية للكوكب.

- وسيراقب مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) منطقة الشفق القطبي الجنوبي لزحل من أجل رسم صورة فسيفسائية.

- هذه ثاني المدارات الخمسة التي يُخفِّض فيها مدار كاسيني الإهليلجي المركبة حتى تمر عبر غلاف زحل لفترة وجيزة، إذ أنّ محركات الدفع المتحكِّمة بردّات الفعل تكون جاهزة لتعديل مسار المركبة في حال كان تأثير قوى دفع غلاف زحل الجوي عليها كافٍ لتسبب أيّ دوران.

- وستصل كاسيني خلال هذا المدار مسافة 1660 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 6040 كيلومتراً.

المدار 290: قيد الانجاز، يستمر بين 23 ـ 30 آب/أغسطس

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	23 آب/أغسطس	08:51 مساءً	01:51 ظهراً	
حضيض المدار	27 آب/أغسطس	02:20 صباحاً	07:20 مساءً (26 آب/أغسطس)	الاختراق الثالث من "الاختراقات الخمسة الأخيرة" لغلاف زحل الجوي
الاتصال بالأرض	27 آب/أغسطس	01:54 ظهراً	06:54 صباحاً	وقت التلقي المقدر على الأرض :(TER 08:14) صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (27 آب/أغسطس).

- أمام كاسيني الآن ثلاث مدارات فقط قبل انتهاء مهمّتها في زحل.

- يرسم مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) في هذا المدار خريطةً لنصف الكرة الشمالي لزحل من أجل دراسة درجات الحرارة في طبقة (التروبوسفير **troposphere**) العليا، كما يرسم مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) خريطةً للمنطقة الاستوائية، بينما سينجز مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) آخر العمليات لرصد أطراف زحل في هذه المهمّة.

- ستستخدم المركبة جهاز الرادار (**RADAR**) الخاص بها في وضع التفعيل لدراسة الغلاف الجوّي لزحل.

- هذه ثالث المدارات الخمسة التي يُخفِّض فيها مدار كاسيني الإهليلجي المركبة حتى تمر عبر غلاف زحل لفترة وجيزة، كما ستكون محركات الدفع المتحكمة بردّات الفعل جاهزة لتعديل مسار المركبة في حال كان تأثير قوى دفع غلاف زحل الجوي عليها كاف ليسبب أيّ دوران، كما أن هذا المدار هو أعمق اختراقات كاسيني داخل غلاف زحل خلال المدارات "الخمسة الأخيرة".

- وخلال الفترة التي تكون فيها المركبة أقرب ما يمكن لزحل سيُتِم مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**) دورته الثانية مباشرةً، مُعايِراً بذلك الطبقة العليا من الغلاف الجوي لزحل، كما سيقيس المطياف كثافات مختلف أنواع الهيدروجين الجزيئي والهيليوم ومجموعة مختلفة من الأيونات في المنطقة المتاخمة للمركبة.

- في هذا المدار أيضاً تقترب كاسيني مسافة 1630 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 6070 كيلومتراً.

المدار 291: قيد الإنجاز، يستمر بين 30 آب/أغسطس ويستمر حتى 5 أيلول/سبتمبر

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	30 آب/أغسطس	07:48 صباحاً	12:48 صباحاً	
حضيض المدار	2 أيلول/سبتمبر	01:17 ظهراً	06:17 صباحاً	الاختراق الرابع من "الاختراقات الخمسة الأخيرة" لغلاف زحل الجوي.
الاتصال بالأرض	3 أيلول/سبتمبر	04:38 صباحاً	09:38 مساءً (2 أيلول/سبتمبر)	وقت التلقي المقدر على الأرض (TER): 10:59 مساءً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (2 أيلول/سبتمبر).

- يتبقّى لكاسيني مدارين فقط من زحل قبل انتهاء مهمّتها.

- ترصد كاميرات تصوير كاسيني (نظام التصوير والعلوم الفرعي **ISS**) في هذا المدار الضباب في غلاف "تيتان" الجوّي، كما يرصد مرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**) ومطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) منطقة الشفق القطبي الشمالي لزحل والمضاءة بضوء الشمس.

- وسيعمل كل من مطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) ومطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) معاً لدراسة الغلاف الجوّي للكوكب.

- هذه أيضاً رابع المدارات الخمسة التي يخفِّض فيها مدار كاسيني الإهليلجي المركبة حتى تمر عبر الغلاف الجوّي لزحل لفترة وجيزة، وستكون محركات الدفع المتحكّمة بردّات الفعل جاهزة لتعديل مسار المركبة في حال كان تأثير قوى دفع غلاف زحل الجوي عليها كافٍ ليسبب أيّ دوران.

- وخلال الفترة التي تكون فيها المركبة في أقرب نقاطها لزحل، يُتِم مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**) دورته الثالثة مباشرة مُعايِراً بذلك الطبقة العليا من غلاف الكوكب الجوي، ويقيس الجهاز كثافات مختلف أنواع الهيدروجين الجزيئي

والهيليوم ومجموعة مختلفة من الأيونات في المنطقة المتاخمة للمركبة.

- تقترب كاسيني خلال هذا المدار مسافة 1640 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 6080 كيلومتراً.

المدار 292: قيد الإنجاز، يستمر بين 5 – 12 أيلول/سبتمبر

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	5 أيلول/سبتمبر	06:47 مساءً	11:47 صباحاً	
حضيض المدار	9 أيلول/سبتمبر	12:18 صباحاً	05:18 عصراً (8 أيلول/سبتمبر)	الاختراق الخامس والأخير من "الاختراقات الخمسة الأخيرة" لغلاف زحل الجوي.
الاتصال بالأرض	9 أيلول/سبتمبر	01:07 ظهراً	06:07 صباحاً	وقت التلقي المقدر على الأرض (ERT): 07:29 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (9 أيلول/سبتمبر).

- هذا هو المدار الكامل الأخير لكاسيني قبل انتهاء مهمّتها في زحل.

- يعمل كل من مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**) ومطياف رسم الخرائط العامل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء (**VIMS**) معاً خلال هذا المدار لتحديد غزارة غاز الهيليوم في غلاف زحل الجوّي.

- تكون هذه خامس المدارات الخمسة التي يخفِّض فيها مدار كاسيني الإهليلجي المركبة حتى تمر عبر غلاف زحل لفترة وجيزة، وستكون محركات الدفع المتحكّمة بردّات الفعل جاهزة لتعديل مسار المركبة في حال كان تأثير قِوى دفع غلاف زحل الجوي عليها كافٍ ليسبب أي دوران.

- وخلال الفترة التي تكون فيها المركبة في أقرب نقاطها لزحل، يُتِم مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**) دورته الرابعة مباشرة معايراً بذلك الطبقة العليا من غلاف الكوكب الجوي، كما يقيس الجهاز كثافات مختلف أنواع الهيدروجين الجزيئي والهيليوم ومجموعة مختلفة من الأيونات في المنطقة المتاخمة للمركبة.

- وستعمل أيضاً أجهزة رادار المركبة (**RADAR**) ونظام التصوير والعلوم الفرعي (**ISS**) خلال عمليات رصد مطياف كتلة الجسيمات الأيونية والمُحايدة (**INMS**)، حيث سيُكمِل الرادار دراسته للأمونيا في غلاف الكوكب، وسيلتقط نظام التصوير والعلوم الفرعي (**ISS**) صوراً رائعة للحلقات التي تظهر للخارج من الكوكب.

- في نهاية هذا المدار ستقوم المركبة كاسيني بجولة طيران بعيدة لقمر "تيتان" الذي له حجم عطارد، وستعدِّل جاذبيته مسار المركبة للمرة الأخيرة، دفعة الجاذبية هذه والتي يُطلِق عليها الفريق اسم "قبلة الوداع" ستؤمِّن عملية التخلص من المركبة بطريقة مضبوطة، فبدلاً من المرور بأمان من وإلى غلاف زحل الخارجي في المدار التالي، سوف تغوص كاسيني بعمق شديد في الغلاف الجوي، حيث ستشتعل كما يشتعل النيزك.

- في هذا المدار تقترب كاسيني مسافة 1680 كيلومتراً من مستوى الـ 1 بار الخاص بزحل، وتقطع أيضاً عبر الحافة الداخلية لحلقة زحل **D** مسافة 6120 كيلومتراً.

المدار 293: (الختام الكبير) يستمر بين 12 – 15 أيلول/سبتمبر

الحدث	التاريخ	الوقت بالنسبة للمركبة (توقيت غرينتش)	الوقت المحلي (بتوقيت منطقة المحيط الهادئ)	ملاحظات
أوج المدار	12 أيلول/سبتمبر	05:37 صباحاً	10:37 مساءً (11 أيلول/سبتمبر)	بداية الدخول الأخير لكاسيني في غلاف زحل الجوي. ستقوم المركبة في نهاية اليوم بإرسال البيانات متصلةً عبر شبكة الفضاء العميق (**Deep Space Network**) التابعة لناسا.
الدخول إلى الغلاف الجوي	15 أيلول/سبتمبر	10:44 صباحاً	03:44 صباحاً	ستحافظ محركات الدفع على الاتجاه لحوالي الدقيقة. وقت التلقي المقدر على الأرض (ERT) لآخر البيانات المرسلة نحو الساعة 50:07 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ.
فقدان الاتصال مع المركبة	15 أيلول/سبتمبر	10:45 صباحاً	03:45 صباحاً	وقت التلقي المقدر على الأرض (ERT) للاتصال الأخير لنهاية المهمّة: 05:08 صباحاً بتوقيت منطقة المحيط الهادئ (51 أيلول/سبتمبر).

- في هذا المدار الجزئي، وعندما تكون كاسيني على بعد ثلاث ساعات ونصف من نهايتها المتوقعة، ستنتقل بيانات من أجهزة مطياف الأشعة تحت الحمراء المركّب (**CIRS**)، ومرسام التصوير الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية (**UVIS**)، وأداة علوم موجات البلازما والراديو إلى الأرض بشكل آنيّ تقريباً، وعلى بعد ثوانٍ فقط من إتمام كامل عملية الرصد، حيث تبقي كاسيني عادة على هذه البيانات لساعات أو لأيام قبل تحويلها للهوائي عالي الكسب لينقلها بدوره نحو الأرض.

- وعلى خلاف المدارات السابقة فقد تم اختيار أخفض نقطة لكاسيني بحيث تتفادى السقوط، فمسار المركبة في هذا المدار سيكمل طريقه بالكامل بغرض الوصول إلى زحل.

- ستكمل كاسيني أيضاً الانتقال لأطول مدة ممكنة إلى أن يتغلب تأثير قوى الغلاف الجوي للكوكب على محركات دفع المركبة، حينها لن تتمكن كاسيني من توجيه هوائياتها بدقة كافية تبقيها على تواصل مع الأرض.

- تصل مهمة كاسيني إلى نهايتها حين نفقد إشارتها.

- التاريخ: 2017-07-17
- التصنيف: الكواكب ونظامنا الشمسي

#المركبات الفضائية #زحل #كاسيني #النهاية الكبري لـ كاسيني #الختام الكبير

المصطلحات

- **شبكة الفضاء السحيق (Deep Space Network)**: هي صفيفة عملاقة مكونة من هوائيات راديوية تدعم مهمات المركبات الفضائية بين-الكوكبية، بالإضافة إلى عدد من المهمات الموجودة في مدارات حول الأرض. تُقدم هذه الشبكة المعروفة اختصاراً بـ (DSN) بيانات كثيرة في مجال علم الفلك الراديوي، مما يُساهم في تطوير فهمنا للنظام الشمسي والكون.
- **المجال تحت الأحمر (Infrared)**: هو الإشعاع الكهرومغناطيسي ذو الطول الموجي الأكبر من النهاية الحمراء للضوء المرئي، والأصغر من الأشعة الميكروية (يتراوح بين 1 و 100 ميكرون تقريباً). لا يمكن لمعظم المجال تحت الأحمر من الطيف الكهرومغناطيسي أن يصل إلى سطح الأرض، مع إمكانية رصد كمية صغيرة من هذه الأشعة بالاعتماد على الطَّائرات التي تُحلق عند ارتفاعات عالية جداً (مثل مرصد كايبر)، أو التلسكوبات الموجودة في قمم الجبال الشاهقة (مثل قمة ماونا كيا في هاواي). المصدر: ناسا
- **الغبار (Dust)**: ليس الغبار الذي يقوم أحدهم بإيجاده حول المنزل فقط (الذي هو في العادة عبارة عن ذرات دقيقة من خلايا الجلد ومواد أخرى)، ولكن بالإضافة إلى ذلك، هذا الغبار في الفضاء عبارة عن الحبيبات شاذة الشكل مكونة من الكربون و/أو السليكون ويبلغ عرضها ميكرون واحد تقريباً، ويمكن إيجادها بين النجوم. يُمكن الاستدلال على وجود الغبار بشكلٍ أساسي عبر قدرته على الامتصاص، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل أقسام كبيرة مظلمة في مناطق من مجرتنا درب التبانة ونطاقات مظلمة في كافة أرجاء المجرات الأخرى.
- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً

المصادر

- jpl.nasa
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - Azmi Salem
  - نجوى بيطار
  - محمد الحسن
  - لينا علي ديب
- مُراجعة
  - ريتا عيسى
- تحرير
  - روان زيدان
  - أحمد كنينة
- تصميم
  - Tareq Halaby
- نشر
  - مي الشاهد