الفصل الخامس

الوصول للفضاء

1- تاريخ إرتياد الفضاء

ان الهدف من الوصول للفضاء هو سبر الفضاء **space exploration** أو استكشاف الفضاء أو غزو الفضاء هو الاستكشاف المادي للفضاء الخارجي باستخدام المركبات الفضائية سواء مزودة بطاقم من الآدميين أو بدون. إن تطوير محركات صواريخ ضخمة تعمل بوقود سائل في مطلع القرن العشرين جعل استكشاف الفضاء ممكن عملياً؛ وهذا يختلف عن ملاحظة الفضاء الخارجي من على سطح الأرض المعروفة بعلم الفلك والذي بدأ منذ آلاف السنين.

المركبة أَو السفينة فضائية هى آلة أو مركبة مصممة للطيران فى الفضاء. المركبة الفضائية تستعمل فى العديد من الأغراضِ، يشمل ذلك الاتصالات، و ملاحظة الأرضِ،و عِلْم الأرصاد الجوية،و الملاحة،و استكشاف الكواكب ونقل البشرِ و الشحنِ.حسب الاتحاد الجوى الدولى **Fédération Aéronautique Internationale (FAI)** تعد الرحلة فضائية اذا وصلت ارتفاع 100 كم .

هناك رحلات فضائية دون مدارية **sub-orbital** ، حيث تَدْخلُ المركبة الفضائيةَ الفضاء وبعد ذلك تعُودُ إلى سطحِ الأرض، بدون أَنْ تدَخلَ المدارَ. و هناك الرحلات الفضائية المدارية **orbital** ، حيث تدخل المركبة الفضائية مدار مغلق و تَدُورُ حول الأرضِ أَو حول أجرام سماوية أخرى.

تنقسم المركبات الفضائية الى خمسة أنواع على حسب المهام التى تسند اليها و هى الاقمار الصناعية و المركبات المأهولة وغير المأهولة والمسابر الفضائية ومحطات الفضاء .

الى الان كانت الصواريخ هى الوسيلة الرئيسية و الشائعة للوصول الى الفضاء .فهناك ما يعرف بقاذفات الاطلاق **launch boosters** أو مركبة الاطلاق و هى منظومة صواريخ مركبة معا فى نظام واحد لتحمل جسما الى الفضاء الخارجى .

و لا شك ان نجاح خروج الانسان للفضاء يدين بشكل حاسم الى التطور الذى حدث فى قدرات الصواريخ العملاقة .انظر باب الصواريخ .

فى القرن السابع عشر إفترض أنّ الفضاء لا يمكن أن يكون فارغ، وجادل رينيه ديسكارت **René Descarte** بأنّ كامل الكون لابد أن يكون ممتلئ. تم بشكل تدريجي اثبات خطاء هذه الفرضيه من خلال العمل على ضغط الهواء من قبل **Blaise Pascal, Florin Périer** و **Otto von Guericke**، الذين بيّنوا بأنّ كثافة جوّ الأرض تنقص بزيادة الإرتفاع، وإستنتجوا بأنه لابدّ يكون هناك فراغ بين الأرض والقمر. أدرك العلماء، خلال القرن الثامن

عشر الميلادي، أن الهواء يصبح رقيقًا في الارتفاعات الشاهقة. ويعني ذلك أن الهواء قد يكون غائبًا تمامًا بين الأرض والعوالم الأخرى، وبالتالي ستصبح الأجنحة عديمة الفائدة. وقد اقترح العديد من الكتاب، ذوي الخيال الواسع، وسائل عجيبة للسفر إلى هذه العوالم.

أن علم الصواريخ **(Rocketry)** شهد مع بدايات القرن الماضي أولى المحاولات الجادة لتطوير نظرياته وتطبيقاته المتواضعة بهدف إنتاج مركبات صاروخية كوسائل نقل في الفضاء الخارجي. ويرجع الفضل الأساسي في هذا الصدد لثلاثة علماء هم الأميركي (روبرت غودارد 1882 – 1945م)، والألماني (هيرمان أوبيرت 1894-1989م)، والروسي (قنسطنطين سيولكوفسكي (**Konstantin Tsiolkovsky** – الذي يعد أبرزهم تأثيراً في هذا المجال .

وفي عام 1903م، أكمل كونستانتين تسيولكوفسكي، وهو مدرس روسي، أول مقالة علمية حول استخدام الصواريخ للسفر إلى الفضاء، وبعد بضع سنوات، نجح كل من روبرت هتشينجز جودارد، من الولايات المتحدة الأمريكية، وهيرمان أوبرث من ألمانيا، في إيقاظ الاهتمام العلمي برحلات الفضاء. فقد عكف هذان الرجلان اللذان كانا يعملان بصورة مستقلة، على دراسة الصعوبات التقنية في أبحاث علم الصواريخ ورحلات الفضاء .وحصل كل منهما بذلك على لقب أبو طيران الفضاء.

أصبح الوصول للفضاء ممكن هندسياُ نتيجة عمل روبرت H. غـــودارد **Robert H. Goddard's** المنشور في 1919 بعنوان ' طريقـــة الوصـــول للإرتفاعات العالية جدا '. أثبت أيضا في المختبر بأنّ الصـــواريخ ممكـــن أن تعمل في فراغ الفضاء و شرح جـــودارد كيفيـــة اســـتخدام الصـــواريخ لاستكشاف الغلاف الجوي العلوي. وتصف المقالة أيضًا طريقـــة إطـــلاق صاروخ إلى القمر. هذه الورقة كانت مؤثرة جدا على هيرمـــان أوبـــرث **Hermann Oberth** و فيرنر فون براون **Wernher Von Braun**، الـــذين أصبحوا لاعبون رئيسيون لاحقا في السفر للفضاء . ناقش أوبرث في كتابـــه الصاروخ في الفضاء بين الكوكبي (1923م)، العديد من المسائل التقنيـــة المتعلقة بطيران الفضاء، حتى أنه وصف ما يمكن أن تكـــون عليـــه ســـفينة الفضاء.

الخطوات الأولى لوضع جسم صناعي فى الفضاء تمت من قبـــل العلمـــاء الألمان أثناء الحرب العالمية الثانية حيث تم إختبار الصاروخV-2 ، الـــذي أصبح الجسم الأول من صنع الانسان في الفضاء في 3 أكتوبر/تشرين الأول 1942 بإطلاق الجسم .A-4 بعد الحرب، العلماء الألمـــان اســـتخدمهم الأمريكيون مع صـــواريخهم في الـــبرامج البحـــث العســـكري والمـــدني. الإستكشاف العلمي الأول فن الفضاء كان تجربة الإشعاع الكونيـــة الـــتى اطلقتها الولايات المتّحدة علـــى V-2 صـــاروخ في 10 مـــايو 1946. أخذت الصور الأولى للأرض من الفضاء فى السنة التاليه بينما تمت التجربـــة

الحيوانية الأولى مع ذباب الفاكهة الذى ارسل إلى الفضاء في 1947، كـــل هذا قد أرسل على صاروخ معدّل V-2 من قبل الأمريكان. في 1947، السوفييت، أيضا بمساعدة فرق ألمانية، إطلقوا صاروخ معدل من V-2 الى مدار فرعى ،سموه.. R-1

جاء يوم 4 أكتوبر عام 1957 ليحدث الإتحاد السوفيتى هزة فى العـــالم كله حين أطلق قمره الصناعى الأول " سبوتنك " . و لم يكد العالم يفيق من دهشته حتى أطلق الإتحاد السوفيتى القمر الصناعى (**Sputnik -2**) وذلك فى 3 نوفمبر عام 1957 . حاملاً الكلبه " ليكا " لتدور حول الأرض تم اطلاقة بواسطة الصاروخ **R-7** المعروف ايضا ب **SS-6 Sapwood** .

في 31 يناير/كانون الثّاني 1958، نجحت الولايات المتّحدة فى وضـــع القمر الصناعى 1 **Explorer** فى مدار بصاروخ جونو **Juno**، تحت إشراف عالم الصارويخ ويرنر فون براون .

تم بعد ذلك اطلاق عشرات من مستكشفات الفضاء بدون طيـــارين ،و قامت برامج الفضاء الامريكية القائمة على الكبسولة الفضائية و هذه البرامج هى ميركورى و جيمنى و أبولو **Mercury**، **Apollo & Gemini** ثم جاءت فكرة بناء محطة مدارية كنقطة انطلاق جيدة من الفضاء الى الفضاء بمركبـــة الفضاء التي تطلق من هذه المحطة والتى ستتجنب التغلب على جاذبية الأرض لتبدأ رحلتها من هناك . ثم جاءت فكرة بمكوك الفضاء **space shuttle** بتم اطلاث برنامج مكوك الفضاء الامريكى للرحلات المأهولة الذى استمر حتى

عام 2011 و كانت اسماء مكوكات الفضاء هى **Enterprise** ، **Columbia ، Challenger ، Atlantis، Discovery ، Endeavour** . بينما استمر الاتحاد السوفيتى وخلفه روسيا فى الاعتماد على الكبسولات الفضائية .

أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية قمرها الصناعى الأول فى يناير 1958 " ديسكفرى ".

يعتبر " يورى جاجارين " أول رائد فضاء يرتاد الفضاء فى أبريل 1961 فى المركبة **Vostok** 1 . دشنت الولايات المتحدة برنامج Mercury الذي ابتدأ في عام 1958م و هى كبسولة مخروطية الشكل اخف من المركبة الروسية فستوك . جعل ذلك وكالة ناسا تقترب من التوصل إلى إمكانية سفر الإنسان إلى الفضاء بواسطة مهمات مصممة لمعرفة إن كان بمقدور الإنسان أن ينجو ويعيش في الفضاء. في 5 مايو 1961م أصبح رائد الفضاء **Alan B. Shepard Jr** أول أمريكي في الفضاء عندما قاد مركبة **Freedom** 7 لمدة 15 دقيقة من الطيران في الفضاء. **John Glenn** أصبح أول أمريكي يدور حول الأرض في 20 فبراير عام 1962م أثناء رحلة طيران مدتها خمس ساعات على متن مركبة **Friendship 7**.

في الوقت الذي أثبت فيه برنامج **Mercury** أن رحلات البشر إلى الفضاء ممكنة. فإن مشروع **Gemini** تم إطلاقه لإجراء تجارب ولحل مشاكل متعلقة بمهمة محتملة إلى القمر. أول رحلة لمشروع **Gemini** حاملة رواد فضاء

كانت مهمة **Gemini III**، قادهـــا **Virgil "Gus" Grissom** و **John W. Young** في 23 مارس عام 1965م. تبع هذه المهمة تسع مهمات أخرى، لتظهر أن رحلات الفضاء البشرية طويلة الأمد من الممكن تنفيذها، وأن من الممكن التقاء مركبتا فضاء وربطهما-وصلهما- معاً .

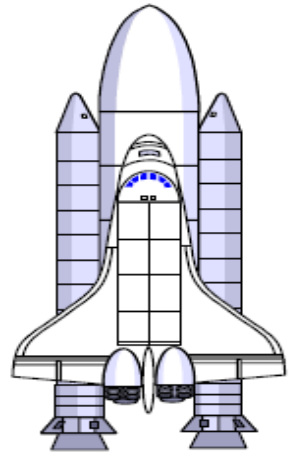
ويعتبر " نيل أرمسترونج " أول رائد فضاء يضع قدمه على سطح القمر فى 20 أبريل 1969 مستخدماً سفينة الفضاء " أبوللو 11 " والتى أطلقتـــها وكالة الفضاء الأمريكية " **NASA** .

في 19 أبريل/نيسان 1971 أطلق الروس المحطة الفضائية الأولى، **Salyut I**. في 14 مايو/مايس 1973 الولايات المتحدة الأمريكية اطلقـــت محطـــة فضائية سمّى **Skylab** .

بالرغم من أن سرعته تباطأت، استمر استكشاف الفضاء بعد نهاية سباق الفضاء بين الولايات المتحدة و الاتحاد السوفيتى. أطلقت الولايات المتّحـــدة المركبة الفضائية القابلة لإعادة الاستخدام ، المكوك الفضائي، في الـــذكرى العشرين لطيران جاجرين 12 أبريل/نيسان 1981. في 15 نوفمبر/تشرين الثّاني 1988، قلد الإتحاد السوفيتي المكوك بطيران غير مـــأهول للمكـــوك **Buran**، مركبته الفضائية القابلة لإعادة الاستخدام الأولى والوحيدة حيث لم تستخدم ثانية بعد الطيران الأول؛ بدلا من ذلك واصل الإتحـــاد الســـوفيتي تطوير المحطات الفضائية بإستخدام المركبة **SoyuZ** كمكوك الطاقم.

المكوك الفضائي الأول، كولومبيا أطلق في 12 أبريل/نيسان 1981. طار المكوك تشالنجر **Challenger** فى مهمّته الأولى في 1983 و طار ديسكفرى **Discovery** فى مهمّته الأولى في 1984. طار المكوك الفضائي أطلانط **Atlantis** فى مهمّته الأولى في 1985. الكارثة ضربت تشالنجر في يناير/كانون الثّاني 1986 عندما إنفجر و قتل كلّ في الداخل. المكوك الفضائي إينديفور **Endeavour** بنى ليحلّ محل تشالنجر و طار فى مهمّته الأولى في 1992.

أصبح مكوك الفضاء المشروع الرئيسي لوكالة ناسا في أواخر السبعينيات والفترة التي تلتها في الثمانينات. ويرجع هذا الاهتمام إلى أن فكرة وطريقة عمل مكوك الفضاء تتيح إمكانية إعادة استخدامه وإطلاقه بدون الحاجة إلى إجراء الكثير من الإصلاحات. تم بناء أربعة من مكوكات الفضاء مع بداية العام 1985م. أول إطلاق كان مكوك كولومبيا في 12 أبريل عام 1981م.



في فبراير/شباط 1986 أطلق الروس المحطة الفضائية مير **Mir**. في 1988 فلاديمير **Titov** وموسى **Manarov** أصبحا البشر الأول الذية قضّوا سنة في الفضاء. رجعت مير إلى الأرض في 2001.

تواريخ مهمة في استكشاف الفضاء:

1926العالم الأمريكي روبرت هتشينجز جودارد يطلق أول صاروخ في العالم يستخدم داسرًا سائلاً .

4أكتوبر1957م الاتحاد السوفييتي يطلق سبوتنيك 1، أول قمر صناعي .

1958إنشاء الإدارة الوطنية للطيران والفضاء (ناسا).

12سبتمبر1959 الاتحاد السوفييتي يطلق لونا 2، أول مجس فضائي يصطدم بالقمر .

12 أبريل 1961 يوري جاجارين، رائد الفضاء السوفييتي، يصبح أول إنسان يدور حول الأرض .

5 مايو1961 ألن بارتلت شبرد الأصغر، يصبح أول رائد فضاء أمريكي يغزو الفضاء .

20 فبراير1962 جون هيرتشل جلين الأصغر، يصبح أول رائد فضاء أمريكي يدور حول الأرض .

16 يونيو1963 فالنتينا تيرشكوفا، رائدة الفضاء السوفييتية، تصبح أول امرأة تطير في الفضاء .

12 أكتوبر1964 الاتحاد السوفييتي يطلق فوسخود 1، أول كبسولة فضائية تحمل أكثر من رائد فضاء واحد (3 رواد).

21 ديسمبر1968 الولايات المتحدة الأمريكية تطلق لونا 8، أول مركبة فضائية مأهولة تدور حول القمر .

20 يوليو1969 رائدا الفضاء الأمريكيان نيل أرمسترونج وإدوين ألدرين الابن يصبحان أول كائنين بشريين يهبطان على سطح القمر .

17 أغسطس1970 الاتحاد السوفييتي يطلق فينيرا 7، أول مجس يبث معلومات من سطح كوكب الزهرة بعد أن هبط عليه في 15 ديسمبر .

7 يونيو1971 رواد الفضاء السوفييت يستخدمون ساليوت 1 بوصفها أول محطة فضائية مأهولة تدور حول الأرض .

8 يونيو1975 الاتحاد السوفييتي يطلق المجس فينيرا 9 ليصبح أول مركبة فضائية تلتقط صورًا لكوكب الزهرة .

15 يوليو1975 الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة الأمريكية يطلقان مشروع اختبار أبولو- سويوز بوصفهما أول بعثة فضائية مشتركة .

20 أغسطس1975 الولايات المتحدة الأمريكية تطلق المجسين فايكنج1 (20 أغسطس، وفايكنج 2 (9 سبتمبر) لكوكب المريخ. هبط المجسان على المريخ عام 1976م وأرسلا صورًا ومعلومات عنه .

20 أغسطس1977 الولايات المتحدة تطلق المجس فويجر 2 الذي طار إلى ما بعد كوكب المشتري عام1979 م، ثم اقترب من كوكب زحل عام 1981م، ثم كوكب أورانوس عام 1986م، وأخيرًا كوكب نبتون عام 1989م، وأرسل صورًا إلى الأرض .

2 يوليو1985 وكالة الفضاء الأوروبية تطلق المجس جيوتو، الذي اجتاز المذنب هالي في 14 مارس 1986م، وصور نواة المذنب وأرسل معلومات عنه إلى الأرض .

28 يناير1986 انفجار مكوك الفضاء الأمريكي تشالنجر بعد فترة قصيرة من إطلاقه،ومصرع جميع أفراد طاقمه السبعة .

18 أكتوبر1989 الولايات المتحدة تطلق المجس جاليليو الذي وصل كوكب المشتري عام 1995م. تميز جاليليو بتقنيته العالية .

10 أغسطس1990 دار مجس الفضاء الأمريكي ماجلان حول كوكب الزهرة وأرسل للأرض خرائط رادارية لسطح الزهرة .

22 مارس1995 أكمل رائد الفضاء الروسي فالري بولياكوف 438 يومًا في الفضاء على متن المحطة الفضائية مير .

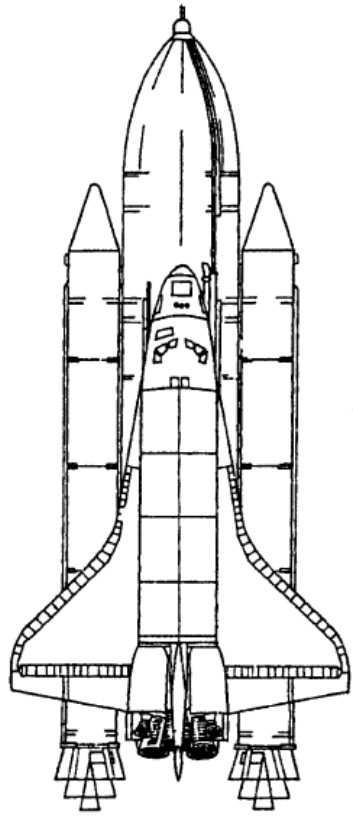
6 يوليو1997 العربة الآلية سوجيورنر تهبط من سلم إنزال على المركبة الفضائية باثـــفايندر للتحرك على سطح المريخ بهدف القيام بعمليات مسح للكوكب الأحمر .

15 أكتوبر1997 الولايات المتحدة تطلق المجس كاسيني الـــذي مـــن المتوقع أن يصل كوكب زحل عام 2004م

تبقى الصواريخ الوسائل العملية الوحيدة حاليا للوصول للفضاء. تقنيات الإطلاق الأخرى غير الصاروخ مثل **scramjets** ما زال تفشـــل.و هنـــاك العديد من الطرق الأخرى غير الصوايخ الـــتي تم اقتراحهـــا للوصـــول إلى الفضاء. أفكار مثل مصعد الفضاء، بالرغم من وجاهتها فإنها حالياً لا يمكـــن تنفيذها؛ بينما الراجمات الكهرومغناطيسية مثل عروة الإطلاق ليس فيها مـــا يدعو لنقض الفكرة. الأفكار الأخرى تتضمن طائرات نفاثة معززة بصواريخ **spaceplanes** انظر كل فى مبحثه. راجمات المدفعية تم اقتراحها للحمولات غير الآدمية.

2- مكوك الفضاء

مكوك الفضاء الخاص بـــوكالة ناسا الأمريكية، والذي يدعى رسميا نظام النقل الفضائي **(STS)**، هو مركبة فضائية تستخدم مـــن طـــرف حكومـــة الولايات المتحدة لرحلات الفضاء المأهولة، تم سحبه من الخدمـــة في ســـنة 2011 بعد 135 عملية إقلاع.



Shuttle

عند الإطلاق يتشكل المكوك من:

- خزان وقود خارجي ذو لون برتقالي متأكسد.
- صاروخان للدفع يعملان بالوقود الصلب، نحيفين وأبيضين **SRB**.
- المركبة المدارية والتي هي عبارة عن مركبة تشبه الطائرة ذات أجنحة والتي تمثل مكوك الفضاء، يمكنها نقل الأجهزة الثقيلة إلى الفضـــاء، كما يمكنها حمل الأقمار الصناعية وإطلاقها إلى الفضاء.

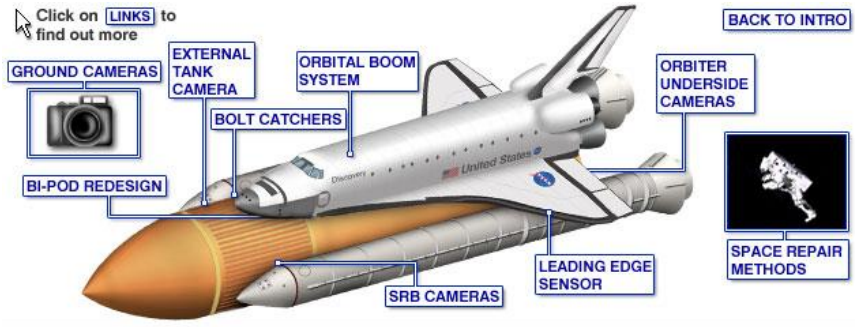
المكوك يستطيع أن ينقل رواد الفضاء إلى الفضاء الخارجي ويعيدهم إلى الأرض مع حمولة قد تصل إلى 32 طن من الأقمار الاصطناعية وبشر ومعدات. ومن أهم مميزات هذه المركبة هو أنه يعاد استخدامها جزيئا.

يبدأ المكوك إقلاعه بشكل عمودي كالصاروخ التقليدي، ثم يتم فصل الصاروخين اللذان يعملان بالوقود الصلب ثم يتبعهما فصل خزان الوقود الخارجي (البرتقالي) من المركبة الطائرة أثناء عملية الارتفاع. وتصل المركبة الطائرة وحدها إلى الفضاء الخارجي، وذلك بعدما تكتسب سرعة الهروب من الجاذبية الأرضية وتقدر ب 11.93كم/ث.

يسقط الصاروخان الذان يعملان بالوقود الصلب في المحيط حيث تتم استعادتهما للاستخدام من جديد. بينما يسقط أيضا خزان الوقود (البرتقالي اللون) في المحيط، لكنه لا يستعمل مرة ثانية.

وبعد أن يتم المكوك مهمته في مدار حول الأرض، يستخدم آخر كمية وقود مخزونة داخله لتوجيهه إلى مسار عودة إلى الأرض. وتهبط المركبة المحلقة هبوطا حرا كالطائرة الشراعية بدون أى دفع إضافى بزاوية صغيرة محاولة التخفيف من قوة الجاذبية الناتجة عن السقوط الحر والتخفيف من احتكاكها بالهواء بحيث يكون ارتفاع درجة حرارتها الناتجة عن احتكاكها بالهواء في الحدود التي تتحملها إلى أن تصل إلى الأرض وتهبط مثل الطائرات العادية على المدرج ويتم كبحها بعد التصاق العجل بالأرض عن طريق مظلات

تفتح لتقليل مسافة التوقف. المميز في مركبة المكوك عن الصاروخ التقليدى أنها مصممة للقيام بأكثر من رحلة والعودة للارض.



عمل الباحثون في مجال الطيران، خلال خمسينيات وستينيات القرن العشرين، على إنشاء طائرات صاروخية مجنحة. وكان المؤيدون لبناء الطائرات الفضائية المجنحة يرون أن مثل هذه المركبات يمكنها الهبوط على المهابط الجوية العادية. فإضافة الأجنحة إلى المركبة الفضائية يزيد وزنها، ولكن الأجنحة تجعل عملية الهبوط أسهل بكثير، وأقل تكلفة، من الهبوط على الماء، وذلك لأن الأخير يتطلب عددًا كبيرًا من السفن والطائرات، بالإضافة إلى أن الماء المالح يحطم المركبة الفضائية بدرجة تجعلها غير قابلة للإصلاح.

بدأت ناسا تصميم مكوك فضائي قابل لإعادة الاستخدام أثناء العمل على برنامج أبولو. وفي عام 1972م، وقع الرئيس الأمريكي ريتشارد نيكسون على أمر تنفيذي قضى بالبدء رسميًا في برنامج المكوك الفضائي. وقد صممت

المكوكات الفضائية بحيث تقلع منفجرة مثل الصواريخ وتهبط مثل الطائرات، وبحيث يمكنها نقل ما لايقل عن 100 بعثة.

يتكون نظام المكوك الفضائي من ثلاثة أجزاء: 1- المدوِّر 2- خزان خارجي 3- معززان صاروخيان صلبان. وتضم مقدمة المدور المجنح كابينة الطاقم المضغوطة. ويحتوي ظهر المكوك الأوسط، الذي يقع تحت ظهر الإقلاع، على مقاعد إضافية وغوالق معدات ونظم الغذاء وتسهيلات النوم وحمام صغير. ويربط غالق هوائي الظهر الأوسط بحجيرة الحمل الصافي، وهي المنطقة التي توضع فيها الشحنة. ويضم ذيل المدور المحركات الرئيسية ومجموعة أصغر من المحركات تستخدم في عمليات المناورة في الفضاء.

ويتصل الخزان الخارجي بجوف المدوِّر، ويحتوي على الدواسر السائلة المستخدمة في المحركات الرئيسية. ويرتبط بجانبي الخزان معززان صاروخيان، يحتويان على الدواسر الصلبة.

وكان على مصممي المكوك الفضائي التغلب على عدد من التحديات التقنية. فقد كان مطلوبًا أن تكون المحركات الرئيسية للمكوك قابلة لإعادة الاستخدام مرات عديدة، كما احتاج المكوك نظام تحكم حاسوبي مرن ودقيق، بالإضافة إلى درع حراري من نوع جديد يمكنه مقاومة الدخول عدة مرات في الغلاف الجوي الأرضي.

بداية عصر المكوك. في عام 1977م أجرت ناسا عددًا من الطلعات الاختبارية لأول مكوك فضائي. وقد زود المكوك، الذي أطلق عليه اسم

انتربرايز، بنفاث جامبو 747، معدّل، وقد حمل المدور إلى الجو وعاد به عدة مرات، وأطلقه في الجو عدة مرات. وفي الطلعات الاختبارية الحرة الأولى اختبر الرائدان فريد هايز الأصغر وجوردون فوليرتون إمكانيات هبوط المركبة، وتلت ذلك عدة طلعات اختبارية أخرى.

بدأت أول بعثة لمكوك فضائي في 12 أبريل 1981م. ففي ذلك اليوم أطلق المكوك كولومبيا، وعلى متنه الرائدان جون يونج وروبرت كريين. ومضت الرحلة، التي استغرقت 54 يومًا، دون أي صعوبات. وبعد ذلك بسبعة أشهر قامت المركبة برحلة مدارية أخرى، مؤكدة أن المركبات الفضائية يمكن أن تستخدم مرات عديدة.

وقد حملت كل رحلة من الرحلات المكوكية الأربعة الأولى ملاحيْن فقط، ولكن عدد الطاقم ازداد بسرعة إلى أربعة، وفيما بعد إلى سبعة وثمانية، حيث اشتمل طاقم المكوك، بجانب الملاحين على اختصاصيي البعثة (خبراء تشغيل المكوك)، واختصاصيي الحمل الصافي (خبراء البحث العلمي).

وفي عام 1978م، اختارت ناسا عددًا من المهندسات والعالمات ليعملن اختصاصيات بعثات. وفي 18 يونيو 1983م، أصبحت سالي ريد أول رائدة فضاء أمريكية، عندما اختيرت ضمن طاقم المكوك تشالنجر. وأصبح جويون بلوفورد الأصغر أول أمريكي أسود يرتاد الفضاء في 30 أغسطس 1983م، كما أصبح مارك جارنو أول كندي يرتاد الفضاء في 5 أكتوبر

1984م. وفي 12 سبتمبر 1992م، أصبحت ماي جيميسون أول أمريكية سوداء ترتاد الفضاء.

وقد فتحت السعة الكبيرة لمدور مكوك الفضاء إمكانية إدخال ركاب آخرين إلى جانب الرواد والعلماء، وشمل هؤلاء الركاب ممثلي شركات الحمل الصافي وأعضاء الكونجرس الأمريكي.

وفي عام 1984م، صممت ناسا برنامج "مشاركة فضائية" خاصة، لفتح مجال ارتياد الفضاء أمام الأمريكيين، وأعلن الرئيس الأمريكي ريجان منح أول فرصة للمدرسين، على أن يتبع ذلك إعطاء الفرصة للصحفيين والفنانين وغيرهم من المهتمين برحلات الفضاء.

أنواع البعثات المكوكية: تحمل مكوكات الفضاء الأقمار الصناعية والمجسات الفضائية وغير ذلك من الأحمال الثقيلة إلى مدارات حول الأرض. وبالإضافة إلى عمليات الإطلاق، تستطيع المكوكات استعادة الأقمار الصناعية بغرض الإصلاح، حيث يقوم رواد المكوك بإصلاح المكوك الفضائي، وإعادتها مرة أخرى إلى المدار. ويستطيع طاقم المكوك أيضًا إجراء أنواع كثيرة من التجارب والملاحظات العلمية.

الأقمار التجارية كان أول إطلاق لحمل صاف خاص بعميل، في نوفمبر 1982م، حيث أطلق المكوك كولومبيا قمرين صناعيين، بمساعدة معززات صاروخية صلبة، دفعت القمرين إلى مداريهما المحددين. وتبع ذلك إطلاق عدد من الأقمار، حيث اكتشفت ناسا أن استخدام المكوك الفضائي لإطلاق

الأقمار، أكثر مرونة مما كان متوقعًا. ولكنها اكتشفت أيضًا أن الفترة الزمنية المطلوبة لإعداد المكوك الفضائي، لكل عملية إطلاق، أكبر من المتوقع، وأنها تسبب تأخيرات مكلفة أحيانًا.

البعثات العسكرية: خصص حوالي ربع البعثات المكوكية خلال الثمانينيات للأغراض العسكرية. وأرسل رواد هذه البعثات أقمار رصد خاصة إلى المدار، لاختبار الأجهزة العسكرية المتنوعة. وقد أحيطت هذه البعثات بدرجة عالية جدًا من السرية، لمنع اكتشاف قدرات هذه الأقمار، حيث لم تعلن ناسا عن مواعيد إطلاق الأقمار قبل عمليات الإطلاق، ولم تكشف أي معلومات عن الأحاديث بين رواد البعثات وأطقم القيادة الأرضية. وفي أوائل تسعينيات القرن العشرين ألغت الولايات المتحدة استخدام المكوكات في الأغراض العسكرية، واستبدلتها بالصواريخ الرخيصة الأحادية الاستعمال.

بعثات الإصلاح: يمكِّن المكوك الفضائي الرواد من استعادة الأقمار الصناعية المحطمة وإصلاحها وإعادة إطلاقها. وقد اتضحت هذه الإمكانية، لأول مرة، في أبريل 1984م، عندما أصلح رائدان من المكوك الفضائي تشالنجر قمر البعثة الشمسية القصوى، الذي كان أول مرصد شمسي أطلق في المدار. وأثبت هذا النجاح قدرات الإنسان في الفضاء وقابليته للتكيف. ومنذ ذلك التاريخ أصلح رواد الفضاء عددًا من الأقمار في الفضاء، وكانت أهم بعثات الإصلاح البعثة التي أرسلت في ديسمبر 1993م، لإصلاح

تلسكوب هبل الفضائي، الذي أطلقه المكوك في المدار قبل ذلك بثلاث سنوات. وقد نجحت عملية الإصلاح التي استهدفت إبطال تأثيرات مرآة صنعت بطريقة غير صحيحة.

بعثات المعمل الفضائي: المعمل الفضائي وحدة تمكن أطقم المكوك من إجراء مجموعة كبيرة ومتنوعة من التجارب العلمية في الفضاء. ويمثل هذا المعمل جزءًا من برنامج المكوك الفضائي لوكالة الفضاء الأوروبية، ويتكون من معمل فضائي مأهول ومنصات أخرى منفصلة تسمى الطبليات. ويتصل المعمل المضغوط بحجرة الطاقم عبر نفق، وتضم تسهيلات تمكن العلماء من إجراء تجارب في التصنيع والطب وإنتاج المواد البيولوجية وغيرها. وتحمل الطبليات الأجهزة العلمية الضخمة المستخدمة في إجراء التجارب في مجال الفلك وغيره من المجالات. ويشغل العلماء الأجهزة من المعمل أو من مدار المكوك أو من الأرض .وتتقاسم كل من وكالة الفضاء الأوروبية والولايات المتحدة تسهيلات المعمل الفضائي.

أطلقت أول بعثة من بعثات المعمل الفضائي في 28 نوفمبر 1983م، في مكوك الفضاء كولومبيا. ومنذ ذلك التاريخ حمل عدد من المكوكات المعمل الفضائى، حيث ركزت كل بعثة على إجراء البحوث في مجال علمي أو تقني معين، مثل الفلك وعلوم الحياة والجاذبية الصغرية

كارثة تشالنجر:

كانت الرحلة العاشرة لمكوك الفضاء تشالنجر تمثل البعثة المكوكية الخامسة والعشرين. وقد تكون طاقم الرحلة من فرانسيس سكوبي، قائدًا للبعثة، وكريستا ماكوليفي، وهي معلمة بالمدارس العليا، وخمسة رواد آخرين هم: جريجوري جارفيس ورونالد ماكنير وأليسون أونيزوكا وجوديث ريزنيك ومايكل سميث.

فبعد تأخر توقيت الإقلاع لعدة مرات، استبعد مسؤلو ناسا المخاطر التي أشار إليها المهندسون، وأمروا بإقلاع المكوك في صباح يوم 28 يناير 1986م، رغم برودة الجو. وقد انتهت الرحلة بمأساة عندما تحطم المكوك متحولاً إلى كرة من النار، بعد 73 ثانية فقط من إقلاعه، وهو على ارتفاع 14,020مترًا، بينما كان يسير بسرعة تعادل ضعف سرعة الصوت.

والمكوك بتعبير أدق، لم ينفجر، ولكنه تحطم بسبب عدد من الأعطال التركيبية. ويبدو أن الطاقم كان قد تنبه بسرعة إلى حدوث خطأ ما، بالرغم من أن المكوك قد تحطم دون سابق إنذار تقريبًا. فقد انفصلت كابينة الطاقم عن بقية أجزاء المكوك، واندفعت في الجو، ووقعت بعد حوالي ثلاث دقائق على المحيط الأطلسي، حيث تحطمت بسبب التصادم، مؤدية بذلك إلى مقتل أفراد الطاقم السبعة.

وبسبب هذا الحادث أوقفت كل البعثات المكوكية. وحددت لجنة ــ أمر بتشكيلها الرئيس الأمريكي ريجان ــ الأسباب التي أدت إلى الحادث، والإجراءات التي يمكن أن تتخذ لمنع تكرار مثل هذه الكوارث مستقبلاً،

حيث أوضح تقرير اللجنة الذي صدر في يونيو 1986م، أن الحادث نتج عن تعطل الحلقات أو **(O rings)**في معزز المكوك الصاروخي الصلب الأيمن. ووظيفة هذه الحلقات المطاطية هي إحكام غلق المفصل بين القطاعين السفليين للمعزز. وقد أدت أخطاء في تصميم المفصل، وبرودة الطقس الشديدة أثناء الإطلاق، إلى أن تفقد هذه الحلقات خاصية الإحكام، مما أدى بدوره إلى تسرب الغازات الساخنة خارج المعزز، عبر المفصل .ونتج عن هذا اندفاع اللهب من داخل المعزز، عبر الغلق غير المحكم، مؤديًا إلى تمدد الثقب الصغير بسرعة. وبعد ذلك، أحدثت الغازات الملتهبة ثقبًا في خزان الوقود الخارجي للمكوك. وبالإضافة إلى ذلك، بترت الغازات الملتهبة إحدى القطع الداعمة، التي تثبت المعزز بالسطح الجانبي للخزان الخارجي، مما أدى إلى تخلخل المعزز وتفجيره للخزان. وأدى انفجار الخزان إلى اختلاط الدواسر مكونة كرة نارية عملاقة، في الوقت الذي تمزقت فيه المركبة إلى قطع بفعل العطل التركيبي.

وقد خلصت اللجنة إلى أن قرار ناسا بإطلاق المكوك كان خاطئًا، حيث لم ينبه صانعو القرار إلى المشاكل الخاصة بالمفاصل والحلقات أو، و لم يخطروا أيضًا بالتأثيرات المدمرة للطقس البارد.

ولتفادي مثل هذه الحوادث مستقبلاً أدخل مصممو المكوك عدة تعديلات تقنية، منها تطوير تصميم الحلقات أو، وإضافة نظام لتحرير الطاقم. وهو نظام لايعمل في كل الحالات، ولكنه مفيد في إنقاذ حياة أفراد الطاقم في

بعض الحالات. وشملت التغييرات الإجرائية مواصفات أمان أكثر صـــرامة، وشروط إطلاق أكثر تقييدًا. ولم تكن كارثة تشالنجر صدمة لناسا وحدها، بل لكل مَنْ وقر في ذهنه أن رحلات الفضاء رحلات عادية. فعلى مدى 15 عامًا من تاريخ الرحلات الفضائية المأهولة، حتى عـــام 1986م، حملـــت المركبات الفضائية الأمريكية والسوفييتية أكثر من 100 رائد فضاء وفلكي إلى الفضاء .ولم تحدث قبل هذه الكارثة سوى تسع حالات وفاة، سواء في الفضاء أو أثناء الهبوط أو الاختبارات الأرضية.

إلى الفضاء مرة أخرى. بدأت رحلات المكوكات الفضائية مرة أخرى في 29 سبتمبر 1988م، عندما أنطلق المكوك الفضائي، المطـــور التصـــميم، ديسكفري .وكانت المهمة الأساسية للبعثة، التي تكونت من خمسة أفـــراد، وضع قمر اتصالات في مداره. وفي السنوات التالية لهذه الرحلة، أرسل عدد من البعثات المكوكية، التي تأخر إطلاق كل منها لفترات طويلة. وأطلق رواد المكوكات عددًا من المجسات الفضائية غير المأهولة مثل جاليليو ومـــاجلان ويوليسيس، ووضعوا عددًا من الأقمار البحثية الضخمة، مثل تلسكوب هبل الفضائي، ومرصد كومبتون لأشعة جاما، وقمر أبحاث الغـــلاف الجـــوي العلوي، في المدار، كما أطلقوا أيضًا أقمار اتصالات وأقمـــارًا عســـكرية. وأجرت بعثات المعمل الفضائي البحثية دراسات في الفلك وطب الفضـــاء. وقد وضع المسؤولون برنامج إطلاق أقل طموحًـــا، ممـــا أدى إلى تقليـــل التأخيرات.

طورت ناسا أيضًا أسطول المكوكات، حيث زُودت المكوك بحواسيب جديدة وأجهزة إعاشة متطورة. وأصبح التحكم في الهبوط أسهل بفضل تزويد المكوك ببراشوتات سحب وكوابح متطورة، كما طور نظام التوجيه الذاتي المحوسب.

المكوك الفضائي السوفييتي: بينما كانت ناسا تصارع لاستعادة طلعاتها المكوكية، كان السوفييت يعدون مكوكهم الفضائي بسرية عالية .وكان المكوك السوفييتي بوران (العاصفة الثلجية) شبيهًا بالمكوك الأمريكي. وقد بدأ السوفييت بالنموذج الأمريكي، ولكنهم أضافوا تحويرات عديدة، حيث حركوا ترس الهبوط الأمامي، على سبيل المثال، إلى موقع أكثر أمانًا، وزودوا المكوك ببراشوت كابح .واستخدمت صواريخ المناورة السوفييتية نوعًا مختلفًا من الوقود، كما استخدمت المكوكات السوفييتية معززات قابلة لإعادة الاستخدام، و لم تكن لها محركات رئيسية للتعويض.

صمم السوفييت معززًا ثقيلاً سموه إنرجيا، لحمل المكوك وغيره من المركبات الفضائية إلى المدار، وانطلق المعزز لأول مرة في 15مايو 1987م. وفي 15 نوفمبر 1988م، حمل صاروخ إنرجيا آخر بوران إلى المدار. وقد زودت الرحلتان بنظام توجيه ذاتي. وهبط بوران على مدرج في ساحة بيكونور الكونية (تسمى الآن ساحة تايوراتام الكونية) في كازاخستان، التي كانت آنذاك جزءًا من الاتحاد السوفييتي. و لم يشتمل مكوك بوران الأول على أجهزة إعاشة، ولكن السوفييت شيدوا مكوكًا آخر بعد أن دربوا الرواد

السوفييت على الرحلات المأهولة. ولكن نقص الموارد المالية بعد عام 1989م، أدى إلى تأخير كثير في تطوير برنامج بوروان. وفي عام 1993م توقف العمل على البرامج المكوكية

دول أخرى في الفضاء

طور عدد من الدول برامج صاروخية وفضائية، في الفترة الممتدة بين ستينيات وثمانينيات القرن العشرين. وكانت هذه البرامج صغيرة بالمقارنة ببرامج الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي، ولكنها أضافت إسهامات مهمة إلى الكشوف الفضائية.

الدول الأوروبية: بنت عدة دول أوروبية معززات لإطلاق الأقمار البحثية الصغيرة. وفي عام 1965م، أصبحت فرنسا أول دولة أوروبية تطلق قمرًا، وأرسلت المملكة المتحدة قمرًا آخر إلى المدار عام1971 م.

وفي عام 1975م، تأسست وكالة الفضاء الأوروبية. وتضم هذه الوكالة 14 دولة من دول أوروبا الغربية، تساهم كل منها بنصيبها من الموارد المالية والعلمية لبناء المركبات الفضائية وصناعة الأجهزة وإجراء التجارب. وقد أشرفت الوكالة على بناء المعمل الفضائي، وأطلقت مجس الفضاء جيوتو إلى مذنب هالي، وبنت المجس الشمسي يوليسيس. وأنشأت الوكالة أيضًا معزز أريان الصاروخي لإطلاق أقمار الاتصالات، لمن يريد من العملاء. وقد انطلقت مركبة وكالة الفضاء الأوروبية من كورو في غيانا الفرنسية، على الساحل الشمالي لأمريكا الجنوبية.

وبجانب نشاطاتها عضوًا في وكالة الفضاء الأوروبية، بنت ألمانيا منفـــردة مجسين شمسيين، أطلقت عليهما اسم هيليوس، حيث انطلق أحد المجســـين في عام1974 م، والآخر في عام 1976م. وقد طار هذان المجسان على بعـــد 45 مليون كم عن الشمس، وهي أقرب مسافة للشمس يطير عندها مجس.

وفي 18 مايو 1991م، شاركت رائدة الفضاء البريطانية هيلين شارمان في بعثة فضائية روسية، وأصبحت بذلك أول بريطانية تجتاز الفضاء. وفي 24 مايو 1992م، شارك مايكل فولي في بعثة مكوكية أمريكية، وأصبح بذلك أول شخص مولود في بريطانيا يجتاز الفضاء.

اليابان: أصبحت رابع دولة تساهم في رحلات الفضاء، عندما أطلقـــت قمرًا في فبراير 1970م. وقد كثفت اليابان نشاطها في مجال أبحاث الفضـــاء في ثمانينيات القرن العشرين. ففي عام 1985م، أطلقت مجســـين في اتجـــاه مذنب هالي. وتبنت برنامجين منفصلين نتج عنهما إنشاء مجموعـــة صـــغيرة وفعالة من المعززات الفضائية. وبالإضافة إلى ذلك، أصبح الصاروخ هـــ -1 **(H-1)**ـــ وهو معزز متوسط الحجم ـــ يستخدم الهيدروجين السائل وقودًا، جاهزًا للتشغيل. وفي عام1990 م، أطلقت اليابان مجسًا قمريًا.

ترسل اليابان أقمارًا بحثية صغيرة إلى المدار من مركز كاجوشيما الفضائي، في جزيرة تاينجا، على بعد حوالي 95كم إلى الجنوب .ويجري الآن العمـــل على تطوير قطعة معملية لمحطة ألفا الفضائية الدولية.

الصين: في أبريل 1970م أطلقت الصين أول قمر لها في الفضاء على متن مركبة الإطلاق CZ-1. وفي الثمانينيات طورت الصين تقنية فضائية متميزة شملت محركات الهيدروجين السائل، وصواريخ طويلة المدى، وأقمارًا قابلة للاستعادة. وللصين ثلاثة مواقع لإطلاق الأقمار هي جيوكوان وتيوان وزيشانج.

الهند: أطلقت قمرًا إلى المدار لأول مرة في يوليو 1980م. وتبني المنظمة الهندية لأبحاث الفضاء المعززات، حيث تطلق الهند الصواريخ من جزيرة سريهاريكوتا، على مسافة من الساحل الشرقي.

كندا: لكندا برنامج بحث فضائي نشط وبرنامج قمر اتصالات. وقد شاركت في برنامج المكوك الفضائي الأمريكي بتصميم وبناء ذراع روبوت للمكوك. وتبني كندا الآن ذراع ربوت أكبر للمحطة الفضائية ألفا.

دول أخرى: أرسلت إسرائيل أول أقمارها إلى المدار في عام 1988م. وأطلقت أستراليا صواريخ أمريكية محورة من وومیرا، في وسط أستراليا، كما أطلقت إيطاليا أيضًا صواريخ أمريكية من منصة سان ماركو في المحيط الهندي، قبالة الساحل الكيني. كذلك أرسلت دول عديدة، منها البرازيل والسويد وجنوب إفريقيا، صواريخ سبر علمية إلى الفضاء.

خطط المستقبل:

تدعو خطط الاستكشاف الفضائي إلى توسيع النشـــاطات في الفضـــاء . وسوف يجري الإعداد أيضًا لتأسيس قاعدة على القمر، وتنفيذ رحلات إلى المريخ. وربما تنفذ مثل هذه المشاريع بمشاركة دولية.

تطوير مركبات فضائية أقوى: يعمل العديد من الدول على إنشاء مركبة تسمى الطائرة الفضائية الجوية. وعلى نقيض المكوك، الذي يتطلب معززات تدفعه إلى الفضاء، وتنفصل عنه بعد ذلك، تستطيع الطائرة الفضائية الجوية أن تدفع نفسها في كل من الفضاء والجو. وبإمكانها التحليق من مطـــار مثـــل الطائرة، والاندفاع في المدار، دون إلقاء أي مراحل أو خزانات، والهبوط في مطار .ويمكن إطلاق الطائرة الجوية الفضائية أيضًا من حاملة طائرات.

وسوف يختبر المهندسون أيضًا تقنيات جديدة لتصميم وبنـــاء مركبـــات فضائية أقوى. وتشمل هذه التقنيات نظم الدفع المتطورة، مثل المحركات ذات الكفاءة العالية. وبإمكان الصواريخ النووية الاندفاع بقوة تساوي ضعف قوة

الصواريخ العادية، من نفس كمية الداسر، مما يمكن المركبة من الوصول لمسافات أكبر، بوقود أقل. ويفكر بعض العلماء في إمكانية اندفاع المركبات الفضائية، بعد سنوات عديدة، بفعل تفاعلات بين المادة وشكل من أشكال المادة المضادة، أي المادة التي تتكون من الجسيمات الذرية المغيرة الشحنة.

وسوف تستمر المجسات الغير مأهولة في استكشاف الكواكب البعيدة والفضاء بين النجمي. وقد تشتمل نظم الإعاشة المتطورة للمسافرين على الرحلات الفضائية الطويلة، نظمًا بيولوجية مثل البيوت المحمية والمعالجات الكيميائية لإعادة تصنيع النفايات.

توسيع النشاطات الفضائية: ظل تصنيع المنتجات في الفضاء أحد أهداف مخططي البرامج الفضائية منذ أمد بعيد. ويأمل العلماء أن يؤدي تطبيق بعض العمليات الصناعية الجديدة إلى تصنيع منتجات في الفضاء تكون أنقى أو أقل تكلفة أو أكثر متانة من تلك التي تصنع في الأرض. وتشمل هذه المنتجات أشباه الموصلات والأدوية وسبائك بعض الفلزات.

ويرى بعض منظري الفضاء أن أقمار القدرة الكهربائية الضخمة يمكنها تسليط طاقة نقية إلى الأرض. وحتى المرآة العادية الضخمة تستطيع أن تعكس ضوء الشمس إلى الأرض، والذي يمكن أن يستفاد منه في توليد الإنارة، وربما القدرة. ففي عام1993 م، استخدمت روسيا مرآة ضخمة في مدار الأرض، لإضاءة الجانب المظلم منه. وبإمكان هذا العاكس البلاستيكي

المغطى بالألومينيوم، والبالغ قطره 20 مترًا، تسليط شعاع مـنعكس عـن الشمس يغطي مساحة يبلغ قطرها 4كم.

ويجري العلماء تجارب على تقنية فضائية جديدة واعدة، تنطـوي علـى استخدام كوابل قوية ورقيقة تسمى المرابط الفضائية .فبإمكان المربط البـالغ طوله 125كم التوصيل بين مركبتين فضائيتين دائرتين، ويمكن أن تتولد عن حركة المركبتين قوى مفيدة، يمكن تقويتها أكثر بأرجحة إحدى المركبتين . ويمكن أن يولد مربط مغطى بمادة موصلة للتيار الكهربائي طاقة أثناء مرورها عبر المجال المغنطيسي للأرض، حيث يعمل المربط والمجال المغنطيسـي مثـل المولد، منتجين كهرباء بالعملية المسماة الحث الكهرومغنطيسي. ويمكـن أن توفر هذه الطاقة القدرة اللازمة لتشغيل محطة فضائية. وبإمكـان المركبـة الفضائية المربوطة أيضًا نقل الأحمال الصافية بين مركبة فضائية ومحطة فضائية.

ومنذ أوائل ثمانينيات القرن العشرين، عملت وزارة الدفاع الأمريكية على تطوير نظم دفاعية فضائية مضادة للقذائف النووية. ويسمى هذا المشـروع مبادرة الدفاع الاستراتيجي، كما أطلق عليه أيضًا اسم" حـرب النجـوم". وبإمكان مبادرة الدفاع الاستراتيجي استخدام الأسلحة المحمولة على الأقمار الصناعية، لتدمير القذائف المهاجمة أثناء طيرانها. وينطوي العديد من تجارب البرنامج على إدخال تطويرات على الدفع الفضائي أو القدرة الفضائية.

وربما كان كشف الكويكبات التي تهدد بالاصطدام بالأرض أهم نشـاط فضائي ذي مردود مجز على البشرية، حيث يمكن إطلاق مركبة فضائية محملة

بالمتفجرات، وتفجيرها بالقرب من مثل هذه الكويكبات، لطردها بعيدًا عن الأرض.

ويمكن تطوير تقنيات حماية متقدمة لتمكين المجسات ـــ والناس فيما بعد ـــ من التوغل أكثر داخل الأحزمة الإشعاعية أو الدنو أكثر من الشمس. وتدعو الخطط أيضًا لبذل المزيد من الجهود للتعرف على الكائنات الذكية الأخرى في الكون. فربما تكون هناك حضارات أخرى في الكون، تصلنا الآن منها إشارات ينبغي على الإنسان التعرف عليها. والفشل في كشف مثل هذه الإشارات، بعد سنوات من البحث، ربما يكون في حد ذاته مهمًا.

تأسيس قاعدة على القمر: يدعو برنامج ناسا الرسمي لاستكشاف الفضاء إلى إنشاء قاعدة على القمر، في أوائل القرن الحادي والعشرين. ويعتقد العديد من مخططي الفضاء أن إنشاء قاعدة على القمر خطوة مهمة في اتجاه إنشاء قاعدة على المريخ .وقد يدرس العلماء أيضًا إمكانية الحصول على الموارد القيمة، مثل الأكسجين والفلزات، من القمر.

إرسال الناس إلى المريخ. ربما يكون إرسال الناس إلى المريخ الخطوة العملاقة التالية في استكشاف الفضاء. وقد تحدث هذه الرحلة في أوائل القرن الحادي والعشرين. وتستغرق الرحلة بين المريخ والأرض، ذهابًا وإيابًا، حوالي عامين، ولذا فإن السفينة الفضائية ينبغي أن تكون من الكبر بحيث يمكنها حمل مايكفي من ضروريات الحياة مثل الوقود والغذاء وغيرهما من الموارد، وتوفير حيز مناسب لسكن الطاقم.

ولأن كلاً من الأرض والمريخ يدوران حول الشمس، فإن موقع كل منهما بالنسبة إلى الآخر يتغير بشدة. فالكوكبان يصطفان لتكوين أقرب مسافة بينهما، بحيث تكون تكلفة الرحلة بينهما أقل ما يمكن، لأسابيع قليلة فقط كل 26 شهرًا. وتسمى هذه الفترة التي يجب أن تبدأ خلالها الرحلات نافذة الإطلاق.

والوصول إلى المريخ أسهل من الوصول إلى القمر لأنه يشتمل على غلاف جوي. وبإمكان السفينة الفضائية الانزلاق على الغلاف الجوي العلوي، أو إطلاق صواريخ، لتقليل سرعتها، والدخول في مدار حول المريخ. ومن المدار يستطيع الرواد استكشاف قمري المريخ: فديوس وديموس. وقد يكون هذان القمران كويكبين مأسورين، ولذا فهما يقعان ضمن دائرة اهتمام خاص لدى العلماء. وقد تؤسس الرحلات المأهولة الأولى قاعدة على فوبوس. ويعتقد بعض العلماء أن فوبوس ربما يحتوي على معادن أو ثلج، يمكن تحويلها إلى وقود للصواريخ.

وفيما يلي تفسير للكيفية التي يمكن بها أن يهبط الرواد على المريخ، ويجروا تجاربهم، ويعودوا مرة أخرى إلى الأرض. فللهبوط على المريخ، تنفصل مركبة هبوط صغيرة عن سفينة الفضاء الرئيسية، أثناء دورانها حول الكوكب. وتدفع صواريخ مركبة الهبوط في اتجاه الغلاف الجوي، الذي سيوفر معظم الكبح. وتوجه صواريخ وبراشوت كبير المركبة إلى موقع آمن على سطح المريخ.

وتطمح الرحلات المريخية إلى تحقيق عدد من الأهداف العلمية. فقد تساعد دراسة سطح المريخ، على سبيل المثال، العلماء على توقع التغييرات المناخية على الأرض. ويستطيع العلماء أخذ عينات من أعماق مختلفة من تربة المريخ وقطبيه بغرض الدراسة. وقد توفر جيولوجية المريخ معلومات عن تاريخ النظام الشمسي .وسوف يستمر البحث عن وجود حياة، أو بقايا أحفورية لأشكال حياة منقرضة، على سطح الكوكب.

ويشبه الإقلاع من المريخ، إلى حد كبير، الإقلاع من القمر. فبإمكان مركبة الهبوط المريخية، الارتباط في الفضاء بالسفينة الفضائية الرئيسية، من أجل العودة إلى الأرض. وقد تؤسس قواعد دائمة على فوبوس أو المريخ، بعد نجاح الرحلات الأولى مباشرة.

ومناخ الأرض أقرب إلى مناخ المريخ من مناخ أي كوكب آخر. وإذا ما توفر المزيد من الهواء أو الدفء، يمكن أن يشبه مناخ المريخ مناخ الأرض إلى حد كبير. وقد يصبح في مقدور المهندسين في القرون القادمة تدفئة سطح المريخ باستخدام مرايا شمسية ضخمة. وقد يجلبون مواد من الحزام الكويكبي لتكثيف الهواء. وبمرور الزمن يمكن أن يتغير مناخ المريخ، بحيث يصبح في مقدور البشر الحياة عليه، دون استخدام نظم داعمة للحياة، وتسمى هذه العملية تكوين اليابسة.

ويتخيل بعض الناس مجيء الزمن الذي يعيش فيه الناس في الفضاء، ويعملون فيه. ويتنبأون بأن يأتي زمن يولد فيه بعض الناس في الفضاء،

ويعيشون ويموتون هناك، دون أن تطأ أقـــدامهم الأرض. ويعتقـــدون أن المستعمرات الفضائية الدائرة، أو الكواكب المحورة، يمكن أن تـــوفر المـــأوى لملايين الناس. وفي المستقبل البعيد، يمكن أن يأتي اليوم الذي يكون فيه عدد البشر في الفضاء أكثر من عددهم على الأرض.

3- إطلاق غير صاروخى

إطلاق بغيرِ استخدام الصواريخَ Non-rocket space launch (NRS)

هو استخدام وسائل غير الصواريخ الكيميائية التقليدية فى عملية الإطلاق سواء كان فى كامل العملية أو جزء منها. تم اقتراح العديد مِنْ البدائلِ فى هذا الصدد. في بَعْض الأنظمةِ، مثل الزلاجةِ الصـــاروخِية **rocket sled launch** والإطلاقِ الجويِ **air launch**، يكون هناك صاروخ للوُصُـــول الى المـــدارِ، لَكنَّه يُشتعلُ بعد أن يتم اكتساب الإرتفاعِ أَو السرعةِ الأوليةِ عـــن طريـــق وسيلة أخرى .

1-الإنشاءات الساكنة Static structures:

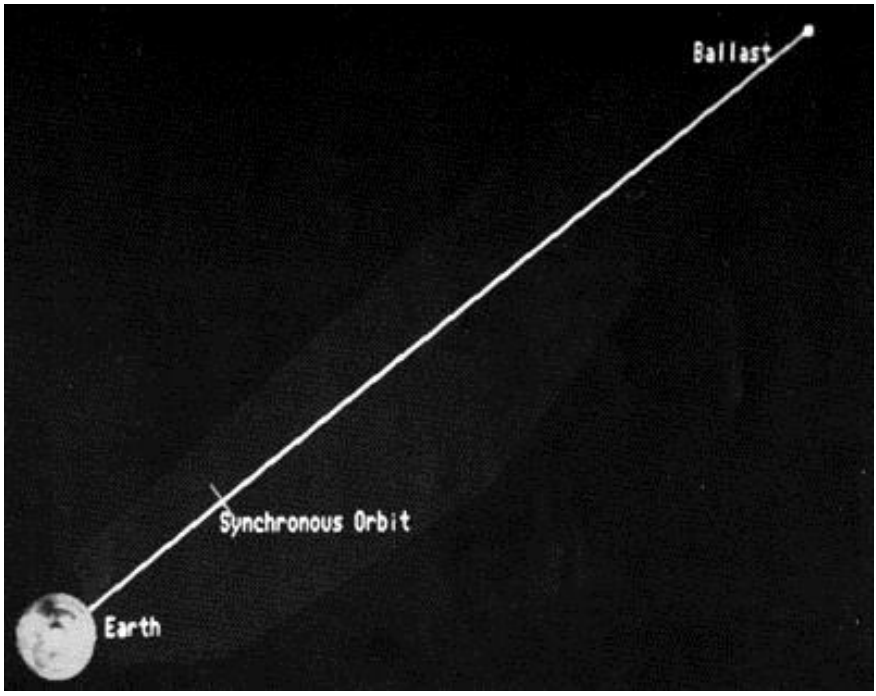
برج الفضاء space tower

برج الفضاءِ هو برج يَصِلُ الى الفضاءَ الخارجيَ. البرج يَجِبُ أَنْ يُمتّـــدَ فوق حافةِ الفضاءِ (فوق الـــ100 الكيلومترِ) . بناء برج بذلك الإرتفـــاعِ الشاهق لَيسَ محتملَ بالموادِ الموجودة حالياً على الأرضِ. ان مفهـــوم بنـــاء

تركيب يَصِلُ إلى مدارِ متــزامن كانــت فكــرة الروســى قســطانطين تسلكوفسكى.

ان صَنعَ تركيبُ متوازي ذو أضلاع من الحجارةِ التقليديةِ لا يَســتطيع الوُصُول أبعد من 2000 مترَ لأن الحجر في القاعِ سَيُسْحَقُ تحت الوزنِ مواد أخرى يُمْكِنُ أَنْ تَسْمحَ ببناء برجِ ذو إرتفاع أكبر، إذا كان البناء مُسْــتَدْقّ من الاعلى، لكن الكلفةَ تتَزايدُ تصاعدياً مع إرتفاعِ البناءِ. استخدام اسلوب التَشبيك **Buckling** قَدْ يفشلِ بسبب تَجَاوُز مقاومة الانضغاط الإسميــة للمادّة (مع ان ذلك تصاميم مثل جملون قَدْ تساعدُ علــى تَعــويض هــذه المقاومة).

2-الانشاءات المشدودة Tensile structures



تبنى هذه الانظمة بناء على فكرة بسيطة للغاية و هى وجود كابلات طويلة و قوية لربط جسمين قد يكونان سفينة فضائية و أخرى أو سفينة فضائية و كويكب أو سفينة فضائية و قمر صناعى أو اى جسم آخر . تبقى نوعية المواد المستعملة و الابقاء فى المدار التحدى الذى يواجه العلماء .

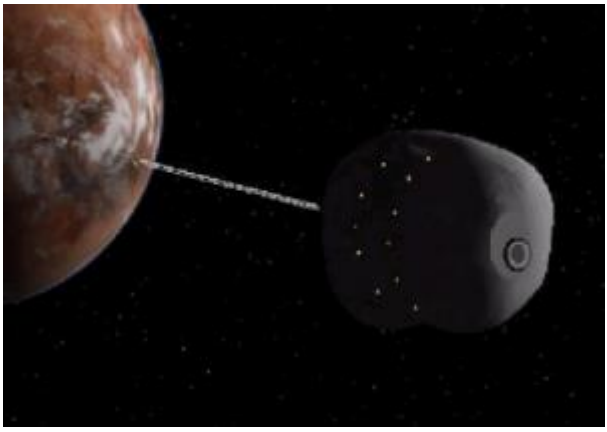
عبارة عن كابلاتَ، قوية و طويلة جداً ، يُمْكِنُ أَنْ تُستَعملَ للدفعِ، و الإستقرار، أَو الابقاء على تشكيلَ فى الفضاءِ عن طريق تحديد مسيرِ المركبة الفضائيةِ و الحمولاتِ. تعتمد معظم التصمميات على وجود جسم مثبت فى

مدار متزامن يمكن ربط الكابلات به حيث تتدلى لأسفل فى الغلاف الجوى و يدور هذا الكابل فى حركة تزامنية مع حركة الارض و انواعها :

1-2-1 **خطاف السماء Skyhooks :** نوع نظري مِنْ حبالِ الـــدفع **tether propulsion** مصمم لرَفْع الحمولاتِ إلى الإرتفاعـــاتِ العاليـــةِ. إنّ الاسمَ **skyhook** يشير إلى خطّافِ خيالي معلّقُ مِنْ السماءِ.

1-2-1-1 **بالطائرة :** تم تجربة امساك حموله من الجو بخطاف معلق من طائرة من قبل القوات الجوية الامريكية فى مشروع **Fulton surface-to-air recovery system** .

2-1-2-1 **خطاف سماوى مداري orbital skyhooks** : يكون هناك كابل في المدارِ حول الأرضِ، رأس الكابل ذو سرعةِ موازية لسرعتِه المداريةِ (حوالى 7 -8 كيلومتر فى الثانية). يَدُورُ الرأسُ لأسفل، و كلما يَفعْلُ ذلك، يَتحرّكُ للخلف،و يَتباطأُ، و يَدْخلُ الغلاف الجوى بسرعة بطيئـــة و يلـــتقط حمولة مِنْ الأرضِ (أَو الجوّ). و من ثمّ يَحْملُها فوق إلى الفضاءِ .عندما يكون هذا الكابل فى مدار جغرافى ثابت **geostationary** فانه يدور دوره واحدة فى اليوم مع الارض عند ذلك يطلق عليه مصعد الفضـــاء **space elevator** الذى سنتحدث عنه بالتفصيل لاحقاً.

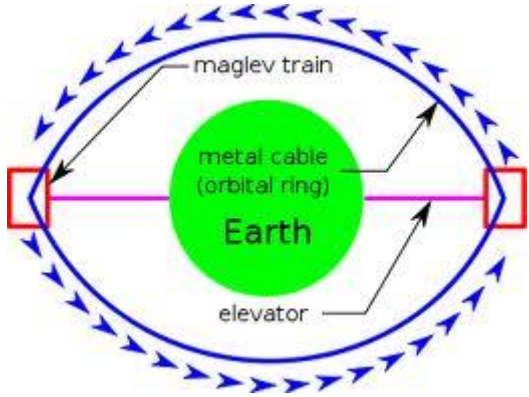


Space elevator

1-2-1-3 خطاف مدارى فــرط صـــوتى Hypersonic orbital skyhooks

: خطاف طرفه يدور بسرعة تَنخفضُ عنْ السرعةِ المداريةِ و يتم إستعمالِ طائرة فرط صوتيه لَمسْك الرأسِ في الجوِّ الأعلى . هذه التقنيةِ ممكن تنفيذها حاليا لانها لَيستْ بِحاجةٍ إلى موادِ ذات قوّةِ عاليةِ جـــدا كمـــا فى التقنيات الاخرى .

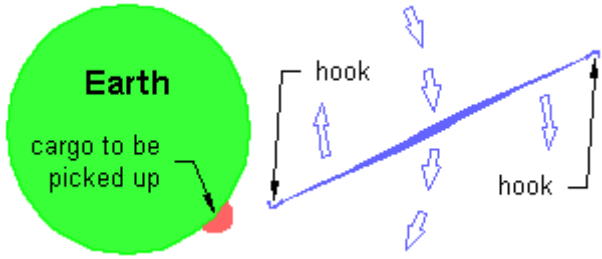
حلقات مدارية Orbital rings : نوع من المصعد الفضائى ، الحلقـــات المدارية هى حلقات صلبة تُطوّقُ الأرضَ و تمضى أسرعِ مِنْ السرعةِ المداريةِ في مدارِ الأرضِ المنخفضِ. يعلق من الحلقة خطاف الذي يَتـــدلّي الى الأرض حيث يُمْكِنُ أَنْ يُستَعملُ لحَمْل الحمولاتِ إلى الإرتفاعِات العاليةِ.



Orbital rings

عمود الفضاء SpaceShaft : إرتفاعات حيث توفر هذه الارصفة وسائلَ اعاشة للعملياتِ الطويلة المدى في كافة إرتفاعاتِ الجوَّ . يمكن مقارنُة عمود الفضاء برصيف النفطِ البحري. بالرغم من أن عمود الفضاء يوصف انه تركيب، هو لَيسَ برج فضاءِ لأنه لا يَقِفُ على أساسات تتصل بسطحِ الكوكبِ ، الرصيف الذى في قمةِ العمود يكون أمّا طائرة فضائية أَو مركبات فضائية ذات أنظمةِ دفعٍ يُمْكِنُ أَنْ تُطلَقَ. عمود الفضاء له القابليةُ لرَفْع الشحنات إلى الفضاءِ أَو إرتفاعاتِ قريبة من الفضاءِ ، لَكنَّه لا يَكُونَ قادر على إطْلاق الشحنات إلى المدارِ أَو أيّ إرتفاع أعلى .

مصعد دائرى Rotovators : عبارة عن حبل يدور كالأورجوحه حيث تَلغي السرعةَ الرجعيةَ للرأسِ السرعةَ المداريةَ بالكامل. بالنسبة الى حمولة ثابتة، رأسِ الحبلَ يَبطئ عندما يَسْقطُ أسفل مِنْ السماءِ، وبعد ذلك يُعجّلُ فى اتجاهه إلى أعلى. الحمولة يَجبُ أَنْ تُمسكَ رأسَ الحبلِ أثناء تلك المدّةِ القصيرةِ عندما يتوقف الرأسِ .



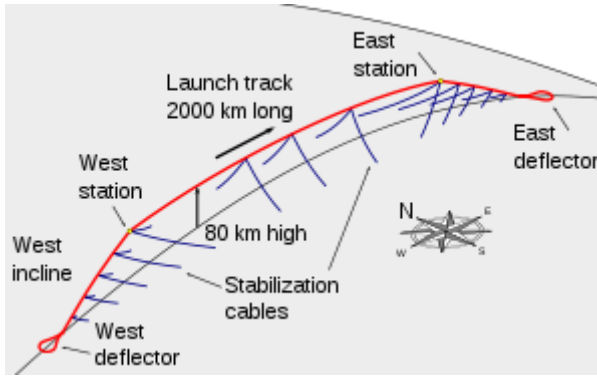
كابلات جوية داخلية Endo-atmospheric tethers : عبارة عن سلك طويل فى الغلاف الجوى يوفر بعضِ أَو كُلّ السرعةِ المطلوبة للوُصُـــول الى المدارِ. الحبل يُستَعملُ لتَحويل الطاقة الحركية لطرف بطيئ (طائرة أسرع من الصوت أو دون سرعة الصوت) إلى سرعة فرط صـــوتية مـــن خـــلال الديناميكيا الهوائيةِ أَو قوى الطرد المركزيِ.

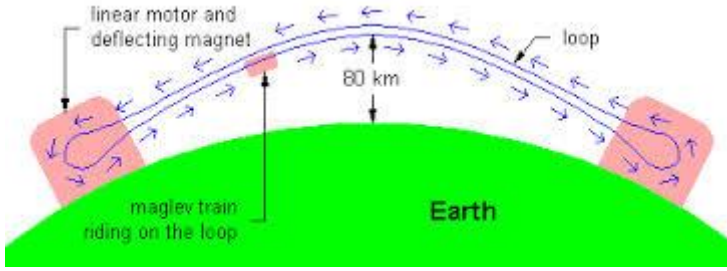
3-الانشاءت المتحركة Dynamic structures :

2-1 حلقة الإطلاقِ **launch loop** أَو حلقةِ **Lofstrom** هى نظام مقترحَ لإطِلاق الأجسامِ إلى مدار فضائى بإستعمال نظام شبيه بالسلك يثبت داخل غمدُ بالأرضِ في نهايتين و معلّقَ فى الجوِّ في منتصفِه . مفهوم التصميمَ نُشِـــرَ مِن قِبل **Keith Lofstrom** الذى وصف نظام كابل النقل الـــذي سَـــيَكُونُ حوالى 2,000 كيلومترِ فى الطول و بإرتفاعِ بحدود 80 كيلومترِ .

حلقات الإطلاقِ الهدف منها اطلاق المركباتِ التى تزنُ 5 أطنانَ مترية بواسطة التعجيل الكهرومغناطيسي يتمُ ذلك عن طريق الجزءِ المستويِ مـــن الكابل الذي يُشكّلُ مسارَ تعجيلِ فوق الغلاف الجوى . إنّ النظامَ مُصَمَّمُ

لِكي يَكُونَ مناسبَ لإطْلاق البشرِ لسياحةِ الفضاءِ، و إســـتعمار الفضـــاءَ و إستكشافَ الفضاء .





Launch loop

البرج الهوائي الطليق Pneumatic freestanding tower : صميم مُقتَرَح آخر هو انشاء برج حر متكوّن من أعمدة أنبوبية من مادّةِ عاليةِ المتانة هـــذه الاعمدة تَنفخ بمزيج غازِ ذو كثافةِ منخفضِة، و مذود بأنظمةِ إستقرارِ ديناميةِ مثل الجيروسكوباتِ . المنافعَ لهذه النظام بالمقارنة مع تصاميمَ مصعدِ الفضاءِ الأخرى تَتضمّنُ تَجَنُّب عَمَل الأطوالِ الكـــبيرة للتراكيـــبِ في التصـــاميمِ

الأخرى، و البناء يكون مِنْ الأرضِ بدلاً مِنْ مدارِ، و الوصول إلى كامل مدى الإرتفاعاتِ على طول البرج. إنّ التصميمَ يبلغ طوله " 5 كيلومترِ إرتفاعِ ويُمتدّد إلى 20 كيلومترِ فوق سطح الارض .

1- الاطلاق القذفى Projectile launchers :

فى هذه الانظمة ، توفر القاذفة سرعة عالية للمقذوف عند، أَو قُرْب، مستوى سطح الأرض. لكي يصل مدارَ، القذيفة يجب أنْ تُعطي سرعةَ إضافيةَ كافيةَ للتغلل خلال الجوِّ، ما لم يَتضمّنُ نظامَ دفعِ إضافيِ (مثل صاروخ). أيضاً، يحتاج المقذوف الى أمّا وسائل داخلية أَو خارجية من اجل الدخولِ فى المدار. تنقسم تصاميم هذه النوع إلى ثلاثة أصنافِ، كهربائي، كيمياوي، و ميكانيكي.

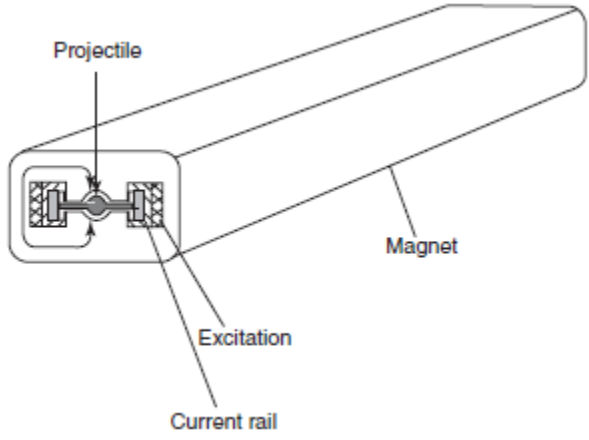
1-3 الكهربائي Electrical

1-1-3 سواقة الكتلة **mass driver** تتكون من مسار أفقية طويلة جداً و مرفوعة للاعلى فى نهايتها .

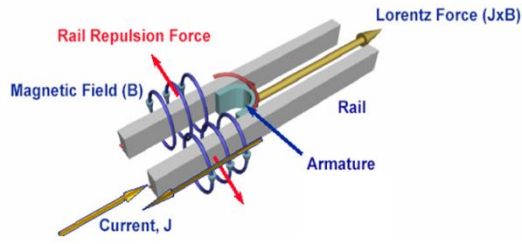
قد يَستعملُ موتور خطيّ لتَعجيل الحمولاتِ إلى سرعةِ عاليةِ. التشغيل المتسلسل لصفّ من المغناطيسات الكهربائية يُعجّلُ الحمولةَ على طول المسار. بعد تَرْك المسار، تستمرُّ الحمولةُ فى التحرّكِ بسبب القصور الذاتي.

2-1-3 **rail gun** المدفع الكهرومغناطيسي هو مطلق قذائف كهرومغناطيسي مشغّل كهربائياً مقتبس من قواعد مماثلة للمحرك أحادي

القطب. يتكون المدفع الكهرومغناطيسي من زوج من القضبان المتوازية، مع هيكل متزلق مسارَع بواسطة التأثيرات الكهرومغناطيسية لتيار يتدفق عبر قضيب واحد، داخل الهيكل ومن ثم يرجع للقضيب الآخر .



Hansler's iron-cored rail-gun

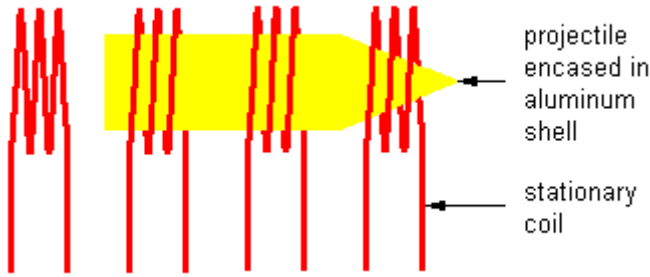


3-1-3 StarTram ترام النجوم : نظام الاطلاق الفضائى بإستخدام القطار المغنطيسى المعلق . عبارة عن إنبوب خاوى طوله 22 كيلومترِ

لإطْلاق المركبات إلى الفضاءِ، متصل بتيار كهربائى كبير يمر في كابلاتِ التي تتضاد بدورها مع المجموعةَ الأخرى مِنْ الكابلاتِ على الأرضِ ذات تيـــار معاكس. النسخ الأخرى تتمضن اطلاق عرباتَ مِنْ إنبوبِ على قمّة جبلِ .

Star tram

3-1-4 المدفع ذو الملف coil gun : يتكون من واحد أَو أكثرِ مـــن الملفات **coil** التى تستعملَ كمغناطيسات كهربائية في ترتيبِ علـــى شـــكل موتور خطى التي تُعجّلُ القذيفةَ و تجعل سرعتها عاليةِ .



coilgun

3-2 وسائل كيميائية chemical :

3-2-1 مدفع الفضاءِ **space gun** طريقة إطْلاق جسمَ إلى الفضاءِ الخارجيِ بإستخدام مدفع كبير، أَو بندقية كبيرة.

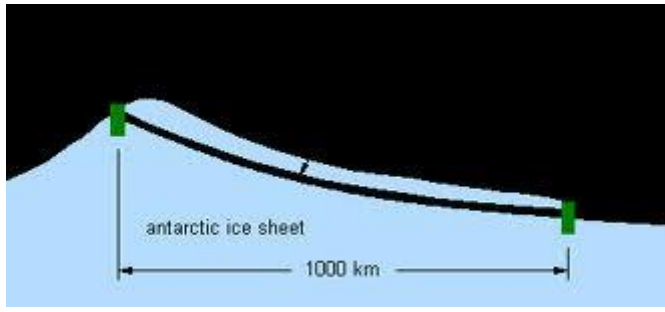
سرعةِ الهروبِ المولدة سوف تكُونُ أكثر مِنْ احتمال الإنسان لذلك سيقتصر استخدامها على شَحْن الحمولات الغير آدمية و الأقمار الصناعية. أيضاً، الحاجات الدافعة يحتاج المقذوف الى وسائل داخلية أَو خارجية للإسْتِقْرار فى المدارِ.

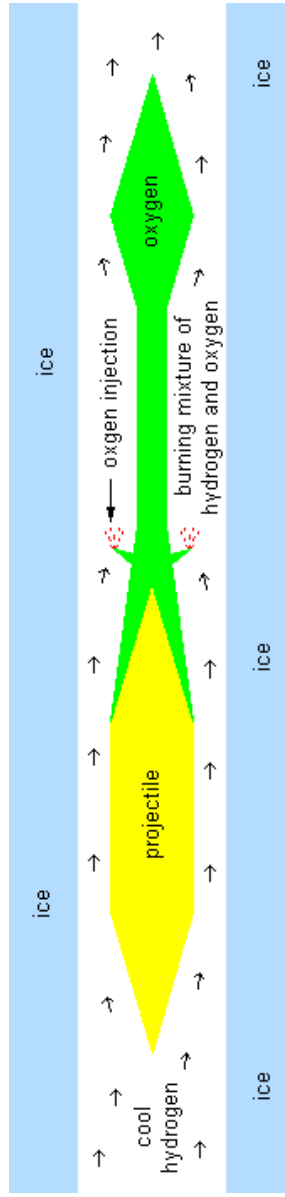
3-2-2 معجّل بالموجات الإنفجارية **blast wave accelerator** مشابه لبندقية الفضاءِ لَكنَّها تَختلفُ في أنها توجد تلك الحلقاتِ مِنْ المادّة المتفجّرةِ على طول طولِ البرميلِ و تفَجَّر في تسلسل لكى تَبقي مستوى التعجيلَ عالي. أيضاً، بدلاً مِنْ فقط الاعتماد على الضغطِ وراء القذيفةَ، يتم توقيتَ الإنفجاراتَ بشكل مُحدّد للضغط على مخروط ذيلِ القذيفةِ .

3-2-3 معجّل انضغاطى **ram accelerator** يَستعملُ طاقةَ كيميائيةَ مثل بندقيةِ الفضاءَ أيضاً لَكنَّها مختلفُ كليَّاً في أنّه يَعتمدُ على محرك نفّاث مثل **ramjet** و/ أَو **scramjet** لتَعجيل القذيفةِ إلى سرعةِ عاليةِ جداً. عبارة عن إنبوب طويل مملؤ بخَلِيْط من غازاتِ قابلة للاحتراقِ مَع حجاب حاجز سهل الكسر في كلا الطرفين لإحتِواء الغازاتِ. القذيفةَ، التي تتكون على نفس شكل قلب المحرك النفّاثِ التضاغطى، تطلق بوسائلِ أخرى (مثل مدفع غازى

خفيف) لتصل لسرعة الصوت خلال الحجـــاب الحـــاجزِ الأولِ إلى نهايـــةِ الإنبوبِ. ثمّ تحرقُ الغازاتَ كوقود حيث يتم التعجيل بالدفع النفّاثِ.

3-2-4 **ice gun** إنّ مدفع الثلجَ يتكون من محرك نفـــاث تضـــاغطى **ramjet** على هيئة قضيب فى نفق يمر خلال طبقةِ الجليد القطبيةِ **Antarctic** ومملؤ بالهيدروجين في ضغط حوالي ضعف الضغطَ الجوّيَ. النصْف الامامى يتكون من القذيفةُ التي تَحْملُ الحمولة ، بينما الجزء الخلفى يحوى أوكسجيناً سائلاً. عند المغادرة ينفصل النصف الخلفى و يَتحلّلُ في الجوِّ. لتَخفيض قوة اجهادِ التعجيلِ على الحمولة، يكون طول النفق تقريبـــاً 1000 كيلـــومتر والقذيفة تستخدم حقنَ الهيدروجينِ.أهم مميزاته انخفاض التكلفة و امكانيـــة حمل بضائع حساسة و بشر .العيب الوحيد هو الاعتماد على اطبقة الجليـــد التى تذوب بسبب الاحتباس الحرارى.




ice
ice
ice
ice
oxygen
oxgen injection
burning mixture of
hydrogen and oxygen
projectile
cool
hydrogen

Ice gun

3-3 وسائل ميكانيكية Mechanical

3-3-1 في القذافة **slingatron** يتم تسريع المقذوفات على طول إنبوب أَو مسار صلب ذو دورانات دائرُية او حلزونيةُ، أَو مجموعات هذه **geometries** في إثنان وثلاثة أبعادِ. يتم تعجيل القذيفة في الإنبوبِ المُقَوَّسِ بدَفْع كامل الإنبوبِ في حركة صغيرةِ دائريةِ ذات ترددِ ثابتِ أَو متزايدِ بدون تَغيير توجيهِ الإنبوبِ، وبمعنى آخر: . كامل الإنبوبِ يَدُورُ لكن لا يُسرّعُ.

يُزيحُ هذا الدورانِ الإنبوبَ بشكل مستمر على طول إتّجاهِ القوةِ المركزيةِ. إنّ القوةَ المركزيةَ التى تواجهه بالقذيفةِ هى قوةُ التَعجيل، ونسبيةُ إلى كتلةِ المقذوف.

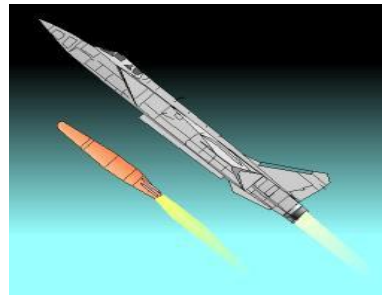
3-3-2 أنظمة الإطلاقِ الهوائيةِ **pneumatic launch systems**، يتم تعجيل القذيفة في إنبوب طويل بواسطة ضغط الهواء المولد بالتوربيناتِ الأرضيةِ أَو الوسائلِ الأخرى .

2- وسائل الدفع بالتفاعل الكيميائى Reaction drives (المحركات النفاثة و الصواريخ غير التقليدية)

4-1 الاطلاق الجوى Air launch :

في الإطلاقِ الجويِ تحمل طائرة نقلِ مركبة الفضاءَ إلى إرتفاعِ و سرعةِ عاليةِ، قبل الإطلاقِ.

هذه التقنيةِ إستعملتْ على إكس -15، SpaceshipOne وغيرها.إنّ السلبيات الرئيسيةَ تلك الحاملة تكون كبيرَة جداً، و لم يتم اختبار الانفصال في السرعةِ الأسرع من الصوتِ لذلك يكون الدفع المعطى متوسط نسبياً .



4-2 طائرات الفضاء Spaceplanes :

الطائرة الفضائية هى طائرةُ صمّمتْ لعُبُور حافةِ الفضاءِ. تدْمجُ بين بَعْض ميزّاتِ الطائرةِ ببعض ميزات المركبة الفضائية. مثلا تأْخذُ شكلَ المركبة الفضائية حيث تكون مُجهّزة بالسطوحِ الديناميكية الهوائيةِ، و محرّك صاروخِي واحد أو أكثرِ، و يوجد دفع airbreathing هوائى تنفسى إضافي أحياناً أيضاً. الطائرات الفضائية المبكرة كَانتْ تُستَعملُ لإسْتِكْشاف

الطيرانِ الفوق صوتى (و مثل إكس -15). سيأتى ذكرالطائرات الفضائية بالتفصيل لاحقاً .

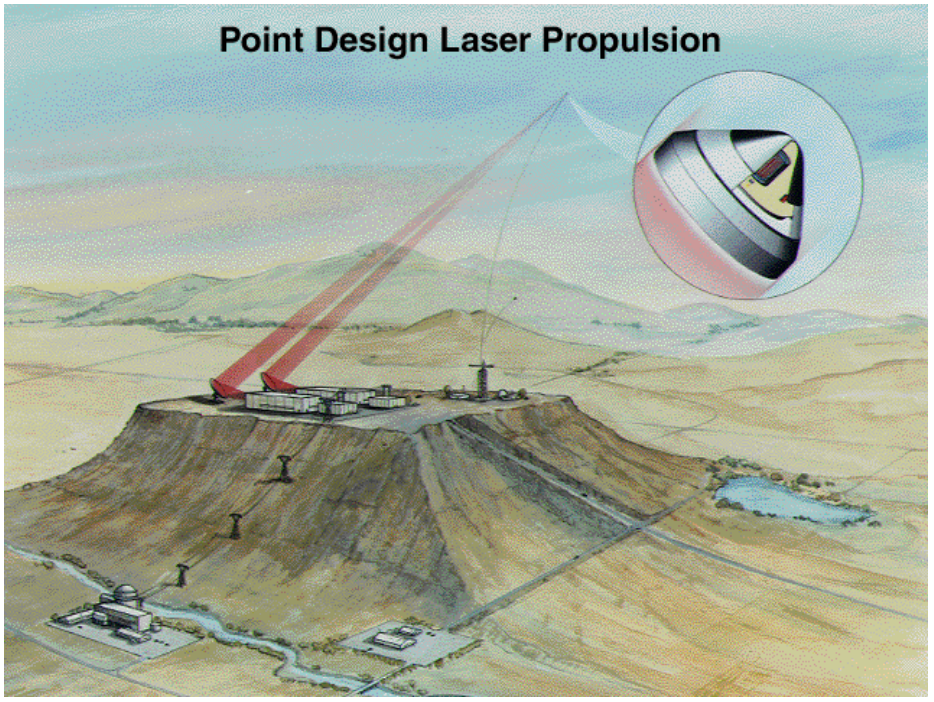
3-4 الصواريخ النوويـــة NUCLEAR ROCKET LAUNCHER :

الغاز يسَخنَ بإنفجاراتِ نوويةِ صغيرةِ تعطى دفعً لقاذفةِ الصواريخ النوويـــةِ النَابضةِ. تُنتجُ الإنفجاراتُ درجةَ حرارة كبيرة جداً، و إهتزاز، وو تُلـــوّثُ الجوّ بالفضلات المُشعّةِ. الصاروخ لا يُمْكن أنْ يُخفّضَ إلى أقل مِنْ 1000 طنِ بسبب الكتلةِ الحرجةِ للإنفجار النووي.استخدامه محظور بموجب معاهدة حظر التجارب النووية **Nuclear Test Ban Treaty** . و لكن الدراســـات حول الجوانب الاخرى الغير انشطارية مستمرة بما فى ذلك الاختبار الحرارى حيث يستخدم التوليد الكهربى للحرارة بدلا من الانشطار .

3-4 الدفع بالليزر Laser propulsion : دفع الليزرِ هو احد أشـــكال الدفعِ المُشَغَّلِ بشعاعَ حيث أنَّ مصدر الطاقةَ يكون نظام ليزرِ بعيدِ يُمكنُ أَنْ يَكُونَ مداريَ أو محمول جواً أو أرضيَ، أَو خليط من ذلك . عنـــد تســـلّق الغلاف الجوِّى لاعلى فإن الهواء المحيط يُمْكِنُ أَنْ يكون مادة للتفاعل . هذا الشكلِ مِنْ الدفعِ يَختلفُ عن الصاروخ الكيميائي التقليدي حيث أن مادة التفاعل و الطاقةَ تكون مِنْ الدواسر الصلبةِ أَو السائلةِ الموجودة على المركبة. وفي شهر أكتوبر (تشرين الأول) 2000 قام ليزر يعمل على ثاني أكســـيد الكربون، في ميدان الصواريخ في وايت ساندز في نيومكسيكو، بدفع مركبة بشكل البلوطة وبحجم الكرة مسافة 233 قدما في الهواء.وما يزال هذا الرقم

القياسي للارتفاع لصاروخ يعمل على الليزر، ودامت الرحلة حوالي 13 ثانية.

ويرى الدكتور ميك مايرابو وهو أستاذ الهندسة الميكانيكية في معهد رانسيلار في نيويورك ومصمم المركبة الخفيفة التي تعمل على الليزر ان المصممين سيصلون الى ارتفاع أعلى في المستقبل. وقد يكون شعاع ليزر أقوى بعشر أو مائة ضعف قويا لدفع المركبة بسرعة تساوي حوالي ستة أضعاف سرعة الصوت لتصل نحو حافة الفضاء. ويقول إن هذا ما يبينه الكومبيوتر وأن هذا سيغير كل شيء حول الفضاء. وفي نموذج عام 2000 من المركبة الفضائية قامت مرآة في قاع المركبة بتركيز شعاع الليزر على طبقة من البوليمر مؤدية لتبخره وموفرة دفعا عموديا. وتم تصميم المحرك بحيث إذا قامت الرياح بدفع المركبة عن خطها المباشر مع شعاع الليزر فان نظم الدفع تقوم تلقائيا بتعديل وضع المركبة. ولكن بالنهاية قد يكون شيء شبيه بالمحرك النفاث أكثر كفاءة باستخدام طاقة الليزر، بدلا من حرق الوقود لتسخين الهواء لدى مروره خلال المحرك. وفي الارتفاعات العالية قد يصبح الماء أو الهيدروجين السائل وقودا.



Laser propultion

3- اطلاق عن طريق الطفو Buoyant lifting :

5- 1 **balloon** المناطيد يُمْكِنُ أَنْ تستخدم فى الرفـــع الى ارتفاعـــات عالية .و لكن ما يعيبها ان حمولتها ليست عاليه .الغاز المستخدم هو الهليوم و لكن تكلفته مرتفعة مع الاحجام الكبيرة لذلك قد يستخدم الهيدروجين بدلاً منه و لكنه سريع الاشتعال للغاية .

5-2 **ميناء فضائى طافى Buoyant space port :** بإستعمال المناطيـــدِ الكبيرةِ من الممكن بِناء ميناء فضاءئى في طبقةِ الستراتوسفير مثل مرســـاة السماءِ sky anchor. الصواريخ يُمْكِنُ أَنْ تَبْدأَ منه أَو ممْكِـــنُ تعجّيـــلَ

الحمولاتَ منه إلى المدارِ. الفائدةُ أن معظم الغلاف الجوى (حـــول 90 %) يكون تحت هذا الميناءِ الفضائى. تم عمل نموذج أولى من قبل **JP Aerospace** .

أنظمة اطلاق هجينة Hybrid launch systems :

من الممكن الجمع ما بين عدة تقنيات منفصلة . على سبيل المثال أقترحت ناسا في 2010 طائرة مستقبلية نفاثة حفص صـــدمية scramjet قَـــدْ تُعجّلُ إلى 300 متر فى الثانية عن طريق اطلاق كهرومغناطيسيِ أَو اطـــلاق على زلاجة ، ثم استخدام صاروخ فى المرحلة التاليه لوضع قمر صـــناعي فى مدار . و هناك ايضا نظام اطلاق حبلى مدارى فى الفضاءِ لطائرةِ فرط صوتية أَو نظام Hastol مفهوم إبتكرَ مِن قِبل مهندسيى ناسا . النظام يَشْملُ ثلاثة عناصرِ رئيسيةِ تَتضمّنُ – طائرةِ تعمل بمحرك الهـــواء air-breathing متحولة من دون سرعة الصوتَ إلى السرعة الفرط صوتية التي سَتأْخذُ روّادَ الفضاء أَو القمر الصناعي إلى نقطةِ متوسّطةِ بين الأرضِ والمدارِ. قادم نظـــامُ الكلابَ الذي سَيُمسكُ الحمولةَ مِنْ الطائرةِ و يسلّمُه إلى نظامِ الحبلَ. نظـــام الحبلَ سَيَعتمدُ على جاذبيةِ الأرضِ أَو طاقتِه الكهرومغناطيســـيةِ فى وضـــع الحمولة في السرعةِ المداريةِ. هذا الحبلِ سَيَسْمحُ للطاقةِ و العزم بأن ينـــتقلان بين الأجسامِ التى يربط بينها في الفضاءِ، مما يَسْمحُ للنظامِ لرَمي مركبة فضائية من مدار إلى آخر.

Hypersonic Airplane Space Tether Orbital Launch (HASTOL) Architecture, is shown schematically in Figure 1.

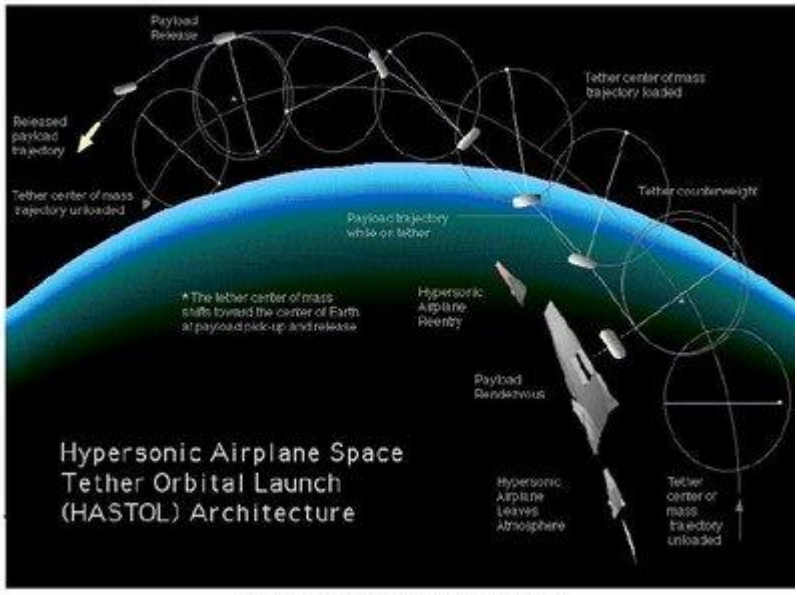
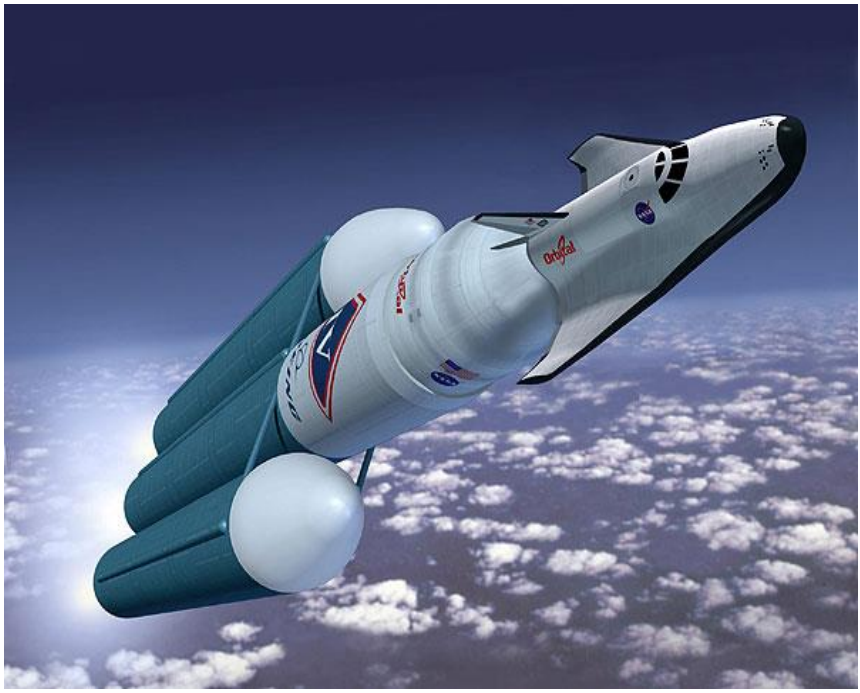


Figure 1. HASTOL System Architecture

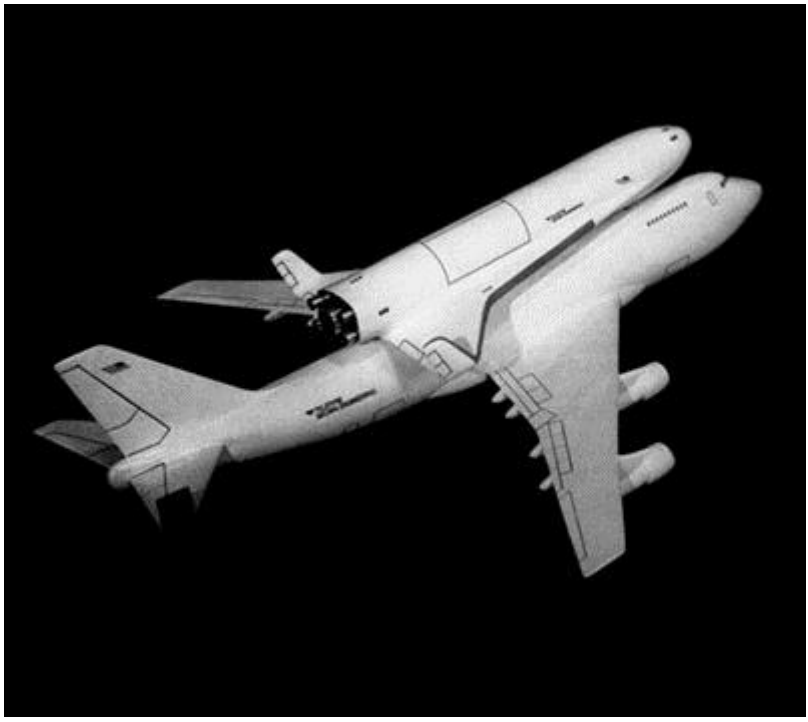
4- الطائرات الفضائية spaceplnes

الطائرة الفضائية هى مركبة تعمل كطائرة في جوِّ الأرضِ، بالإضـــافة إلى مركبة فضائية عندما تكون فى الفضاءِ. تجمع بين ميزّاتَ الطائرةِ و المركبـــة الفضائية، يعنى ممكن أَنْ نفكّرَ فيها كطائرة يُمْكِنُ أَنْ تَتحمّلَ وتُناورَ في فراغِ الفضاءِ أَو على نفس النمط كمركبة فضائية التي يُمْكِنُ أَنْ تُطيّرَ مثل طائرةِ. تأْخذُ شكلَ مركبة فضائية مُزودة بالأجنحةِ. الدفع لوُصُول الفضاءِ قَدْ يَكُون بصاروخَ أَو قَدْ تستعملُ محرّكاتِ تعمل بسحب الهواء **air-breathing**.



طائرة فضائية مدارية تركب صاروخ دلتا

حتى الآن، الطائرات الصاروخية فقط هى التى نَجحَت في الوُصُــول الى الفضاءِ، حيث يتم حملها على متن طائرة الى ارتفاع شاهق يبلــغ عشــرات الالاف من الاقدام ثم تترك لتكمل طريقها الى الخروج مــن جــو الارض بالدفع الصاروخى. بينما تستعملَ كُلّ طائرات الفضاء الرفع الجوى (جــو الارض) فى مرحلة العودة **reentry** والهبوط ، حتى الآن لم ينَجحَ أى تصميم فى الاعتماد على الرفع الديناميكي الهوائيِ فى مرحلةِ الصعود من أجل وُصُول الفضاءِ (بدون الطائرة التى تحملها لأعلى).



الوصف :

الطائرة الفضائية تختلف بعض الشئ عن أنظمة الإطلاق الصاروخِية .

الديناميكية الهوائية:

تَستعملُ كُلّ الطائرات الاسطح الديناميكية الهوائية لكي تُولّدَ الرفع. قوة الرفع المولّدة من هذه الاسطحِ تساوى أضعاف العائق التى تواجهه. تتفاوت هذه النسب (نسبة السَحْب الى الرفع **Lift-to-drag ratio**) تَتفاوتُ بين التصاميمِ المختلفة للطائرات . و لكن عاة تكون 60 في الطائرات الشراعية العالي الأداءِ، لكن أقربُ إلى 7 أَو أقل فى الطائرات الأسرع من الصوتِ بما فى ذلك الطائراتَ الفضائيةَ.

في الممارسةِ العملية نسبة السَحْب الى الرفع التى تقدر ب 7 تعنى أن قوة الدفع المعادلة ل 1\7 مِنْ وزنِ الطائرةِ كافيُة لجعل الطائرة تطير . و هذا يقلل بشكل ملحوظ كميةِ الوقودِ المطلوبة لحَمْل وزنِ الطائرةِ الفضائيةِ بالمقارنة مع أنظمة الإطلاقِ الصاروخِية التي يَجِبُ أَنْ توفر دفع أكبر مِنْ وزنِ المركبة.

إختلاف آخر بين هذه الأنظمةِ أنَّ الطائرة الفضائية تطير (تحملها طائرة أخرى) لفتراتِ أطولِ مِنْ الوقتِ بالمقارنة مع الصاروخ. و ايضا الطائرة الفضائية تقوم بعمل ما يَدْعى مناورة "**zoom maneuver**" عندما تنتقل مِنْ الطيرانِ بالمحركات إلى الدفعِ الصاروخِ الصافي للوُصُول الى الفضاءِ، حيث يتم تغييّر الوضع و نسبة الصعود بشكل ملحوظ **attitude and climb rate**، حيث يتم التغيير من السرعةِ الأماميةِ إلى السرعةِ العموديةِ لكي تُصبحَ فوق

الجوِّ المحسوس و بذلك يُمْكِنُ أَنْ للمحرّكِ الصاروخَى أن يعمل بشكل كفوء جداً.

العودة الى الغلاف الجوى reentry

لأن الطائرات الفضائية الدون مدارية **suborbital** مُصَمَّمة لمسارات لا تصِلُ للسرعةَ المداريةَ، فهى لَيست بِحاجةٍ إلى هذا النوع من الحمايةِ الحراريةِ المطلوبة أثناء مرحلةِ إعادةِ الدخول الفرط صوتيه **hypersonic** . نظام الحمايةِ الحرارية للمكوك الفضائي الحراريَ، على سبيل المثال، يتحْمي المركبة مِنْ درجاتِ الحرارة السطحيّةِ التي يُمْكِنُ أَنْ تَصلَ الى 1650 مئوية أعلى بكثير من درجةِ إنصهار الفولاذِ.

الدفع

المحرّكات الصاروخِية:

كُلّ الطائرات الفضائية حتى الآن تستعملَ محرّكاتَ صاروخِية بالوقودِ الكيميائيِ.تحتاج هذه الطائرات هذا النوع من المحركات من أجل الدخول فى المدار.

محرّكات سحب الهواء Air breathing

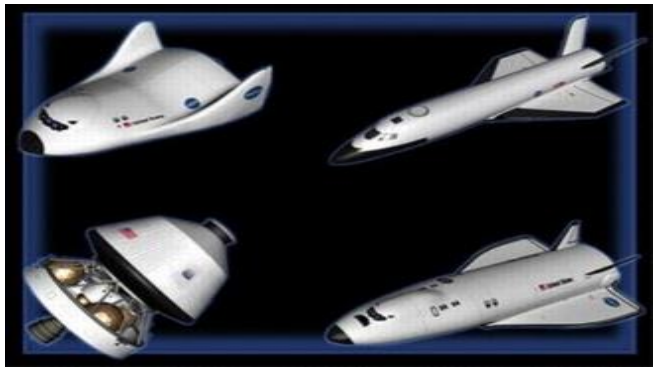
الفرق بين المحرك الصاروخى و محرك سحب الهواء أن الأولى يوجد لديها مخزونَ من المؤكسد **oxidizer** للدفعِ. بينما الثانى يستخدم فتحاتَ بحيث يُمْكِنُ أَنْ يَستعمل الاوكسجينَ الجوّيَ للإحتراقِ.

أنواع محرّكاتِ السحب الجويةِ المستخدمة من طائرات الفضاء تَتضـــمّنُ **scramjet** (محرك نفاث ضغاطي احتراقي فوق صـــوتي)، محرّكـــات دورةِ الهواء السائل، و المحركات النفّاثة السابقة التبرّيد، و المحرّك المتفجرِ النبضِى و المحرك النفاث التضاغطى **ramjets**.

التعقيد

لأن الطائراتَ الفضائيةَ التى تعمل على محركات السحب الجوية تَشتغلَ في البيئاتِ القاسيةِ، فإنها َتستعملُ عدد مِنْ أنظمةِ الدفعِ المختلفـــةِ، و تتطلّـــبُ أنظمةَ تحكم أكثرِ (ومثال على ذلك: – انطمة التوجيه الديناميكية الهوائيـــة بالإضافة إلى الدفع **vectoring** الاتجاهى)، أى أنها معقّدة أكثـــر بكـــثير في التصميمِ مِنْ الأنظمةِ الصاروخِية المكافئةِ.

على أية حال، محرّكات السحب الحديثةِ يتم دمجها مع أنواع محركـــات اخرى ليكون لَهُا عددُ أقل ما يمكنُ مِنْ الأجزاءِ. بينما في وقت سابق كانت تصاميم الطائرات الفضائية تَعتمدَ على الأنواعِ المتعدّدةِ مِـــنْ المحرّكـــاتِ في الداخل، هذه لَيستْ ضروريةَ بالتقنياتِ الحديثةِ.



بيئة الطيرانِ القاسيةِ

مسار الطيرانَ **trajectory** المطلوب مِنْ المركبات الفضائيةِ الجويةِ للوُصُول الى المدارِ هو أَنْ يَطِيرَ فيما يُعرف بالمسار المخفض **'depressed trajectory** الذي يَضِعُ الطائرةَ الفضائيةَ في إرتفاعِ عاليِ و طيران فرض صوتى. تولد هذه البيئةِ ضغطَ ديناميَ عاليَ،و درجة حرارة عالية، و تدفقَ حرارةِ عاليِ خصوصاً على أسطحِ الحافة الامامية . تَتطلّبُ هذه الأحمالِ موادَ متقدّمةَ خاصّةَ ، و تَبريد فعال، للصمود فى هذه البيئةَ.

الطائرات الفضائية ذات الدفع الصاروخى تواجهَ أيضا بيئة حرارية عالية فى مرحلة الوصول للمدار، لكن هذه البيئة الحادة أقلّ بكثيرُ مِنْ المركبات ذات محركات السحب الجويِ .

طائراتُ الفضاءِ الدون المداريةِ المصممة للوُصُول الى الفضاءِ لا تتطلّبُ حمايةَ حراريةَ كبيرة، حيث أنها تواجه الحرارة لوقت قصير أثناء إعادةِ دخول.

الوزن الكلى

ان الصاروخَ الذى يطلق بشكل عمودي يكون على شكلَ إسطوانة وَاقفَة على طرفها. هذا التركيبِ يُمْكِنُ أَنْ يكون خفيف و قويَ جداُ. أما الطائرة الفضائية التى تطلق أفقياً تكون على شكل إسطوانة ملقاة على جانبها. يُواجهُ هذا التركيبِ قوى إنْحناء كبيرة، لذا يجب أنْ يتم تقوّيته.و هذا يَجْعلُه أثقل، مما يتطلّبُ موادَ متقدّمةَ وتقنياتَ تصميمِ لتَخفيض الوزنِ.

مرحلة واحدة حتى المدار

الطائرات الفضائية المدارية المستقبلية قَدْ تقلعُ،و تصْعدُ، وتهبط مثل الطائرةِ التقليديةِ . و ذلك بالاستعانة بالعديد من المحركات المطـــورة حـــديثا مثـــل المحركات الصاروخية النفاثة و المحرك النفاث التضـــاغطى الفـــوق صـــوتى **scramjet** ولكن لا زالت مشكلة الوزن الكلى لم تحل .

الطائرات الفضائية التى طارت بالفعل :

الطائرات الفضائية المدارية

تم بنجاح طيران أربعة طائرات فضائية مدارية حتى الآن باستخدام تقنية **VTHL** (إقلاع عمودي، هبوط أفقي) . يَتضمّن ذلك المكـــوك الفضـــائي الأمريكيَ المأهول وثلاثة طائرات فضائية غـــير مأهولـــة : **BOR-4** أوائـــل الثمانينات ، **Buran** السوفيتية آخر الثمانينات، و بوينغ إكـــس -37 فى 2010.

أكس 37

بوران

الطائرات الفضائية الدون مدارية

هذه التصاميم تتطلّبُ طاقةَ أقلّ بكثيرَ من أجل الدفعِ، ويُمْكِنُ أَنْ تستعملَ أجنحةَ لتوفير الرفع من أجل الصعود بالأضافة إلى الصاروخَ. فى عام 2010، تمكنت طائرة الفضاءِ إكس - 15 من الوصول للفضاء . الطائرتان **SpaceShipOne** و **ASSET** لم تكن قادرة على دُخُول المدارِ.و كلاهما بَدأَ طيرانَهم المستقلَ فقط بعد رفعهم الى إرتفاعِ عاليِ مِن قِبل طائرة ناقِلة.

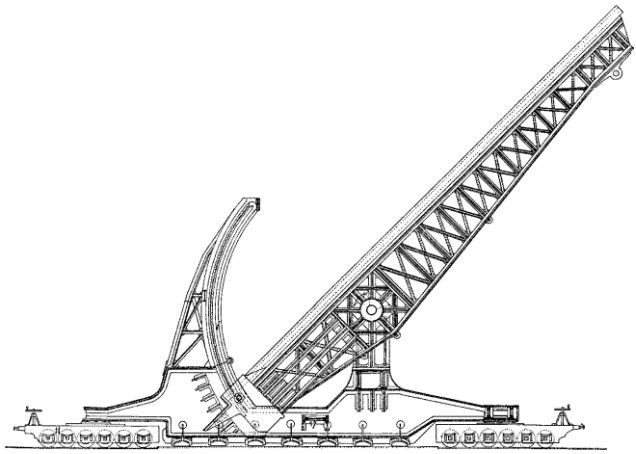
أكس 15

SpaceShipOne

5- القاذف الكهرومغناطيسى Electromagnetic launcher

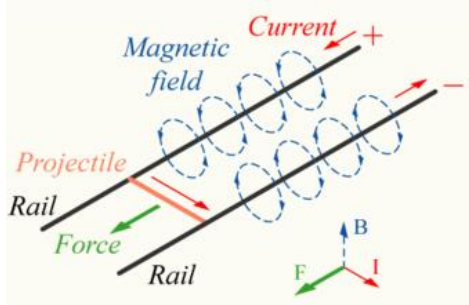
يبنى هذا موضوع على فكرة المدفع أو البندقة الكهرومغناطيسية. التى تدعى أيضاً **railgun** . فالموضوع موضوع جديد وغريب وشيق ويستفيد من خاصية كهرومغناطيسية لبناء قاذف يصل سرعة رصاصته إلى مئات الأميال في الدقيقة حسب احدى مواقع الدراسات والاختبارات عليه . المدفع الكهرومغناطيسي هو مطلق قذائف كهرومغناطيسي مشغّل كهربائياً مقتبس من قواعد مماثلة للمحرك أحادي القطب. يتكون المدفع الكهرومغناطيسي من زوج من القضبان المتوازية، مع هيكل مترلق مسارَع بواسطة التأثيرات الكهرومغناطيسية لتيار يتدفق عبر قضيب واحد، داخل الهيكل ومن ثم يرجع للقضيب الآخر.

أتت فكرة هذا القاذف من خاصية التنافر والتجاذب في الفيض الكهرومغناطيسي وهو عبارة عن أنبوب طويل يلف حوله أسلاك بطرقة شبيهة جدا بالمحول الكهربي وعادة ما تلف حول حديد مطاوع لتكثيف تجميع خطوط الفيض.



Fauchon-Villaplee's long-range gun concept

تكمن خطورته في تسخين ما حوله لذلك يحذر من اقتراب الأطراف منه فالتيار المستخدم فيه عالي جدا وهو ثابت ، رصاصاته من نـــوع خـــاص لم بحيث تتنافر من خطوط الفيض وهي شبيهة بفكرتها مع فكـــرة الموتـــور وأجزاءه التي يؤدي تنافرها للدوران ولكن هنا الحركة المستقيمة

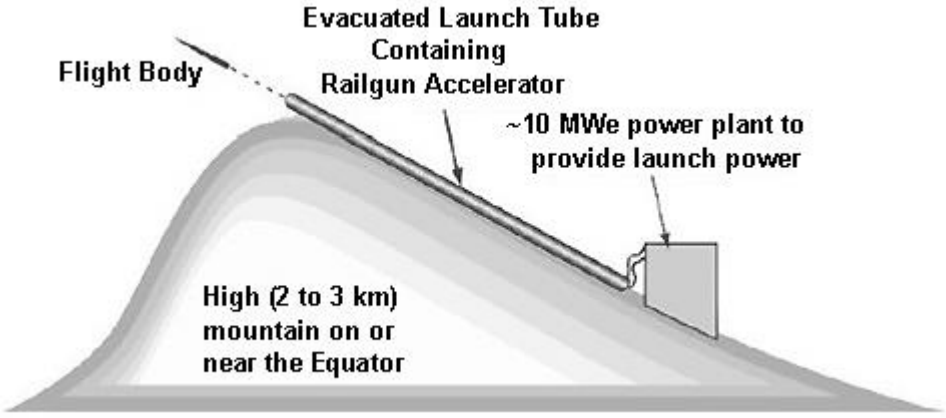


RAILGUN ELECTROMAGNETIC LAUNCHER

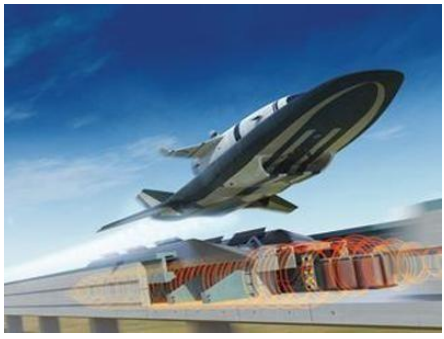
الخاصيه الكهرومغناطسية هي احدى الافكار الشائعة منذ حوالي 1980 لكن ليس هنالك تقدم في هذا الموضوع.

الا انه ظهر سلاح مشابه لما تقصده تحت التجربة في حرب الخليج لـــدى البحرية الامريكية ولكن على شكل مدفع عيار 120 **mm** .تصل ســـرعة هذه قذيفة البندقية الى سرعات عالية جدا في حال كون القذيفـــة صـــغيرة وخفيفة الوزن الى سرعة الموجة الكهرومغناطيسية.

فى عام 2010 أعلنت القوّات البحريّة الأمريكيّة قبل أيّام، أنها أجـــرت اختبارًا ناجحًا على مدفع كهرومغناطيسي، يصل مداه إلى 200 كيلومتراً، وتبلغ سرعة قذيفته خمسة أضعاف سرعة الصّوت.



وبذلك يستند هذا البرنامج الفضائُى على هذا السلاحِ الأكثر دماراً . و أحد ميزاته الأساسية هو إنخفاض تكلفته بالمقارنه مع الوسائل الأخرى للوصول الى الفضاء..



اطلاق مركبة بسرعة فرط صوتية بمدفع كهرومغناطيسي عملاق، ثمّ لاستخدام محرك نفاث ضغطى فرط صوتى **scramjet** بعد الإنطلاقِ.

هذه الطريقة المُقتَرَحةِ سَتُساعدُ بالتأكيد على خفض التكاليف بينما نسْتِمْر على طريقِنا لنتَعَلّم أكثرِ حول كونِنا. بالإضافة، لا يمكن حُصُول خطأ

في آلية الإطلاقِ التي تَتضمّنُ إستعمال الطاقةِ الكهرومغناطيسيةِ لرَمي المركبة الفضائية على سرعة 3 ماخ .

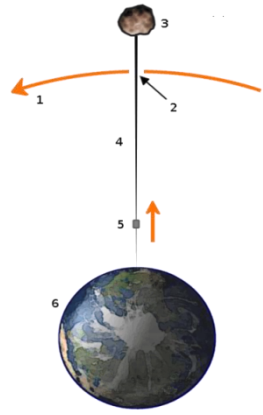
6- مصعد الفضاء Space elevator

مصعد الفضاء هو عبارة عن هيكل مصمم لنقل المعدات و الأشخاص من سطح كوكب (الأرض) إلى الفضاء. تم اقتراح العديد من البدائل التي تعتمد على استخدام هيكل ثابت بدلا من صاروخ الإطلاق حيث تجرى أبحاث علمية لبناء "مصعد" ينقل البشر إلى الفضاء الخارجي: كشف علماء أنهم يعملون منذ أعوام على تطوير مصعد يماثل ذلك المستخدم في الأبنية العادية، لكنه مخصص لنقل ركاب من الأرض إلى محطات ومركبات في الفضاء.

وإذا كانت فكرة صنع صاروخ شخصي للسفر عبر الفضاء تبدو مثيرة، فإن فكرة بناء مصعد فضائي يتحرك على طول سلك يمتد لآلاف الكيلومترات إلى محطة في مدار ثابت فوق الارض هي بلا شك أقرب لقصص الخيال العلمي. غير أن الباحثين ينكبون بمنتهى الجدية على دراسة إمكانية تحقيق مثل هذا المشروع .

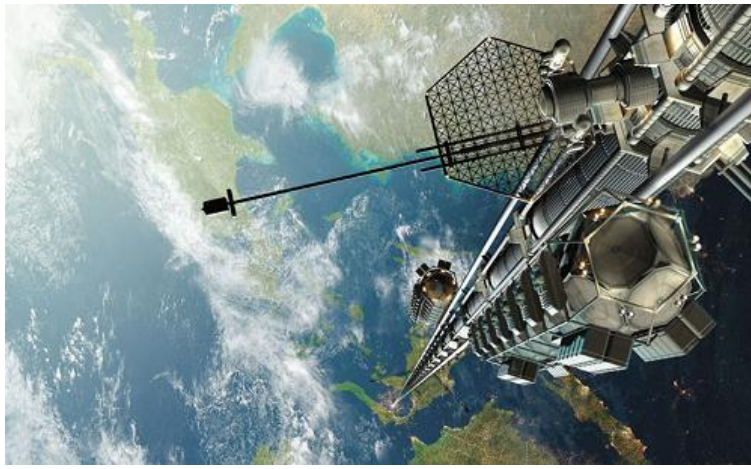
هذا المشروع الخيالي طرحه رائد نظريات السفر الفضائي، الروسي (قنسطنطين سيولكوفسكي)، منذ أواخر القرن التاسع عشر، واستلهم فكرته من رؤيته لبرج (إيفل) الباريسي الذي عد وقتها أعجوبة هندسية. وظل المشروع خيالياً حتى وقت قريب، إذ تزامنت إعادة طرحه مع اكتشاف الأنابيب النانوية مطلع التسعينات* ، وهي مركبات مجهرية أنبوبية الشكل

ذات قطر يساوي الجزء من المليار من المتر، مؤلفة من طبقة أو أكثر من ذرات الكربون وتتمتع بمقاومة تفوق بكثير مقاومة جميع مواد البناء الحالية المعروفة. ويعتبر المراقبون أن أول من سيبني مصعداً فضائياً سيمتلك الفضاء. ويُتوقع أن ثمة مصعد سيمكنه التنقل على سلك يمتد لمسافة مائة ألف كيلومترات وسيسمح بنقل حمولة من المركبات الفضائية والأقمار الاصطناعية وقطع المحطات الفضائية إلى ما وراء حزام النيازك في نظامنا الشمسي.



مصعد الفضاء يتكون من سلك مشبوك بسطح الأرض وصاعد للفضاء الخارج

في الصورة 1- المدار المتزامن الجغرافي **geosynchronous orbit** . 2- مركز ثقل المصعد . 3- الثقل المضاد . 4- الكابل . 5- المصعد . 6- الأرض .



يعتمد هيكل المصعد الفضائي المرتقب على المكونات التالية:

- برج هائل هو بمثابة قاعدة للمصعد على الأرض
- ثقل سابح حول مدار كوكب الأرض
- كابل أو حبل لوصل الثقل الفضائي بالقاعدة على الأرض
- مركبة فضائية للتنقل على طول الكابل

وتقوم فكرة عمل المصعد على إبقاء الكابل مشدوداً بواسطة دوران الثقل الفضائي حول الأرض وحساب سرعته في الوقت ذاته بحيث يكون سابحاً فوق ذات النقطة طوال الوقت. ويتطلب ذلك إنشاء قاعدة المصعد عل خط الاستواء تحديداً. وهذا الثقل لفضائي قد يكون محطة فضائية يتم إنشاؤها بالوسائل التقليدية أو نيزكاً ضالاً يتم اصطياده في الفضاء ووضعه في مدار أبدي حول الأرض خصيصاً لأجل المشروع حسب خطط حقيقية اقترحتها وكالة (ناسا). وكما يظهر فالمشروع خرافي في كل تفاصيله بل سيكون

أعظم وأصعب عمل إنشائي في تاريخ البشرية. فبرج قاعدة المصعد ينبغي أن يرتفع لخمسين كيلومتراً في السماء، في حين يبلغ ارتفاع البرج الأعلى الموجود حالياً في كندا خمسمائة متر وحسب. ويتطلب الأمر كذلك كابلاً بطول 144 ألف كيلومتر يمتد بين خط الاستواء وثقل التوازن السابح حول الأرض مصنوعاً من مواد نانوية بوسعها تحمل قوى الشد الهائلة بين طرفي المصعد. ويقترح العلماء إرسال أقمار اصطناعية مزودة بآليات خاصة لمد هذا الحبل الأسطوري.

التاريخ

تعود بداية مصعد الفضاء إلى عام 1895 حين اقترح قسطنطين تسيولكوفسكي **Konstantin Tsiolkovsky** بناء برج هوائي يوصل ما بين سطح الأرض والمدار الجغرافي المتزامن. ركزت جميع الدراسات الحديثة حول الهياكل المزودة بروابط للشد (خاصة حبال الشد المتينة) والتي تمتد ما بين المدار الجغرافي إلى الأرض، حيث أن الهدف من هذه الروابط هو الوصل ما بين الأرض والجسم الطائر في الفضاء كما هو الحال في أوتار الجيتار المثبتة بقوة. أطلق على مصعد الفضاء العديد من المسميات منها: عيدان الفاصوليا والجسور الفضائية والمصاعد الفضائية والسلالم الفضائية والصنارة الفضائية والأبراج المدارية أو المصاعد المدارية.

تعجز التقنيات المعاصرة عن تصنيع أدوات هندسية عملية تجمع ما بين صفتي المتانة والخفة اللازمتين لبناء مصعد فضاء. فمعظم الأبحاث الحالية

تسعى نحو استخدام أنابيب الكربون أو البورون المجهرية (نايتريد) والتي تمتلك عنصر الشد الاساسي الواجب توفره في الحبل المستخدم. من جهة أخرى فقد تم استخدام المصاعد الفضائية في عام 1978 في المناطق ذات الجاذبية الاضعف في النظام الشمسي مثل القمر والمريخ.

لا يبقى الخيال العلمي دائما خيالا.. في معظم الأحيان يتم تطويعه ليصبح حقيقة.. لذا فلن تضطر لركوب صاروخ لتصعد إلى الفضاء.. فقط اضغط زر المصعد لتجد نفسك على سطح القمر؛ ففي محاولة لتحويل إحدى الأفكار الخيالية إلى واقع تقوم وكالة 'ناسا' للفضاء حاليا بعمل أبحاث وتجارب لتصميم مصاعد تنقل البشر إلى الفضاء بدون صواريخ .

برزت هذه الفكرة إلى الوجود عام 1979 عندما تخيَّل الكاتب 'آرثر كلارك' **'Arthur Clark'** في كتابه 'نافورات الجنة' **'The Fountains of Paradise'**، إمكانية بناء أبراج ترتفع إلى 22 ألف ميل فوق سطح الأرض؛ وبذلك يمكنه الصعود إلى الفضاء عن طريق مصاعد داخل هذه الأبراج.

ونظرا لانعدام الوزن عند هذا الارتفاع يكون من السهل الانطلاق إلى الفضاء مباشرة من أعلى هذه الأبراج، وبالتالي الاستغناء عن الصواريخ (أو مكوك الفضاء) التي تُستخدم للوصول إلى مثل هذه الارتفاعات والتي يتكلف إطلاقها مبالغ طائلة.

الفكرة الأولية: كابل من الأرض

نبعت الفكرة الأولية لدى علماء وكالة ناسا للفضاء في إمكانية ربط الأرض بأحد الأقمار الصناعية التي تدور حولها على ارتفاع 22 ألف ميل فوق خط الاستواء عن طريق كابل.. قد يبدو تخيلا عجيبا، ولكنه في الواقع التطبيقي شيء بسيط.

فالمنظر العام سيبدو ككابل مربوط بالأرض، ويرتفع عموديا إلى عنان السماء. وقد يدور تساؤل في أذهان الكثيرين: هل يمكن أن يتدلى هذا الكابل إلى الأرض حرا هكذا في الهواء من غير أن يقع؟! حقيقة الأمر أن هذا الكابل سيكون معلقا في الفضاء ثابتا بل ومشدودا بإحكام.

يمكن توضيح هذا ببساطة إذا أخذنا دوران الكرة الأرضية حول نفسها في الاعتبار .فهذا الكابل الطويل بدرجه كافية يكون مشدودا إلى خارج الكرة الأرضية (أي إلى الفضاء) بفعل قوة الطرد المركزية الناتجة من دوران الأرض حول نفسها، ويمكنك تخيل ذلك بالإمساك بخيط آخره حجر صغير ومرجحته حول يدك؛ فإنك ستجد أن الخيط يبقى مشدودا دائما إلى خارج يدك.

في حقيقة الأمر فكرة مصعد الفضاء فكرة بسيطة التنفيذ، ولكن تجابهها بعض المشكلات، الفكرة تبدأ بعملية إطلاق قمر صناعي إلى مدار قريب من الأرض **'Low Earth Orbit' (200** إلى 300 ميل فوق سطح الأرض)،

وعملية الإطلاق هذه بسيطة في عصرنا الحالي تتم بواسطة الصواريخ أو مكوك الفضاء.

بعد ذلك يتم نقل القمر الصناعي من المدار المنخفض إلى مدار أعلى (22000 ميل فوق خط الاستواء) باستخدام صواريخ صغيرة مثبتة على القمر الصناعي تُعرف بصواريخ النقل النهائي **'Final Transferring Thrusters'**.

الغرض الأساسي من هذا الارتفاع الهائل للقمر الصناعي هو أنه على هذا الارتفاع تدور الأقمار الصناعية حول الأرض بنفس سرعة دوران الأرض حول نفسها، وبالتالي تكون ثابتة بالنسبة لأي نقطة على الأرض، وبالتالي يكون الكابل الذي يصل بين القمر الصناعي والأرض ثابتا لا يتحرك، ثم يتم اختيار نقطة تثبيت الكابل بالأرض بحيث تكون هي مسقط القمر الصناعي على الأرض حتى يكون الكابل مشدودا رأسيا لأعلى دائما.

بعد أن يستقر القمر الصناعي في مداره النهائي حول الأرض يتم إنزال كابل صغير من القمر الصناعي حتى يصل إلى الأرض، حيث يتم استعادة طرفه وتثبيته في منصة على الأرض.

يبلغ طول هذا الكابل حوالي 22000 ميل، في حين لا يتجاوز سُمكه ميكرونا (حوالي 0.0001 سنتيمتر)، وعرضه يقل تدريجيا من 15 سنتيمترا عند نقطة اتصاله بالقمر الصناعي حتى يصل إلى حوالي 5 سنتيمترات عند نقطة اتصاله بالأرض.

الكابل.. في قوة الماس

سيتخيل البعض أن مثل هذا الكابل الذي في سمك الورقة لا يمكن أن يتحمل أي أوزان تعلق عليه، لكن في الحقيقة هو ليس ضعيفا أو هشا، بل هو في قوة تحمل الماس؛ حيث إن له نفس التركيب الجزيئي (يستطيع هذا الكابل أن يدعم أوزان تبلغ حوالي 1238 كيلوجراما).

التركيب الجزيئي للمادة المصنع منها مثل هذا الكابل تتكون من تجمع جزيئات كربونية لها شكل أنبوبي بطول كبير جدا، تسمى '**Carbon nano-tubes**'. مثل هذه المواد التي تحتوي على مثل هذه التركيبة الجزيئية تتمتع بخفة الوزن والمتانة العالية؛ حيث إنها من الناحية النظرية أقوى بحوالي ثلاثين ضِعْفًا من أي معدن آخر.

بعد أن يتم تثبيت الكابل بالمنصة على الأرض تأتي الخطوة التالية؛ فيتم تركيب عربة على الكابل، هذه العربة مثبتة باستخدام عجلات من المطاط، ويمكنها الصعود أو النزول على الكابل باستخدام محركات كهربية.

وتستمد هذه المحركات الطاقة اللازمة لها عن طريق شعاع ليزر مركز على خلايا ضوئية مركبة على السطح السفلي للعربة (السطح المواجه للأرض). هذه الخلايا الضوئية هي المسؤولة عن توليد الطاقة الكهربية اللازمة لحركة المركبة.

يركب بهذه العربة طرف من كابل آخر له نفس مواصفات الكابل الأول، وتصعد العربة على الكابل الأول رافعة معها الكابل الثاني حتى تصل العربة إلى آخر الكابل الأول، ويتم ربط العربة بجسم القمر الصناعي، وبذلك نكون قد حصلنا على كابلين يربطان بين القمر الصناعي والأرض، وهذان الكابلان مجتمعين يتحملان مرة ونصفا أكثر من تحمل الكابل الواحد.

وتتم نفس العملية 207 مرة (أي صعود 207 مراكب فنحصل على 208 كوابل تربط بين القمر الصناعي والأرض)، وفي النهاية نجد أن هذه الكابلات مجتمعة تستطيع تحمل صعود عربة تزن 22 طنا (22000 كيلوجرام)، وهذه العربة يمكن أن تُحمل عليها أوزان تصل إلى 14 طنا، ويمكن رفعها إلى الفضاء (إلى ارتفاع 22000ميل) فيما يشبه المصعد؛ ومن هنا جاءت تسميته 'مصعد الفضاء' **'The Space Elevator'**.

مصعد الفضاء.. بأربعين بليون دولار

يجب بداية أن نعلم أن التكاليف المتعلقة بإرسال الأقمار الصناعية إلى الفضاء تتكلف أموالا طائلة؛ فعلى سبيل المثال إطلاق الأقمار الصناعية ذات الأوزان الصغيرة الخاصة بالأرصاد أو المهمات الاستكشافية إلى مدارات قريبة من الأرض يتكلف عدة ملايين من الدولارات. في حين أنه لإطلاق الأقمار ذات الأوزان الكبيرة (حوالي طنين) الخاصة بالاتصالات إلى مداراتها العالية (حوالي 22000 ميل) فإن ذلك يتطلب ما يقرب من 400 مليون دولار.

كما أن عملية إصلاح أو استرجاع أحد الأقمار الصناعية من الفضاء إلى الأرض صعبة جدا إن لم تكن مستحيلة، باستثناء مكوك الفضاء الذي يتكلف تشغيله أيضا المئات من الملايين من الدولارات.

من هنا نستطيع أن نرى أهمية كبيرة لمصعد الفضاء؛ فهو وإن كانت تكاليف بنائه كبيرة جدا (قُدرت بحوالي 40 بليون دولار) فإن تكاليف الصعود إلى الفضاء باستخدام مصعد الفضاء سوف تنزل إلى عشرة آلاف مرة أقل من التكاليف اللازمة باستخدام الصواريخ أو مكوك الفضاء الآن.

وفي النهاية من الطريف أن نعلم أنه بعد أن أنهى 'آرثر كلارك' كتابه 'نافورات الجنة' الذي تحدث فيه عن مصعد الفضاء سُئل عن متى يمكن لمثل هذا المصعد أن يتحول من خيال إلى حقيقة؟ فأجاب: بعد أن ينتهي الناس من الضحك عليه بحوالي 50 عاما.

وإذا ما كتب الله تعالى لهذا المشروع أن يبصر النور، فإنه سيغير الطريقة التي نعرف بها السفر عبر الفضاء. ذلك أن المعوق الرئيسي لانتشار الرحلات الفضائية على نطاق شعبي هو تكلفة النقل العالية التي توازي الإثنين والعشرين ألف دولار لكل كيلو غرام من المادة المنقولة. وهذا أمر مربتط بكون الوقود يشكل العنصر الأكثر كلفة في عملية إطلاق مكوك الفضاء الذي يحرق قرابة المليوني كيلوغرام من الوقود السائل كل ثماني دقائق. ويعد المصعد الفضائي بحل جميع هذه المشاكل كون طاقة الإطلاق ستولد كهربائياً عند القاعدة ولأن الأجسام المنقولة على طول الكابل سوف تستفيد من

انعدام الجاذبية ومن قوى الطرد المركزية التي يولدها ثقل التوازن لتنطلق بسرعات تقارب الإحدى عشرة كيلومتراً في الثانية بدون إحراق قطرة وقود. وثمة أبحاث جارية في مجال الدفع الكهربائي-المغناطيسي لنقل الحمولات بسرعة فائقة قد تطبق على مصعد المستقبل هذا. ويتفق الخبراء على ان تنفيذ مثل هذا المشروع سيستغرق حوالى خمسين عاماً، منوهين في الوقت نفسه بأن كلفته ستكون أقل من كلفة بناء المحطة الفضائية الدولية التي تجاوزت الستين مليار دولار.