تُحمل الأقمار الاصطناعية عن طريق وسيط يساعدها للوصول إلى مدرات فضائية (Orbits) ***معينة حول الأرض، لتسير فيها بسرعات وفترات زمنية تتناسب ومقدار ارتفاعها عن مستوى سطح الأرض. وقد تُوضع الأقمار في مدارات مؤقتة*** (Transfer Orbits) ***لإتمام انطلاقها إلى مداراتها النهائية كما هو الحال في مدارات الأقمار الثابتة*** (Geostationary Orbits). ***وبسبب تدني الجاذبية وضعف المؤثرات الجانبية كمقاومة الهواء*** (Air Drag) ***والضغط الشمسي*** (Solar Pressure) ***عند الارتفاع؛ تزوّد هذه الأقمار بأنظمة دفع*** (Propulsion Systems, Thrusters) ***تساعدها على الانطلاق من مداراتها المؤقتة إلى مداراتها الثابتة.***

تعد محاولة اختراق مجال الجاذبية الأرضية صعوداً من أكبر عوائق إطلاق الصواريخ والمركبات الفضائية الحاملة للأقمار الاصطناعية. ويرجع السبب في ذلك إلى أن هذا الاختراق يحتاج إلى حرق كميات كبيرة من الوقود ـ تزيد عن الثمانين بالمئة من الوزن الكلي للصاروخ ـ للحصول على سرعة إطلاق يصل مداها إلى ٤٠ ألف كيلومتراً في الساعة تقريباً، وتسمى هذه السرعة بسرعة الانفلات (Escape Velocity).

وعند وصول الصاروخ إلى ارتفاعات وسرعات محددة مسبقاً، تنفصل الأقمار عنه بشكل متتابع لتوضع في مداراتها حول الأرض، بحيث تكون سرعاتها الخطية أكثر من ٧ كيلومتر في الثانية الواحدة.

أساليب إطلاق الأقمار الاصطناعية

تتنوع أساليب إطلاق الأقمار الاصطناعية، وتتفاوت بحسب التقنيات والاستخدامات وطبيعة المهمة والمدار، شكل (١).

هناك طرق متعددة لتمكين الأقمار الإصطناعية من الوصول إلى مدارتها، ومنها :

● المكوك الفضائي

يتميز المكوك الفضائي أو ما يعرف بالمركبة الفضائية (Space Shuttle) بأن له القدرة على العودة إلى الأرض بعد إنهاء مهمته واستخدامه مرة أخرى. يتكون المكوك الفضائي من ثلاثة أجزاء رئيسية، هي:

١ـ المركبة المدارية لحمل رواد الفضاء، والأقمار الاصطناعية.

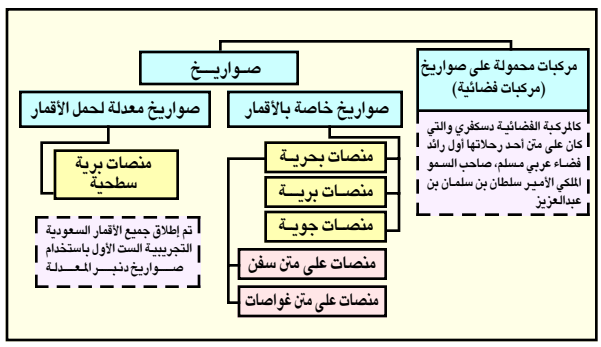
٢ـ خزان خارجي لاستيعاب كميات الوقود اللازمة لتشغيل عدد من المحركات في مؤخرة المكوك.

٣ـ صاروخان، ويعملان ـ عادة ـ بالوقود الصلب (Solid Fuel) لتمكين المكوك وطاقمه البشري والمحركات المرفقة معه ـ عدا الصواريخ المساعدة على إخراجه من محيط الغلاف الجوي وخزان الوقود الضخم ـ من التغلب على الجاذبية وتجاوز مجال الغلاف الجوي.

يعود المكوك إلى الأرض بعد إتمام مهامه المتعددة كإطلاق الأقمار الاصطناعية المحمولة بداخله، أو أعمال الصيانة لأقمار على رأس العمل أو بعض التجارب العلمية لرواد الفضاء بداخله.

يتم التحكم بالمكوك الفضائي عند الإطلاق والهبوط بواسطة رواد الفضاء عن طريق الاتصال المباشر والتحكم الآلي من خلال المحطات الأرضية، فعند البدء بإطلاق المكوك يتم استهلاك الوقود الصلب من قبل الصواريخ الحاملة له بغرض تجاوز الغلاف الجوي ومقاومة الجاذبية بسرعات محددة. وبعد فترة وجيزة ـ تصل إلى الدقيقتين ـ يتم التخلص من صواريخ الوقود الصلب عن المكوك والاعتماد على المحركات وخزانات الوقود المساندة. وما أن يصل المكوك إلى ارتفاع معين ـ بعد زمن يصل إلى ثمان دقائق ـ يتم ايقاف المحركات والتخلص من الخزانات الفارغة من المكوك كنفايات فضائية؛ وتشغيل محركات صغيرة لتمكين المكوك من التحكم في مساره والتوجيه بشكل متقن، ويستمر المكوك في مداره كما لو كان قمراً اصطناعياً.

بعد ذلك تبدأ عملية إطلاق الأقمار المحمولة، وإتمام بقية المهام من صيانة لأقمار أو تجارب علمية أخرى، يبدأ المكوك رحلة العودة إلى الأرض، وذلك بعكس اتجاهه وتشغيل محركاته لتقليل سرعته، مما يؤدي به إلى مغادرة مداره إلى مدار أدنى منه، إلى أن يصل إلى مجال الغلاف الجوي، حيث يتم التحكم فيه من قبل رواده كما لو كان طائرة اعتيادية، إلى أن ينتهي به المطاف بالهبوط على الأرض.



● شكل (١) أساليب إطلاق الأقمار الاصطناعية.

● الصاروخ

تعد الصواريخ من أقدم الطرق لإطلاق الأقمار الاصطناعية، ولكن من

عيوبها أنها لا يمكن إعادتها إلى الأرض مرة أخرى ، حيث تلفظ مكوناتها في الفضاء.

تمتلك الصواريخ الحاملة لأقمار اصطناعية نظام توجيه وتحكم (Determination and Control system) دقيق ومعقد يغنيها عن العنصر البشري، كما هو الحال في المكوك الفضائي. فمن خلال هذا النظام يمكن تحديد موقع الصاروخ وارتفاعه والتأكد من موافقته للمسار المحدد له. يتكون الصاروخ من الأجزاء الرئيسية التالية:

* **نظم التوجيه:** وتعمل على تحديد اتجاه وسرعة الصاروخ واللتان تعدان من الأمور المهمة التي يجب معرفتها بشكل دقيق ومدروس خلال كامل الرحلة. ويتم تغيير سرعة الصاروخ عن طريق التحكم في كميات الوقود المختزن. وهناك طرق متعددة يمكن من خلالها توجيه الصاروخ والتي منها مايلي:-

- التوجيه المبرمج (Pre-Programmed Determination): وهو عبارة عن إعطاء خط السير الكامل للصاروخ قبل البدء في عملية الإطلاق، ويتم ذلك وفقاً لدراسات تتعلق بالجاذبية والطقس وحركة الرياح، حيث تؤثر هذه العوامل في كل من تحديد سرعة الصاروخ، وزاوية الإطلاق، وتغيير اتجاهه خلال مسيرته للوصول إلى المدار المطلوب.

تدرج هذه المعلومات ضمن معادلات رياضية وتحليلية في ذاكرة الحاسوب قبل الإطلاق، ويجب تفعيلها منذ لحظة الإطلاق الأولى. ولذا يلزم لتطبيق هذه الطريقة جهاز توقيت دقيق؛ إضافة إلى أجهزة ومجسات أخرى لإعطاء أوامر تحكم خلال فترات زمنية معينة لغرض توجيه الصاروخ. ومن سلبيات هذه الطريقة أنه من الصعب تلافي بعض التغيرات الطارئة التي لم تدرج ضمن المعطيات المحددة سلفاً.

- التوجيه اللاسلكي، ويعتمد على الرادارات وأجهزة اتصال المحطة الأرضية، ويتم من خلال استمرار إرسال أوامر للصاروخ خلال رحلة الإطلاق إلى أن يتم انفصال آخر قمر اصطناعي محمول عليه.

يتم في هذه الطريقة حساب الاختلاف بين وضع الصاروخ الحقيقي والمسار المراد اتباعه، ومن ثم إعطاء أوامر لتعديل هذا المسار. وعلى الرغم من أن هذه الطريقة توفر الاتصال اللاسلكي مع المحطة الأرضية، إلا أنها لا تعتبر توجيهاً دقيقاً نظراً لسرعة الصاروخ العالية.

● المكوك الفضائي الأمريكي أتلانتس أثناء مرحلة الهبوط.

- التوجيه الميكانيكي الدقيق: ويتم باستخدام أجهزة دقيقة لتحديد موقع الصاروخ خلال رحلة الإطلاق كاملة، حيث يعمل جهاز مثل الجايرو سكوب على تحديد وضع الصاروخ ومنها سرعاته الزاوية، وكذلك جهاز قياس التسارع وتكاملاته (سرعة ومسافة). يتم مقارنة معلومات المجسات مع الحالة المرغوب فيها والمختزنة في حاسب الصاروخ وذلك لمحاولة إبقاء الصاروخ في مساره المطلوب.

* **نظام التحكم:** وتعد مرحلة التنفيذ الفعلي للصاروخ الذي ينتج عنه تغير سرعته واتجاهه بناءً على أسلوب تحكم متقن. ومن الطرق المساعدة على تغيير مسار الصاروخ وجود ما يلي:-

١- الأطراف الهوائية (airfoils): وهي تسعى بحركتها إلى تغيير اتجاه الصاروخ خلال طيرانه ضمن مجال الغلاف الجوي.

٢- الزعانف النفاثة (Jetfans): ويتم من خلالها تغيير مسار الدفع النفاث قبل خروجه من محرك الصاروخ.

٣- محركات إضافية مساندة (Auxilary engines): وهي محركات صغيرة تساعد في تغيير اتجاه الصاروخ وفي عملية التحكم فيه.

٤- نفاثات الغاز (Gas jet): وهي نظم صغيرة لضخ الغاز توضع على سطح الصاروخ الخارجي لتوليد قوة دفع جانبية ومن ثم تكوين عزم لتغيير زاوية اتجاه الصاروخ.

٥- أنظمة الدفع المتأرجحة (Oscillatory Propulsion Systems): ويتم من خلالها تغيير مسار الدفع النفاث برمته حيث يتم تدوير المحرك بأكمله حول نقطة ارتكاز.

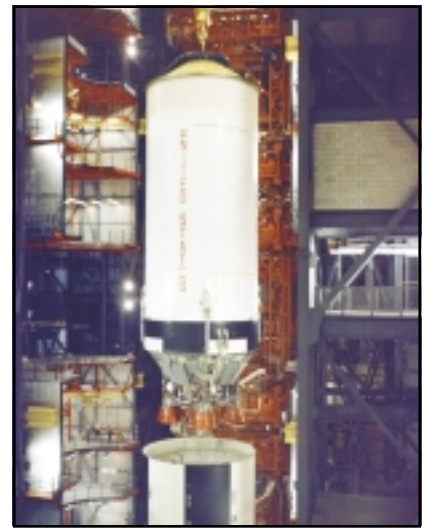
٦- أنظمة الدفع الثانوية (Auxilary): وتقوم بضخ غاز أو سائل داخل الجزء الأخير من مجرى النفاث الرئيسي لتغيير مسار الغاز المندفع من النفاث بزاوية معينة، مما يغير في اتجاه الصاروخ نتيجة لذلك.

مكان الإطلاق

يعد مكان الإطلاق ومدى ملاءمته لظروف الإطلاق من الأمور المهمة والمؤثرة على تصميم الصاروخ، ومساره، وتحديد كميات الوقود الصلبة أو السائلة اللازمة لوصوله إلى المدار المطلوب. فمثلا: تعد الاستفادة من سرعة دوران الأرض وأوقات الإطلاق والظروف المناخية المحيطة بالصاروخ من العناصر المهمة في التصميم، حيث أن المكان المناسب يتيح توجيه الصاروخ شرقاً للاستفادة من سرعة دوران الأرض وإعطاء دفعة مجانية للصاروخ، وبالتالي التقليل من حرق الوقود.

يعتمد مقدارالدفعة الإضافية اعتماداً أساسياً على مكان الإطلاق، حيث تكون أكبر استفادة من سرعة دوران الأرض عند خط الاستواء، نظراً لطول المحيط، وبالتالي سرعة الأرض. فمثلاً: يعطي الاختلاف بين سرعة دوران الأرض من مركز الإطلاق الأمريكي (كنيدي) الواقع شمال خط الاستواء فرق سرعة تقل بمقدار ٢٣٠كيلومتر في الساعة عنه عند خط الاستواء. ورغم الفرق البسيط (في ظاهره) بين هذه السرعة وسرعة الصاروخ التي تقدر بآلاف الكيلومترات في الساعة، إلا أن ذلك له تأثير واضح في التقليل من كمية الوقود المستخدم، وحيث إن الأوزان الثقيلة تحتاج إلى حرق كمية وقود كبيرة للتسارع كي تصل السرعة إلى ٢٣٠كيلومتر في الساعة. ومن هنا تأتي أهمية الإطلاق من أماكن قريبة من خط الاستواء.

تجدر الإشارة إلى أن البعد السياسي والاستراتيجي قد يكون - أحياناً - الفيصل في تحديد مكان الإطلاق، فيجب على بلد الإطلاق مثلاً أخذ الموافقة المسبقة من دول الجوار



● الصاروخ ساترون ـ ف الأمريكي بمرحلتيه الأولى والثانية.

لأسباب أمنية وبيئية كثيرة. فقد يسقط الصاروخ أو أجزاء منه على تلك البلدان في حال فشل عملية الإطلاق أو بعد انتهاء دور بعض الأجزاء خلال عملية الإطلاق، لذلك نالت منصات الإطلاق المتنقلة (Mobile Launch Platform) ـ خاصة البحرية منها ـ أهمية كبرى فيما يتعلق بمحاولات تقليل كميات الوقود المستخدم وتجنب العديد من إشكاليات البعد السياسي والاستراتيجي.

مراحل احتراق الوقود

تختلف الصواريخ عن بعضها باختلاف عدد مراحل احتراق الوقود، فمثلاً يتم في صاروخ المرحلة الواحدة (Single stage rockets) حرق الوقود في خزان مستقل، وبعد نفاذ الوقود يتم التخلص من هذا الخزان. أما في الصواريخ متعددة المراحل (Multi stage rockets)، فهي تعد أعلى كفاءة من الصواريخ ذات المرحلة الواحدة من حيث الحصول على السرعات المطلوبة، وأسلوب التحكم فيها، حيث يوجد لها أكثر من خزان لاحتراق الوقود، وبالتالي يتم تفعيل المرحلة التالية بعد التخلص من خزان المرحلة التي قبلها، وهكذا.

منصة الصاروخ

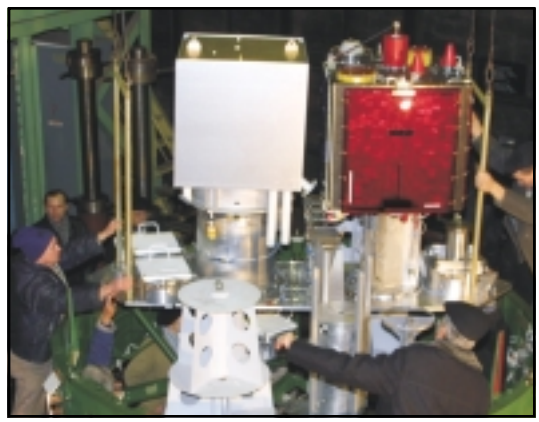
تثبت الأقمار الإصطناعية على منصة الصاروخ (Rocket Platform) التي تقع في جزئه العلوي، وهي عبارة عن قرص دائري يستخدم كوصلة بين الصاروخ والأقمار المحمولة بداخل بوتقته العليا (Space Head Module)، حيث يتم تثبيت الأقمار عليها بناء على دراسات فنية وهندسية حسب توزيع الأحمال؛ كي لايؤثر ذلك سلباً على خط سير الصاروخ بعد الإطلاق. إضافة إلى ذلك فإنه يؤخذ بالاعتبار سلامة القمر عند تعرضه لظروف الإطلاق أو الانفصال. يتم دراسة نظام تثبيت وانفصال كل الأقمار ووضع التسلسل المناسب لأولوية انفصالها عند وصول الصاروخ إلى المدار المطلوب، حيث إن أي خلل في تثبيت أحد الأقمار قد ينتج عنه فشل الإطلاق برمته.

تجرى الاختبارات الأرضية لكل الأقمار الاصطناعية المراد إطلاقها ليتم التأكد من قدرة تحملها لظروف الإطلاق وسلامة نظم الانفصال. وتجرى هذه الاختبارات بواسطة الجهة المصنعة لمنصة الصواريخ، وهي كما يلي:ـ

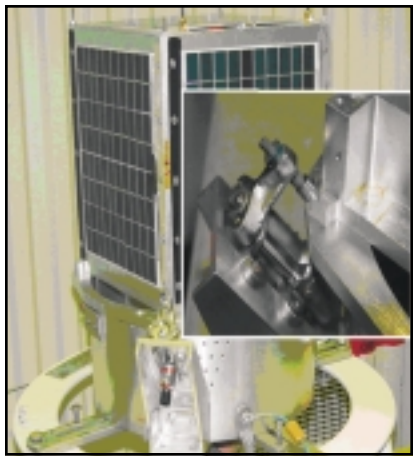
● اختبارات التثبيت الميكانيكي

تأتي اختبارات التثبيت الميكانيكي (Fit-Check Test) في مقدمة الاختبارات، وتهدف إلى التأكد من مطابقتها للمواصفات الهندسية المنصوص عليها، وضمان سلامة التثبيت، وعدم وجود أي تعارض بينها وبين المجسمات الممثلة للأقمار التي لها نفس الصفات الفيزيائية للأقمار الفعلية الرئيسية من حيث سلامة التثبيت والأبعاد والأحجام المذكورة في المواصفات.

يعتمد نظام التثبيت على الجزء الرابط بين



● مراحل اختبار التثبيت للأقمار المشاركة متضمنة بعض الأقمار السعودية.



● طريقة التثبيت للقمر السعودي .

الجزء السفلي من القمر ومنصة الصاروخ، لذلك يصمم هذا الجزء بحيث يكون قادراً على حمل القمر وموافقاً لمواصفات منصة الصاروخ ونظام الانفصال المصمم.

وعند التثبيت النهائي استعداداً لعملية الإطلاق، فإنه لا يسمح بتشغيل الأقمار المحمولة أو الاتصال بها وهي بداخل الصاروخ لكي لاتتأثر أنظمة الصاروخ، كما تؤمن وسائل مناسبة لشحن بطاريات الأقمار أثناء بقائها داخل الصاروخ وحتى مرحلة الإطلاق.

● اختبارات الاهتزازات

يتم اختبار الاهتزازات (Vibration Test) المشابهة لظروف الإطلاق بعد الفحص الفيزيائي الدقيق لنظم التثبيت، حيث تؤخذ القراءات من كل الأقمار للتأكد من عدم وجود أي خلل في نظام التثبيت أو أي تصادم بين أجزائها وخاصة المرنة منها كالهوائيات أو صفائح الخلايا الشمسية المنطوية، كما يلزم التأكد من عدم تأثير الأقمار المحمولة نتيجة اهتزازها على سلامة هيكل الصاروخ بواسطة الجهة المصنعة للمنصة.

● اختبارات الانفصال

تجرى اختبارات الانفصال (Separation Tests) للأقمار بعد اختبار الاهتزازات، وذلك للتأكد من طبيعة عمل نظام الانفصال، وموافقته للتصاميم الهندسية المنصوص عليها، فقد يؤدي انفصال القمر إلى اصطدامه

بالأقمار المجاورة؛ إذا لم يتم التقيد بالخواص الفيزيائية للقمر، مثل: مركز الثقل وعزوم القصور الذاتي، وسرعات الدوران المنصوص عليها. كذلك يجب الأخذ في الإعتبار اختلاف نظم الانفصال من قمر إلى آخر، ومن ذلك الخواص الكهروميكانيكية التي عادة ما تكون للأقمار صغيرة الحجم، بحيث تعطي إشارة كهربائية من نظام التحكم للصاروخ لتحريك نظام التثبيت الميكانيكي، ومنها ما يحتوي على نظام دفع بالوقود الصلب أو السائل، وهذا ما يستخدم عادة للأقمار كبيرة الحجم.

مواقع إطلاق الأقمار الاصطناعية

تتعدد أماكن إطلاق الأقمار الاصطناعية على مستوى العالم، والتي في غالبيتها مطورة من محطات إطلاق صواريخ حربية. ويتصدر الإتحاد السوفيتي الأسبق والولايات المتحدة الأمريكية الدول المالكة لمنظومات إطلاق الصواريخ، وذلك للتقدم التقني لهما إبان الحرب الباردة. وتضم قائمة الدول المالكة لتقنيات الإطلاق أوربا، والصين، واليابان، والهند، وإسرائيل، والبرازيل، وكوريا الشمالية. ومن أشهر محطات إطلاق الصواريخ ما يلي:-

● محطة كورو، غوايانا الفرنسية

تتبع هذه المحطة وكالة الفضاء الفرنسية (Centre National d'Etudes Spatiales- CNES)، وهي إحدى محطات وكالة الفضاء الأوربية (European Space Agency, ESA) التي أنشئت عام ١٩٧٤م، حيث تعد سابع الوكالات الفضائية المتخصصة في إطلاق الأقمار الاصطناعية، وقد تم إطلاق أول قمر باسم كات (CAT) بواسطة صاروخ أريان. وتسعى الوكالة إلى إطلاق الصواريخ الحاملة للأقمار من هذه المحطة، حيث تعد هذه المحطة من أفضل الأماكن لإطلاق أقمار المدار الثابت وذلك لقربها من خط الاستواء حيث تقع على خط عرض ٥,٢ شمالاً وخط طول ٥٢,٨ غربا. وقد أعطت الحكومة الفرنسية الضوء الأخضر لأي حكومة لديها رغبة في إطلاق صواريخ خاصة بها لاستخدام هذه المحطة. وعلى ذلك تم أول اتفاق مع الحكومة الروسية لإنشاء منطقة إطلاق خاصة بصواريخ سايوز (Soyuz-2) لإطلاقها من هذه المحطة، وسيتم أول إطلاق لهذه الصواريخ من هناك بحلول عام ٢٠٠٨م.

● مراحل التجهيز لإطلاق صاروخ إريان ٥ من محطة كورو الفرنسية.

الخمسمائة إطلاق للفضاء بمعدل ٢٥ إلى ٣٠ إطلاقاً سنوياً. تقع هذه المحطة على خط عرض ٢٨,٥ شمالا وخط طول ٨١ غربا، وقد كانت خاصة بإطلاق الصواريخ البالستية (Ballistic missiles) خلال فترة الحرب الباردة.

● مركز كنيدي الفضائي

يقع هذا المركز بولاية فلوريدا بالقرب من كيب كانفيرال، ويطلق عليه بوابة الولايات المتحدة الأمريكية إلى الكون. يتم استخدام المركز من قبل وكالة ناسا الأمريكية لإطلاق وهبوط المركبات الفضائية. وقد تم إنشاؤه ليخدم منظومة أبولو (Apollo) خلال الستينات من القرن المنصرم. وبعد آخر إطلاق لأبولو في عام ١٩٧٢م طورت منظومة الإطلاق لتخدم اتحاد أبولو - سيوز (Apollo-Soyus) الروسي الصنع.

● محطة كيب كانفيرال

بإنشائها محطة كيب كانفيرال في ولاية فلوريدا عام ١٩٥٨م أصبحت الولايات المتحدة الأمريكية ثاني دولة لديها القدرة على إطلاق أقماراً اصطناعية بداية بالقمر إكسبلورر-١ (Explorer-1) الذي أطلق بواسطة الصاروخ جيوبيتير - سي (Jupiter-C). وقد تزايدت نشاطات هذه المحطة إلى أن أصبحت تمتلك منظومة إطلاق صواريخ التيتان وأطلس ودلتا (Titan, Atlas, Delta) حتى تجاوزت

● بيكانور - كزمتروم كازاخستان

أصبح الاتحاد السوفييتي الأسبق عام ١٩٥٧م، الدولة الأولى في إطلاق قمر صناعي، والذي سمي سبوتنك-١. بدأت هذه المحطة بإطلاق الصواريخ الحربية منذ من عام ١٩٥٠م، وقد كان الإطلاق الفعلي من منطقة تايراتام الواقعة على مسافة ٤٠٠ كيلومتراً من بيكانور والتي تقع على خط عرض ٤٥,٦ شمالا وخط طول ٦٣,٤ شرقاً، ولكن لم يتم الإفصاح عن موقعها الفعلي إلا في عام ١٩٩٢م، لذلك استمرت التسمية بمحطة بيكانور. تعد هذه المحطة إحدى أكبر محطات الإطلاق

● أشهر أماكن الإطلاق العالمية.

الروسية، حيث تحتوي على تسع منظومات إطلاق منها صواريخ: زينت، وأنيرجيا، وتسايكلون وبروتون إضافةً إلى خمس عشرة منصة. يعزى لهذه المحطة ـ ومازال ـ الفضل في إطلاق أولى رحلات المركبة الفضائية الروسية، وقد تم إطلاق جميع الأقمار السعودية الستة الأول من هذه المحطة.

● بلستسك ـ كزمتروم

أنشئت محطة الإطلاق بلستسك ـ كزمتروم عام ١٩٧٥م لإطلاق صواريخ مثل R7 القديمة. كانت هذه المحطة الفاعلة مع بدايات الصواريخ البالستية، والتي دخلت الخدمة في عام ١٩٦٠م. تقع محطة الإطلاق بلستسك على خط عرض ٦٢,٨شمالا وخط طول ٤٠,١شرقا، وتسمح هذه المحطة بإطلاق أقمار التجسس ذات المدارعالي البيضاوية (Highly Elliptical Orbit).

● مركز جيكوان للفضاء ـ الصين

أصبحت الصين عام ١٩٧٠م خامس الدول المطلقة للأقمار الاصطناعية، وكان أولها القمر ماو ـ ١ الذي أطلق بواسطة الصاروخ مارس ـ ١ (March-1). وقد بني هذا المركز في عام ١٩٦٠م في جيكوان على مسافة ١٨٠٠كيلومتر غرب بكين. يقع هذا المركز على خط عرض ٤٠,٦شمالا وخط طول ٩٩,٩شرقا، وله إطلاق محدود نظراً لقربه من أجواء روسيا ومنغوليا، مما حدد القدرة على الإطلاق لمدارات معينة نتيجة للاعتبارات السياسية. تميز هذا المركز أيضاً بإطلاق أول مركبة فضائية ـ شنزو ـ ٥ (Shenzhou-5) ـ في عام ٢٠٠٣م برائد الفضاء **ينج لوي** مما جعل الصين تصبح ثالث دولة على مستوى العالم في إرسال إنسان إلى الفضاء.

فشل الإطلاق

يعد فشل إطلاق الصواريخ من الأمور المتوقع حدوثها عند بداية العد التنازلي لأي عملية إطلاق. ويأتي الفشل ـ كنتيجة مجملة ـ عند تعذر وصول الأقمار إلى مداراتها الصحيحة بغض النظر عن الأسباب. فرغم تكلفة الإطلاق ـ تتراوح ما بين ١٥مليون دولاراً أمريكياً للصواريخ التقليدية، والمليار دولار لمركبات الفضاء ـ وما تحتوية تلك الصوراريخ من أقمار تتراوح تكلفتها ما بين المليون دولار للأقمار التقليدية إلى المليار دولار أقمار التجسس، إلا أن ذلك لم يمنع من استمرار عمليات الإطلاق، فهي في صعود مستمر، ولذلك يسعى المهتمون في هذا الجانب إلى التقليل من نسب الفشل، وذلك بدراسة الأخطاء المصاحبة للإطلاق بشكل مستفيض والاستفادة منها ومحاولة تلافيها. بلغ عدد حالات الفشل في اطلاق الأقمار الإصطناعية ٤٥٥ قمراً اصطناعياً من عدد ٤٣٧٨ عملية إطلاق منذ عام ١٩٥٧م. تتصدر الولايات المتحدة الأمريكية تلك الدول في عدد العمليات الفاشلة، والتي تصل إلى ١٥٤عملية إطلاق تحتوي على ما يقارب ٢٠٥قمراً إصطناعياً، حيث كان عدد حوادث الفشل خلال العشر سنوات الأولى منذ عام ١٩٥٧م ما يقارب ١٠١عملية فاشلة، جدول (١).

أما عن أسباب فشل الإطلاق فهي متعددة المصادر، يعد الخطأ البشري على مختلف أنماطه ومراحله من أهم العناصر الأساسية لفشل الإطلاق، فالخطأ في مرحلة التصميم أو التنفيذ أو إدارة مهمة الإطلاق هي أمور يأخذ الدور البشري النصيب الأكبر فيها. ليس هذا فحسب، فعدم كفاءة أو نقاء المواد المستخدمة على أساس ما صمم له قد يؤدي بدوره إلى فشل الإطلاق.

الدولة	نجاح الإطلاق	فشل الإطلاق
أمريكا	١١٥٢	١٥٤
الاتحاد السوفيتي	٢٥٠٠	١٦١
أوربا	١١٧	١٢
الصين	٥٦	١١
اليابان	٦٢	٩
الهند	٧	٦
إسرائيل	٣	١
البرازيل	٠	٢
كوريا ش	٠	١
فرنسا	١٠	٢
بريطانيا	١	١
استراليا	١	٠

● جدول (١) فشل ونجاح إطلاق الصواريخ في بعض دول العالم.

يبلغ عدد عمليات الإطلاق الفاشلة نتيجة التسربات التي تحدث في خزانات الوقود ٣٩٠ عملية، ويعد عدم كفاءة نقاط اللحام من الأسباب الجوهرية لهذه التسربات، وبالتالي فشل الإطلاق، كذلك فإن فشل انفصال بعض الأقمار قد يؤدي إلى إفشال المهمة برمتها. ومن الأسباب المؤدية إلى انفجار الصاروخ بأكمله ما قد يحصل من تفاعل الوقود غير المتزن، كما حدث في إحدى المحاولات الأوربية والصينية. ويوضح الجدول (٢) إحصائية بأسباب فشل الإطلاق خلال الفترة من ١٩٨٠–١٩٩٩م في عدد من الدول.

الدولة	نظام الدفع	النظام الالكتروني	إنفصال	كهرباء	هيكل	أسباب اخرى	غير معروف	المجموع
أمريكا	١٥	٤	٨	١	١	١		٣٠
روسيا	٣٣	٣	٢			١	١٩	٥٨
أوربا	٧	١						٨
الصين	٣	١			٢			٦
اليابان	٢	١						٣
الهند	١	١	١	١		١		٥
إسرائيل	١							١
البرازيل	٢							٢
كوريا ش							١	١
المجموع	٦٤	١١	١١	٢	٣	٣	٢٠	١١٤
النسبة	٥٦٪	٩,٦٪	٩,٦٪	١,٨٪	٢,٦٪	٢,٦٪	١٧,٥٪	١٠٠٪

● جدول (٢) إحصائيات أسباب فشل إطلاق الصواريخ خلال الفترة (١٩٨٠ إلى ١٩٩٩م) في بعض دول العالم.