الباب الخامس

الملاحة الفضائية

obeikandl.com

obeikandl.com

الصواريخ

الصواريخ هي أجسام طائرة تتحرك عن طريق مبدأ الدفع الخلفي (الارتداد). وهذه هي طريقة الدفع الوحيدة المعروفة في الوقت الحاضر، والتي تعمل أيضاً خارج المجال الجوي الأرضي. إذ تستطيع الصواريخ أن تصل إلى سرعة طيران حتى ٤٠٠٠٠ كم/سا.

مبدأ الصواريخ وبناء الصواريخ :

المبدأ الأساسي لكل دفع صاروخي هو قانون نيوتن «الفعل = رد الفعل: Action = Reaction» وهذا يعني: أن كل قوة تولد قوة عكسية مساوية لها بالقيمة وتعاكسها بالاتجاه. وفي الصاروخ تُنفث كمية كبيرة من الجزيئات الصغيرة (على الأغلب جزيئات غازية) إلى الخلف، تنشأ من خلالها قوة تدفع الصاروخ إلى الأمام. ولإبقاء كتلة الصاروخ اللازم تسارعها خفيفة قدر الإمكان، تتألف الصواريخ من عدة وحدات دفع أو مراحل دفع، حيث تستبعد هذه المراحل بعد نفاذ وقودها. تتألف وحدة الدفع من خزان وقود، ومحرك دفع، يتألف بدوره من غرفة الدفع التي تتشكل من غرفة الاحتراق وأنبوبة النفث، ومن نظام نقل الوقود. بالإضافة إلى وحدات الدفع فإن أنظمة التوجيه والتحكم وكذلك حامل الشحنة (الحمولة) المفيدة هي أجزاء هامة من الصاروخ.

الدفع الصاروخي ❶

يُنتج الدفع الخلفي في الصاروخي غالباً عن طريق نفث غازات ساخنة تنشأ عن احتراق الوقود المؤلف من مادة احتراق مؤكسد (حامل الأوكسجين) في غرفة الاحتراق. تتسارع الغازات بواسطة نفاثة عن طريق التمدد التدريجي إلى ما فوق سرعة الصوت.

في الدفع بالوقود الصلب يوضع الوقود والمؤكسد كمزيج من المواد الصلبة في غرفة الدفع. هناك يُشعل الوقود ويحرق. ونظراً لغياب تنظيم عملية الدفع، ومشاكل

إعادة الإشعال، ومدة الاحتراق القصيرة، ومحتوى الطاقة المنخفض بالمقارنة مع الوقود السائل، يستخدم الدفع بالوقود الصلب فقط كمساعدة في الإقلاع (وهو ما يسمى المقوّي: Booster) وكذلك كدفع للأجسام الطائرة العسكرية.

يستخدم الدفع بالوقود السائل في الدفع الأساسي ودفع التوجيه في صواريخ الفضاء. أهم أنواع الوقود السائل هي: الكيروسين، والهيدرازين (Hydrazin)، والهيدروجين، وكمادة مؤكسدة يستعمل الأوكسجين السائل، أو ثالث أوكسيد الآزوت. ولأن عنصري الهيدروجين والأوكسجين في درجة الحرارة العادية (حرارة الغرفة) يكونان في الحالة الغازية، ولا يصبحان بشكل سائل إلا عند درجات حرارة منخفضة (الهيدروجين: ٢٥٣ْم، الأوكسجين: ١٨٣ْم) فإن من الضروري عزل الخزانات بشكل جيد جداً، وبالرغم من التكاليف الزائدة، فإنها تستحق الاستخدام لأنها تولد دفعاً أكثر بـ ٤٠٪ من أنواع الوقود الممزوجة الأخرى. بالهيدروجين والأوكسجين تعمل أيضاً غرفة دفع محرك فولكين Vulcain (الشكل ١) المستخدم في النوع الجديد من الصواريخ الأوربية الحاملة والذي يدعى أريان :5 Ariane ٥.

عن طريق فتحات منفصلة وتحت ضغط عال يصل الهيدروجين والأوكسجين السائلين إلى غرفة الدفع. بذلك لا يطلق الهيدروجين إلى نظام البخ، وإنما على منطقة التركيب (المزج) إلى امتداد النفاثة، ثم يتدفق من هناك عبر ٣٦٠ قناة في غلاف غرفة الدفع إلى نظام البخ. وبذلك يبرد غرفة الدفع، التي لولا ذلك التبريد لما استطاعت تحمل الحمولة الحرارية (درجة الحرارة الداخلية حوالي ٣٢٥٠ْم). وفي امتداد النفاثة التي تبرد أيضاً بالهيدروجين السائل يتم تمدد القسم الأكبر من الغازات الخارجة.

صواريخ أريان Ariane 2

أريان Ariane ٤ = ٤ (الشكل ٢) التابع للمنظمة الأوروبية للأقمار الصناعية ESA هو واحد من أشهر الأمثلة على صواريخ الفضاء متعددة المراحل. له ثلاث

مراحل، تتألف كل مرحلة من وحدة دفع كاملة. تثبت غرف الدفع بشكل قاب للحركة لتسهيل التوجيه. يوضع الوقود والمؤكسد كل منهما في خزان خاص به. يستطيع Ar-iane ٤ نقل عدة أقمار صناعية بنفس الوقت كحمولة صافية. حسب الوزن الإجمالي تركب مقويات دفع إضافية تعمل بالوقود الصلب و/أو السائل لتقوية دفع الإقلاع. بعد فترة احتراق قصيرة (٤٣-١٤٣ ثانية) تحترق وتنصهر في الفضاء. وبنفس الطريقة وعلى ارتفاع ١٠٠ كم ينزع الغلاف الواقي للحملة النافعة. يعد هذا الغلاف ضرورياً للإقلاع، وأثناء الطيران في الغلاف الجوي لتخفيف مقاومة الهواء، ولحماية الأقمار الصناعية. يمثل Ariane ٥ التطوير اللاحق لصاروخ Ariane ٤ ينبغي على Ariane5 بمحركاتها قوية الدفع أن تقدم كمرحلة ثالثة إمكانية نقل سفينة فضاء.

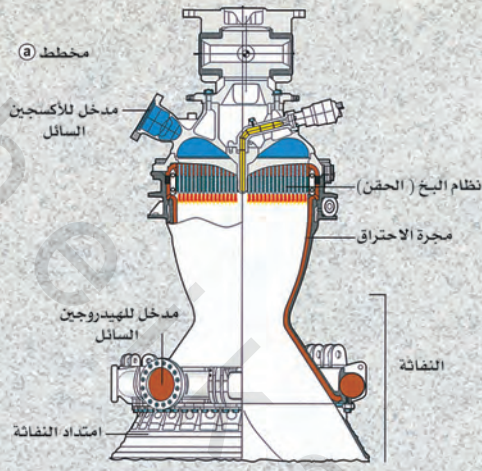
مستقبل هندسة الصواريخ :

التطوير الجديد والمهم في هندسة الصواريخ هو الدفع الأيوني (الشاردي)، الذي يناسب مثلاً في التحكم بموقع الأقمار الصناعية. هنا ينتج الدفع ليس عن طريق الاحتراق، وإنما عن طريق تسارع تيار غازي مؤين في حقل كهربائي.

obeikandl.com

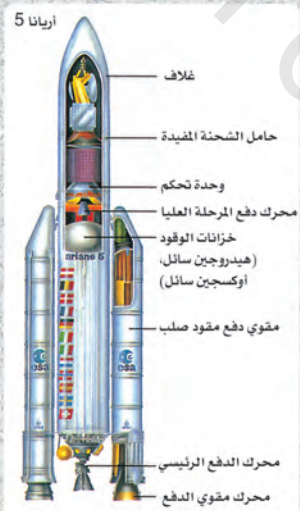
❶ غرفة دفع لمحرك - فولكان

مخطط ⓐ



كامل محرك الدفع ⓑ

❷ مخطط صواريخ الفضاء الأوروبية



الصواريخ

قيادة وتوجيه الأجسام الطائرة الفضائية

للتأثير على مسار الطيران تملك الأجسام الطائرة دوماً نظام قيادة ونظام للتحكم بالموقع. إن أساس كل تغيير في مكان ومسار الطيران (مناورة الطيران الفضائي) هو معرفة المكان اللحظي، والسرعة اللحظية، واتجاه الطيران، وهدف الجسم الطائرة بالنسبة إلى نقطة إسناد مرجعية كالأرض أو الشمس مثلاً.

التوجيه بالعطالة (بالقصور الذاتي) ❶

لتحديد الموقع يحتاج كل جسم طائر إلى نظام إسناد مرجعي يكون ثابت فضائياً. يتم الحصول على هذا النظام عن طريق (التعليقة الكاردانية الكاملة الشكل ١) وهي عبارة عن قاعدة عطالة موضوعة بشكل قابل للحركة في الاتجاهات الثلاثة، ويوجد عيها مغزلين أو ثلاثة مغازل متعامدة تدور بسرعة فائقة جداً. يسعى المغزل لأن يحافظ على اتجاهه المحوري (الاستقرار الفضائي). تستجيب المغزل للقوى المتجهة عرضياً على محو رالدوران عن طريق تأرجح محو الدوران عرضياً (الابتدار). تعمل المغازل من خلال قوة عطالتها عن توازن القاعدة، التي تحاول من خلال ذلك المحافظة على توجهها. تنتقل كل حركة للجسم الفضائي إلى القاعدة بسبب الاحتكاك في المضاجع (المحامل). وإذا رجح الاحتكاك فسوف تتحرك القاعدة مع الجسم الطائر وبالحركة ذاتها. وهنا تطلق الحركة البدارية للمغزل إشارة إلى دارة التحكم، والتي ترسل بدورها إشارة ثانية إلى المحركات الكهربائية في التعليقات. تدير المحركات الكهربائية التعليقات الكاردانية حتى إعادة الحالة إلى وضعها الأصلي. وبذلك تبقى القاعدة دائماً في الوضعية ذاتها في الفضاء. من خلال قياس توجه الجسم الطائر في الفضاء بالنسبة إلى القاعدة المستقرة يمكن تحديد موقعه الآني ومقارنته بالموقع اللازم. بواسطة ثلاثة أجهزة لقياس التسارع متعدمدة مع بعضها ومثبتة على القاعدة يمكن تحديد اتجاه الجسم الطائر في افضاء وتسارعه الكلي. وبمكاملة التسارع في جميع الاتجاهات الفراغية تنتج سرعة الطيران وجهته.

وتعطي المكاملة الثانية الموقع. تقارن هذه البيانات المكتسبة مع مسار الطيران المنشود والمحسوب مسبقاً، ثم تجرى التصحيحات على المسار عند الضرورة.

يتطلب التوجيه الصرف بالعطالة مجموعة مغازل مكلفة وغالية، كما أنه من غير الممكن بواسطتها تصحيح أخطاء انسياق المغزل بدقة، بحيث أنه في الطيران الذي يتجاوز أسابيع أو أشهر لا بد من موضع إسناد مرجعي يفي بالغرض. لذلك يُجمع مع التوجيه الصرف بالعطالة نظام إضافي مثل تحديد الاتجاه بالشمس أو بالنجوم. ومن خلال مقارنة بين معطليات المسار المكتسبة في كلتا الطريقتين وبين المسار اللازم للطيران بواسطة حاسوب محمول على متن الجسم الطائر يمكن تصحيح أخطاء المغازل إما مباشرة أو بمناورات المسار الأوسط.

القيادة أو التوجيه ❷

توصف القيادة بأنها التغيير في مسار مركز ثقل الجسم الطائر في الفضاء، ويرتبط مع ذلك التحكم بالوضعية ارتباطاً وثيقاً، وهذا يعني: تغيير الزاوية حول مركز الثقل. في مجال الغلاف الجوي يمكن أن تتم القيادة بالاستعانة بوسائط مؤازرة أروديناميكية كما في الطائرات ← سفينة النقل الفضائية). وفي الفضاء الفارغ تنفذ القيادة والتوجيه فقط عن طريق تأثير قوة (دفع) في الاتجاه المرغوب فيه. وبسبب سرعات الطيران العالية يجب أن تكون قوى التحكم كبيرة، تقوم محركات الدفع الأساسية بتأمين هذه القوى. إحدى الطرق هي تحويل اتجاه محركات الدفع الأساسية. ولكن في مناورات القيادة الأكبر لا يكفي مجال التحويل، ولذلك يجب تغيير وضعية الكامل الجسم الطائر لتوجيه محركات الدفع الأساسية (الشكل ٢). في هذه الحالة تستخدم محركات دفع مؤازرة صغيرة تدعى محركات التوجيه.

مناورات الطيران في الفضاء ❸

تخدم مناورة الطيران عملية تصحيح الانحرافات بين مسار الطيران الواقعي ومسار الطيران المطلوب، أو للتكيف مع مرحلة طيران جديدة (مثل مرحلة الدخول

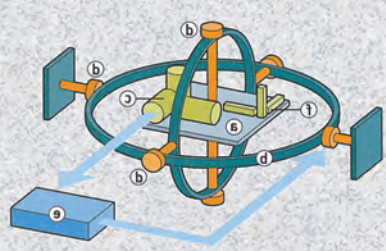
في المدار). بالإضافة لذلك يوجد مناورات خاصة لتصحيح الوضعية مثلاً من أجل توجيه الهوائي نحو الأرض، أو توجيه الخلايا الشمسية نحو الشمس في مسابير الفضاء. يميز في نطاق برنامج الطيران بين مناورات المسار الابتدائي، ومناروات المسار الأوسط، ومناورات نهاية المسار، يفهم تحت مناورات المسار الابتدائي المناورات التي تقود إلى أدق قيم انطلاق ممكنة من أجل مراحل الطيران اللاحقة، وتنفذ غالباً في الغلاف الجوي وعند سرعات طيران منخفضة. أما مناورات المسار الأوسط (الشكل ٣) فتنفذ على العكس في الفضاء الخالي من الهواء. بسبب سرعات الطيران العالية فإن استهلاك الوقود عال جداً في مناورات المسار الأوسط. ولتوفير الوقود لا يتم فوراً تصحيح كل انحراف عن المسار، وإنما في فترات محسوبة مسبقاً يتم تصحيح الأخطاء المتراكمة في مناورة واحدة.

تخدم مناورات مسار الطيران النهائي التصحيحات النهائية في مسار الطيران مبشارة قبل الهدف للحصول على قيم دقيقة قدر الإمكان لمرحلة الطيران النهائي للوصول نحو الهدف.

obeikandl.com

❶ القاعدة المعلقة بشكل كاردني (جيروسكوبي) للتوجيه بالعطالة

ⓐ قاعدة العطالة
ⓑ الحلقة الكاردانية
ⓒ مجموعة المغازل
ⓓ محرك
ⓔ دارة تحكم
ⓕ مقياس التسارع

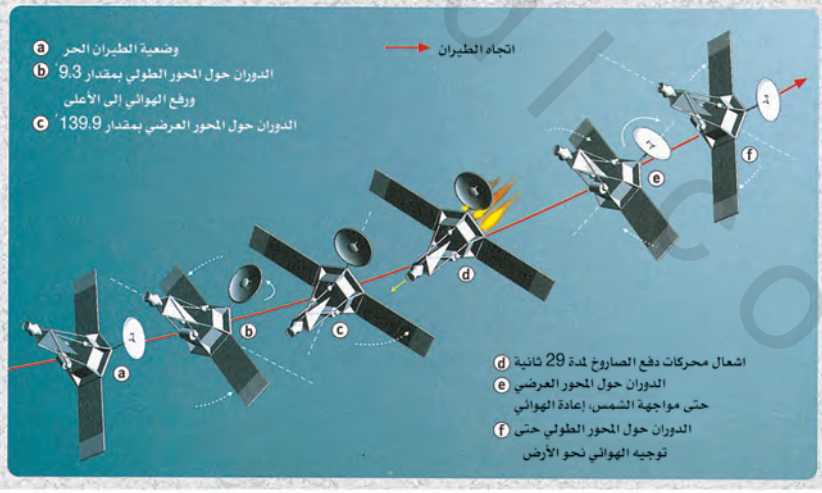


عند الانحراف في حالة السكون يعطي
ابتدار المغازل إشارة إلى
دارة التحكم التي توجه القاعدة
عن طريق المحركات المركبة على التعليقات
وتعيدها إلى وضعها الأصلي

❷ استخدام محركات التوجيه في مكوك الفضاء لتغيير الوضعية

ⓐ محركات التوجيه
يمكن حرف (تغيير اتجاه) مكوك
الفضاء بالدفع من محركات التوجيه

❸ مناورة المسار الأوسط بمراحلها المختلفة في مثال مسبار الزهرة « ماريز 2 »



مركبة النقل الفضائية

بدأ في السبعينات من القرن العشرين تطوير نظام النقل الفضائي الوحيد حالياً (١٩٩٨) والقابل للاستخدام وهو مكوك الفضاء space shuttle التابع للوكالة الوطنية للفضاء والملاحة الجوية الأمريكية (National Aeronautics and Space Administration = NASA). مكوك الفضاء هو مركبة فضاء مأهولة، أجزاؤها الرئيسية قابلة للاستخدام من جديد، وتسمح بتنفيذ مختلف أنواع البعثات في الملاحة الفضائية. فمثلاً يمكن القيام برحلات للنقل، أو لتنفيذ عمليات صيانة وإصلاح في الفضاء، أو للإمساك بقمر صناعي والعودة به إلى الأرض، أو للقيام بتجارب علمية.

بنية المركبة الفضائية ❶

يتألف مكوك الفضاء (الشكل ١) من ثلاثة أجزاء رئيسية: المكوك الدوار، والخزان الخارجي الكبير، ومقويات الدفع الإضافية ذات الوقود الصلب (⟵ الصواريخ). جميع الأجزاء باستثناء الخزان الخارجي قابلة للاستخدام من جديد. يؤمن كلا مقويي الدفع بالوقود الصلب (طول كل واحد ٤٥,٤ م، وقطره ٣,٧ م) عند الإقلاع ١٣,٨ ميغا نيوتن وهو الجزء الرئيسي من الدفع. وبعد استهلاك الوقود يفصلان ويهبطان إلى الأرض، تُخفِّض مظلات الفرملة سرعة الارتطام بسطح المحيط إلى حوالي ٩٠ كم/ سا. يمكن إعادة استخدام المقويات حتى ١٩ مرة.

الخزان الخارجي هو أكبر جزء من المكوك، يبلغ طوله ٤٥ م وقطره ٨,٧ م، ويوجد بداخله خزانات للهيدروجين السائل والأوكسجين السائل، والوقود الخاص بمحركات الدفع الثلاثة الخصاة بالمكوك الدّوار. يحتوي الخزان الأمامي على هيدروجين سائل ويتسع لحوالي ٥٠٠ ألف ليتر، وتبلغ سعة الخزان الخلفي حوالي ١,٥ مليون ليتر ويحتوي على أوكسجين سائل. وبعد انتهاء الاحتراق في المحركات الرئيسية ينفصل الخزان الرئيسي عن المكوك ويسقط إلى الأرض، حيث يحترق وينصهر في الغلاف الجوي.

يمثل المكوك الدوّار قلب المكوك الفضائي، ويمكن استخدامه حتى ١٠٠ مرة، وبعد العودة من الفضاء يمكن قيادته داخل الغلاف الجوي مثل الطائرة بواسطة أجنحته المثلثية ودفة التوجيه العرضية العلوية ودفة التوجيه الجانبية. وفي مقصورة الطيران في مقدمة المكوك توجد أجهزة التحكم بالطيران، وتحت مقصورة الطيران يوجد الطابق الأوسط الذي يستخدم كغرفة طعام وغرفة نوم للفريق. فق في هذين القسمين الأماميين يسود جو يشبه جو الأرض، حيث لا يتوجب ارتداء البزات الفضائية. وفي الجزء الأوسط من المكوك الدوار يوجد جيب كبير للحمولة النافعة ١٨,٣ م × ٤,٦ م، وفيه توضع الحمولة المفيدة الواجب نقلها، حيث يمكن أن يصل وزنها حتى ٢٢٦٨٠ كغ.

وعلى الجانب الطولي من جيب الحمولة النافعة يمكن تركيب ذراع إمساك لالتقاط أقمار اصطناعية يجب إعادتها إلى الأرض من أجل إصلاحها على سبيل المثال، يوجد في مؤخرة المكوك الدوار ثلاثة محركات رئيسية وما يسمى محركات المناورة (Orbital Maneuvering System = OMS). تشغل محركات الدفع الرئيسية بنفس الوقت مع مقويات الدفع الإضافية، وتؤمن عند الإقلاع ثلث قوة الدفع، حيث تبلغ قوة دفع المحرك الواحد ١,٧٣ ميغا نيوتن. وبعد فصل محركات الدفع الأساسية، تخدم محركات دفع نظام مناورة المكوك لوحدها عملية الوصول إلى المدار النهائي، وتغيير المدار، والخروج منه ومغادرته. يستخدم كوقود الهيدرازين Hy-drazin وثالث أوكسيد الآزوت الثنائي. كما يوجد في غلاف محركات المناورة أيضاً المحركات الخلفية لنظام التحكم بالارتداد RCS ينتمي إلى نظام التحكم بالارتداد أيضاً محركات دفع أخرى موجودة على أنف المكوك. تفيد محركات نظام التحكم بالارتداد في التحكم بالوضعية وفي تغيير طفيف في السرعة.

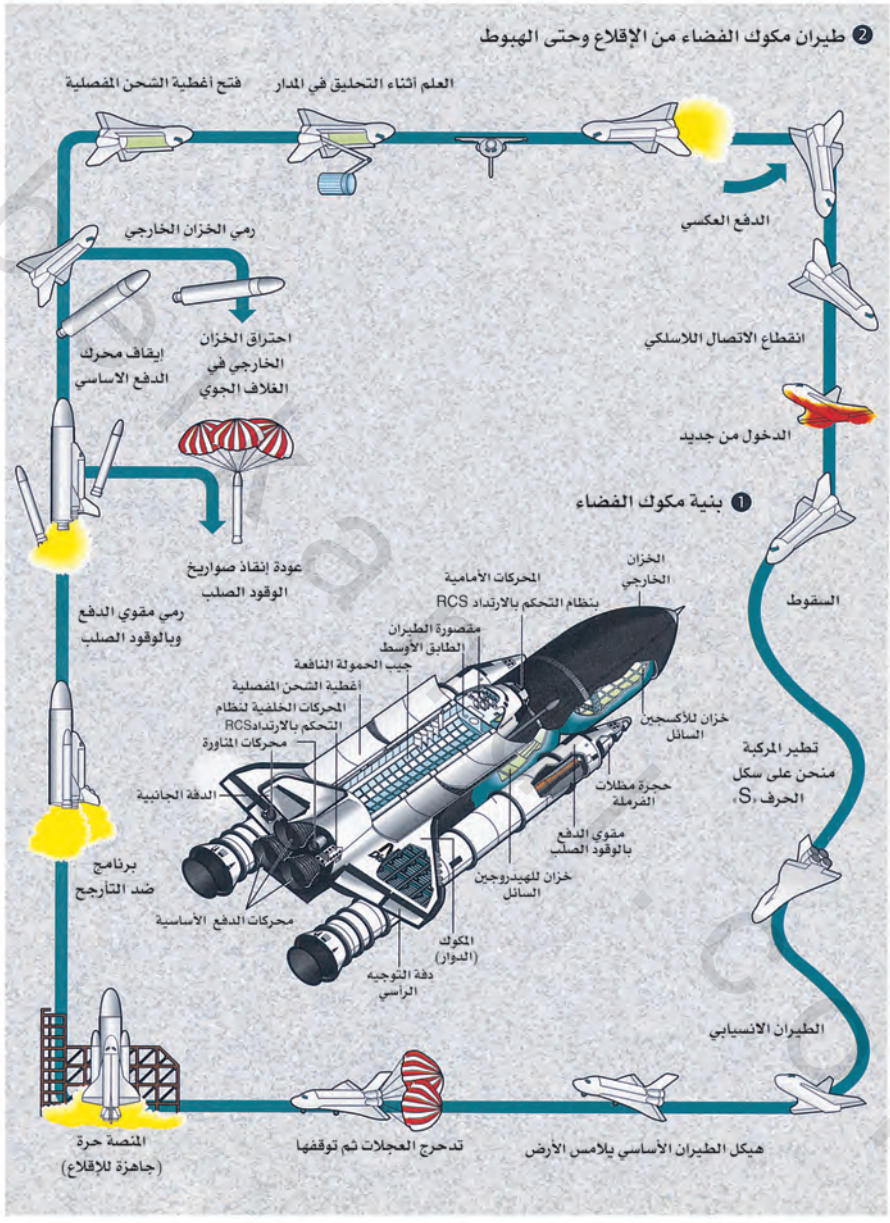
الطيران النموذجي ❷

يبين (الشكل ٢) طيراناً مثالياً لمكوك الفضاء Space Shuttle. بعد الإقلاع وعلى ارتفاع حوالي ٥,٨ كم يتم التخلص من مقويي الدفع، وعلى ارتفاع ١١٤ كم تقريباً

تنفصل محركات الدفع الرئيسية، وينفصل الخزان الخارجي من المكوك الدوار، وهنا يتحرك المكو الدوار بمساعدة محركات دفع نظامي المناورة والتحكم RCS×OMS ويستطيع الوصول إلى المدار المنظور وأن ينفذ الأعمال المخطط لها. تمثل مرحلة الهوبط الجزء الحرج من الطيران، وتبدأ بتدوير المكوك وفرملته بمساعدة محركات نظام المناورة OMS. وبذلك «يسقط» المكوك عائداً إلى الأرض.

وللدخول في الغلاف الجوي يجب توجيه المكوك بحيث يتم التغلب على الدروع الحرارية في الجهة السفلية للغلاف الجوي. وبسبب السرعة الابتدائية العالية جداً للمكوك تتأين طبقة الهواء المحيطة به ما يؤدي إلى انقطاع الاتصال اللاسلكي. لاحقاً تفرمل مقاومة الهواء المتنامية المكوك وتحمي جهته السفلية بشكل قوي جداً. وعلى الارتفاع المنخفض يقاد المكوك بدفات التوجيه العليا والجانبية. ومن خلال الطيران المنحني على شكل حرف S يواصل المكوك الفرملة ثم يهبط في طيران انسيابي. وبعد إجراء الصيانة اللازمة يمكن استخدام المكوك في رحلات فضائية جديدة.

obeikandl.com


❷ طيران مكوك الفضاء من الإقلاع وحتى الهبوط
العلم أثناء التحليق في المدار
فتح أغطية الشحن المفصلية
الدفع العكسي
رمي الخزان الخارجي
احتراق الخزان الخارجي في الغلاف الجوي
إيقاف محرك الدفع الاساسي
انقطاع الاتصال اللاسلكي
الدخول من جديد
❶ بنية مكوك الفضاء
السقوط
عودة انقاذ صواريخ الوقود الصلب
رمي مقوي الدفع وبالوقود الصلب
الخزان الخارجي
المحركات الأمامية بنظام التحكم بالارتداد RCS
مقصورة الطيران الطابق الأوسط
جيب الحمولة النافعة
أغطية الشحن المفصلية
المحركات الخلفية لنظام التحكم بالارتداد RCS
محركات المناورة
الدفة الجانبية
خزان للأكسجين السائل
تطير المركبة منحن على سكل الحرف S
حجرة مظلات الضرملة
مقوي الدفع بالوقود الصلب
خزان للهيدروجين السائل
برنامج ضد التأرجح
محركات الدفع الأساسية
المكوك (الدوار)
دفة التوجيه الرأسي
الطيران الانسيابي
المنصة حرة (جاهزة للإقلاع)
تدحرج العجلات ثم توقفها
هيكل الطيران الأساسي يلامس الأرض

الأقمار الاصطناعية

الأقمار الاصطناعية هي أجسام طائرة فضائية غير مأهولة، تتحرك على مدار ثابت حول الأرض. تخدم الأقمار الاصطناعية العلمية البحث في الوسط المحيط المباشر بالأرض، على سبيل المثال: الغلاف الجوي العالي (أبعد من حوالي ٢٠٠ كم)، وحقل الأرض المغناطيسي والرياح الشمسية، والفضاء الكوني انطلاقاً من مدار حول الأرض بواسطة منظار فلكي مثل المنظار هابل: Hubble. توضع الأقمار الاصطناعية قيد التشغيل في خدمة مراقبة الطقس، والملاحة (GPS ←)، والاتصالات (نقل المكالمات الهاتفية، ونقل البرامج التلفزيونية، إلخ..).

المدارات ❶ ❷

كل جسم يدور حول الأرض تحت تأثير الثقالة يتحرك على مدار إهليجي (بيضوي) (الشكل ١). يتعلق هذا المدار بالسرعة الابتدائية وبزاوية الإطلاق. أقرب نقطة في المدار بالنسبة للأرض تدعى الحضيض: Perigaeum، وتدعى أبعد نقطة من المدار عن الأرض الأوج apogaeum. يعطي ميل المدار من خلال زاوية الميل: In-klination والتي تتشكل بين مستوي المدار والمستوي الاستوائي للأرض. عندما تكون زاوية الميل معدومة أي تساوي الصفر يقال حينئذٍ أن المدار استوائي، أما عندما تكون زاوية الميل قائمة أي تساوي ٩٠ درجة، فيقال أن المدار قطبي. يرتبط ميل ومكان إطلاق القمر الاصطناعي مع بعضهما ارتباطاً وثيقاً. يمكن الوصول إلى المدارات القطبية من أية نقطة إطلاق. للمدارات ذات الميول الأقل من ٩٠ درجة يصلح – في حالة عدم إجراء تصحيح على المدار بعد الإقلاع – أن يكون الميل حصراً ليس أقل من درجة خط العرض في منطقة الإطلاق. لذلك من أجل المدارات الاستوائية أو المدارات ذات الميول الضعيفة فإنه من المناسب أن يكون مكان الإقلاع قريب من خط الاستواء. عدا عن ذلك فإنه في هذه المدارات من المفضل أن تطلق الأقمار باتجاه الشرق، لأنه من خلال ذلك يمكن الاستفادة من سرعة دوران الأرض

في مكان الإقلاع كسرعة إضافية مجّانية للقمر الاصطناعي. سرعة الدوران في خط الاستواء هي الأعظم وتبلغ ٤٦٣ م/ثا وتتناقص باتجاه القطبين. يعد المدار الاستوائي الدائري على ارتفاع ٣٥٨٠٠ كم ذو أهمية خاصة، وهو ما يسمى المدار الشبيه بالثابت. على هذا المدار يكون زمن الدوران للقمر الاصطناعي يساوي مدة دوران الأرض لدورة واحدة. هذا يعني: بالنسبة إلى مراقب موجود على الأرض أن القمر الاصطناعي مثبت في السماء. محاسن تلك المدارات هي مثلاً: أن أقمار الاتصالات تكون مسخرة وجاهزة تحت التصرف لمنطقة محددة على مدار ٢٤ ساعة، ويمكن توجيه مرسلات ومستقبلات المكالمات الهاتفية أو البرامج التلفزيونية بشكل ثابت، ولا يتوجب تعديل توجيهها، لا توضع الأقمار الاصطناعية شبه الثابتة مباشرة على مداراتها.

فمثلاً عند الإقلاع من مكان الانطلاق في كورو في غينيا (الشكل ٢) يوضع القمر أولاً على ما يسمى مدار النقل أو مدار التحويل، وهو مدار إهليجي حاد، يبلغ ارتفاع نقطة منه عن سطح الأرض ٢٠٠ كم، وارتفاع أبعد نقطة منه حوالي ٣٥٨٠٠ كم. وفي نقطة الأوج يشعل محرك دفع إضافي يسمى محرك الأوج، وبذلك يتوسع المدار الإهليكي إلى مدار شبه دائري شبه ثابت، ويعدم الميل الذي كان مرتبطاً بمكان الإقلاع.

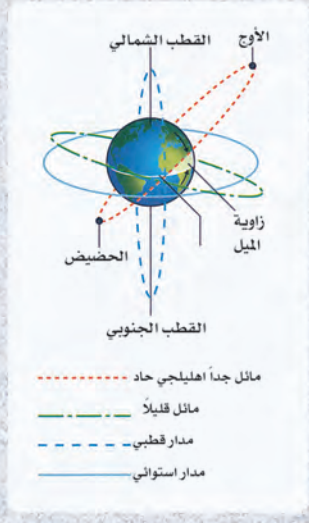
بناء الأقمار الاصطناعية ❸ ❹

الأجزاء الرئيسية للقمر الاصطناعي هي: أنظمة الإمداد بالطاقة، والاتصالات، والتحكم بالموقع. يتالف نظام الإمداد بالطاقة عادة من خلايا شمسية وبطاريات قابلة للشحن. إن البطاريات ضرورية للمحافظة على الإمداد بالطاقة عندما تغطى الشمس بالأرض. وتخدم الهوائيات في استقبال إشارات الاتصالات، أو الإشارات التلفزيونية وإرسالها من جديد، أو في حالة أقمار المراقبة لإرسال البيانات المقاسة إلى الأرض. ومن الوظائف الهامة الأخرى لمجموعة الهوائيات هي تبلغ البيانات عن

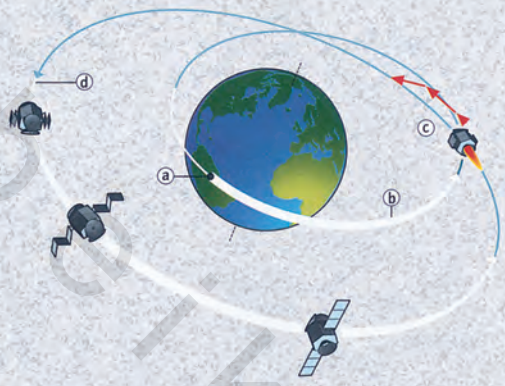
الحالة (درجة الحرارة، التزود بالتيار، إلخ..) وعن وضعيّته (القياس عن بعد) أو استقبال إشارات الأوامر. وبسبب تأثير القوى المشوشة مثل حقل جاذبية الشمس أو القمر، مع الزمن سوف ينحرف القمر عن مداره ويغير اتجاهه، لذلك فإن نظام التحكم بالوضعية واستقرارها ضروريان. معظم الأقمار شبه الثابتة تملك استقرار ثلاثي المحاور (باتجاه مركز الأرض، وعمودي على خط الاستواء، في اتجاه المدار) والذي يعتمد على الاستقرار الناتج عن الدوران السريع لدواليب أو دورات العطالة أو المغازل (⟵ التوجيه بالعطالة). للتحكم بالوضعيّة تستخدم نفاثات التحكم، التي تركب على الجهة الخارجية لعلبة القمر. تحدد كمية الوقود الضرورية حياة القمر العظمى بحوالي عشر سنوات. تبنى الأقمار الاصطناعية الحديثة كأقمار التلفزيون TV-SAT بشكل مجتزئي (الشكل ٣، ٤)، وتتألف من أربعة مجتزآت: مجتزأ الدفع مع خزانات الوقود، ونفاثات التوجيه، ومحرك الأوج، ومجتزأ الخدمة مع نظام الأوامر ونظام السيطرة، والبطاريات، مغازل الاستقرار ونظام توزيع التيار، ومجتزأ الاتصالات لتقوية وتحويل الإشارات التلفزيونية، مجتزأ الهوائيات مع برج الهوائيات والأطباق العاكسة. يجب أن يوجه مجتزأ الهوائيات دوماً باتجاه الأرض. تمكن البنية المجتزئية من تلبية الاحتياجات الخاصة.

ملاحظة مجتزئي تعني أن يتألف من مجتزآت، أي قابل للتمديد (للتوسعة) المجتزأ هو ترجمة عربية لكلمة Modul.

❶ مدارات الأقمار الاصطناعية

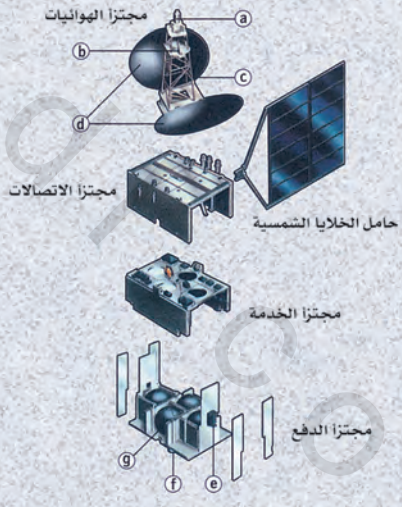


❷ إيصال القمرالصناعي إلى المدار الشبه الثابت



ⓐ مكان الاقلاع كورو « في غوايانا»
ⓑ 10,53° زاوية الميل - 200/35 800 km سم مدار انتقالي
ⓒ اشعال محرك الأوج فرق السرعة = - Δv = 1532 m/s
ⓓ 35 800 km مدار شبه ثابت

❸ بنية قمر اصطناعي تلفزيوني



ⓐ القياس (الاستشعار) عن بعد / هوائي الأوامر
ⓑ هوائي الإرسال والاستقبال
ⓒ برج الهوائيات
ⓓ عاكسات
ⓔ محرك التوجيه
ⓕ محرك الأوج
ⓖ خزان الوقود

❹ طريقة البنية المجتزئة لقمر اصطناعي حديث

الأقمار الاصطناعية

محطات الفضاء

تمكّن محطات الفضاء من إبقاء رواد الفضاء لعدة أشهر في الفضاء الكوني. ينشأ في محطة الفضاء جوٌ يشابه جو ودرجة حرارة الأرض، بحيث لا يتوجب على رواد الفضاء ارتداء البزات الفضائية. تسمح حالة انعدام الوزن بإجراء سلسلة من التجارب الخاصة، مثل نمو البلورات، أو تأثير فقدان الجاذبية على الكائنات الحية. لذلك يشكل رواد الفضاء أنفسهم عنصر دراسة خاصة ومثير للاهتمام. تراقب وظائف الجسم لدى رواد الفضاء باستمرار أثناء إقامتهم في محطة الفضاء. علاوةً على ذلك يقدم المكان الخاص لمحطة الفضاء في مدارها حول الأرض إمكانيات لمراقبة الأرض والفضاء الكوني.

أول محطة فضاء كانت في عام ١٩٧١ المحطة الروسية ساليوت Saljut ١ = ١. كان عمرها محدداً فقط بستة أشهر. ثم تبعتها المحطات ساليوت ٢ وحتى ساليوت ٥. ما يسمى الجيل الثاني من المحطات (ساليوت ٦ و٧) كان قابلاً للتزود بالوقود وهكذا استطاع أن يبقى مدى أطول في المدار. بقيت ساليوت ٦ من ١٩٧٧ – ١٩٨٢ (منها سنتين مأهولة)، وبقيت ساليوت ٧ من ١٩٨٢ – ١٩٨٨ في الفضاء. كذلك شغَّلت الوكالة الأمريكية للفضاء NASA بعد عام ١٩٧٣ المحطة الفضائية سكايلاب Skylab التي بقيت مأهولة فقط حتى ١٩٧٤، بعد ذلك تحركت المحطة على مدارات متقاربة باستمرار نحو الأرض حتى دخلت أخيراً في عام ١٩٧٩ في الغلاف الجوي واحترقت.

المحطة الفضائية مير MIR ❶ ❷

تدور حالياً (١٩٩٨) فقط محطة فضائية واحدة حول الأرض، وهي المحطة الروسية MIR السلام، بالرغم من أنها صممت أصلاً لتعيش خمس سنوات فقط، فإنها تدور حول الأرض منذ عام ١٩٨٦ على ارتفاع يتراوح بين ٣٥٠ و٤٠٠ كم بزاوية ميل (← الأقمار الاصطناعية) تبلغ ٥١,٦°. يبلغ زمن دورة المحطة حول الأرض حوالي ٩٠ دقيقة.

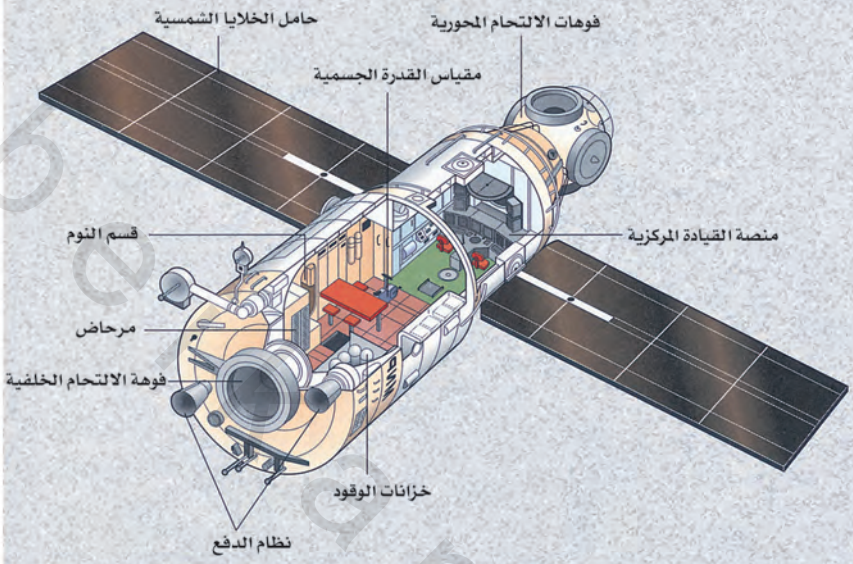
تتألف المحطة مير من النموذج الأساسي (الشكل ١) الذي أطلق عام ١٩٨٦، ومن المجتزآت التي التحمت بها لاحقاً وهي: كفانت ١، وكفانت ٢، وكريستال، وسبيكتر، وبريرودا (المنظر الكامل في الشكل ٢). تزود المناصب الكبيرة للخلايا الشمسية في كل مجتزأ الطاقة اللازمة، طالما بقيت المحطة موجودة خارج ظل الأرض. بنفس الوقت تشحن البطاريات، التي تؤمن الإمداد بالطاقة عندما تتحرك المحطة في ظل الأرض. وللتحكم بالموقع توزع العديد من دواليب العطالة/المغازل ومحركات التوجيه على المجتزآت (⟵ القيادة). عند تسارع أحد دواليب العطالة يؤدي ذلك إلى نشوء قوة رد فعل على الدفع. تنتقل هذه القوة عن طريق غلاف دولاب العطالة إلى المحطة وتحركها.

إن قوة تأثير المغازل الرغوبة للحفاظ على الاستقرار (⟵ التوجيه بالعطالة) هي في هذه الحالة عبارة عن مقاومة يجب أولاً التغلب عليها. في الحالة الطبيعية تكفي دوالي بالعطالة لاستقرار وضعية المحطة. تستخدم محركات التوجيه فقط عند التصحيحات الكبيرة للوضعية.

يتألف طاقم المحطة عادة من ثلاثة أشخاص. يستخرج الأوكسجين على متن المحطة بواسطة محلل كهربائي من الماء المصطحب في خزانات، كما يتم الحصول عليه من سحب رطوبة الهواء، ومن معالجة مياه الحمام والبول. تتم تنقية الهواء من غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الأثر الخطرة في المحطة عن طريق نظام تصفية. ولتنفيذ عمليات الإمداد والإخلاء تستخدم كبسولة الإمداد Progress-M غير المأهولة والتي تستطيع الالتحام بالمجتزأ كفانت. وبعد ذلك في طيران العودة إلى الأرض تحترق هذه الكبسولة في الغلاف الجوي. أما كبسولة الفضاء زيوس Sojus-TM فتتولى نقل الطاقم، وتبقى متصلة مع فوهة الالتحام المحورية وتبقى كذلك كمحطة إنقاذ تحت التصرف. توجد إمكانية التحام أخرى في المجتزأ كريستال، وتستخدم كمحطة إرساء لمكوك الفضاء الأمريكي سبيس شاتل US-space shuttle (⟵ مركبة النقل الفضائية) أو لكبسولة فضائية زيوس Sojus-TM. المجتزأ

الأساسي (الشكل ١) هو مركز المحطة، ويبلغ طوله ١٣,١٣ متر، وقطره الأعظم ٤,١٥ متر، ويوفر عن طريق فتحات الالتحام المحورية والخلفية ست إمكانيات للالتحام. يقسم داخل المحطة إلى قسمين أحدهما للتحكم والسيطرة، والآخر غرفة معيشة. يوجد في قسم السيطرة منصة القيادة المركزية، ومنها يمكن مراقبة وتوجيه كامل المحطة. وفي الجزء غير المضغوط من غفة المعيشة توجد خزانات الوقود ونظام الدفع. تحتوي المجتزآت الأخرى على الجزء الأساسي من التجهيزات العلمية، ومن ضمنها معدات الفيزياء الكونية لمراقبة المجرات والأجسام السماوية المشعة، النجوم النيترونية (كفانت ١ و٢)، ومعدات لمراقبة الأرض (كفانت ٢، وسبيكتر، وبريرودا)، وتجهيزات أخرى مثل مستنبت زراعي صغير للتجارب الحيوية والمادية العلمية (كريستال). يوجد على النموذج كفانت ٢ بوابة تمكن من الخروج إلى الفضاء الكوني. سوف تنتقل الخبرات من المحطة مير في بناء وتشغيل المحطة العالمية ألفا Alpha، والتي تم التخطيط لبناءها بعد عام ١٩٩٨، يفترض أن تكون هذه المحطة الفضائية الجديدة أكبر بكثير من المحطة مير، ولها طاقم دائم مؤلف من سبعة رواد فضاء.

❶ المجتزأ الأساسي لمحطة مير



❷ محطة الفضاء مير

محطات الفضاء

مسابير (مستكشفات) الفضاء

مسابير الفضاء هي أجسام طائرة فضائية غير مأهولة لاستكشاف الكواكب والمشمس، يمكن أن تكون أهداف الاستكشاف الطيران المجاور من جسم الهدف (مثلاً كوبك، أو قمر) أو الدوران على مدار حوله، أو الهبوط عليه. تمكّن المسابير من تنفيذ المراقبات غير الممكنة على الأرض. فمثلاً قدم المسبار لونا Luna ٣ = ٣ أول الصور عن جهة القمر غير المقابلة للأرض. تقدم مثل بعثات المراقبة هذه أسس التخطيط (أماكن الهبوط، والأحوال الجوية، إلخ).. للبعثات المأهولة أو غير المأهولة التي تنوي الهبوط على ذلك الكوكب.

طيران مسبار الفضاء ❶

يحسب المدار المخصص للمسبار تحت اعتبار تأثير جاذبية الشمس والكواكب. بعد أن يتخطى المسبار جاذبية الأرض يتحرك على مدار حول الشمس. سيتأثر هذا المدار بجاذبية الكواكب القريبة. وعند الطيران المجاور لكوكب ما يستطيع المسبار وحسب قيمة حقل الجاذبية والحركة الذاتية للكواكب أن يكتسب تسارعاً إضافياً، ويدعى هذا (مناورة الدوران العابر: Maneuver – Swing). وهذا يمكّن – عند كمية وقود ثابتة – من زيادة الحمل العلمي المفيد للمسبار بشكل كبير أو يخفض من زمن رحلته، وهذا مفيد خاصة في الرحلات إلى الكواكب الخارجية في نظامنا الشمسي. وهكذا استفاد المسبار غاليليو Galileo من حقل جاذبية الأرض والزهرة ليقذف بنفسه في رحلة الست السنوات إلى المشتري وقد استطاع في هذه الأثناء أن يجري العديد من الدراسات قبل وصوله إلى هدفه الحقيقي (الشكل ١). يتطلب تخطيط مسار كهذا عند الإقلاع مواقع محددة للكواكب. تسمى الفترة الزمنية التي توجد الكواكب خلالها في المواقع المحددة بنافذة الإقلاع. هذه النافذة يمكن أن تكون مفتوحة لعدة أسابيع، وبعد ذلك أن تكون مغلقة لعدة سنوات.

بنية مسبار الفضاء:

يحدد الوزن العلمي المفيد من خلال التجارب المزمع تنفيذها، ومن هدف البعثة. تستخدم آلات التصوير «كاميرات CCD» (← كاميرات فيديو) للمراقبات من المدار أو عند الطيران المجاور للكوكب. يمكن تحديد التركيب الكيميائي للسطح والغلاف الجوي عن طريق مقاييس الطيف. وللدراسات الدقيقة لا بد من الهبوط أو الطيران عبر الغلاف الجوي، وكبديل عن هبوط كامل المسبار يستعاض بإرسال مسبار هبوط صغير. يمكن تحديد كميات القياس الأخرى مثل الحقول المغناطيسية أو الجزيئات المحمولة مباشرة بواسطة حساسات مناسبة في المسبار.

الأجزاء الرئيسية للقسم غير العلمي من المسبار هي: نظام التزويد بالطاقة، ونظام التوجيه، وهوائيات لإرسال بيانات القياس وبيانات المسافات ولاستقبال إشارات الأوامر، وكذلك نظام الاستقرار ← التوجيه بالعطالة، ← الأقمار الاصطناعية).

يبين الشكل ٢ توضيحاً لهذه الأنظمة على مسبار المشتري غاليليو. ولأن المسافة الكبيرة بين المشتري والشمس تجعل من المستحيل الحصول على الطاقة من الخلايا الشمسية، يملك غاليليو بطاريتين من النظائر المشعة. تستعمل هاتان البطاريتان الحرارة المتحررة عن التحطيم الإشعاعي لعنصر ثاني أوكسيد البلوتونيوم ٢٣٨ لتوليد التيار (٥٧٠ واط عند الإقلاع، و٤٨٥ واط عند نهاية البعثة).

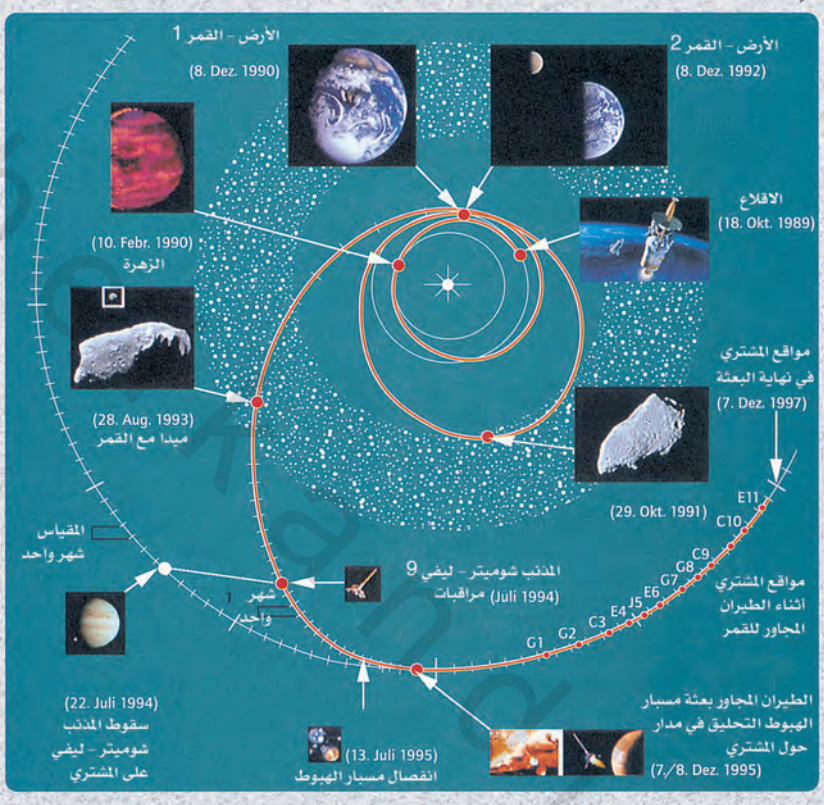
يدور الجزء العلوي من المسبار غاليليو حتى عشر دورات بالدقيقة، وهذا يؤدي إلى استقرار المسبار. يحتوي الجزء السفلي (غير الدوار) على مسبار هبوط إضافي (الهبوط على المشتري غير ممكن لأنه كوكب غازي) وعلى هوائي للاتصال مع مسبار الهبوط، وآلة تصوير، ومقياس طيفي وغيرها، يتألف المسبار التبادلي نفسه من حامل للأجهزة، ودرع للوقاية من الحرارة. ينزع الدرع بعد اختراق أول طبقة غازية. تحدد الشروط الجوية مدة العمل بحوالي ٦٠ دقيقة. وللاتصال مع الأرض يملك غاليليو هوائيين بمعدلات نقل مختلفة. كان الهوائي ذو نسبة النقل العالية مطوياً

أثناء الطيران عبر النظام الشمسي الداخلي، لحمايته من تأثير الشمس. بعد ذلك لم يتمكن الهوائي من أن يمتد بشكل كامل، ولذلك تجري كل الاتصالات عبر الهوائي ذي نسبة النقل المنخفضة. بالرغم من هذه المشكلة يستطيع غاليليو تقريباً تنفيذ كل الوظائف العلمية الموكلة له.

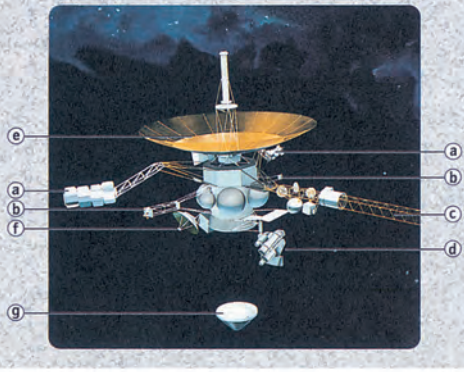
ستكون مسابير الفضاء ولفترة زمنية طويلة الإمكانية الوحيدة «لزيارة» كواكب نظامنا الشمسي الأخرى. المشكلة هنا هي التكاليف الباهظة التي يمكن تأمينها فقط من خلال تعاون العديد من الدول. وهذا هو أحد الأسباب التي تعلل إرسال مسابير فضائية في السنوات القادمة لدراسة كوكب المريخ بشكل خاص: البعد القريب من الأرض، وكذلك الشروط الجوية غير المتطرفة بالمقارنة مع الكواكب الأخرى وهذا يعني تكاليف أقل.

obeikandl.com

❶ مسار الطيران عبر الكواكب لمسبار الفضاء غاليلو



❷ مسبار الفضاء غاليلو



ⓐ بطارية نظائر مشعة
ⓑ نفاثات توجيه
ⓒ مقياس مغناطيسي
ⓓ الة تصوير - CDD
مقياس طيف بالأشعة تحت الحمراء
ⓔ هوائي لمعدلات النقل العالية
ⓕ هوائي للاتصال
مع مسبار الهبوط
ⓖ مسبار الهبوط

مسابير الفضاء

مسبار المريخ وعربة المريخ

استخدمت في البعثات إلى المريخ مسابير وعربات خاصة به. كان الهدف الرئيسي من بعثة «باثفايندر ١٩٩٧؛ Pathfinder = المستطلع» تجريب تكنولوجيا جديدة مثل استخدام عربة صغيرة حرة الحركة. يشمل الجزء العلمي دراسات في علم المعادن بالإضافة إلى دراسة الطقس على المريخ. لهذا الهدف قامت عربة صغيرة توجه من الأرض عن بعد تدعى (Marsrover Sojourner: نزيل المرّيخ الجوّال) بحمل جهاز الاختبار AXPS إلى العديد من الصخور الكبيرة بالقرب من المسبار باثفايندر.

مسبار المريخ ❶

بعد الهبوط على المريخ وإنزال العربة Rover كان المسبار باثفايندر (الشكل ١) مركز الاتصال الرئيسي بين المريخ والمحطة الأرضية. وعن طريق هوائياته جرت كافة الاتصالات (أيضاً مع العربة Rover). أثناء النهار تكفلت ثلاثة حقول من الخلايا الشمسية بالإمداد بالطاقة، وفي الليل تم اللجوء إلى بطاريات قابلة لإعادة الشحن من الفضة والتوتياء. زوّد باثفايندر بجهازين علميين: بواسطة آلة تصوير مجسّم متعددة الأطياف (Imager for Mars Pathfinder IPM) تسجل بالصورة الأماكن القريبة والبعيدة المحيطة بمكان الهبوط، ويشخص محتوى الجو من الجزيئات والغبار. ويقوم مجتزأ الأرصاد الجوية (=Atmospheric Structure In-strument/Meteorology Package ASI/MET صندوق الأرصاد الجوية / جهاز بنية الغلاف الجوي). بقياس درجة الحرارة، والضغط، وسرعة الرياح. تقاس درجة الحرارة ASE/MET بواسطة عناصر حرارية مثبتة على صارية، وعلى قمة الصارية يوجد حساس يحدد اتجاه وسرعة الرياح. وفضلاً عن ذلك يوجد على ارتفاعات مختلفة من الصارية أكياس هوائية تُراقب باستمرار بواسطة آلة التصوير IPM. من خلال هذه الصور يمكن استنتاج جهة وسرعة الرياح في ارتفاعات مختلفة.

عربة المريخ (الجوال: Rover) ❷ ❸

كانت عربة المريخ «المغترب جوال المريخ: Marsrover Sojourner» (الشكل ٢) أثناء الرحلة إلى المريخ مطوية بارتفاع ١٨ سم (الشكل ٣). وبعد فتحها (نشرها) استطاعت العربة أن تتحرك على سطح المريخ بسرعة ١ سم/ثا. تغطى الجهة العلوية من العربة بخلايا شمسية، تؤمن الإمداد بالطاقة أثناء النهار على المريخ. إضافة لذلك يوجد هناك حساس كتلة، يمكن بواسطته تحديد كميلة (كتلة) غبار المريخ الملتصق. يشكل الصندوق الإلكتروني العنصر المركزي في العربة، ويحتوي على البطاريات، وكامل إلكترونيات العربة.

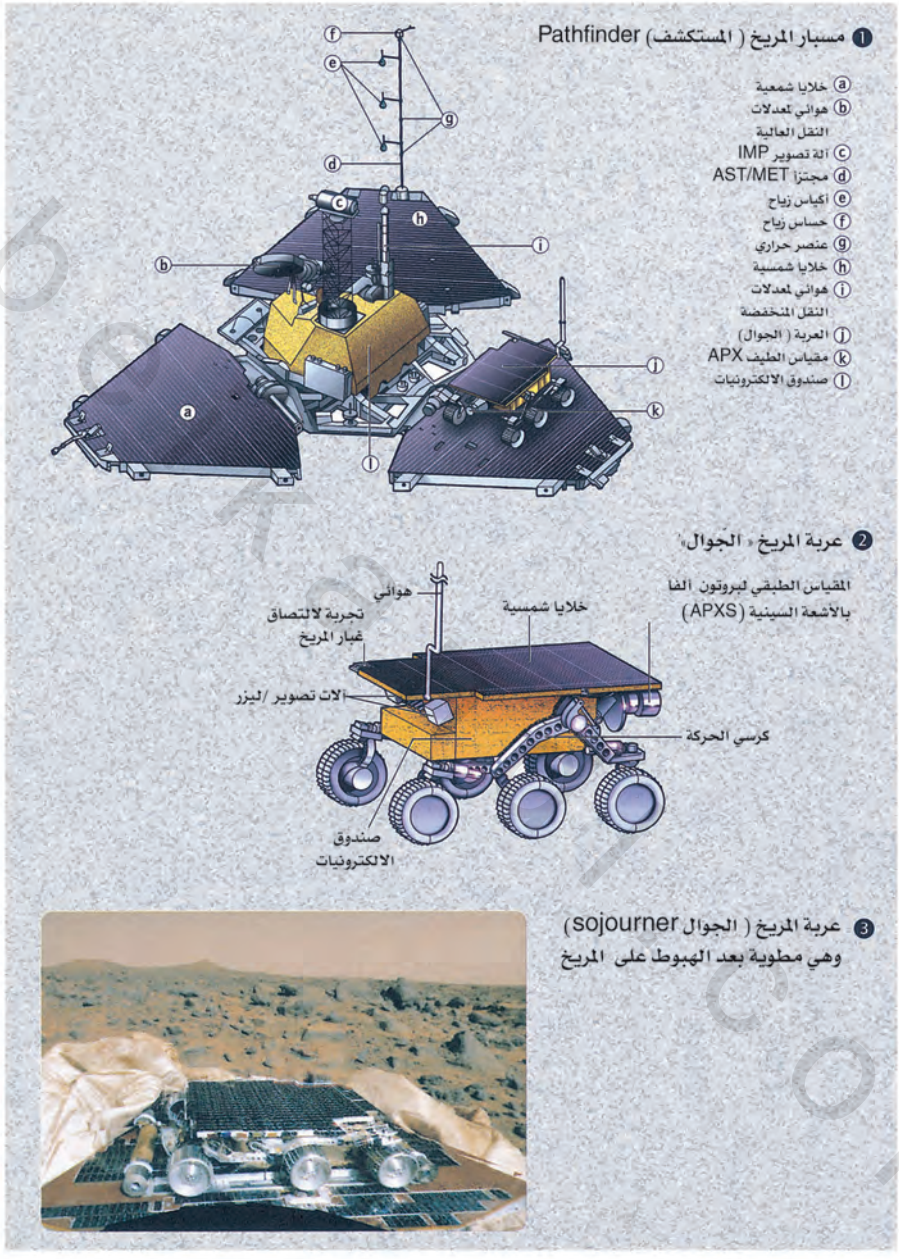
يسخن الصندوق الإلكتروني بواسطة ثلاث وحدات من النظائر المشعة، والتي تعطي الطاقة المتحررة عن التحطم الإشعاعي للبلوتونيوم ٢٣٨ على شكل حرارة (١ واط لكل وحدة).

يعزل هلام السيليكات العديم الوزن تقريباً الصندوق حرارياً عن درجات الحرارة الخارجية (بين ٠ و -٨٠ درجة مئوية).

يتأقلم هيكل العربة Rover مع سطح المريخ، مما يحقق استقراراً عالياً أثناء السير على أرضية صخرية غير مستوية. وهكذا تستطيع أن تميل جهة من العربة عند السير فوق صخرة حتى ٤٥ درجة من دون أن تنقلب العربة. تعمل ثلاثة حساسات على الإيقاف الفوري للحركة عند خطر الإنقلاب، وهذا ضروري، لأن إشارات المحطة الأرضية إلى المريخ تحتاج إلى ١٠ دقائق و٤٠ ثانية، ولذلك فإن رد الفعل المباشر عن طريق التحكم عن بعد غير ممكن، يتم محاكاة كل رحلة للعربة على الحاسوب. لذلك تحول الصور الملتقطة بواسطة آلة التصوير IPM عن مكان الهبوط إلى نموذج حاسوبي ثلاثي الأبعاد. وفي هذا النموذج يمكن أن تتجول عربة Rover «افتراضية ». وهكذا يمكن التعرف على أفضل طريق وعلى أوامر التوجيه الضرورية.

مقياس الطيف APX

يستخدم مقياس الطيف (Alpha Proton X-Ray Spectrometer: APX) للتحديد الكمي للعناصر الكيميائية في تربة وصخور المريخ. يتألف المقياس من رأس حساس موجود على ذراع قابل للتمدد في الجهة الأمامية للعربة، ومن الإلكترونيات التابعة له، يستطيع الجهاز أن يحدد كثرة وجود أنم العناصر عدا الهيدروجين، طالما كانت تشكل على الأقل ٠,٠٠١ من كامل كتلة الجسم المدروس. ولهذه الغاية يقذف الجسم بجزيئات ألفا (نويات الهليوم) من منبع كوريوم ٢٤٤. يمكن أن تنعكس هذه الجزيئات أو النويات متناثرة عن ذرات الجسم، أو أن تصدر أشعة سينية (رونتجن)، أو أن تحرك بروتونات. تشخص طاقة الجزيئات المرسلة، أو المتناثرة بالانعكاس الذرة المنعكسة عنها. وبذلك يمكن عن طريق عدد الجزيئات المكتشفة لعنصر ما عند طاقة محددة معرفة مدى وجوده في الجسم المدروس. تشكل بعثة باثفايندر مقدمة لسلسلة من البعثات إلى المريخ. تم التخطيط لإرسال سبعة مسابير فضاء إلى المريخ حتى عام ٢٠٠٣. هذه المسابير سوف تستفيد من الخبرات التي تم الحصول عليها من عربة المريخ Rover ومن المسبار الذي هبط على المريخ «المستطلع» باثفايندر.



مسبار المريخ وعربة المريخ