المحطات الفضائية واستكشاف المجموعة الشمسية

تأليف
أ.د عبدالعزيز بكري أحمد
استاذ بقسم الفلك والأرصاد الجوية
كلية العلوم- جامعة الأزهر
2018

أسم الكتاب : المحطات الفضائية وإستكشاف المجموعة الشمسية

تاليف : أ.د / عبد العزيز بكرى أحمد

رقم الإيـــــداع 1927
الترقيم الدولى 4 - 009 - 822 - 977 - 978

لا يجوز نشر أى جزء من الكتاب أو إعادة طبعه أو إختصاره بقصد الطباعة أو إختزان مادته العلمية أو نقله باى طريقة سواء كانت اليكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو خلاف ذلك دون موافقة كتابية من الناشر مقدماً .

الطبعة الاولى
2018

الناشر : دار طيبة للنشر والتوزيع والتجهيزات العلمية

حقوق النشر والتوزيع محفوظة لدار طيبة للنشر والتوزيع والتجهيزات العلمية - 2016

23 شارع الفريق محمد إبراهيم منفرع من مكرم عبيد - مدينة نصر القاهرة ج.م.ع
تليفون : 22725312 - 22725376 - 26706912 (02)
فاكس : 26706912 (02)
email: dartlba2015@yahoo.com

الطباعة والتجليد: البدر للطباعة والتجليد للتكامل
ت: 01224142709 ☐ 01007930779

مقدمة المؤلف

إن التقدم الهائل للعلوم الأساسية فى هذا العصر ، وما يترتب عليه من تقدم تكنولوجى، ومعلوماتى ساعد الحضارة الإنسانية على التقدم السريع لرفاهية البشر وحل مشكلاته. ومن أهم العوامل التى ساعدت على هذا التقدم هو أرتياد الفضاء الذى بدأ فجره فى الرابع من أكتوبر عام 1957 م عندما أطلق الإتحاد السوفيتى بنجاح سبوتنيك – 1. ولم يمضى سوى خمسون عاما فقط حتى وجدنا السماء تعج بالأقمار الصناعية والمحطات الفضائية، التى تخدم جميع المجالات من اتصالات واستشعار عن بعد وتجسس وأرصاد جوية وتلسكوبات فضائية. وفرت للبشرية سرعة الأتصال فى أى وقت بأى مكان فى العالم بضغطة زر الهاتف. أصبحنا نرى جميع المحطات الفضائية لجيع دول العالم التى أطلعتنا على ثقافات الشعوب المختلفة وأزالت الحواجز والحدود لتعرف جميع الأخبار الكرة الأرضية لحظة حدوثها. أصبحت صور الغلاف الجوى بما يحويه من سحب وعواصف وأعاصير تحت يدنا لذلك أصبحنا نتوقع الكوارث قبل حدوثها لتلافى الأخطار وتقليل الخسائر. تبعث لنا الأقمار الصناعية صور بالأشعة تحت الحمراء لثروات الأرض ولأماكن لايستطيع الإنسان الوصول إليها ورسم خرائط لتضاريس الأرض بدقة شديدة. كذلك أستطعنا التغلب على الصعوبات التى يواجهها الفلكيون عند الرصد من سطح الأرض فحملت المناظير الصغيرة إلى الفضاء لتسبر أعماق الكون وترسل لنا كل صباح أكتشاف كونى جديد لم نكن ندركه من سطح الأرض.

لذلك كان من الواجب على كل متخصص أن يبسط معرفة هذا التقدم العلمى والتكنولوجى ونقلها باللغة العربية للقاعدة العريضة من الشباب والكبار الذين يبحثون عن المعرفة بجميع الوسائل مهما كانت المشقة.

وكان هذا الجهد المتواضع منى لأضع نقطة فى بحر المعرفة لأبناء هذا الوطن حتى لايتخلفوا عن أقرانهم فى الدول المتقدمة. وأخترت موضوع الأقمار الصناعية لما له من أهمية فى حياتنا ويحتاج إلى نقل الكثير من جوانبه المجهولة بطريقة مبسطة بلغتنا العربية حتى تتضح المعلومة لنواكب هذا التقدم العلمى الهائل.

لذلك ألقينا الضوء فى الباب الأول على تعريف مبسط للأقمار الصناعية وأنواعها وأنظمتها المساعدة التى تؤمن عملية إطلاق الصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية ومتابعة القمر فى مداره وتصحيح أى خطاء يحدث. كذلك التعرف على أنظمة الطاقة التى تساعد على أستمرار عمل القمر. كما وضحنا بعض المشكلات التى تواجه القمر الصناعى فى الفضاء، مثل الأشعة الضارة والجسيمات الصغيرة التى ترتطم بجسم القمر، ومقاومة الغلاف الجوى والجاذبية الأرضية.

وفى الباب الثانى وضحنا القوانين التى تحكم حركة القمر ومعرفة إحداثيات القمر فى المدار فى أى وقت حتى نتمكن من متابعته أثناء تحليقه.

وفى الباب الثالث أستعرضنا خطوات إطلاق القمر وأنتقله بين المدارات المختلفة وهو ما يعرف بالمناورة حتى يتم وضع القمر فى مداره النهائى. وأوضحنا طريقة حساب المسار الأرضى للقمر الصناعى أثناء تحليقه.

وفى الباب الرابع تناولنا المسارات الأرضية المختلفة وكيفية تغير المسار مع ارتفاع القمر عن الأرض وزاوية ميل المدار. كذلك أوضحنا العوامل الأخرى التى تؤثر على شكل المسار ليوافق المهمة المنوطة للقمر، وأستعرضنا أمثلة على ذلك لبعض الأنواع المختلفة من الأقمار الصناعية.

وأتمنى من الله أن أكون وفقت لأن يكون هذا الكتاب خطوة إلى الأمام لرقى وتطور الثقافة العربية.

المؤلف

bakryastro@yahoo.com

محتـويات الكتـــاب

مقدمة المؤلف	**3**
محتويات الكتاب	5
قائمة الاشكال	9
قائمة الجداول	12
الفصـل الأول : مرحلـة الإطـلاق	**13**
مركبة الإطلاق	15
مراحل الصواريخ العليا	16
مجموعة صواريخ دلتـــا	16
تـيتـان	17
أطلس	18
اريـــان	19
بروتـــون	20
سيوز	21
نظام النقل الفضائي	21
صواريخ الإطلاق الصغيرة	23
بيجـاسوس	23
الثـــور	24
مواقع الإطلاق	24
نوافذ الإطلاق	25
الأعمال التحضيرية للإطلاق	26
شراء خدمة الإطلاق	27
يـوم الإطلاق	27
الفصـل الثانى : رصـد الأرض	**29**
الأقمار التي ترصد الأرض	31
الإرتفاع ومساحة تغطية القمر الصناعي	32
أجهزة الإستشعار	33

كاميرا الصور الثابتة 33
الكاميرات التلفزيونية 34
الماسحات 35
التصوير الراداري 39
أنظمة لا تصويرية 40
الأحزمة الطيفية 40

الفصل الثالث : إستكشاف القمـــر 43
الاستكشاف 45
غزو القمـر 47
مكونات أبوللو-11 50
رحلة أبوللو للقمر 59
رحلات السوفييت للقمر 62

الفصل الرابع : استكشاف المجموعة الشمسية 67
إستكشاف الشمس 69
إستكشاف المريخ 72
إستكشاف الزهرة 76
استكشاف عطارد 81
الكواكب العملاقة 91
الكويكبات 98

الفصل الخامس : رحلةإلى كوكب المريخ 107
المدار الإنتقالي 110
قانون كبلر الثالث 111
تحديد موقع المريخ 112
معادلة الطاقة 115
الحسابات 116
وصول المركبه للمريخ 117
رحلة العودة من المريخ 118
عيوب مدار هومان الإنتقالي 118
مدارات هومان إلى ومن المريخ 119
الدورة الإقترانية 120

الفصل السادس : المحطات الفضائية الروسية	123
برنامج ساليوت	125
المحطة النهائية ساليوت	125
ساليوت-1	126
دوس– 2	127
ساليوت-2	127
كوزموس-557	127
ساليوت-3	127
ساليوت-4	128
ساليوت-5	129
ساليوت-6	129
ساليوت- 7	131
دوس-7	131
دوس-8 (وحدة زفيزدا)	132
محطة مير الفضائية	132
أصل المحطة	135
هيكل المحطة	136
مير (الوحدة الرئيسية)	136
كفانت-1 (وحدة الفيزياء الفلكية)	136
وحدة كرستال (وحدة التقنية)	137
سبكتر (وحدة الطاقة)	138
وحدة الإلتحام	138
بريرودا	138
التعاون الدولي	141
الحياة على متن المحطة	141
التواجد على المحطة	141
اول مراحل التوسع	142
مير بعد وصول كفانت – 2	143
شكل مير بعد وصول كريستال	143
نشاط الرواد خارج المركبة	144
برنامج المكوك مير	144
زيارة المركبة الفضائية	147

الفصل السابع : المحطات الفضائية الأمريكية 149
معمل الفضاء سكايلاب 151
انجازات المعمل في المدار 152
هجر المحطة والعودة للأرض 152
مكوك الفضاء 153
وصف المكوك 153
الخزان الخارجي 158
الصواريخِ الدافعة الصلبةِ 158
مسار الرحلة 158
الإنطلاق 158
فى المدار 159
العودة إلى الأرض 159
كوارث مكوكِ الفضاء 160
المحطة الفضائية الدولية 161
الهدف 162
البحث العلمي 163
تجميع وتركيب محطة الفضاء الدولية 165
وحدات مكيفة الهواء 167
النظام الكهربائي للمحطة الفضائية الدولية 178
مراقبة وضع المحطة 179
الجاذبية 181
التحكم البيئي ونظام دعم الحياة 181
رؤية المحطة 183
قائمة المراجع 185
دليل الكتاب 187
معجم المصطلحات 193
كتب للمؤلف 200

قائمة أشكال الكتاب

الشكل (1-1). عائلة صواريخ الإطلاق دلتا–2 & 3. 17
الشكل (1-2). مجموعة صواريخ تيتـان. 18
الشكل (1-3). مجموعة صواريخ أطلـس. 19
الشكل (1-4). مجموعة صواريخ اريـان. 20
الشكل (1-5). مجموعة صواريخ بروتـون. 21
الشكل (1-6). مجموعة صواريخ سـايوز. 22
الشكل (1-7). صاروخ اطلاق المكوك الفضائى. 23
الشكل (1-8). صواريخ الإطلاق الصغيرة بيجاسوس وتاورس. 24
الشكل (1-9). اتجاه حركة الصاروخ وحركة الأرض. 29
الشكل (2-1). ارتفاع القمر لمساحة التي يغطيها القمر. 33
الشكل (2-2). كاميرا الصور الثابتة وتركيبها الداخلى. 34
الشكل (2-3). نظام آلات التصوير التليفزيونية RBV . 35
الشكل (2-4). تغير مجال الرؤية بالبعد عن النظير. 36
الشكل (2-5). بعض نظم المسح المتعددة لمسح الأرض. 38
الشكل (2-6). أجهزة استشعار يميل محور رؤيتها علي جانبي النظير. 39
الشكل (2-7). زوايا الرؤية لمقياس التشتت. 41
الشكل (3-1). مكوّناتِ أبوللوعند الإقلاعِ. 49
الشكل (3- 2). مركبة القيادة ومحتوياتها. 52
الشكل (3-3). مركبة الخدمات ومحتوياتها. 52
الشكل (3- 4). مركبة الهبوط علي القمر. 54
الشكل (3- 5). مركبة الاقلاع من القمر. 54
الشكل (3- 6). نظام إعاشة رواد الفضاء. 55
الشكل (3-7). غرفة اختبارات الصوت. 56
الشكل (3-8). اختبار محركات التوجيه الصغيرة. 57
الشكل (3-9). محركات مركبة الخدمات والمركبة القمرية ومركبة الصعود. 60
الشكل (3- 10). المرحلة الرئيسية لرحلة ابولو. 61
الشكل (3-11). تفاصيل سطح القمر المواجه للأرض. 66
الشكل (3-12). تفاصيل سطح القمر البعيد عن للأرض. 66

الشكل(4-1). مدارات مَسابر تدور حول الشمس. 70
الشكل(4-2). مسار أوليسيس فوق القطبِ الشمالي للمشتري. 71
الشكل (4-3). بعض رحلات استكشاف المريخ. 73
الشكل (4-4). مراحل الهبوطِ هبوط وحدتي فيجا-1 &. 77
الشكل (4-5). مسارات الرحلات تجاه كوكبي الزهرة وعطارد. 78
الشكل (4-6). مدار مسبار ماجلان حول الزهرةِ. 80
الشكل (4-7). التحليقات الثلاثة لمارينر-10 قرب عطاردِ. 83
الشكل (4-8). مساراتبايونير-10 وبايونير 11. 86
الشكل (4-9). مسارات فوجيير-1 &2. 87
الشكل (4-10). فوجيير-1 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ المشتري. 88
الشكل (4-11). فوجيير-1 تحت تأثير دائرةِ الجاذبيةِ لزحلِ. 89
الشكل (4-12). فوجيير 2 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ المشتري. 89
الشكل (4-13). فوجيير-2 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ زحل. 90
الشكل (4-14). فوجيير 2 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ يورانوسِ. 90
الشكل (4-15). مسار مركبة جاليليو لكوكب المشتري. 92
الشكل (4-16). مسبارالهبوطِ جاليليولدراسة جوِّ المشتري. 93
الشكل (4-17). وصف لمدارات جاليليو حول المشتري. 94
الشكل (4-18). رحلة جاليليو أوروبا ورحلة جاليليو الألفية. 95
الشكل (4-19). مسار كاسيني تجاه كوكب زحل. 97
الشكل (4-20). توزيع الكويكبات في النظام الشمسي. 99
الشكل (4-21). مسار الرحلة القُرْيبة نحوكويكب ايروس**Eros**. 101
الشكل (4-22). فسيفساء نصف الكرة الشمالي لكويكب إيروس**Eros**. 101
الشكل (4-23). رحلات مسبار **ICE** لرصد المذنبات. 102
الشكل (4-24). رحلات رصد المذنب هالي. 103
الشكل (4-25). مدار روزيتا. 106
الشكل (5-1). الأرض والمريخ عند اقترابهم من بعضهم. 110
الشكل (5-2). مدار هومان الإنتقالى. 111
الشكل (5-3). موقع المريخ بالنسبة للأرض عند اطلاق المركبة إليه. 113
الشكل (5-4). تطبيق قانون كبلر الثانى. 115
الشكل (5-5). المريخ والأرض عند بداية ونهاية المدار الإنتقالى. 119
الشكل (5-6). المريخ والأرض عند بداية رحلة العودة. 121
الشكل (6-1) صورة المحطة ساليوت أخذت من مركبة سويوز-13 126
الشكل (6-2) صورة تخطيطية للمحطة ألمظ. 128

الشكل (6-3) صورة المركبة ساليوت- 4 129
الشكل (6-4) رسم تخطيطي لساليوت-6. 130
الشكل (6-5) صورة لمركبة الإمدادبروجرس**progress** 130
الشكل (6-6) صورة المركبة ساليوت-7 131
الشكل (6-7) صورة وحدة مير الأساسية 132
الشكل (6-8) وحدة الخدمات زفيزدا مع وحدة زاريا ومركبة بروجرس 133
الشكل (6-9) صورة محطة مير. 135
الشكل (6-10) رسم تخطيطي لوحدة كفانت-1 136
الشكل (6-11) رسم تخطيطي لوحدة كفانت-2. 137
الشكل (6-12) رسم تخطيطي لوحدة كرستال 138
الشكل (6-13) رسم تخطيطي لوحدة سبكترا 139
الشكل (6-14) التحام مكوك اتلانتيس مع مير في الرحلة **STS-71**. 139
الشكل (6-15) وحدة الإلتحام 140
الشكل (6-16) وحدة بريرودا. 140
الشكل (6-17) المحطة الفضائية الروسية مير مجمعة. 140
الشكل (6-18) محطة مير بعد وصول كفانت-2 143
الشكل (6-19) تضرر الواح الطاقة الشمسية في وحدة سبكتر 146
الشكل (6-20) صورة مير تتفكك في الغلاف الجوي للأرض 147
الشكل (7-1) منظر سكيلاب مرحلة العودة **skylab4** 152
الشكل (7-2) صورة مكوك الفضاء على منصة الإطلاق 155
الشكل (7-3) مخزن حمولة مكوك الفضاء وبابه أثناء فتحه. 156
الشكل (7-4) محركات مكوك الفضاءالرئيسية 157
الشكل (7-5) مسار مكوك الفضاء من الإنطلاق إلى الهبوط 160
الشكل (7-6) صورة المحطة الفضائية الأمريكية. 162
الشكل (7-7) مقارنة بين النارِعلى سطح الأرضِ وعندإنعدام الجاذبية 165
الشكل (7-8) وحدة زاريا 167
الشكل (7-9) العقدة يونيتي 167
الشكل (7-10) وحدة الخدمة زفيزدا 168
الشكل (7-11) وحدة ديستني 170
الشكل (7-12) غالق الهواء كويست 170
الشكل (7-13) وحدة بيرس 171
الشكل (7-14) وحدة هارموني 171
الشكل (7-15) وحدة كولومبس 172

الشكل (7-16) معمل الفضاء الياباني كيبو 173
الشكل (7-17) وحدة الأبحاث المصغرة 174
الشكل (7-18) وحدة ترانكويلتي 174
الشكل (7-19) القبــة 175
الشكل (7-20-أ) صورة مواقع وحدات المحطة الفضائية 176
الشكل (7-20-ب) صورة لمواقع وحدات المحطة 177
الشكل (7-21) الوحدة الروسية **MLM.** 178
الشكل (7-22) المحطة الفضائية الدولية، والالواح الشمسية 180
الشكل (7-23) رسم توضيحي لسلسلة نظام دعم الحياة على المحطة 182
الشكل (7-24) رؤية المحطة أثناء عبورها بالعين المجردة 184

قائمة جـداول الكتاب

الجدول (6-1) برنامج ساليوت. 134

الفصل الأول
مرحلة الاطـلاق

1-1 : مركبة الإطلاق

1-2-1 : مجموعة صواريخ دلتـــا

1-2-2 : تـيتـان

1-2-3 :أطلـس

1-2-4 : اريـــان

1-2-5 : بروتـــون

1-3 : نظام النقل الفضائي

1-4-1 : بيجـاسوس

1-4-2 : الثـــور

1-5 : مواقـع الإطلاق

1-6 : نوافـذ الإطلاق

1-7 : الأعمال التحضيرية للإطلاق

1-8 : شراء خدمة الإطلاق

1-9 : يـوم الإطلاق

مرحلة الإطلاق[1]
Launch phase

سنتمكن في هذا الفصل من معرفة دور مواقع الإطلاق التي تقوم به في تحديد الطاقة الكلية للإطلاق، وتحديد خواص مركبات الإطلاق المختلفة (الصواريخ) وتحديد العوامل التي تساهم في تحديد نوافذ الإطلاق. وسوف نستطيع معرفة أي يوم من السنة وأي ساعة من اليوم تؤثر في طاقة الإطلاق في رحلات ما بين الكواكب Interplanetary Missions، كذلك تحديد العوامل الرئيسية التي تشارك في التحضير لعملية الإطلاق.

1-1 : مركبة الإطلاق Launch Vehicles :

الطريقة الوحيدة حتي الآن لإنتاج الطاقة الدافعة لإطلاق المركبة الفضائية من الأرض هي اشتعال الوقود الكيميائي. ومحركات الدفع الأيونية سواء كانت تعمل بالطاقة الكهربائية الضوئية (الناتجة من الخلايا الشمسية) أو المفاعلات النووية، ليست مفيدة في الإطلاق فقط ولكن في زيادة تسريع المركبة المدارية حول الأرض أو ما فوق ذلك. يوجد مجموعتين من الوقود للاحتراق الكيميائي في الصواريخ، وهما مجموعة سائلة ومجموعة صلبة. يشمل الكثير من عمليات أطلاق الصواريخ استخدام كلا النوعين من الوقود. علي سبيل المثال تلحق الصواريخ ذات الوقود الصلب بالصواريخ ذات الوقود السائل. وهناك الصواريخ الهجين (المختلطة) التي يستخدم فيها مزيجا من الوقود السائل والصلب والتي يتم تطويرها الآن. والصواريخ الصلبة تكون عاما أبسط من الصواريخ السائلة ولكن لايمكن اشعالها مرة أخري بعد توقفها (أي تستخدم لمرة واحدة) . أما الصواريخ السائلة أو الهجين فيمكن اشعالها عدة مرات حسب الحاجة.

---

[1] هذا الباب من موقع : http://www2.jpl.nasa.gov/basics

مركبات الإطلاق المستهلكة تستخدم مره واحدة. ونظام النقل الفضائي الأمريكي أو المكوك الفضائي Space Shuttle صمم لكي يعاد استخدامه عدة مرات للوصول إلى المدارات القريبة من الأرض (*LEO*). حيث يتم تجديد بعض مكوناته ويستخدم لمرات عديدة.

2-1 : مراحل الصواريخ العليا Upper Stage Rockets :

تختار هذه المراحل لتكون علي قمة صاروخ الإطلاق فوق المراحل السفلي (أو تكون داخل المكوك وسط الحمولة لتوفير أعلي أداء لازم لنقل حمولة معينة). مثلا المرحلة العليا سنتوري Centour عالية الطاقة استخدمت للرحلات الآليه (بدون رواد) Robotic mission إلى القمر والكواكب لسنوات عديدة.

نماذج مركبات الإطلاق لرحلات المركبات الفضائية إلى الكواكب نذكر منها:

1-2-1 : مجموعة صواريخ دلتـــا :

صاروخ دلتا-I Delta :

الصاروخ دلتا هو عائلة من الصواريخ ذات مرحلتين أو ثلاثة تستخدم الوقود السائل، كما تستخدم مجموعة من الصواريخ ذات الوقود الصلب مختلفة الأعداد تصطف حول المرحلة الأولي من الصاروخ كحزام الشكل (1-1).

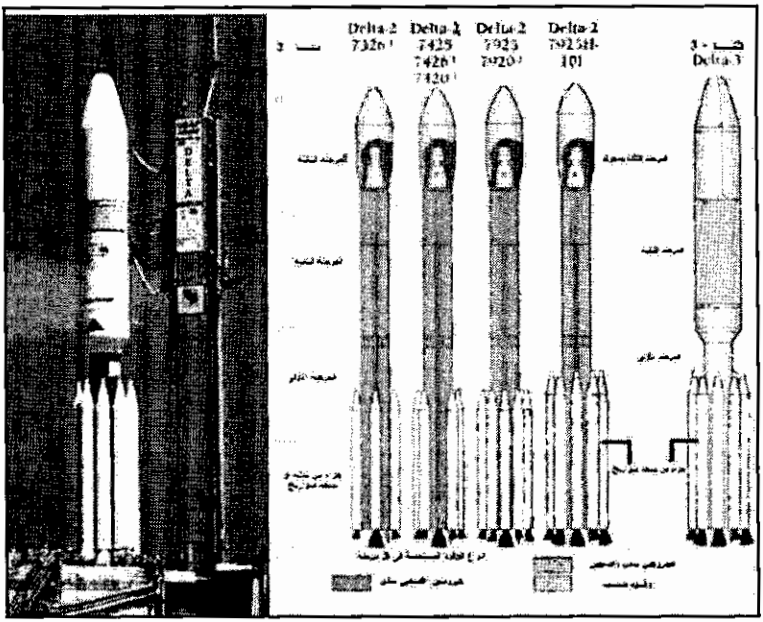
صاروخ دلتا-II :

يشتعل فيه الوقود السائل ليحرق الكيروسين والأكسجين السائل (LOX)، يحتوي الصاروخ علي مرحلتين أو ثلاثة مراحل كذلك يحتوي علي ثلاثة، أو أربعة أو تسعة صواريخ ذات وقود صلب أبوكسيه جرافيتيه. والحمولة التي ينقلها صاروخ دلتا-II إلى مدار إنتقالي متزامن (GTO) تتراوح كتلتها بين 891 إلى 2142 كجم، أو يحمل بين 2.7 إلى 6 طن متري (طن متري = 1.016 كجم) إلى مدار أرضي منخفض (LEO). صاروخ دلتا-II ذو المرحلتين يحلق في رحلات إلى المدارات الأرضية المنخفضة (LEO). بينما الصواريخ ذات المراحل الثلاثة تستخدم لحمل الحمولة إلى المدارات الإنتقالية المتزامنة GTO أو تستخدم في رحلات استكشاف الفضاء السحيق. مثلا مهمات ناسا إلى المريخ، والمذنبات، أو الكويكبات القريبة من الأرض.

صواريخ دلتا- IV :

توجد صواريخ إطلاق تستطيع حمل حمولة تتراوح بين 4210 إلى 13130 كجم إلى المدارات الإنتقالية المتزامنة. والأنواع الثلاثة من دلتا-IV تستخدم

صاروخ أساسي مشترك يستخدم محركات **RS-68** ذات الهيدروجين السائل/ والأكسجين السائل الذي ينتج قوة دافعة قدرها **KN** 2949 (663000 رطل).
التي يمكن زيادتها بإستخدام صاروخين إضافيين أو أربعة تعمل بالوقود الصلب قطر كل منها 1.5 متر.



الشكل (1-1) : عائلة صواريخ الإطلاق دلتا – 2 & 3.

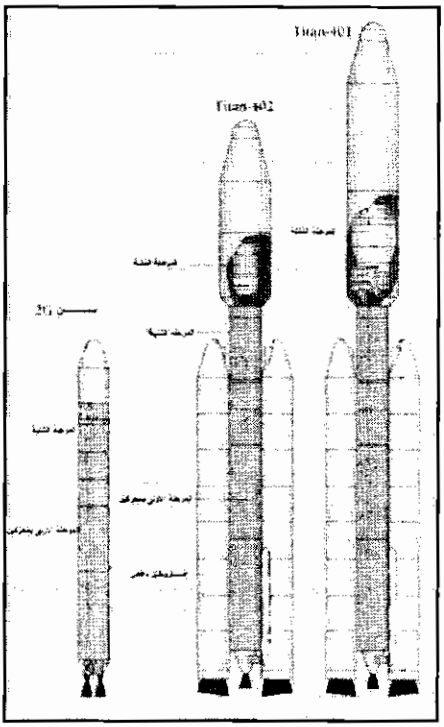
سجل إطلاق صواريخ دلتا حتى يوليو 2004 م عدد 307 رحلة بما فيها رحلات في مدار حول الأرض، ومهمات إلى الكواكب ترجع بدايتها إلى عام 1960م. ومركز كيندي الفضائي الذي أطلق منه الصاروخ ساتيرن -1 أصبح موقع لإطلاق صورايخ دلتا-**IV**.

2-2-1 : تيتان Titan :

تيتان-**IV** من أقوى الصواريخ التي تستخدم لمرة واحدة. يستطيع الصاروخ حمل حمولة مقدارها 18 طن إلى مدار منخفض أو حمل 14 طن إلى مدار قطبي أو حمل 4.5 طن إلى مدار إنتقالي متزامن. وحمل الصاروخ تيتان-**III** مركبة الفضاء فيكنج إلى المريخ عام 1975م. وتيتان-**IV** مجهز بصاروخين مطورين بوقود صلب، ومرحلة عليا عالية الطاقة (سنتور). استخدم هذا الصاروخ في إطلاق المركبة كاسيني Cassini في مدار إلى كوكب زحل عام 1997م (استغل

في هذا المدار جاذبية الكواكب الأخري لزيادة سرعة المركبة وتغير الاتجاه).
الصاروخ تيتان-**IV** اطلق إيضا المركبات فوجير-1 و 2 عام 1977م، كذلك اطلاق مركبة راصد المريخ Mars observer من قاعدة كيندي الفضائية (KSC) في كاب كانفرال عام 1992م.

يتكون تيتان-**IV** من صاروخين بوقود صلب كمرحلة إبتدائية. وصاروخ رئيسي بوقود سائل يتكون من مرحلتين وكبسولة لنقل الشحنة قطرها 5.09 متر. ولقد تم تطوير الصاروخ بزيادة الصواريخ الصلبة حوله لزيادة الحمولة بمقدار 25% تقريبا. و قد يحتوي تيتان-**IV** على مرحلة عليا (سنتور) ذات وقود صلب أو لا يحتوي علي مرحلة عليا. إطلقت صواريخ تيتان-**IV** من قاعدة فاندنبرج الجوية بكاليفورنيا و قاعدة كاب كانفرال بفلوريدا.

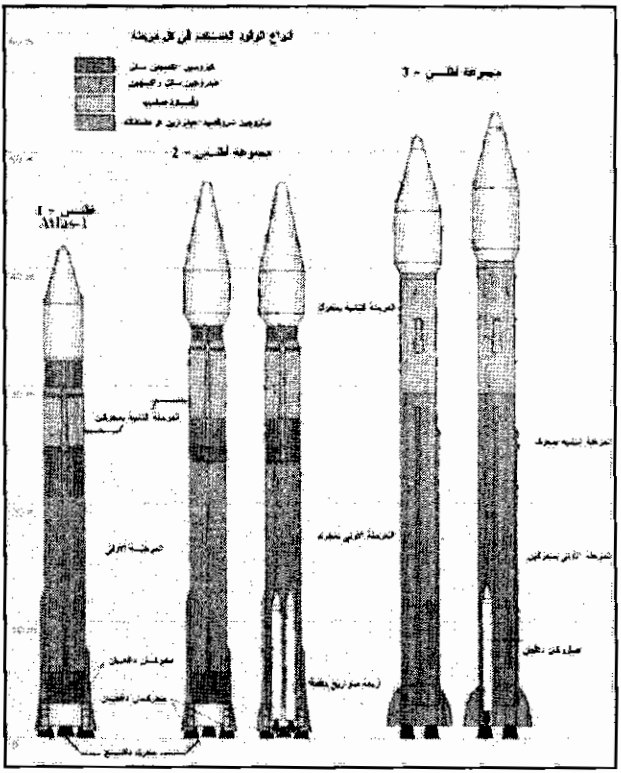


الشكل
(2-1)
مجموعة صواريخ تيتان.

3-2-1 :أطلس Atlas:

من الصواريخ التي تستخدم لمرة واحدة وتستخدم الوقود السائل:
أطلس -**II** AS يستطيع وضع حمولة 3833 كجم في مدار إنتقالي متزامن وقد تم احالة هذا الصاروخ **II A** إلى التقاعد في ديسمبر 2002م، والصاروخ أطلس **II**

للتقاعد في مارس 1998م. واعادة هندسة الصاروخ أطلس II نتج عنه أطلس III الذي حسن ادائه 5% علي الأقل. وأطلس V يستطيع حمل 8670 كجم في مدار إنتقالي متزامن وأول استخدام له كان في أغسطس 2002م.



الشكل (1-3) مجموعة صواريخ أطلـــس.

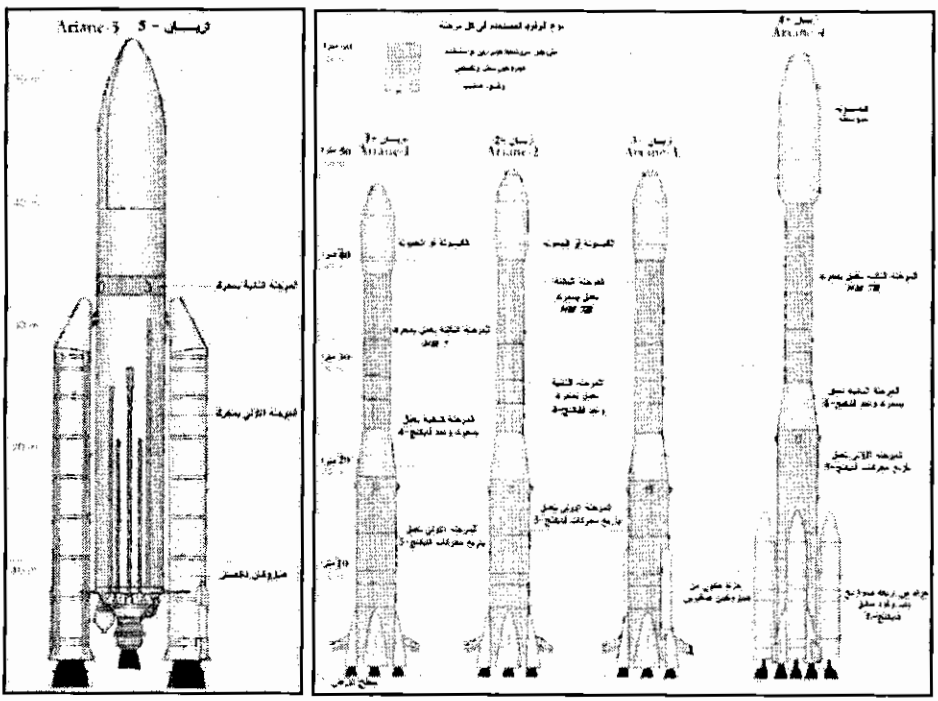
4-2-1 : اريـان Arian :

يعتبر من الصواريخ التي يمكن الإعتماد عليها حيث تستخدم الوقود السائل وتلحق به عدد من الصواريخ الصلبه أو الصواريخ السائلة. وتطلق هذه الصواريخ من قاعدة كورو في جوانا الفرنسيه بواسطة وكالة أريان الفضائية وهي أول شركة نقل فضائية في العالم تتكون من 36 شركة فضائية أوربية و13 بنك وغيرهم. وأريان–4 يستطيع حمل 4900 كجم إلى مدار إنتقالي متزامن الشكل (1-4). ولقد أطلق آريان حاملا المركبة بوسيدون/توبكس إلى ارتفاع عالى عن الأرض عام 1992م. ولقد اطلق أريان-4 في 45 رحلة ناجحة منذ ديسمبر 2000م.

أريان-5 دخل الخدمة لحمل 6.5 طن إلى مدار متزامن ثابت، وانضم لعائلة الصواريخ التي يتم تطويرها لحمل 12 طن في 2005 م. في عام 1996م فشلت أول رحلة اختبار لآريان-5 . وفي عام 1997م نجحت ثاني رحلة له ومازال في الخدمة حتى الآن.

5-2-1 : بروتـون Proton :

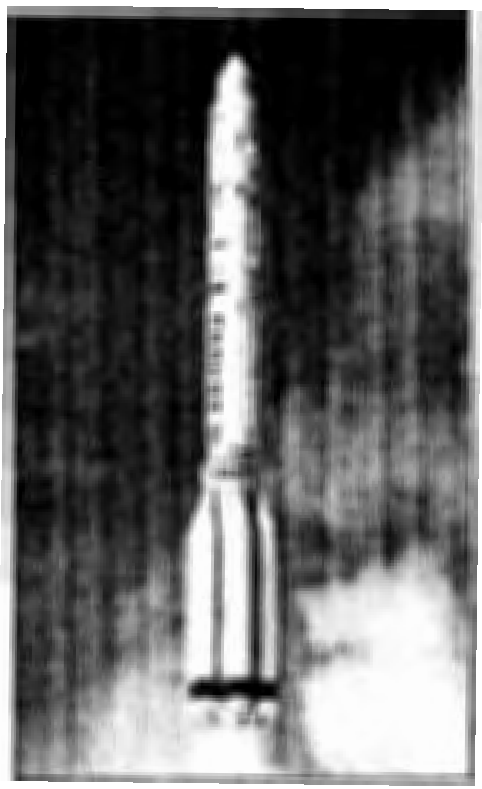
يستخدم صاروخ **بروتـون** الوقود السائل ويستطيع حمل 20 طن إلى مدار منخفض حول الأرض، طوره السوفيت واطلق من كازاخستان . اطلق بنجاح في 200 رحلة، وهو أطول الصواريخ الروسية في فترة خدمتة. واستخدم بثلاثة مراحل لإطلاق أكبر محطة فضائية في مدار منخفض حول الأرض الشكل (1-5)، وبإستخدام أربعة مراحل لحمل مركبة فضائية إلى مدار انتقالي متزامن ومدارات بين الكواكب.

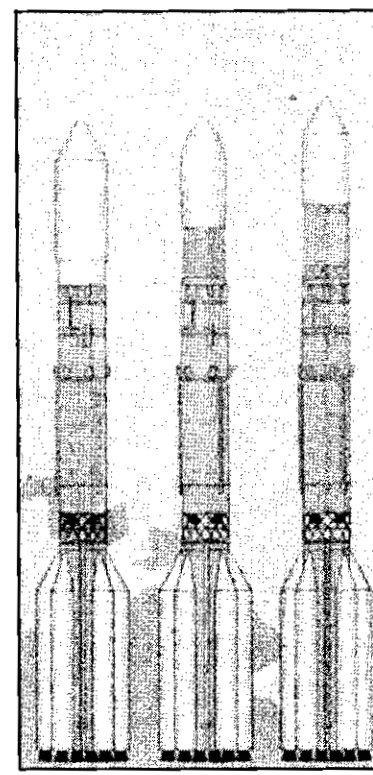


الشكل (1-4) : مجموعة صواريخ اريان.

6-2-1 : سيوز Soyus :

أثبت سيوز أنه أحد الصواريخ على مستوي العالم الذي استخدم بثقة ومرات عديدة حيث أتم حتى ديسمبر 2000 م أكثر من 1630 مهمة إلى مدارات الأقمار الصناعية الخاصة بالإتصالات ومراقبة الأرض ودراسة الطقس. لبى الصاروخ احتياجات السوق التجاري حيث يستطيع حمل 4100 كجم حتى 5500 كجم لمدار دائري على ارتفاع 450 كم.



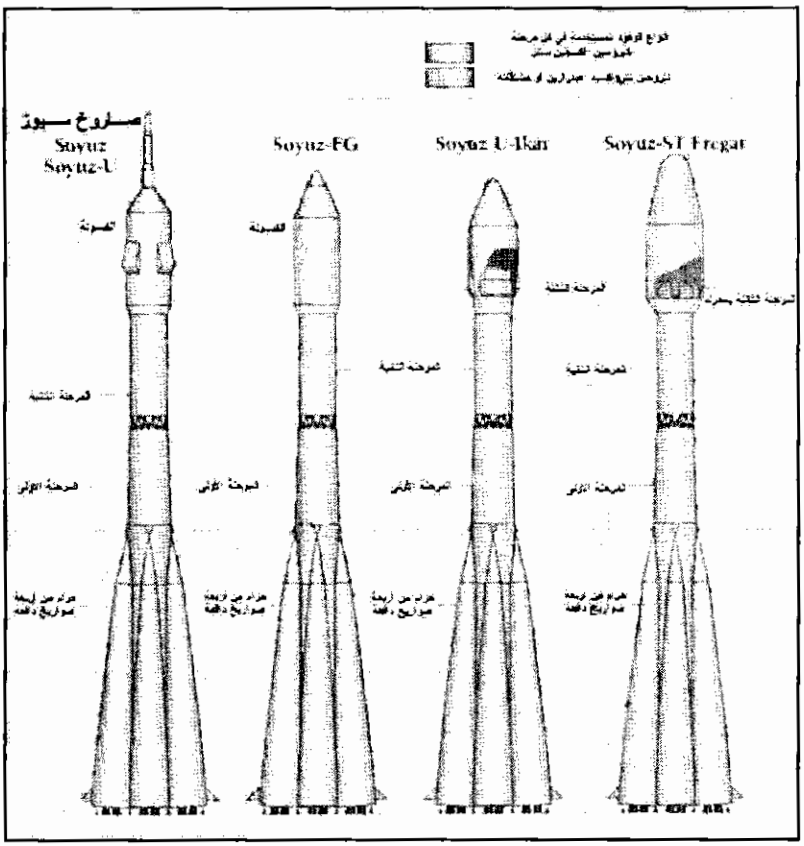


الشكل (1-5) : مجموعة صواريخ بروتـون.

3-1 : نظام النقل الفضائي :

المكوك الفضائي الأمريكي معروف كنظام نقل فضائي يعاد استخدامه حيث محركه الرئيسي يحرق الهيدروجين والأكسجين السائلين. وبعد كل رحلة للمكوك يعاد صيانة مركباته الأساسية ما عَدا خزانات الوقود الخارجية حتي يمكن استخدامه في المرة القادمة. ويستطيع المكوك حمل شحنة حتي 30 طن إلى مدار

أرضي منخفض. وبإستخدام مرحلة عليا يمكن حمل المركبة إلى مدار متزامن أو ادخاله في مدار بين الكواكب. تم اطلاق جاليليو وماجلان واليسس بواسطة هذا النظام. وبإستخدام مرحلة عليا حيث تكون المرحلتان من الوقود الصلب يمكن للنظام نقل مركبة فضائية إلى مدارها أو انقاذ الأقمار الصناعية (استعادتها) تجميع

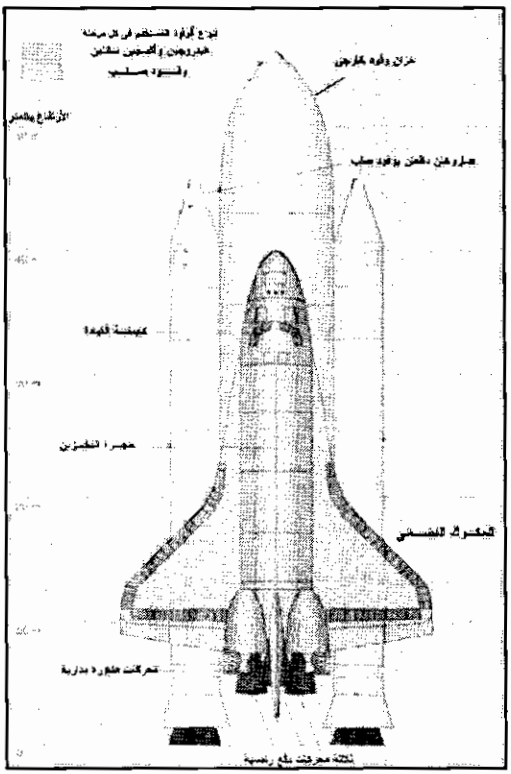


الشكل (1-6) : مجموعة صواريخ سايوز.

وخدمة المحطات الفضائية الدولية وحمل أجهزة علمية متعددة الأغراض تتراوح بين المعامل الفضائية إلى التجارب الصغيرة.

يوضح الشكل (1-7) المكوك الفضائي محمولا على خزان خارجي يحتوي على الفا متر مكعب من الهيدروجين والأكسجين السائلين المطلوبان لتشغيل محركات المكوك الثلاثة الرئيسية. وينفصل هذا الخزان ويسقط عندما يصل إلى

ارتفاع 114 كم بعد أن يؤدي مهمته. أما الصاروخان الجانبيين فانهما ينفصلان ويسقطان في البحر بمظلة بعد أن يشتعلا لمدة 120 ثانية، ويمكن استخدامهما 20 مرة.



الشكل
(7-1)
صاروخ اطلاق المكوك الفضائى.

4-1 : صواريخ الإطلاق الصغيرة :

كثيرا من أجهزة تجارب ناسا والأجهزة التجاريه العسكريه أصبحت أصغر حجما وأقل كتله. فالحمولة التي يراد نقلها تتراوح بين 100 إلى 1300 كجم، لذلك أصبحت الحاجة إلى مركبات فضائية صغيرة وازداد الطلب علي صواريخ إطلاق صغيره لهذه الحموله.

1-4-1 : بيجاسوس Pegasus :

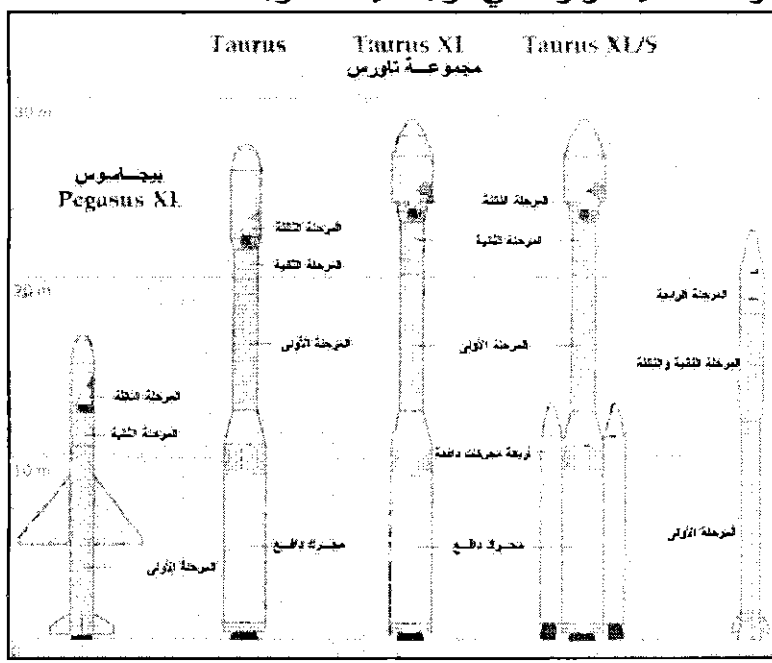
صاروخ صغير ذو أجنحه يستخدم الوقود الصلب، شكله يشبه قذيفة انسيابية. ويطلق من تحت هيكل الطائرات التي تطير علي ارتفاعات عاليه ويستطيع بيجاسو حمل 400 كجم إلى المدار الأرضي المنخفض.

2-4-1 : الثـور Taurus :

مكون من أربعة مراحل يستطيع نقل حمولة 1350 كجم إلى مدار أرضي منخفض أو 350 كجم إلى مدار متزامن .

1-5 : مواقع الإطلاق Launch Sites :

إذا تم إطلاق مركبة الفضاء من موقع قريبا من دائرة الأستواء الأرضي فإن المركبة تستفيد من سرعة دوران الأرض حول نفسها. إن مواقع الإطلاق القريبة من دوائر الاستواء تتحرك (نتيجة دوران الأرض حول محورها) بسرعة أعلى من 1650 كم/ساعة بالنسبة لمركز الأرض. وهذا يطبق علي السرعة المطلوبة لتدور المركبة حول الأرض (28000 كم/ساعه تقريبا) . بالمقارنة نجد أن اطلاق المركبة قرب الاستواء يتطلب وقود أقل أو تحمل المركبة حمولة أكبر من تلك المركبة التي يتم اطلاقها من مواقع بعيدة عن دائرة الاستواء. والمركبات الفضائية التي تدور حول الأرض في مدارات كبيره الميل لاتستفيد من سرعة دوران الأرض لانها لا تستطيع الإنطلاق في اتجاه حركة الأرض نحو الشرق. لذلك تحتاج هذه المركبات لوقود أكثر حتي تصل إلى السرعة المطلوبة للدوران حول الأرض. وتعتمد كمية الوقود علي درجة ميل المدار.



الشكل (1-8) : صواريخ الإطلاق الصغيرة بيجاسوس وتاورس.

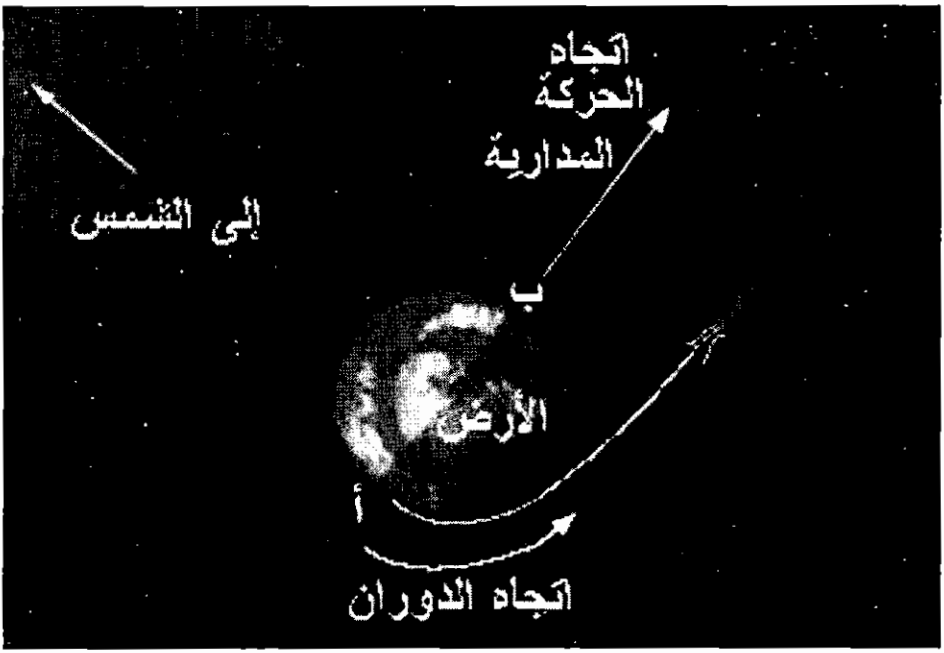
يجب أن تكون مواقع الإطلاق مكشوفة لهذا يجب الا تحلق صواريخ الإطلاق فوق الأماكن المأهوله بالسكان تحسبا لحدوث أي حادثة. عند اطلاق المكوك الفضائي تضاف قيود أكثر صرامة مثل أن تكون سرعة الرياح في ممر الهبوط مقبوله والطقس جيد وظروف الإضاءة حول موقع الإطلاق جيدة، كذلك عبر المحيط الأطلنطي لأنه في حالات الطواريء يمكن محاولة هبوطه في المحيط.

والإطلاق من الساحل الشرقي للولايات المتحدة (مركز كيندي الفضائي بكيب كانفرال بفلوريدا) مناسب فقط لإطلاق مركبات المدارات صغيره الميل، لأن أغلب التجمعات السكانية تقع تحت مسار المدارات كبيره الميل. لذلك فإن مركبات المدارات عالية الميل يتم اطلاقها من قاعدة فان بنرج للسلاح الجوي علي الساحل الغربي في كالفيورنيا حيث يمكن تجنب مرور مسار المركبة بالتجمعات السكانية، والمواقع الاستوائية غير مفضلة لإطلاق المركبات لمدارات كبيره عالية الميل. حيث يمكن اطلاقها من أي خط عرض. ويتطلب اطلاق الصواريخ الثقيلة أمكانيات أرضية معقدة ولكن الصواريخ الصغيره مثل الثور تحتاج إلى امكانيات بسيطة ويمكن نقلها من موقع لآخر. أما بيجاسوس لا يتطلب أكثر من الطائرة الأم التي ستحمل عليها أثناء طيرانها.

6-1 : نوافذ الإطلاق :

نافذة الإطلاق Launch window هي الفترة الزمنية التي يصلح فيها اطلاق المركبة ويتحقق فيها الشروط التي تحقق الأمان وأهداف المهمة. فاطلاق مركبة لرحلة كوكبية يكون مدي نافذة الإطلاق عدة أسابيع حيث ترتبط النافذة بموقع الأرض في مدارها حول الشمس حتي تسمح للمركبة بإستخدام مدار الأرض للوصول إلى الكوكب في التوقيت المناسب. ويمكن أن تتقيد نافذة الإطلاق بعدة ساعات كل يوم لإستغلال حركة دوران الأرض حول محورها. فالشكل (1-9) يوضح إطلاق الصاروخ من موقع (أ) لحظة الغروب عليه حيث تتحرك المركبة في منطقة الليل وحركة الأرض تجعل حركة الصاروخ في الإتجاه المعاكس للشمس. أما إذا تم الإطلاق وموقع الإطلاق في ساعات الصبح الأولى عند الموقع (ب) نجد أن الإطلاق سيكون في اتجاه معاكس لحركة دوران الكرة الأرضية لتتجه المركبه في الاتجاه المعاكس للشمس. والنافذة اليومية للإطلاق يمكن أن تتقيد أكثر بعوامل أخري مثل الهبوط الأضطراري لمركبة الفضاء. وبالطبع عند حدوث التحام بين مركبتين في مدار حول الأرض فيجب أن يكون توقيت زمن الاقلاع مع حركة المركبة في مدارها حول الأرض. وهذا ماحدث عندما ارسلت مركبة في

مهمة لاصلاح مناظر هابل الفضائي في ديسمبر 1993، فبراير 1997 وديسمبر 1999م.



الشكل (1-9) اتجاه حركة الصاروخ وحركة الأرض.

1-7 : الأعمال التحضيرية للإطلاق :

هى عملية التجميع والاختبار يتبعها عملية الإطلاق. يوضع جدول زمنى دقيق لهذه المراحل. إن تصنيع المركبة والأجهزة يجب أن يرتبط بخطة حيث تأخذ المركبة شكلها في مكان فسيح ومغلق ونظيف. ثم تجمع وتختبر بإستخدام برامج الحاسب الإلى لإرسال أوامر لها وتلقي بيانات منها تماما مثل ما سيحدث أثناء الرحلة. يتم نقل المركبة إلى معمل اختبار حيث توضع علي طاولة أهتزاز لتخضع لإهتزازات تشبه التي تحدث لها عند الإطلاق. ثم توضع في غرفة حراريه معزولة لإختبار الخواص الحرارية للمركبة، ويتم ذلك وأجهزة المركبة متصلة بالحاسب الإلى. وتجري تعديلات في الغطاء الحراري للمركبة إذا إحتاجت لذلك ثم يعاد الاختبار الحراري مرة أخرى. ثم تنقل المركبة الفضائية إلى موقع الإطلاق ثم تثبت المركبة داخل ناقل تتحكم فيه من بعد استعدادا للرحلة، وفي موقع الإطلاق يمكن عمل اختبارات أضافيه. ويتم تزويدها بالوقود. ويتم وضع المركبة

أعلي صاروخ الإطلاق. والمحافظة علي نظافة المركبة الفضائية أثناء وضع الحمولة داخلها.

8-1 : شراء خدمة الإطلاق :

جميع العمليات من بداية عقد الإتفاق إلى الإطلاق الفعلي يستغرق حوالى أربعة سنوات ونصف. ولا يتم شراء صواريخ الإطلاق ولكن يتم شراء خدمة الإطلاق.

تجميع صاروخ الإطلاق: توجد عمليات طويلة وتفاصيل للتخطيط لهذه العمليات. كيف تجمع المركبة الفضائية مع صاروخ الإطلاق بحيث يكون كل شيء علي مايرام تماما. هذا يشمل أن المركبة الفضائية توضع بدقة في مخزن الحموله في أعلي الصاروخ بحيث لا يحدث أي أضرار نتيجة للقوي المؤثرة عليها أثناء الإطلاق والتأكد من أن الصاروخ سيحمل المركبة إلى مدارها الصحيح ليتحقق هدف الرحلة.

يتم شحن المركبة الفضائية إلى موقع الإطلاق تقريبا في نفس الوقت الذي يتم شحن صاروخ الإطلاق إليه قبل موعد الإطلاق بثلاثة أشهر علي الأقل. ثم توضع المركبة الفضائية في موقعها أعلي الصاروخ برفق. يحدث هذا في غضون عشرة أيام قبل الإطلاق حيث يبدأ العد التنازلي للرحلة. والعد التنازلي يساعد جميع الأشخاص في أنسجام فى اتمام كثير من العمليات المتوازية التي يجب أن تتم ليكون كل شيء جاهز للحظة الإطلاق. ويجب أن ينتهي العمل المنوط للأشخاص في موعد زمني محدد أثناء العد التنازلي ولا يسمح بتداخل الأعمال مع بعضها. وأثناء هذه الفترة، يجب أن تنتهي أي عمليات نهائية علي المركبة الفضائية، بما فيها ازالة الأغطية التي تغلف الأجهزة، وعموما يكون كل شيء قد انجز بدقة استعدادا ليوم الإطلاق الكبير.

9-1 : يوم الإطلاق:

قبل الإطلاق بيوم يبدأ تزويد الصاروخ بالوقود واجراء الأستعدادات النهائية وحضور الطاقم المشرف علي الإطلاق لتشغيل المركبة، وتحميل البرامج وارسال الأوامر التي تضع المركبة في وضع الإطلاق. وفي أوقات مختلفة يوحد استطلاع للرأي حيث يكتب مديروا الإطلاق تقارير عما إذا كان الإطلاق سيتم في موعده أم هناك مشاكل. وقبل الإطلاق بخمسة أو عشرة دقائق يتم العدد التنازلي النهائي. وأثناء هذه الدقائق النهائية يتم التحكم في عمليات الإطلاق بواسطة الحاسب الآلي.

وعند الزمن صفر إذا لم يوجد أي صعوبات أو مشاكل فإن الصاروخ حاملا المركبة في مقدمته يبدأن الرحلة.

الفصل الثانى

رصـد الأرض

2 -1 : الأقمار التي ترصد الأرض

2-2 : الإرتفاع ومساحة تغطية القمر الصناعي

3-2 : أجهزة الإستشعار

1-3-2 : كاميرا الصور الثابتة

2-3-2 : الكاميرات التلفزيونية

3-3-2 : الماسحات

4-3-2 : التصوير الراداري

5-3-2 : أنظمة لاتصويرية

4-2 : الأحزمة الطيفية

رصد الأرض[2]
Earth Observation

2 -1 : الأقمار التي ترصد الأرض :

إن أوسع مجالات النشاط الفضائي هو رصد الأرض الذي نستخدم فيه كثير من التطبيقات، نشكر قدرة الأقمار الصناعية التي تصور في زياراتها المتكرره مساحات شاسعة من الأرض. عندما توضع هذه الصور بجوار بعضها البعض تعطي صورة كاملة للأرض بدون أي قيود مثل التي تلتزم بها الحدود السياسية للدول. إن أقمار أرصاد الأرض تقسم إلي ثلاثة مجموعات – أقمار الأرصاد الجوية، أقمار الإستشعار من بعد متوسطة التحليل Medium Resolution وأقمار عالية التحليل، والنوع الأخير أقتصر علي الإستخدمات العسكرية فقط (الاستطلاع والتجسس). لكن يتزايد استخدامها اليوم في النواحي المدنية.

أقمار المجموعة الأولي تمدنا بصور تغطي مساحات كبيرة ولكنها تقدم جودة ضعيفة أو تحليل ضعيف لكن يعتمد عليها في عدة أغراض. وهذه الأقمار هي أقمار ثابتة أو توضع في الحد النهائي الأعلي من المدارات الدائرية المنخفضة علي ارتفاعات تتراوح بين 900 إلي 1800 كم. وفي حالات أخري تنتشر في مجموعات من الأقمار الصناعية تختص بتنفيذ برنامج واحد مثل الذي استخدم في البرنامج الروسي لرصد النيازك أو البرنامج الأمريكي لأقمار نووا.

وأقمار المجموعة الثانية تعمل بصفة عامة في مدارات دائرية على ارتفاعات منخفضة بين 600 كم إلي 1000 كم. وتمدنا فى دوراتها المنخفضة المتكررة بصور فضائية عالية الجودة.

مثال لتلك الأقمار مجموعة أيرس الهندي وسبوت الفرنسي ولاندسات الأمريكي. أما أقمار المجموعة الثالثة تختص بالمدارات البيضاوية، ارصادها تتم

---

[2] هذا الباب من **"Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space of Space;2003"**

على ارتفاعات منخفضة عند نقطة الحضيض (حيث يصل ارتفاعها عن الأرض 160 كم في حالة أقمار كوزموس)، لهذا نحصل علي صور للأرض عالية الدقة. و صمم عدد من الأقمار الحديثة للعمل لفترات طويلة وهي تشغل مدارات دائرية علي ارتفاعات تحت 300 كم وتعطي دقة عالية جدا. وكانت هذه الأقمار مقصوره علي النواحي العسكرية، ولكن هذه المجموعة الآن تستخدم لتلبية مهمات في بعض النواحي المدنية، وكان أول إطلاق لهذا النوع عام 1999م للقمر ايكونوز-2 وهو لشركة خاصة للتصوير الفضائي ودقتها تصل إلي عدة أمتار، ومدار القمر دائري تحت 700 كم. والمجموعات الثلاثة السابقة تختلف عن بعضها البعض من حيث الجهات المشرفة عليها. فأقمار الأرصاد الجوية تعمل تحت إشراف حكومي في نطاق برامج تكون احيانا دولية مثل مراقبة الطقس العالمي، وأحيانا يكون تحت إشراف تجاري لتوفير بعض الخدمات العامة.

أقمار الإستشعار عن بعد تعتمد علي التكنولوجيا البصرية وهي تحمل أجهزة رادارية تستخدم في رسم الخرائط أو دراسة ثروات القارات أو البحار. وهذه الأقمار تتبع هيئات مثل سبوت إيمدج في فرنسا أو ايوسات في الولايات المتحدة. ومنذ عام 1995م تخصصت شركات في هذا المجال.

والأقمار عالية الدقة لها صفة النشاط العسكري الإستطلاعي وهي لاتزال حتي الآن غير مسموح بإستخدامها مدنيا.

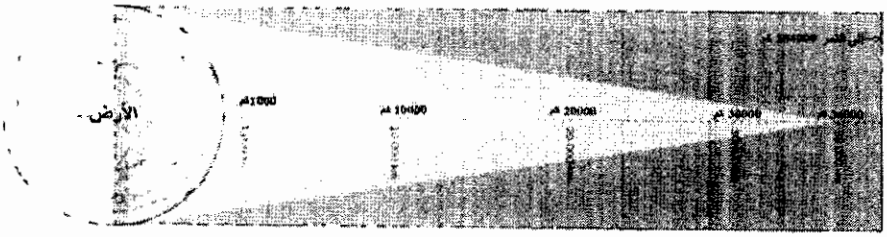
2-2 : الإرتفاع ومساحة تغطية القمر الصناعي :

إن المساحة التي يرصدها القمر الصناعي تزيد مع زيادة الإرتفاع ويشمل هذا الإرتفاع نصف الكرة الأرضية تقريبا عندما يكون القمر علي إرتفاع غير محدود. فعند الإرتفاعات المنخفضة يكون التغير في المساحة المرصودة واضح جدا: فعلى ارتفاع 200 كم ترصد مركبة ابولو-9 مساحة قدرها 1.5 % من سطح الأرض بزاوية 151 ° بينما القمر نووا-11 يمسح أكثر من 10 % على ارتفاع 1600 كم. وعلي العكس تحدث تغيرات صغيرة جدا علي ارتفاعات عالية: فعلي ارتفاع 20000 كم يرصد قمر نافستار حوالي 38% من سطح كوكبنا بزاوية 30 ° بينما يرصد قمر متيوسات الذي يقع علي ارتفاع 36000 كم مساحة 42 % بزاوية 17° الشكل (2-1).

2-3 : أجهزة الإستشعار Sensors :

تقيس أجهزة الإستشعار الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي ينبعث من مجال هندسي محدد. تحدد أبعاد المجال بواسطة بصريات أجهزة الإستشعار. وكامل المجال يستكشف مرة واحدة، حيث تجمع نقاط الصورة بطريقة فورية كصورة ثابتة أو صورة متحركة بكاميرات تليفزيونية. أو يمكن مسح الصورة بطريقة متعاقبة (أي علي أجزاء) والصورة النهائية تنتج من تجميع هذه الصورة بعضها إلى البعض.

ومجال أجهزة الإستشعار بصفة عامة يمثل حجم مساحة جغرافية تختار لرصدها. ومجال الرؤية الفوري IFOV يحدد بزاوية مجسمة Solid Angle يقاس منها الإشعاع الكهرومغناطيسي بواسطة أجهزة الإستشعار عند نقطة معينة عند زمن الإنبعاث. وينطبق مجال الرؤية في حالة الصورة الثابتة والكاميرات الرقمية CCD، وهذا لايحدث في حالة الصور المتعاقبة. حيث يمثل المجال الكلي الحركة المستمرة للمجال الفوري.



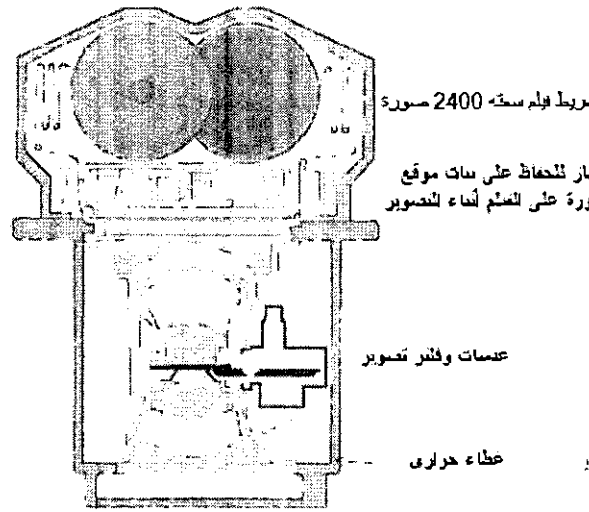
الشكل (2-1) ارتفاع القمر لمساحة التي يغطيها القمر.

2-3-1 : كاميرا الصور الثابتة :

يحمل القمر الصناعي كاميرا للصور الثابتة Still cameras لأخذ صور فورية لمساحة من سطح الكرة الأرضية التي يحلق فوقها القمر شكل (2-2). وهي تتكون من الجزء العلوي ويحتوي علي شريط فيلم فوتوغرافي طوله 1220 متر عالي الدقة لتسجيل 2400 صورة وهذه الصور تغطي مساحة من سطح الأرض مقدارها 153181 كم^2 (553 كم **x** 277 كم) من ارتفاع 370 كم. والجزء الأوسط أجهزة لتحافظ علي أداء الكاميرا أثناء فترة التصوير وتعويض حركة القمر الصناعي حتي تظهر الصورة وكأن القمر التقطها وهو ثابت. والجزء السفلي من الكاميرا يحتوي علي عدسة بعدها البؤري 305 مليمتر وفتحتها الزاوية 74 °، ونظام مرجعي للارتفاع يشمل آلتين تصوير بعدهما البؤري 152 مليمتر،

تسجل مجال نجمي عند نقطة مع كل صورة يتم التقاطها، ومع تجميع لحظي للبيانات التي تحتوي علي الإرتفاع والموقع نحصل علي خرائط عالية الدقة. ومجال الرؤية علي سطح الأرض يعتمد على العدسات المستخدمة في الكاميرا وعلي ارتفاع القمر. والصور الفوتوغرافية يكون مركزها عامة عند نقطة النظير Nadir ويحدد أبعاد المجال بفتحة زاوية لاتعتمد علي ارتفاع القمر أو بالإرتفاع معتمدا علي القياس الخطي علي الأرض (طول جانب المجال وقطره). ويمكن تحسين جودة الصورة بطرق تكنولوجية حيث يتم حساب التغير في موضع القمر أثناء أخذ الصور الفوتوغرافية.

بعض آلات تصوير الصور الثابتة تستخدم في أقمار الأستطلاع العسكري حيث يكون مجالها ضيق جدا ويكون بعدها البؤري كبير جدا، مثل كاميرا KFA3000 عالية الدقة التي تم تركيبها علي أنواع مختلفة من الأقمار الروسية التي تحتوي علي منظار بعده البؤري 3 أمتار.



الشكل (2-2) كاميرا الصور الثابتة وتركيبها الداخلي.

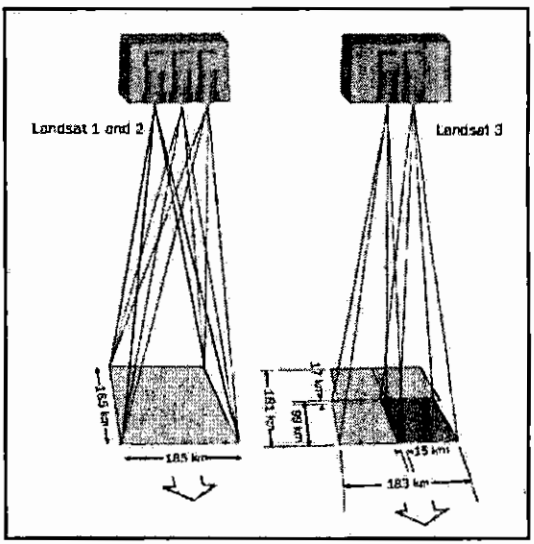
2-3-2 : الكاميرات التلفزيونية :

يختلف هذا النوع كثيرا عن كاميرات الصور الثابتة، فالكاميرات التلفزيونية TV Cameras تأخذ صورة كاملة لحظية للمجال بالكامل. وعندما يتم غلق فتحة الكاميرا يتم تخزين الصور حيث يتم رؤية الصور لاحقا. وأحسن مثال لذلك نظام الفيديكون The return beam Vidicon (RBV) المركب علي القمر لاندسات 1،2،3 شكل (2-3). حيث يتم أخذ صورة لحظية لمجال عرضه 185 كم وطوله

185 كم بثلاث كاميرات في لاندسات 1&2 ومجال عرضه 183 كم وطوله 181 كم بكامرتين في لاندسات 3.

3-3-2 : الماسحات والمستشعرات :

تأخذ الماسحات قياسات لحظية لمجال الرؤية أثناء حركتها. وعرض المجال اللحظي علي سطح الأرض IFOV (Instantaneous Field of view) يكون متعامد علي اتجاه المسح، ويزيد هذا العرض كلما زادت المسافة بين جهاز الإستشعار والأرض، أو بمعني آخر يتسع المجال بعيدا عن نقطة نظير القمر الصناعي متجها نحو حافة الكرة الأرضية ومع زيادة ارتفاع القمر الصناعي. يكون عرض المجال اللحظي صغير فى الأقمار الصناعية ذات الإرتفاعات المنخفضة.

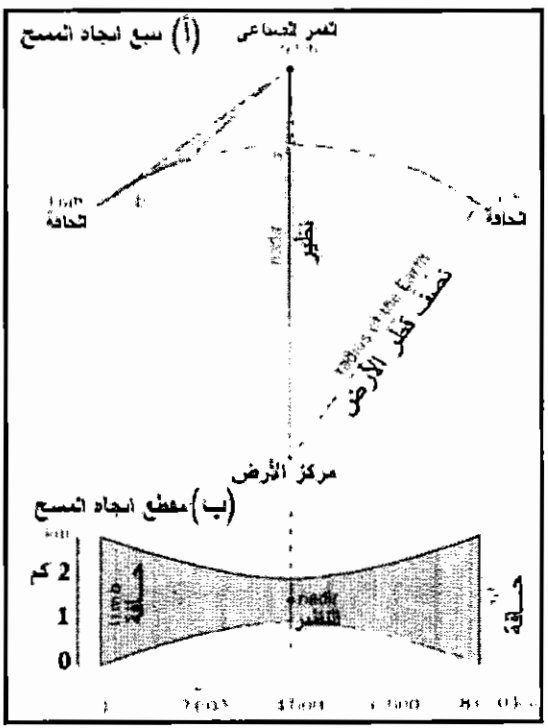


الشكل
(3-2)
نظام آلات التصوير التليفزيونية
RBV .

ويزيد عرض مجال الرؤية اللحظي في مستوي المسح كلما اتجهنا ناحية حافة الأرض. ففي المستشعرات التي تمسح سطح الأرض من الحافة إلي الحافة يتغير مجال الرؤية اللحظي بشكل ملحوظ. يوضح الشكل (2-4- أ) موقع قمر صناعي يمسح الأرض في اتجاه النظير عند b' (اتجاه مركز الأرض) فيكون عرض مجال الرؤية اللحظي أقصر ما يمكن. ويوضح الشكل (ب) مقطع للمجال اللحظي الذي يتم مسحه من حافة الكرة الأرضية إلي الحافة المقابلة. ونجد في الشكل (ب) أنه عند الحافة (b) يكون عرض المجال علي سطح الكرة أكبر من العرض عند نقطة النظير(b'). كما يوضح مقياس الرسم فى الشكل أن عرض المجال عند

الحافة حوالي 3 كم يتناقص كلما اتجهنا إلي النظير ليصبح كيلو مترا واحدا، ثم يتسع مرة أخري عندما يتجه للحافة الأخري من الكرة الأرضية والمساحات الممسوحه بواسطة المستشعر تمسح في خطوط متتالية. وعملية المسح وخطوط المسح تنتج من مجموع حركة القمر الصناعي وحركة الماسح نفسه. ففي حالة الأقمار الصناعية الثابته بالنسبه للأرض نحصل علي خطوط المسح المتتاليه بواسطة جهاز ميكانيكي يوجه الماسح. وكل خط جديد للصور الممسوحه بواسطة الماسح يزاح بمقدار ثابت من الخط السابق. فماسح القمر الصناعي متيوسات يتحرك 2500 خط في 18 ° في اتجاه شمال –جنوب. ويتأثر الخط الممسوح بدوران القمر الصناعي حول محوره.

في حالة الأقمار الصناعية غير الثابتة نحصل عامة علي خطوط المسح المتتالية عن طريق حركة القمر الصناعي في مداره. وخطوط المسح تتحرك من أحد حواف الكرة الأرضية إلي الحافة الأخري أو تتقلص في مسافة قصيرة جدا تمثل جزء صغير جدا من سطح الأرض.



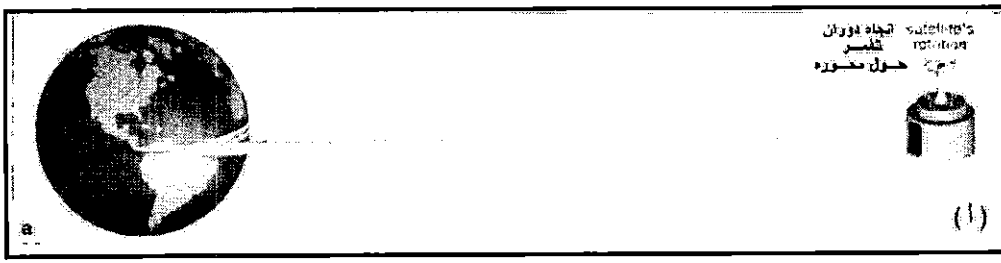
الشكل
(4-2)
تغير مجال الرؤية بالبعد عن النظير.

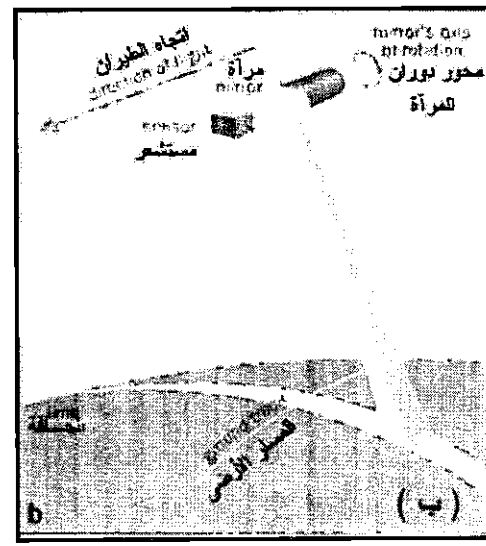
تمسح الماسحات التي تصور من الحافة إلي الحافة دائرة كاملة من الكرة الأرضية. وفي حالة الأقمار الثابتة يمثل الجزء الممسوح 17° من 360° . وهذه الماسحات تستخدم أنواع مختلفة من نظم الدوران. ففي بعض الحالات مثل قمر متيوسات تمسح 360° بدوران القمر حول نفسه كما هو واضح في الشكل (2-5 أ). وأنواع أخري من الماسحات تستخدم حركة مرايا تدور حول محور موازي لمتجه سرعة القمر الصناعى، وهذا النوع يستخدم في سلسلة الأقمار نووا 6-11 الشكل (2-5 ب). وبعض الماسحات لاتمسح دائرة كاملة، ولكن تمسح قوس فقط محدد من السطح المرئي من الأرض. وبعض الماسحات تتأثر بتذبذب مرآه حول محور موازي لمتجه سرعة القمرالصناعى، وهذا النوع يستخدم في سلسلة أقمار لاندسات الشكل (2-5 ج). وآخيرا بعض النظم الميكانيكية تعمل مسح مخروطي وميزة هذا النوع المحافظة علي مسافة ثابتة بين المستشعر والأرض خلال مسح المساحة المطلوبة. ويستخدم هذا النظام مع القمر إديوس 1 **(ADEOS 1)** .

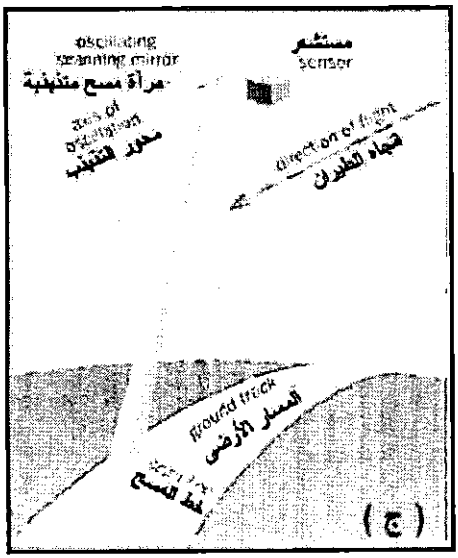
و خلايا المستشعر مرتبة في مصفوفه خطية حيث يمكن استخدامها بدون أي مسح ميكانيكي لتجميع بيانات علي طول خط المسح الأرضي بإستخدام حركة منصة مسح الأرض في اتجاه حركة القمر. والمستشعرات التي علي أقمار سبوت **Spot** التي تقيس الطاقة بإستخدام مستشعرات علي شكل مصفوفه من كاميرات الشحن المزدوج **(CCD)** ومثال علي ذلك الشكل (2-5 د). وهذا النوع من مصفوفة **CCD** يمكن استبداله بواسطة مستشعرات الخلايا النشطة **(APS)** حيث تقوم بمسح الكتروني بالتعاون مع عدة أدوات في المستشعر نفسه.

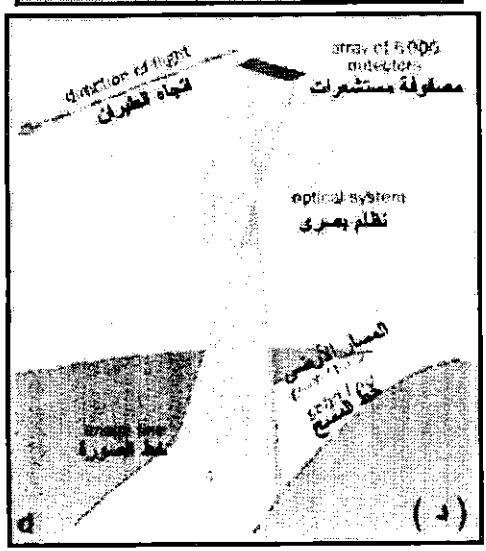
وخط الوسط الذي يمثل مركز مجال الرؤية لخط المسح يعرف بمسار الجهاز. وهو ينطبق علي المسار الأرضي للقمر الصناعي حيث يكون مركز الرؤية والمسح هو النظير، ولكن تنحرف عنه في حالة رصد المجال المائل (القريبان من الحافة) الشكل (2-6 أ). بعض أجهزة الإستشعار لها القدرة علي إمالة محور الرؤية علي جانبي النظير. ويستخدم هذا النظام علي أقمار سبوت 1-3 حيث يمكن عمل 90 ميل مختلف كل 0.6° في زاوية مقدارها 54° تقع 27° منها علي يمين النظير و 27° علي يسار النظير (90° **x** 0.6° = 54°) الشكل (2-6 ب).

ورؤية الأماكن البعيدة عن النظير تعطي صور لأماكن بعيدة عن المسار الأرضي للقمر. حيث تعطي صور لنفس الموقع من زوايا متعددة مختلفة. ولهذا يمكن الحصول علي صور مجسمه للتضاريس مثل ما تقوم به أقمار سبوت 1-4 (Spot-1-4).

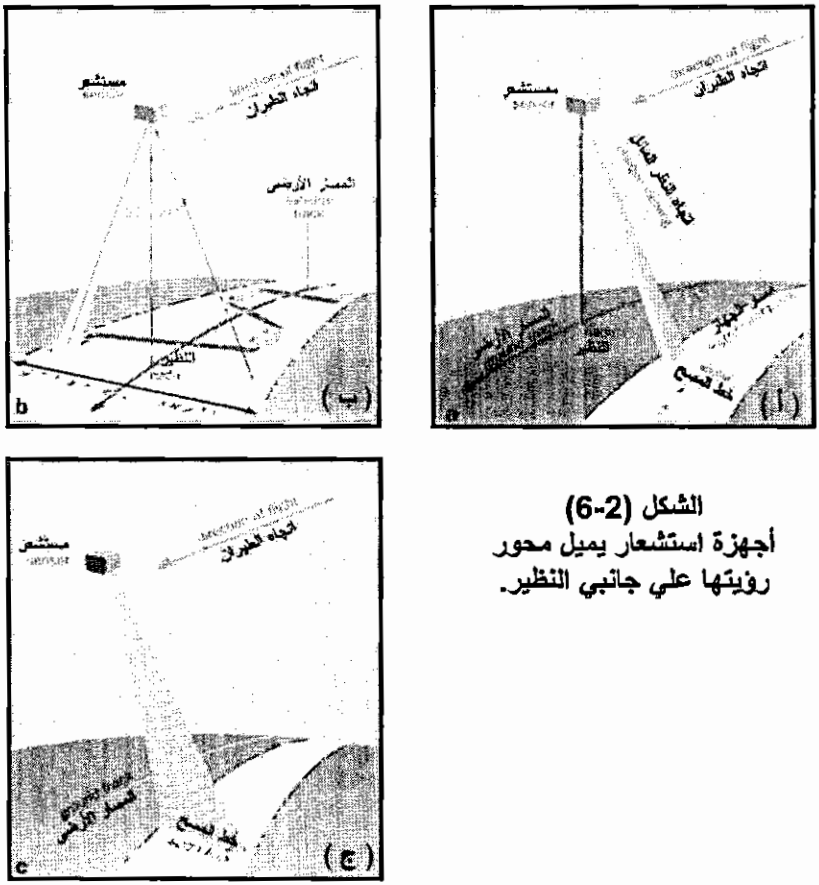








الشكل (2-5)
يوضح بعض نظم المسح المتعددة لمسح الأرض.



الشكل (2-6)
أجهزة استشعار يميل محور رؤيتها علي جانبي النظير.

4-3-2 : التصوير الراداري Imaging radars :

المستشعرات التي تقيس الإشعاع الطبيعي المنبعث في صورة ضوء أو حرارة تعتبر من أهم أجهزة الإستشعار. وهناك أجهزة إستشعار ترسل إشعاع إلي مكان ما علي سطح الأرض ثم تقيس الشعاع المنعكس إلي المستشعر، مثال لذلك أجهزة الرادار. وفي هذا النظام يلزم تحديد الإرتفاعات التي تعمل عندها الأقمار، ويستخدم هذا النظام محاور المجال المائلة، ويحتاج إلي طاقة كافية لإصدار إشعاع من القمر الصناعي ليستطيع استقباله مرة أخري علي مسافات مختلفة. وتوفير هذه الطاقة علي القمر الصناعي تعتبر من المشاكل الصعبة وهذا ما يوضح ندرة إستخدام الرادار في الفضاء رغم استخدامه في الطائرات.

وأجهزة الرادار لها ميزة عن المستشعرات البصرية حيث يمكنها العمل علي مدار اليوم فبمجرد ارسال الإشارة الرادارية إلي الجسم فإنها ترتد إلي القمر

الصناعي منعكسة أو كصدي لها ويتم قياسها، وهي تستخدم موجات الميكروويف التي يمكنها إختراق السحب بدون تأثير في الصورة. يرسل الرادار الإشارة الرادارية ويستقبلها بعد إنعكاسها علي سطح الأرض في فترات زمنية مختلفة حسب المسافة التي تفصل بين المستشعر والهدف. والرؤية بإستخدام الرادار يلزم أن تكون مائلة ومحددة بجانب واحد من مدار القمر الأيمن أو الأيسر الشكل (2-6 ج).

2-3-5 : أنظمة لاتصويرية Non Imaging system :

لرصد الأرض يمكن استخدام مستشعرات تجمع بيانات لاينتج عنها صور للأرض، ويوجد أنواع مختلفة من المستشعرات اللاتصويرية. فهي تلتقط قياسات ترتبط بالجزء المرئي من سطح الأرض بكامله، وهذا النوع من أنواع المجال اللحظي للرؤية. أو هي تركز علي مساحة محددة من سطح الأرض مثل مستشعرات القمر أيرس-1 ERS-1 . ومقياس التشتت نوع أخري من الأنظمة اللاتصويرية التي لها مجال رؤية لحظي محدود. حيث تقيس التشتت المرتد من سطح البحر بزوايا رؤية مختلفة، والبيانات الناتجة تستخدم في حساب سرعة الرياح واتجاهها الشكل (2-7). وهذه المستشعرات تستخدم لنحصل منها علي صور خرائطيه للظاهرة التي يتم رصدها.

2-4 : الأحزمة الطيفية Spectral Bands :

جميع أنظمة أقمار الإستشعار عن بعد صممت لترصد سطح الأرض بإستخدام مناطق الطيف الكهرومغناطيسي التي يسمح لها الغلاف الجوي بالنفاذ، وتسمي هذه المناطق بنوافذ الغلاف الجوي Atmospheric Windows . وهذا يعتمد علي عوامل مختلفة مثل تركيب الغلاف الجوي (تركيز بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون- الأوزن ..... إلخ) أو مكونات العوالق الجوية. وتعتمد أيضا علي كثافة الغلاف الجوي التي تسقط عليها أو ينعكس منها الإشعاع. وتتأثر القياسات بزاوية الإضاءة وزاوية الرؤية وارتفاع المنطقة التي يتم رصدها.

المستشعرات التي تستقبل الحزم الطيفية التي تستقبلها العين البشرية أكثر استخداما للرصد في الفضاء. وتفسير الصور التي تلتقط في أطوال موجيه مرئية(450 نانوميتر إلي 710 نانوميتر) يتم من خلال ماهو متعارف عليه من خبره مشاهداتنا اليومية. فالمساحات المزروعه بالنباتات لها انعكاس ضعيف في الضوء المرئي حيث يمتص الكلوروفيل الإشعاع الشمسي في الحزم الموجية الأزرق والأحمر. وأقصي انعكاس يمكن الحصول عليه في منطقة الأصفر-

الأخضر عند حوالي 550 نانوميتر. وبصفة عامة إن انعكاس المعادن يكون أكثر من انعكاس المساحات الخضراء (المزروعة)، ويزداد الإنعكاس في الأطوال

الشكل
(7-2)
زوايا الرؤية لمقياس التشتت.

الموجية الأطول. والإختلاف في المركبات المعدنية وأحجام الجسيمات وتركيز الماء ينتج تغيرات في مستويات تفصيلية أكثر.

فعندما نتعامل مع الماء السائل سيحدث منظر انعكاس خلابا. فالإنعكاس يكون قويا فقط في الأطوال الموجية القصيرة من الضوء المرئى، مما يفسر اللون الأزرق للماء الصافي من مسافة بعيدة. وعامة فإن الإنعكاس للماء يعتمد أساسا علي المواد العالقة المنتشرة أو المذابه في الماء، علي الرغم من ان طبيعة القاع تكون عامل في ذلك. والمواد العضوية المذابة تنتج أساسا من تحلل النباتات والتي تحمل عن طريق القنوات المائية التي تجمع مياه الصرف والتي تتميز بدرجة عالية من الإمتصاص في اللون الأزرق.

والموقف يتغير عندما نتعامل مع الماء الصلب Solid water. فالثلج عالي العاكسية في الضوء المرئي مع قليل من الإنحراف قرب منطقة الأشعة تحت الحمراء.

لو تحركنا خارج الطيف المرئى، قرب منطقة الأشعة تحت الحمراء NIR من 0.7 ميكروميتر إلي 1.1 ميكروميتر- تستخدم بإنتظام في التصوير الجوي – وهذا مفيد

جدا لتشتت الغلاف الجوي الضعيف الذي يحدث في هذا المدي من الطيف ومستويات التباين الحاد للإنعكاس. فالكلوروفيل علي سبيل المثال عاكس قوي في منطقة قرب الأشعة الحمراء بينما الماء يمتصها بقوة. وفي كثير من الأقمار الصناعية تكون استجابه المستشعرات محدودة في المنطقة المرئية، والمنطقة قرب الأشعة تحت الحمراء. وهما منطقتان من الطيف لهما تاريخ طويل في الإستخدام في أقمار الإستطلاع الحربية. وفوق منطقة الأشعة قرب تحت الحمراء توجد منطقة موجات تحت الحمراء القصيرة SWIR بين 1.4 ميكروميتر إلي 2.5 ميكروميتر وفي هذه المنطقة الطيفية يتم امتصاص الأشعة بواسطة الماء عند الأطوال الموجية قرب 1.45 ميكروميتر، 1.95 ميكروميتر، 2.5 ميكروميتر، بينما المناطق الخضراء تظهر أقصي انعكاس عند 1.65 ميكروميتر، 2.2 ميكروميتر.

الأشعة تحت الحمراء الحرارية The Thermal Infrared (TIR) منطقة أخري من الطيف أكثر استخداما، خاصة بواسطة أقمار الطقس Weather Satellite. والبيانات التي تحصل عليها هي درجة حرارة سطح المحيطات واليابسة والسحب. وتوجد أجزاء أخري من الطيف مثل موجات الميكروويف تستخدم الآن بكثرة. أستعملت الأقمار الصناعية الصور الرادارية في الأغراض المدنية منذ عام 1978 في مهمة القمر سي سات-1**(Seasat-1)**. واستخدمت المستشعرات الرادارية في مكوك الفضاء في ثلاث تجارب.

تستخدم عدة مناطق طيفية مختلفة من أطول الموجات إلي أقصرها: (L, S, C, X). أطولها يمتاز بقدرته علي إختراق الأرض والغطاء النباتي بينما أقصرها تخبرنا عن تفاصيل أكثر عن طبيعة أسطح المعادن. والمساحات المرصودة إذا احتوت علي ماء فإنها تؤثر بقوة علي قوة إختراق موجات الرادار. وإشعاعات الميكروويف تخترق الأرض الجافة لأعماق بعيدة أكثر من الأرض المشبعة بالماء. لهذا يمكن استخدام هذه التقنية لمعرفة الأجسام المغطاه بالرمال الجافة في المناطق الصحراوية. ومن المتوقع تزايد استخدام الرادار في المركبات الفضائية زيادة سريعة، وسوف ترسل حزم الرادار بدرجات سقوط مختلفة علي سطح الأرض وفي عدة حزم موجية مثل برنامج أيوس (EOS) الفضائي الذي عمل في الحزم L, C , X . ويمتاز الرادار بأنه يرسل موجات إلي موقع علي سطح الأرض بأي زاوية ومهما كانت صعوبة سطح الأرض أو المساحة الشاسعة من القارات فإننا سنعرف منه الكثير عن طبيعة الأسطح الثانوية كما يكشف لنا علي تخطيط قيعان البحار والمحيطات. والصور الرادارية لها أهمية بالغة أيضا في الأغراض العسكرية.

الفصل الثالث

إستكشاف القمـــر

1-3 : الاستكشاف

2-3: غزو القمـر

3-3 : مكونات أبوللو

4-3 : رحلة أبوللو

5-3 : رحلات السوفييت للقمر

إستكشاف القمـــر[3]

1-3 : الاستكشاف Exploration.

يفيد الاستكشاف إلي فهم أفضل للبيئة الكونية (الفضائية) والأجرام السماوية في المجموعة الشمسية. وأول الخطوات للحصول علي هذه المعرفة هو علم المساحة ورسم الخرائط خارج الكرة الأرضية من الفضاء. ولقد تم فهم هذه الخرائط بخبرتنا في تفسير مثيلاتها علي سطح الأرض. دراسه البيئة الكوكبية توضح لنا كثيرا من الأسرار وتختلف في تاريخها عن الأرض مع وجود بعض التشابهات العديدة معها. إن أكتشاف الفضاء يعني أن الخواص الفيزيائية للظواهر التي علي الكواكب يمكن أن تقارن بما هو موجود علي الأرض لتفسيره. فنحن نفتقر لفهم طبيعة الحفر الناتجة عن الإرتطام علي سطح الأرض، حيث غيرت عوامل التعرية والتأكل والتغيرات الحيوية شكل حواف حفرالإرتطام. ولكن دراسة الحفر علي القمر أو عطارد أو المريخ تمكننا من فهم أكثر لتاريخ تلك الحفر علي سطح الأرض. حتي في علم الأرصاد الجوية تم مقارنة الظواهر الجوية علي الكواكب الأخري مع مثيلاتها علي الأرض. مثال على ذلك ظاهرة البيوت الزجاجية (الصوب) المرصوده علي كوكب الزهره أو الحركة علي نطاق واسع في غلاف جو المريخ والزهره.

وبدون شك علم المحيطات يمكن أن يستفيد من توزيع السوائل علي الكواكب حيث تكون قوة الدوران ضعيفة مثل كوكب الزهره الذي يدور حول محوره بسرعة أقل من سرعة دوران الأرض حول محورها.

ولأسباب مختلفة فإن القمر والكواكب لايلفتان انتباه العامة والهيئات العلمية بنفس المقدار. فالقمر هو القمر الطبيعي وهو أقرب جسم للأرض مما آثار خيال

---

[3] هذا الجزء من "Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space of Space;2003"

البشر منذ العصور القديمة. فمنذ ستة قرون قبل ميلاد السيد المسيح استنتج فلاسفة مثل فيثاغورث أن القمر مشابه في طبيعته للأرض. وكان السؤال حينئذ هل توجد حياة علي سطح القمر. وفتح منظار جاليليو عصرا جديدا في معرفة جغرافية القمر. فأصبحت أرصاد القمر متكررة وأكتشف علماء الفلك طوبوغرافية سطحه، وأصدروا أول خرائط للقمر. ولقد حاول كبلر شرح اختلاف طول الليل والنهار والتغير في درجات الحرارة، ولم تستثني توقع وجود حياة علي القمر ولكن تخيلوا لها خصائص مختلفة عن شكل حياة الإنسان علي الأرض، وبدأت قصص رحلات الفضاء الخيالية في أعمال الكتاب. وبعد ذلك ظهرت كتابات الخيال العلمى. التي تحقق منها حتي اليوم وصول الانسان إلي القمر، وهو الجسم السماوي الوحيد بعد الأرض الذي طبعت عليه أقدام الإنسان .

بعد القمر يسحرنا المريخ والزهره. فالزهره هي أول كوكب لفت الأنتباه بتألقه الجميل القوي رغم إننا لانراه إلا صباحا قبل شروق الشمس أو مساء بعد غروب الشمس لساعات قليلة، حيث أن بعده الزاوي عن الشمس لايزيد عن 48 °. ولكن التقدم في تقنيات الرصد جعلت رصد المريخ أفضل، ويسمي المريخ بالكوكب الأحمر حيث يظهر بوضوح خاصة عندما يكون في وضع الإستقبال (عندما تقع الأرض بين المريخ والشمس). ولقد رسمت خرائط للمريخ مع بداية عام 1659 م بواسطة الفلكي الهولندي هيجنز C. Huygens. وهذا كان مستحيلا بالنسبة لكوكب الزهره للمعانه القوي الناتج من وجود غطاء كثيف من السحب حوله التي جعلت رؤية سطحه مستحيلة. إن رصد المريخ والأسئلة عن شكل الحياة عليه أظهرت كثيرا من الخلافات.

الكواكب الأخري مثل عطارد أو الكواكب العملاقة لم تثير اهتمام عامة الناس. ولكن المذنبات هي الوحيدة التي أثارت مخاوفهم. والمسابر الفضائية زادت من فهمنا للمذنبات إلي حد ما، وخاصة عند دراسة مذنب هالي عند مروره عام 1986م قرب الشمس.

إن اكتشاف الفضاء كان حكرا لعدد صغير من الدول، فالإكتشافات العظيمة في القرنين الخامس عشر والسادس عشر كان نتيجة جهود علماء ينتمون لبلدان متعددة. وكان استكشاف الكواكب في البداية مقصورا علي الإتحاد السوفيتي والولايات المتحدة الأمريكية، رغم أن اليابان وأوربا دخلت هذا المجال منذ اطلاقهم المسابر الفضائية. ففي الستينات تم إطلاق أول مسبار غير مأهول (بدون رواد فضاء) ورحلات فضائية مأهولة للقمر. بينما في السبعينات تم التوسع فى استكشاف الفضاء بارسال المركبة فايكنج Viking إلي المريخ ومارينر10

(Mariner-10) إلـي المشـتري والزهـرة وزحـل ثـم رحلـة فـويجير Voyager للإنطلاق خارج المجموعة الشمسية. وفي الثمانينات والتسعينات تم إطلاق أكبر عدد من المركبات الفضائية في رحلات مختلفة الأهداف.

2-3: غزو القمـر:

منذ البدايات الأولي لعصر الفضاء وحتي قبل انطلاق أول رحلة مأهولة إلي الفضاء كان ينظر للقمر علي انه هدف رفيع المستوى. وتسابق العلماء السوفيت والأمريكان لكشف أسراره، وتم تصوير الجانب غير المرئي من القمر بواسطة المركبة السوفيتية لونا-3 Luna-3 في أكتوبر 1959م. ونشرت هذه الصور علي نطاق واسع كدليل علي التفوق والكفاءة العالية لمستوى العلماء السوفيت، وذلك في إطار الحرب النفسية أثناء فترة الحرب الباردة بينهما. وكان لهذا الحدث الأثر الأكبر في رفع حدة المنافسة بين المعسكرين الشرقي والغربي وأصبح غزو القمر هدفا عندما قرر جون كنيدي رئيس الولايات المتحدة الأمريكية جعله هدفا أساسيا لخطط الأمريكان حتى نهاية عام 1960م.

وبعد عدة محاولات غير مثمرة لاقتراب مركبة بايونير من القمر أو دورانها حوله نجحت ناسا NASA فى تحقيق النجاح في رحلات مأهولة من خلال ثلاث برامج متكاملة.

البرنامج الأول :

بدأ برنامج رينجر Ranger بست محاولات فاشلة قبل نجاح رينجر 7، 8، 9 في نقل 17 ألف صورة بواسطة آلات التصوير الأربع الملحقة بها (آلتان تصوير بزاوية عريضة Wide Angle Camera وآلتان تصوير مقربة Telescopic Camera) وكانت الصور مختلفة الوضوح، وأخذت الصور خلال 14 دقيقة قبل ارتطام المركبة بسطح القمر.

البرنامج الثاني :

أما برنامج المركبة القمرية المدارية Lunar Orbiter قام برسم خريطة لمساحة 99 % من سطح القمر بجودة تباين متوسطة باستخدام آلة تصوير عريضة الزاوية أثناء البحث عن مواقع ممكنة لهبوط مركبات فضائية فيها. وأرسلت المركبة صور عالية الجودة لهذه المواقع التقطت بآلة تصوير مقربة. وكانت أفلام هذه الصور تعالج في المركبة ثم يتم مسحها ضوئيا ثم ترسل إلي الأرض بالراديو. وكانت البيانات التي تجمع تهتم بشدة الإشعاع والنيازك متناهية الصغر

micrometeorites والجاذبية. وبعد انتهاء المهمة توجهت المركبة لسطح القمر لترتطم به حتى لا تعرقل الرحلات اللاحقة.

البرنامج الثالث :

وحصلت مسابر برنامج سيرفوير Surveyor علي صور أكثر دقة أثناء اقترابها من القمر لأماكن هبوط مستقبلية، قبل هبوطها الناعم علي سطح القمر لجمع معلومات تخص قوة وتركيب تربة القمر. وفشلت رحلتان فقط من هذا البرنامج هما سيرفوير-2 التي تحطمت، وسيرفوير-4 التي واجهت مشاكل وفشلت في ارسال البيانات.

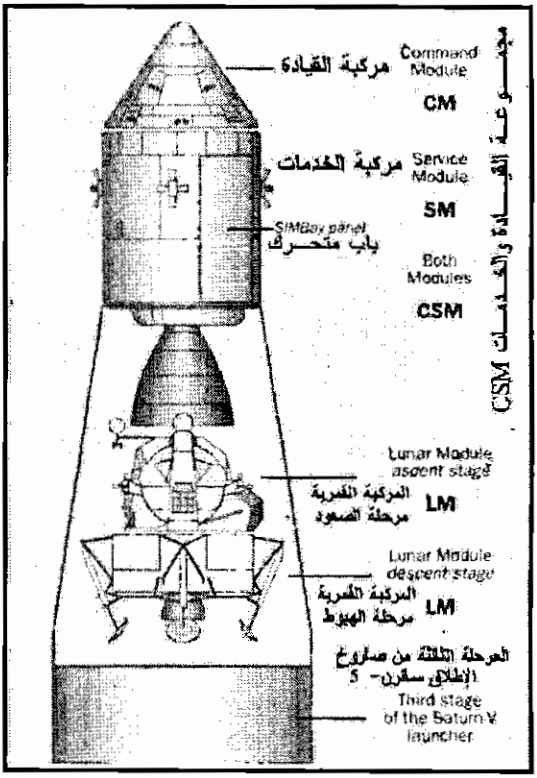
وأثناء هذه الرحلات التمهيدية أعلن الرئيس جون كنيدي عن ارسال مركبات مأهولة في 25 مايو 1961م، والذي تحقق ببرنامج أبوللو Apollo الذي قدمته ناسا في يوليو 1960م شكل (3-1). ولقد اختبرت مركبة القيادة Command Module ومركبة الإطلاق ساتيرن-1 في مدار حول الأرض في 28 مايو 1964م، ولقد ارسلت مجموعة مركبة القيادة ومركبة الخدمة Service Module في رحلة أبولو-4. واختبر صاروخ الإطلاق ساتيرن-5 في 9 نوفمبر 1967م. و تم اختبار المركبة القمرية في رحلة ابولو-5 في يناير 1968م. وفي أثناء ذلك وقعت حادثة خطيرة جدا في 27 يناير 1967م علي سطح الأرض أدت إلي موت ثلاث رواد فضاء مما جمد الجدول الزمني للرحلات المأهولة بعض الوقت. ثم أرسل رواد فضاء لأول مرة في مدار منخفض حول الأرض في أكتوبر 1968م (أبولو-7). ثم تسارع برنامج الرحلات المأهولة، ففي ديسمبر 1968م أرسل لأول مرة ثلاث رواد فضاء في رحلة أبولو-8 في مدار حول القمر لفترة 20 ساعة. وفي مايو 1969م كانت الإختبارات النهائية تتم لفصل المركبة القمرية من مركبة القيادة وهبوطها من ارتفاع 14.5 كم فوق سطح القمر (ابولو-10). وأخيرا تحقق الحلم الأمريكي في 16 يوليو 1969م حيث وضع أول انسان قدمه علي سطح القمر (أبولو-11).

نتائج الرحلاتِ الستّ التالية :

فشلت فقط أبولو- 13، بسبب حادثة أنهت علي حياةَ طاقمِها. أنهت ناسا البرنامج بعد رحلة أبولو-17، بالرغم من أن مركز فضاءِ هيوستن واصلَ إستِلام ومُعَالَجَة البياناتِ مِنْ مجموعة مركبات أبوللو العلمية حتي آخر أكتوبر 1977. وكانت النَتائِج العلمية كبيرةُ، أولا من خلال العيناتِ التي تم ارسالها للأرض، وتحليلها وسجلت النتائج في آلافِ الوثائق. وأكتشف بواسطة هذه التجارب التي تم اجرائها علي سطحِ القمر، جزيئاتَ، حُلِّلَت تركيبَ الغلاف

الجوّي، وحددت الخواص الكهربائيةَ والفيزيائيةَ لمادة السطح. ووضعت فى هذه الرحلات عاكساتَ ليزريةِ، مع بعض الأجهزة الأخري علي سطح القمر. وأجهزة مجموعة مركبات أبوللو العلمية تم نُشِرها بواسطة أبوللو 12، 14، 15، 16 و17. تَنوعت هذه الأجهزة، علي مدي خمس رحلات، زوِّدت بالطاقةِ مِنْ مفاعل نووي صغير، سَمحُ لهذه الاجهزة بتجميع البياناتِ لعِدّة سَنَوات. وتَضمّنت هذه الاجهزة مقياسَ آيونِ القطب السالبِ البارِدِ، مَقِياسُ الضغطِ الجوّيَ، مقياس الزلازل، مقياس مغناطيسية السطح القمري، مقياس جاذبية السطح القمري، تجربة قياس تدفقِ الحرارةَ، و تجربةِ زلزالِيةِ. امدت العلماء بمعلوماتَ عن الخصائصِ الجيولوجيةِ لعمقِ ثلاثة كيلومتراتِ اسفل سطح القمر.

ووضعت آلات التصوير والمقاييس الطيفية في المدار، وراء باب متحرّك في فجوة في مركبة الخدمات (فراغ وحدةِ الأجهزة العلمية، انظر الشكل (3-1) في رحلات أبوللو 15,16, 17. ويتطلب استعادة الأفلام من الكاميرات سباحة رائد الفضاء في الفضاء قبل التخلي عن مركبة الخدمة. وتستخدم نفس الفجوة القَذْف قمرين صغيرين Sub-satellites صمماً لدِراسَة جاذبيةِ القمرَ،



الشكل (3-1).
مكوّناتِ أبوللو عند الإقلاع.

بالإضافة إلي المجال المغناطيسي والبلازما. تضمنت مركبة أبوللو الفضائية مركبة قيادة (Command Module CM) لطقم من ثلاثة أفرادٍ، مغلفة من الخارج بدرع حرارى (3-2)، ومركبة خدمة (Service Module SM)، التي تنفصل عن مركبة القيادة وتترك فى الفضاء عند العودةِ إلي الأرضِ الشكل (3-3)، أحتوت مركبة الخدمة علي نظامَ دفع خاص بها، صواريخ دفع لتعديلِ موضع المركبة، دوافع، تجهيزاتُ للطاقم، وهوائي للإتصالاتِ بالأرضِ. المركبة القمرية (Lunar Module LM) تَشْمُل مرحلة هبوط المركبة علي سطح القمر التى تتسع لرائدي فضاء فقط الشكل (3-4)، ومرحلة الصعود أو الإنطلاق من سطح القمالشكل (3-5)، والمزودة بمحرّكِ للإقلاع. في قمةِ مركبة القيادة والمركبة القمرية توجدَ فجوة تتيح إنتقال رائدي الفضاء إلي المركبة القمرية قبل إنفصالها عن مركبة القيادة والهبوط إلي القمر، ثم بعد الصعود من القمر تلتحم المركبة القمرية مع مركبة القيادة وانتقال رائدي الفضاء مرة أخري إلي مركبة القيادة. وفي الرحلات التي تحتوي علي متجول قمري Lunar Rover ، يتم تثبيت المتجولَ في احد جوانبِ مرحلةِ هبوط المركبة القمرية. ويرمز لمجموعة مركبة القيادة مع مركبة الخدمة بالرمز المختصر (CSM). ويطلق علي كل من مركبة القيادة والخدمة إسم رمزي بعد الإقلاع من الأرض (علي سبيل المثال، كولومبيا وإيجل في رحلة أبوللو -11، أو اوديسيا واكويرس في رحلة أبولو-13).

3-3 : مكونات أبوللو-11[4] :

أدّتْ الأنظمة الفرعية المعقّدةُ لمركبة أبولو-11 وظائفُ حيويةُ :
كُلّ مركبة فضائية كَانتْ لها أنظمتها الفرعية. "النظام الفرعي" مصطلح تخصصيُ لعصر الفضاءُ يعني جهاز ميكانيكي أو إلكتروني يُؤدّي وظيفة معيّنة مثل تَزويد الأوكسجينِ، طاقة كهربائية، إمكانيات دورة المياهِ. أدّت الأنظمة الفرعية لمركبة القيادة والخدمات CSM والمركبة القمرية LM وظائف مماثلة، لكن إختلفَت في التصميم لأنه كَانَ لِزاماً علي كلا منها أَنْ يُتكيّفَ بخواصِ المركبة الفضائيةِ وبيئتِه.

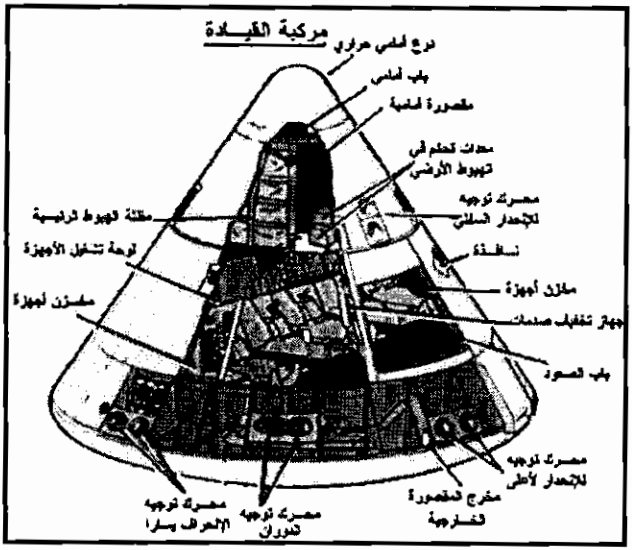
---

[4] هذا الجزء من (3–11) من http://history.nasa.gov/SP-350/toc.htm

نبدأ **بنظام السيطرةِ البيئي** - جهاز الإعاشه لرواد الفضاء وآليته. هو أعجوبة في الكفاءةِ والثقةِ، من حيث الوزنِ والحجمِ. فأي جهاز تنفس لغوّاص في البحر يَستعملُ أسطوانة هواءِ لمدة 60 دقيقةِ؛ أما في مركبة أبوللو فالكمية المكافئة مِنْ الأوكسجينِ دامتْ 15 ساعةً. ولم يستخدم الأكسجين مرّة واحدةً: فالغاز الذي ينتج من تَزْفير رواد الفضاء ينظفُّ لإزالة ثاني أكسيد الكربون لإعادة تدويرهِ، واستخدامه ثانية. مع الإحتفاظ، بدرجة حرارته عند المستوي المطلوب، بعد أن تُزالُ منه الرطوبة، والروائح. ذلك لَيسَ كُلّ شيء: فجهازِ الإعاشة أبقى أيضاً الحجرةَ في الضغطِ الجوي الصحيحِ، وزوّدَ الرواد بماءَ حار وباردَ، وتزويد التروس الإلكترونية بسائل مبرد لإبْقائها في درجةِ الحرارة الصحيحةِ. (في البيئةِ الفضاء، لاتوجد تيارات حمل هوائية، ويجب تبريد الأجهزة بواسطة تَوزيع السوائلِ.) ولأن حياةَ روّادِ الفضاء إعتمدتْ علي هذا النظام، فأغلب الوظائفِ كَانتْ مجهزة بوفرةِ – رغم ذلك لم تشغل هذه الوحدةِ حجم ما يشغله حجم مكيّف هواء نافذةِ.

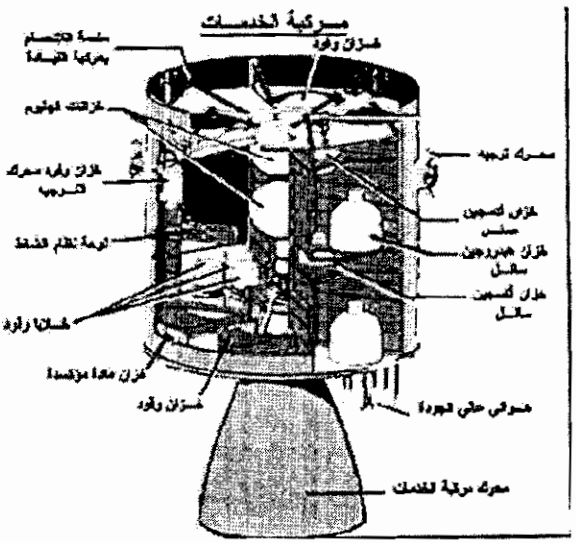
يوضح الشكل (3-2) مركبةَ القيادة المخروطيةَ وقد حُشِرتْ ببعض الأجهزةِ الأكثر تعقيداً لإرسالها إلي الفضاءِ. فقد احيطت مخادع روادَ الفضاء الثلاث بلوحاتِ القياس، أجهزة الملاحةِ، راديوهات، أجهزة إعاشة، ومحرّكات صغيرة لإبْقاء مركبة القيادة في حالة مستقرّة أثناء عودتها للأرض. وطول مخروطِ مركبة القيادة، 3.35 متر وقطره 3.96 متر، وقد غلفها درع لحمايتها من درجات الحرارة العاليةِ. وقد حمل مركبة أبوللو التي تزن 6.5 طَنَّ صاروخ لإبْقاء مركبة القيادة في حالة مستقرّة أثناء عودتها للأرض. وطول مخروطِ مركبة القيادة، 3.35 متر وقطره 3.96 متر، وقد غلفها درع لحمايتها من درجات الحرارة العاليةِ. وقد حمل مركبة أبوللو التي تزن 6.5 طَنَّ صاروخ الإطلاق ساتيرن- 5 الذي يزن 3000 طَنَّ ليصلِ إلي القمرِ

أما مركبة الخدمات فى الشكل (3-3) فهي مكتظّة بأنابيب المياه والصهاريج، وهي الرفيقَ الثابت لمركبة القيادة حتي في مسار العودة إلي الأرض و قَبل الدخول في الغلاف الجوي الأرضي ثانيا. لأن كُلّ محتويات هذه المركبة غير ضروريَ في الدقائق القليلة الأخيرة أثناء الطيرانِ في الغلاف الجوى. لذا لا تتَطَلّب حمايةَ ضدّ حرارةِ إعادةِ الدخول للغلاف الجوى. وقد حَملَت مركبة الخدمات الأكسجينَ لأغلب الرحلةِ؛ وخلايا وقودِ لتَوليد الكهرباءِ؛ ومحرّكات صغيرة للسَيْطَرَة علي الإنحدار pitch، والدوران roll، والإنحراف yaw؛ ومحرّك كبير لدَفْع المركبة الفضائيةِ للدخول والخروج في أو من المدار قمري.



الشكل
(2-3)
مركبة القيادة
ومحتوياتها

شملت المركبة القمرية أيضاً مركبتين ثانويتين. مركبة هبوط الشكل (3-4) معْدَهُ بأجهزة هبوط علي القمر والإقلاعُ منه ومحرّكاتُ والوقودُ اللازمة للهبوط. وعندما إنطلقتَ المركبة القمرية من القمر للعودة، استخدمت مركبةُ الهبوطَ كمنصّةِ إطلاق لمركبةِ الصعود أو الاقلاعِ الشكل (3-5) التي كانت ترافقها، واستخدمت أيضاً كمنزلَ لرواد الفضاء علي سطح القمر.

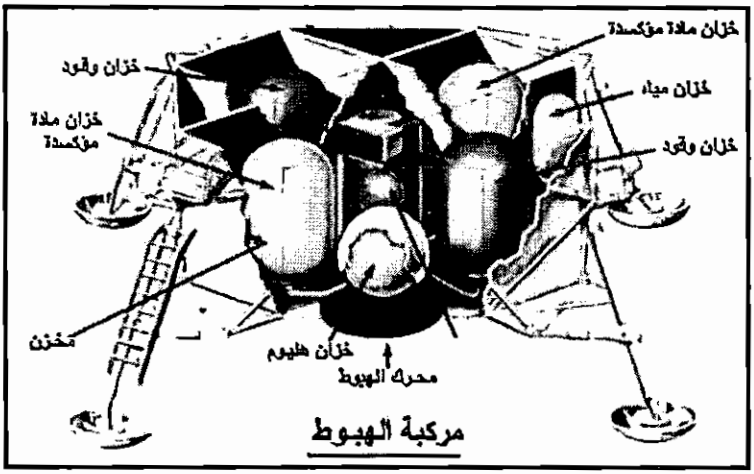


الشكل (3-3) مركبة الخدمات ومحتوياته

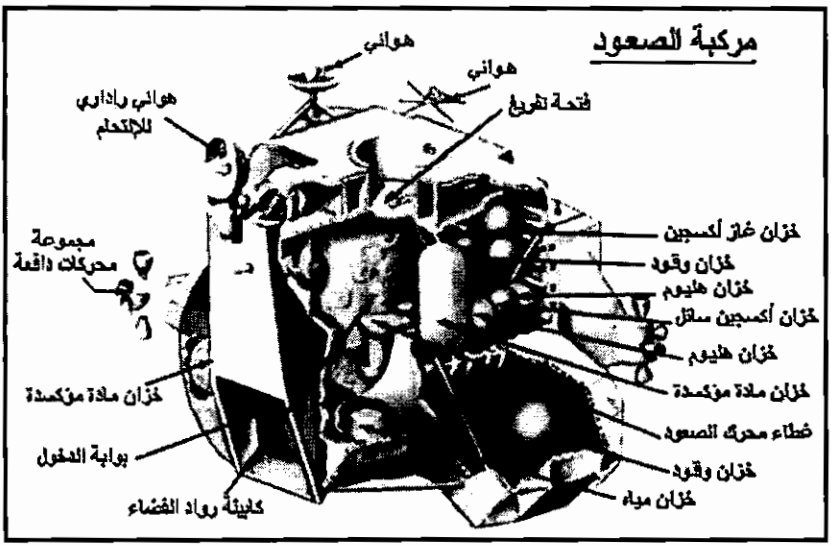
كَانَت المركبة القمرية مشابهه لمركبة القيادةِ في الوظيفةِ إنْ لمْ يكن في الشكل، فهي مجهزة بأجهزة إتِّصال، وملاحةٌ، وإلتحام بمركبة القيادة. لَكنَّها كَانَت معْدَةُ بنظامُ دفعُ خاصُ أيضاً، للإنطلاق مِنْ القمرِ والتوجه نحو مركبةِ القيادة التي تَدُورُ في مدار حول القمر في انتظار عودتها.

كيف يمكن تُوليّدُ طاقة كهربائيةً كافيةً لحركة مركبة في الفضاءِ؟ الجواب في مركبتي القيادة والخدمات، وهيَ خلايا الوقودِ، وفي المركبة القمرية، استخدمت بطاريات. وقد إستعملتْ خلايا وقودِ أبوللو أكسجينٌ وهيدروجين مخزنة علي شكل سوائل في درجاتِ حرارة منخفضة جداً – وعند إختلاطهما كيميائيا تنتجْ طاقة كهربائيةً، وناتج ثانوى، هو ماء يستخدم للشرب. نظام خليةِ وقودَ الطاقةَ كَانَ فعال، نُظيّفُ، وخالي تماما من التلوث. وتَطلّبَ تَخزيْن الأكسجينِ والهيدروجينِ تقنيةَ جديدَة في نظام عَزلَ الحاوياتَ، إذ ملئت اسطوانات هيدروجينِ أبوللو بالثلج ووَضعتْ في غرفة في درجة حرارة 70° فهرنهيت، ويَستغرقُ ذوبان الثلج فترة زمنية قدرها 8.5 سنةً. وإذا تسرب من إطار سيارةِ الهواء بنفس النسبةِ مثل هذه الأسطوانة، فيَستغرق هذاُ 30 مليون سنةً.

"هيوستن، هذا هدوءُ." هذه الكلماتِ سُمعَت مِنْ عالمِ آخر، فقد صدرت مِنْ رائدِ فضاء يَمْشي علي القمرِ، أنتَقلتَ هذه الكلمات منَ المركبة القمرية، إلي محطات المتابعة في أستراليا وإسبانيا وكاليفورنيا، وإلي محطة التحكم الرئيسية في هيوستن مَع تأخيرِ فقط ثانيتين. وكانت الإتصالات مِنْ القمرِ صافية وأوضح كثيرا مِنْ التي تتم مِنْ البيتِ. في نفس الوقت، كانت آلة صغيرة جداً تُسجّلُ قراءات جهازِ الإعاشة لروّادَ الفضاء، وبعد ثواني قليلة كان مهندس في محطة التحكم يَراقب الإختلاف في ضغطِ الأكسجينِ، أو طبيب يراقب تَغيّرُ في معدّل نبضات القلبِ؛ و يُشاهدونَهم الناس في بيوتِهم حول العالم على أجهزةِ التلفاز. ووكان وراء كُلّ هذا أجهزة إتصالاتَ أبوللو التي صممت لِكي تنقل وتربط حياة روّادَ الفضاء بالأرضِ، وكانتَ هذه الأجهزة أخفّ وزنا وأقل حجما، ويمكن الإعتماد عليها بثقةِ مُطلقةِ؛ وكانت مكونة من مجموعة من المستقبلاتّ، والمرسلات، وتجهيزات الطاقة والهوائيات، وتناغم الكُلّ للوصول إلي الكمالِ، الذي يسَمح لرواد الفضاء ومركبتهم والأجهزةِ الأرضِية للعمل لأطول فترة. (وهذا ما حدثٌ، عندما زاد تحميل الحاسوب علي المركبة القمرية لرحلة أبوللو 11 أثناء الثواني النهائيةِ الخطرةِ للهبوط علي القمر، وبفضل نظامِ الإتصالاتِ مَكّنَ جهاز سيطرة طيرانِ ماهرِ جداً سَمّي بستيف بالاسَ من إخْبارَ رائد الفضاء نيل آرمسترونغ بتَجَاهُل أجراسِ إنذار الحمل الزائدَ والمَضي بالإنزال الآمن إلي سطح القمرِ) .



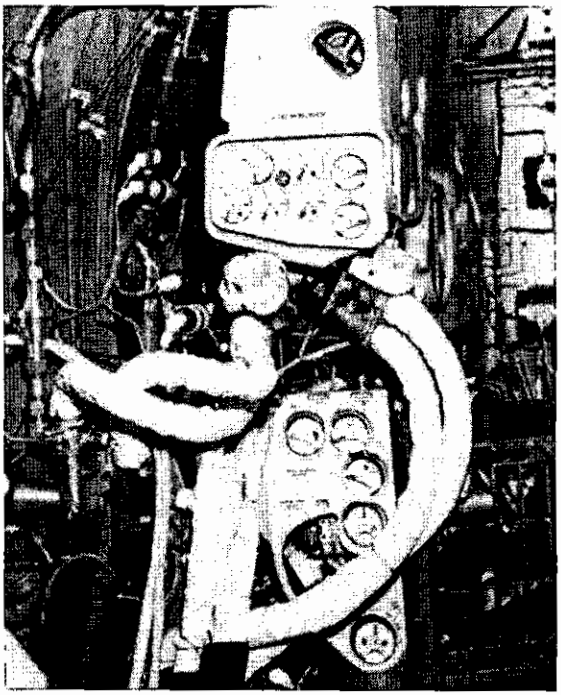
الشكل (3- 4) مركبة الهبوط علي القمر.



الشكل (3- 5) مركبة الاقلاع من القمر.

إن نظام السيطرةِ البيئي في المركبة القمرية وضع في زاوية مركبة الإنطلاق من القمرَ الشكل (3-6). حيث تزوّد خراطيمِها رائدي الفضاء بالأكسجينَ الصافيَ عند ضغط يعادل ثُلث الضغط الجوّي الطبيعيِ، وفي درجة حرارة مريحة. وتعيد الوحدةُ توزيع غازُ الزفير، الذي تم التخلص فيه من ثاني أكسيد الكربون والرطوبة، ويزود بالأوكسجينّ.

إن نظام السيطرةِ البيئي في المركبة القمرية وضع في زاوية مركبة الإنطلاق من القمرَ الشكل (3-6). حيث تزوّد خراطيمِها رائدي الفضاء بالأكسجينَ الصافيَ عند ضغط يعادل ثُلث الضغط الجوّي الطبيعيِ، وفي درجة حرارة مريحة. وتعيد الوحدةُ توزيع غازُ الزفير، الذي تم التخلص فيه من ثاني أكسيد الكربون والرطوبة، ويزود بالأوكسجينِّ.

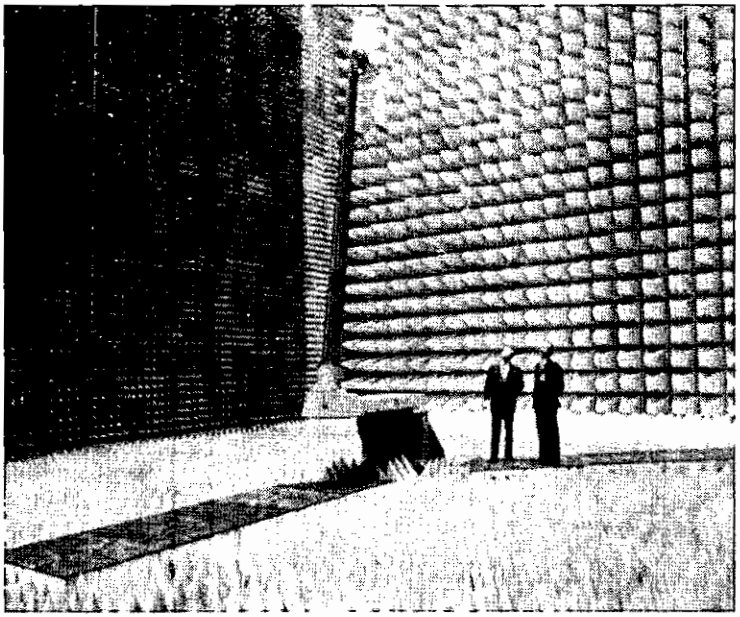


الشكل
(3- 6)
نظام إعاشة رواد الفضاء.

يوضح الشكل (3-7) غرفة إختبار الصوت التي لا يسمع فيها صدي. تستَعمل لتَقليد الفضاءِ الخالي مِنْ الإنعكاسَ، حيث غطت أرضيته بالكامل، وجدرانه، وسقفه بأهرامِ من المطاط الإسفنجي الذي يَمتصُّ الإشعاعَ، وهناك هوائيات يمكنها القُياسَ بدقّة. وفي الصورة مهندسان من ناسا يراقبان إختبارِ حقيبةِ ظهرِ رائدِ فضاء. ولذلك فأيّ تشويش بين رائدِ الفضاء والهوائي الصغيرِ يُمْكِنُ أنْ يُكتَشف ويتم اصلاحه قبل أن يضع رائدُ فضاء قدمه علي القمرِ.

إذا كان لا بُدَّ أنْ تميزّ أكثر الأنظمة الفرعية أهميةً، وأكثر تعقيدا، والأكثر أداءاً ودقّةِ، هو نظام التوجيهُ والملاحةَ. وظيفته تَوجيه مركبة أبوللو عبر402336 كم مِنْ الفراغِ؛ ليحقق مدار دقيق حول القمرِ؛ والهبوط علي سطحِه في حدود بضعة يارِدات (حد الخطأ المسموح به) من البقعة المحددة

مسبقاً؛ وتوجيه المركبة القمريةُ عند الإنطلاق من سطحِ القمر حتي الإلتحام مرة أخرى بمركبة القيادة في مدارها حولِ القمرِ؛ وتُوجَّيهُ مركبة القيادة حتي تصل للغلاف الجوّي الأرضَي لتتخذ ممر طيران طوله 43.5 كم حيث سمك

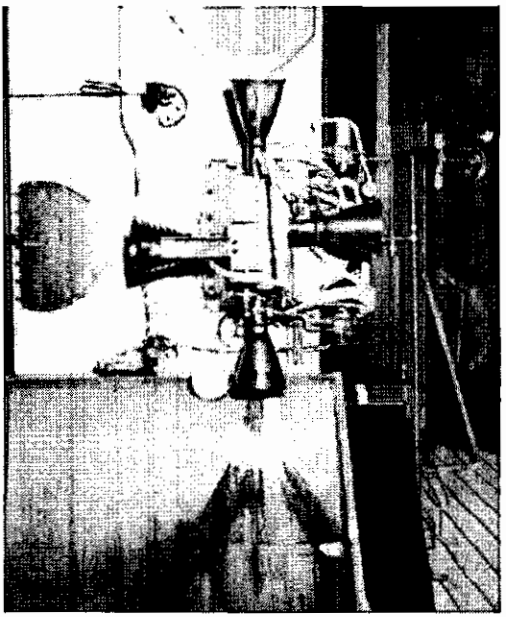


الشكل (3-7) غرفة اختبارات الصوت.

الهواء كافي للتحكم في مركبة القيادةِ، ورقيق بما فيه الكفاية لِكي لا يَحْرقَ المركبة؛ حتي تهبط بسلام بالقرب من سفينة تقف في منتصفِ المحيط الهادي لإنتشالها. ولقد صمّمَ نظام التوجيه ليشتملَ على حاسوب صغير يحتوي علي كميةِ هائلة مِنْ المعلوماتِ؛ ومصَفُوفة من الجيروسكوباتِ ووحدةَ قياسِ سرعة؛ وجهاز ذات السدس الفضائي لتَمْكين المَلاح من تحديد مواقع النجوم. وكل هذه الأجهزة تمكن من تحديد موقع المركبة الفضائيةَ بدقة بين الأرضِ والقمرِ، وتحديد أفضل طريقة لإشعال المحرّكاتِ لتَصحيح مسار المركبةَ فهذا في غايَة الأهميةِ؛ حيث لايسمح بأي هامشَ من الخطأِ، ولا توجد احتياطات متوفرة إذا حدث مثلا خطأ ولم تقترب المركبة من القمر بالمسافة المخطط لها. ففي رحلة أبوللو 11، هبطت مركبة الهبوط النِسْر Eagle في قاعدةِ الهدوءِ، بعد إشعال محرّكِ هبوطِه لمدة 12 دقيقةِ، مَع إبقاء فائض وقود يكفي فقط 20 ثانيةِ بعد الهبوط.

تعلم روّاد الفضاء الملاحة في الفضاءِ. وأدوات المَلاح الفضائي تَضمّنتْ سدسيّة لرصد النجوم، ومنصة جيروسكوبية مستقرة لحَمْل مرجع ثابت في الفضاءِ، و حاسوب لرَبْط البياناتِ وَعْملُ الحساباتَ الأكثر دقّةً المعقّدة.

ولعدم وجود هواء يساعد علي إنحِراف المركبة، لا تستخدمُ المركبة الفضائيةُ أي دفّاتِ أو جنيحات. ولكن بدلاً مِن ذلك، تستخدمُ محرّكاتُ صاروخِية صغيرةِ للإنحدار للتوجيه لأعلي أو لأسفل، أو للإنحِرافه يسارا أو يمينا، أو للدوران حوال المحورَ. ثبتت ستّة عشرَ محرك منهم على مركبةِ الخدمة، في أربعة أركان. والشكل (3-8) يوضح اختبار احداها في المعمل للتأكد من أن عادمِ الصاروخِ الساخن لَنْ يَحدثَ فتحة في جسمِ المركبة الفضائيةَ.



الشكل (3-8) اختبار محركات التوجيه الصغيرة

ونظامَ التوجية يخبرناَ فقط بموقعِ المركبة الفضائية وكَيفيةَ تُصحّيحُ مسارها. وهذا يعتبر بمثابة عقل المركبةَ، بينما يمثل نظامَ الدفعَ قوة العضلات ويشمل محرّكاتِ الصاروخِ، صهاريج الوقود الدافع، صمامات، وأنابيب. حيث يوجد 50 محرّكَ صغير علي المركبة الفضائيةِ، وهي أصغر منْ تلك التي ترافقِ مركبة ساتيرن ذو الثلاثة مراحل التي استخدمت لإطلاق المركبة نحو القمرِ. وأغلب تلك المحركات صغيرة - 16 محرك علي المركبة القمرية، 16 محرك علي مركبة الخدمات، و12 محرك علي مركبة القيادةِ - جهز كل منها

فقط بمقدار 45 كجم مِنْ الوقود الدافع؛ لتوجّه المركبة في أيّ إتّجاه مطلوب باستخدام روافعِ، جنيح، ودفّة للسيطرةُ علي درجةِ الإنحدار، والدوران، والإنحراف.

وهناك ثلاثة محرّكاتِ رئيسية كبيرة. الأول محرّك دفع يزن بالوقود 9298.65 كجم على مركبة الخدمات لإدخالَ مركبة أبوللو إلي المدارِ القمري، ثم العودَه إلي الأرض لاحقاً؛ والثاني على المركبة القمرية محرّك دافع يزن 4762.72 كجم للهبوطِ علي القمر، والمحرك الثالث يزن 1587.57 كجم للإنطلاق من القمرِ. يجب أن تعمل المحركات الثلاثة بكل دقة ونجاح، حيث أن فشل أحد هذه المحركات سَيُترك روّادَ الفضاء علي القمرِ أو في المدارِ القمري. ولقد تم تصُميّمهم مَع مرونة كإعتبار أوّل. إستعملوا مواد دافعَة تحترقْ تلقائيا عند الإمتزاج حيث لاتتَطلّبْ وجود مصدر إشعال؛ يضغط الوقود إلي غرفةِ الدفعَ بإستخدام غاز هليوم مضغوط في اسطواناتِ، وذلك لتجنب استخدام مضخاتَ معقّدةَ؛ وكسيت فوهة عادم الصاروخَ بمادّةِ قادرة علي حمايتهاِ من الحرارةِ، لتجنب استخدام أنظمةِ تَبريد معقّدةِ.

وهناك ثلاثة محرّكاتِ أخري يُمْكِنُ أَنْ تُزوّدَ المركبة بدفع لحظيَ عند الإنطلاقِ لإبعاد المركبة الفضائيةَ بعيداً عن صاروخ الإطلاق ساتيرن الذي سيَهْبطَ بشكل غير مرتب له أو يَنفجرُ. وأكبر هذه المحركات ينتجَ 72574.8 كجم مِنْ الدفعِ، وهو أكبر بكثير مِنْ صاروخ ريدستون الذي أطلق رائد الفضاء ألن شيبارد في أول رحلة أمريكية مأهولة.

كَانتْ المحرّكاتَ الكبيرةَ الثلاثة علي متن مركبة أبوللو الفضائيةِ متماثله شكلاِ ولَيسَ حجماً الشكل (3-9). إثنان منهم ليس لهم مثيلُ، لذا صُمّموا لِكي يَكُونوا أكثر المحرّكاتِ الموثوقِ بهاً علي الإطلاق. إذا ، فشل محرّك الدفع في مركبة الخدمةَ في المدارِ القمري، فإن ثلاثة روّادِ فضاء لن يَتمكّنواً مِنْ العَودة إلي الأرض ثانياِ؛ إذا فَشَلَ محرّكَ الصعود من القمرِ، فسيسجن رائدا الفضاء علي سطح القمر. (إن فشل محرّكِ الهبوطِ علي القمر لَنْ يَكُونَ خطير، لأن محرّكَ الصعود قَدْ يُستَعملُ لإنْقاذ رائدي الفضاء.)

وهناك أنظمة فرعية أخرى. مثل أنظمة عرضَ البيانات والتحكمَ، أنظمة توجيهِ بديلة، أنظمة هبوط للقمر وإقلاع منه علي المركبة القمرية ونظام هبوط علي الأرضِ (مِظَلات) علي مركبة القيادةِ، ونظام تخزين صمّمَ بدقّةِ، قوي بما يكفي لَتخزين سيارة شحنِ. كان هناك أيضاً تلك الأشياءِ التي تربط بين الأنظمة

الفرعية: مثل الكابلات، الأنابيب، صمامات، مفاتيح، موصلات، دوائر قطع كهربائية.

4-3 : رحلة أبوللو للقمر[5] :

بدأت رحلة أبوللو-11 عند انطلاقها من قاعدة كاب كانفرال بمركزِ كندي الفضائي باستخدم صاروخ الإطلاق ساتيرن-5 (Saturn V) في 16 يوليو 1969 في الساعة 13:32 بتوقيت جرينتش (9:32 صباحاً بالتوقيت المحلّي). وقد دَخلتَ المدار بعد 12 دقيقة. بعد دورة ونِصْف الدورةِ، دفع محرّك المرحلةِ الثالثة المركبة الفضائيةَ في مسارها نحو القمرِ. وبعد حوالي 30 دقيقةً تم عمل مناورة لتعديل وضع المركبة القمرية بدلا من مكانها خلف مركبة الخدمات تنتقل لتلتحم بمركبة القيادة وذلك بإنفصال زوج مركبة القيادةَ/مركبةِ الخدمة عنْ المرحلة القمرية والمرحلة الأخيرةِ من صاروخ الإطلاق ساتيرن-5، ثم تعدل وضعها باستخدام صواريخ دافعة صغيرة علي جوانب مركبة الخدمات الشكل (3-10) لتلتحم مركبة القيادة بالمركبة القمرية وينفصلوا تماما عن المرحلة الثالثة لصاروخ الاطلاق. بعد 65 ساعة من الإطلاق وفي 19 يوليو مرت أبوللو 11 خلف القمرَ واطلقَ محرّكَ دفعِ مركبة الخدمات لدُخول المدارِ القمري. ثم اخذت تقلل من سرعتها للدخول في مدار انتظار منخفض حول القمر. وتُحدّدُ موقع هبوط المركبة القمرية أقصي جنوب بحرِ الهدوءِ الذي يقع على بعد 20 كيلومترَ جنوب غرب الحفرةِ سابين دي (Crater Sabine D). واختير هذا الموقع للهبوط لأنه كَانَ متمُيّزَ نسبياً بتسطحه ونعومته بعد اختباره في الرحلات السابقة للمركبة رينجر-8 والمركبة التي هبطت علي سطح القمر سيرفوير-5 مع المركبة المدارية لرسم خرائط.

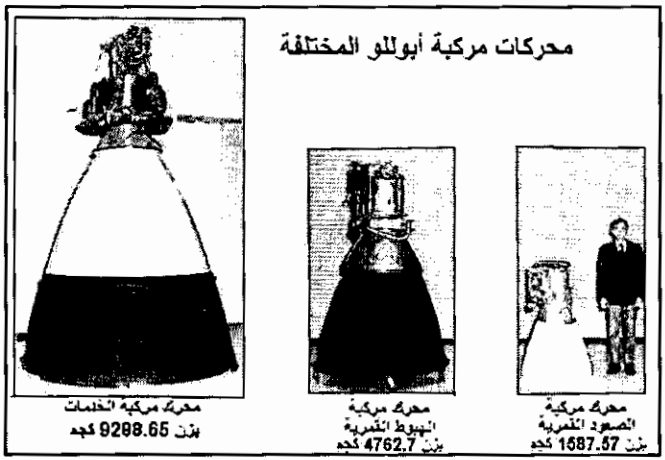
وتم انتقال رائدي الفضاء ارمسترونج والدرين إلي المركبة القمرية وفي 20 يوليو 1969 أي بعد حوالي مائة ساعة من الانطلاق انفصلت المركبة القمرية (إيجل) عِنْ مركبةِ القيادة (كولومبيا). وترك رائد الفضاء كولينز Collins، بمفرده على متن كولومبيا، ليراقبَ المركبة القمرية لضمان عدم إنحرافها أوْ تَلَفْها.

هبط آرمسترونغ علي سطح القمرَ في 21 يوليو 1969 الساعة 56 ك 02 س بتوقيت جرينتش، وقالَ كلمته المشهورَ "تلك خطوةٌ واحدة صغيرةٌ لرجل، ولكنها

---

[5] الجزء (11-4) مأخوذ من موقع //en.wikipedia.org/wiki/Apollo_11

قفزة هائلة للبشريةِ " وبعد ستّة ساعات و نِصْف الساعةِ بعد الهبوط إنضمَّ الدرين إليه، ووَصِفُ منظر القمر "كخراب رائع" .



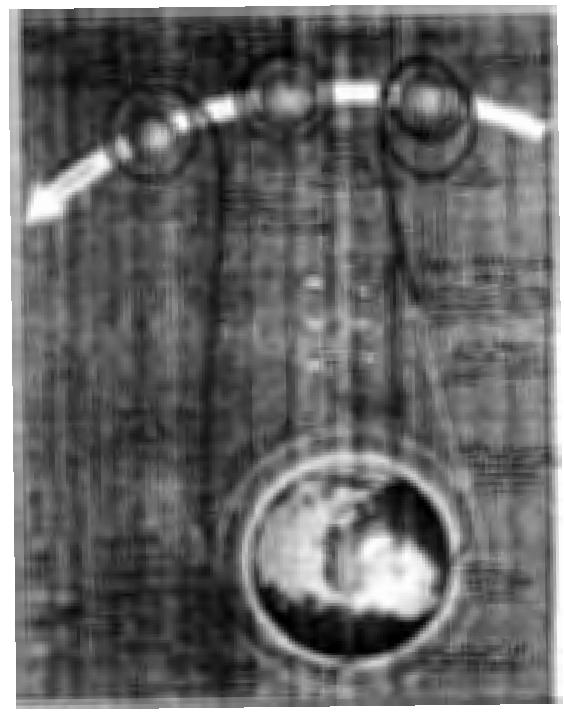
الشكل (3-9) محركات مركبة الخدمات والمركبة القمرية ومركبة الصعود.

حاول رائدا الفضاء تجربة عدة طرق للتَجول حول المركبة، بما في ذلك قفزاتِ الكنغرِ ذات القدمينِ. أصبحَ القفز هو الطريقة المفضّلةَ للحركةِ. التربة الناعمة للقمر كَانتْ زلقةً جداً. واوضح الدرين بأنّ الإنتِقال من نورِ الشمس إلى ظِلِّ المركبة القمرية (إيجل) ينتجَ عنه تغييرٍ في درجةِ الحرارة داخل البدلةِ، وكانت الخوذة أدفأ في نورِ الشمس، وأبردَ في الظِلِّ.

أتم رائدي الفضاء المهام الموكله اليهم من وضع اجهزة علمية وعلم الولايات المتحدة الأمريكية والتصوير وجمع عينات من تربة القمر، عادوا إلي غرفة الإعاشة بمرحلة الصعود بالمركبة القمرية بعد تشغيلها وضبط الضغط فيها ثم خلدوا إلي النوم.

بعد أكثر منَ ساعتين ونِصْف الساعة على السطحِ القمري، تَركوا ورائهم أجهزة علمية تَضمّنتْ صف عواكس تليسكوبي ليزري وتجربة زلزالية سلبية تُستَعملُ لقيَاْس قوة الزلازل القمرية. تَركوا أيضاً عَلَم أمريكي، شارة رحلة أبوللو-1، ولوحة نقش عليها رسومِ لنصفي الأرضِ (نصف الكرة الأرضيةِ الغربيةِ والشرقيةِ)، وتوقيع لروّادِ الفضاء والرئيس ريتشارد نيكسون. كما كتب عليه إهداء "هنا رجالُ مِنْ كوكب الأرضِ وَضعوا أول قدم على القمرِ، في يوليو 1969 بعد الميلاد، جِئنَا بالسلامِ لكُلّ البشرية". تَركوا أيضاً حقيبة تذكارية تَحتوي نسخة ذهبية

طبق الأصل لغصنِ زيتون كرمز تقليدي للسلام، رسالة علي قرص سيليكونِ. يَحْملُ بياناتَ عن النيّة الحسنةَ للرؤساءِ آيزنهاور وكنيدي وجونسن ونيكسون ورسائل مِنْ زعماءِ 73 بلدِ حول العالم. يَحْملُ القرصُ أيضاً اسماء لقيادةِ الكونغرس الأمريكي، واسماء أربعة أعضاء مسئولين عِنْ لجانِ مجلس النّوابُ ومجلس الشّيوخ، وأسماء إدارة ناسا العُليا القديمة والحديثةِ. وأخبار ناسا أيضاً، وطبقاً لقصة الكاتب ديكي سلايتون Deke Slayton بعنوان 'Moonshot'، حمل آرمسترونغ مَعه من الكاتب سلايتون دبّوسَ خاص رصع بماسة.



الشكل (3- 10) المرحلة الرئيسية لرحلة ابولو[6].

بعد حوالي سبع ساعاتِ مِنْ الإستراحةِ، ايقظهم مركز المتابعة بهيوستن للإِسْتِعْداد لرحلة العودةَ. بَعْدَ ساعتين ونِصْف الساعة، في الساعة 54ف 17س بتوقيت جرينتش، أقلعوا في مركبةِ الصعودِ (إيجل)،حَاملينُ معهم 21.5 كيلو مِنْ العيناتِ القمريةِ، والإِنْضِمام ثانية إلى رفيقهم مايكل كوليين على متن مركبة القيادة كولومبيا التي تنتظر في مدارِ حول القمر.

---

[6] "Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space of Space;2003"

بعد التحام مرحلة الصعود مَع مركبة القيادة كولومبيا، وانتقال رواد الفضاء اليها انفصلت مرحلة الصعود وتركت في المدارِ القمريِ في 21 يوليو 1969 في الساعة 41ق 23ص بتوقيت جرينتش. وقبل انطلاق رحلة أبوللو-12 مباشرةً، كانت مرحلة صعود أبوللو-11 ما زالَت في مدارها حول القمرَ. وذَكرتْ تقاريرَ ناسا لاحقاً بأنّ مدارِ مرحلة الصعود إيجل اضمحل حتي ارتطمت بالقمر فيَ "موقع مجهول". ولقد خَمّنَت ناسا بأنَّ المدار اضمحلَ خلال شهور حتي ارتطم بالقمرِ.

عادَ روّادَ الفضاء إلي الأرض في 24 يوليو، ووُضِعَوا فوراً في الحجر الصحي. هبطت مركبة القيادة على سطح المحيط الهندي في نقطة تبعد 2,660 كيلومترَ شرق جزيرةِ واك Wake، أو 380 كيلومتر جنوب جزيرة جونستون المرجانيةِ، و24
كيلومتر مِنْ سفينةِ استعادة المركبة، الباخرة الأمريكية هورنيت. وبعد استعادة رواد الفضاء من مركبة القيادة بساعة واحدة تقريبا نقلتهم مروحيةِ، وُضِع روّاد الفضاء في مقطورةِ صُمّمتْ كوسيلة للحجر الصحي المؤقت إلى مختبرَ الإستِلام القمري. وكان الرّئيس ريتشارد نيكسون على متن سفينةِ الاستعادةَ شخصياً للتُرحَيبُ بعودة روّاد الفضاء إلى الأرضِ.

وضع روّاد الفضاء في الحجر الصحي بعد إنزالهم من القمرِ بسبب المخاوفِ المحتملة من مسببات مرضية غير مكتشفة قد يحتويها القمر، والتي رُبَما تعُرّض لها روّاد الفضاء أثناء تجولهم علي القمر. وعلى أية حال، بعد تقريباً ثلاثة أسابيع في الحجر (أولاً في مقطورتِهم ولاحقاً في مختبرِ الإستِلام القمري في مركزِ المركبة الفضائيةِ الغير آلي)، أعطي روّاد الفضاء شهادة السلامة الصحية. وفي 13 أغسطس 1969، غادرَ روّادَ الفضاء الحجر الصحي بين هتافاتِ الجمهورِ الأمريكي. وأقيمت الإستعراضات علي شرفِهم في نفس اليوم في نيويورك، شيكاغو، ولوس أنجليس. وبعد أسابيع قليلة، تم دُعِوتهم مِن قِبل المكسيك لتكريمهم.

5-3 : رحلات السوفييت للقمر[7] :

مَرَّ العلماءُ السوفيت بنفس المراحلِ التي مر بها العلماء الأمريكان. بدأوا بتقدّم هامّ، تمثل في نجاح المركبة لونا-3، ولكن تخلفوا أكثر، بسبب قلة التنسيقِ وسوء تقدير الميزانيةِ المطلوبة. غَطّي الجيلُ الثانيُ من مسابر لونا (لونا 10،

---

[7] هذا الجزء (5-11) مأخوذ من "Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space of Space;2003"

11، 12، 14) نفس مهماتَ المسبار المداري القمري أو سيرفوير (لونا 5، 7، 9، 13) بَدأ برنامجَ الطيرانِ المأهول بعد فترة قصيرة مَع زوند-3 إلي زوند-8 قبل أنْ يتخلوا عنه، بعد الفشلِ المتكرّر للصاروخ ن-1.

إتّجهَ السوفييت بعد ذلك إلي برنامج بديلٍ حيث طورت مركبات قمرية آليةٍ لإحضار عيناتٍ وأستكشافُ التربةَ القمريةَ. نفذ هذا البرنامج الجيلِ الثالثِ من المسابر لونا، التي نجحت بعد عِدّة محاولات فاشلة، في احضار 100 جرام (لونا 16)، 50 جرام (لونا 20) و170 جرام (لونا 24) مِنْ التربةِ والصخور القمريةِ بواسطة كبسولة، تتحكم فيها ذراع آلي مَنْ بُعْد. الكبسولة، قطرها 50 سنتيمتر وتَزنُ 39 كيلوغراماً، ثمّ توَضعَ الكبسولة بمركبة الصعود في رحلة العودة المباشرة إلي الأرضِ، حيث يتم هبوطها بالمظلةِ. تم وضع عربة ليونوكهود (تناظر الجوال القمري) مرتين علي التربةِ القمريةِ (لونا 17 و21). ظلت ليونوكهود-1 تعمل 11 شهر وتجولت مسافة 10540 متر، بينما ظلت ليونوكهود-2 تعمل 5 شهورِ وغَطّت مسافة 37 كيلومتراً. وارسلت كلاهما عدد ضخم مِنْ الصورِ ومناظر بانوراميةِ. ولقد اجروا تحليلاتَ فيزيائيةً وكيميائيةً للتربةِ وحَملوا عاكس ليزري إلي سطح القمرِ ما زال يُستَعمل لتَحديد البعد بينِ القمرِ والأرضَ.

بعد نجاح المرحلةِ الأولي لإستكشافِ الإنسانِ للقمر، أُهملَ القمر بعض الشّيء مِن قِبل كلا من الأمريكان والسوفييت علي حدّ سواء. وبدأ الدور الياباني حيث حاولواَ أولاً اطلاق رحلات أضافية حول القمر. ففي 18 مارس 1990

كان القمر الصناعي هيتن Hiten، معد لإرسال المسبار جيوتيل Geotail، لوضع قمر صناعي ثانوي (مسبار) هاجورومو Hagoromo وزنه 12 كيلوغرام في مدار قمري يتراوح بعده عن القمر بين 20000 إلى 7400 كيلومترِ. وقد فقد الإتصال به قبل الوصول للمدارِ. وانتهت مهمة هيتن نفسه أيضاً في مدارهِ القمري في 15 فبراير 1992، حيث ارتطم أخيرا بسطح القمرِ في 10 أبريل 1993. ثم ارسلت اليابان مسبارِ آخرِ إلي القمرِ في 2004. حُملَت المركبة القمريةُ– أ ُ آلةَ تصوير قمريةِ وارسلت جهازين ثاقبين لإختراق التربة القمرية، لوضع احدهما علي الجانبِ المرئي، والآخر وضع علي الجانبِ البعيدِ، المُختفي بشكل دائم عِنْ الأرضِ. وُجهّزوا بمقياس زلزالي ومسبار لتدفق الحرارة.

بعد أكثر مِنْ عشرون سنة بعد نهايةِ المنافسةِ الأمريكيةِ والسوفيتيةِ في السباق إلي القمرِ، أطلقتْ الولايات المتّحدةَ المسبار كليمينتين–1 في يناير 1994، كَانَ هدفه تأهيل بَعْض التقنياتِ الجديدةِ. وقد قام بَعْض الأمريكان مع بَعْض الأوروبيونِ، بتَنفيذ تخطيط علميِ لسطحِ القمرِ، ورصد الكويكب جيو، أثناء حركته في المدارِ القمري بين 26 فبراير و3 مايو 1994. ولقد أرسلَ مليون ومئتا ألف صورةَ إلي الأرض، بدون أيّ فقد في البياناتِ.

مع البرنامج المعروف بمبادرةِ إستكشافِ الفضاء ، الذي أعلنَ مِن قِبل الرّئيسِ جورج بوش في الذكري العشرين لأولِ هبوط لإنسان علي القمر، بَدء الإهتمام مجدّداً بقمرنا الطبيعي، لأهدافِ مختلفةِ. مسبار المنقّبِ القمري الذي أُطلقَ في يوليو 1998. وكانت أهدافه الرئيسية دِراساتَ جيولوجية كيميائية بمطياف أشعة جاما، وقياسات للمجالِ المغناطيسى، والبحث عن الماء الثلجي في الأماكن المُظَلَّلةِ بشكل دائم في الحُفَر القطبيةِ. بالنسبة للهدف الأخير، فإن وجود الماءِ سَيَكُونُ ذو أهمية كبيرةَ لأيّ غزو إنساني مستقبلي للقمر. اكتشفت المستويات المميزة للهيدروجينِ بالقياسات الطيفية للنيوترونِ في القطبِ الشمالي القمري، وحتي المستويات العالية في القطب الجنوبِ. وفسر ذلك علي أنه إشارة إلي أنّ هناك ماء ثلجي إختلطْ مَع التربة القمرية بالقرب من سطح القمر. في نهايةِ مهمّة المنقب القمري في 31 يوليو 1999، تم تعديل مسار المنقّبِ القمري لكي يرتطم بأرضيةِ حفرة قمرية في القطبِ الجنوبي القمري. في نفس الوقت، قام تلسكوب هابل الفضائي وعدد كبير مِنْ المراصدِ الأرضَية برصد طيفي للغبارِ الناتج منَ الإصطدام. بالرغم من أنه لم يكتشف أي أثرَ للماءِ، إلا أن هذا لايثبت غيابَ الماء الثلجي علي القمر.

لِذلك، كنتيجة لهذه السلسلةِ الطويلةِ للرحلات السوفيتيةِ والأمريكيةِ، فإن القمر أفضل جرم سماوي معروفِ في النظام الشمسي، بعد الأرضِ. هو أيضاً الوحيدُ الذي تم الحصول منه علي عيناتُ صخريةِ .

كما تم رصده بالفعل مِنْ الأرضِ بالنسبة للوجهِ المرئي للقمر، فإن سطح القمر يتكوّن من مناطقِ مُظلمةِ ومناطقِ لامعةِ. بالرغم من أن الماءِ لَيسَ مرئيَ في الواقع في أي مكان في المنظر الطبيعي القمري، فإن المناطق المُظلمة يطلق عليها بحار Mare باللغة اللاتينةِ. وهي تُشكّلَ فقط 2 % مِنْ الوجه البعيد من القمرَ، لكنها تشغل أكثر مِنْ 30 % من الوجه المواجه لنا. البحار هي مساحات منتظمة ومنخفضةَ، تكَوّنَت من تدفقِ واسع للحممِ البركانيةِ، مكوّنة من

البازلتِ الغني بالحديدِ ثنائي التكافؤِ أكثر مِنْ البازلتِ الأرضي. إنّ انتظام البحارِ يُشوبهاً في أغلب الأحيان وجود حُفَر.

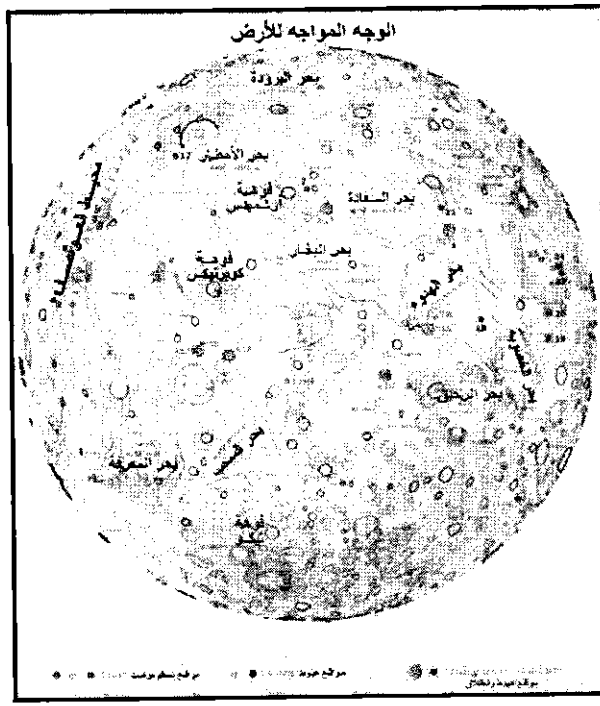
إنّ المناطقَ اللامعة تسمي اليابسة، أَو الهضاب أو المرتفعات. وهي تَغطي 84 % من السطح الكلي وهي من مادّة مختلفة جداً عن التي تتكون منها البحار. والتركيب الجيولوجي، للمرتفعات مكونةُ من أرض مسطحة أو مجموعةِ من عدد عظيم جداً مِنْ الحُفَر. متابعة لنِقاش طويل بالنسبة لأصل النشوء الذاتي أَو الخارجي لهذه الحُفَر، هو ناتج من سقوط النيازكِ علي سطح القمرَ، علي الأقل في أغلب الحالاتِ. وهي تَسْقط علي ثلاثة أصنافِ طبقاً لحجمِها.

الحُفَر الأصغر والأبسط، قياسُها أقل مِنْ 10 كيلومترِ عرضا وبعمق 2 كيلومتراً، لَهُا طوبوغرافيا داخلية مستوية. إنّ الحفرةَ لين Linne، قطرهِا 2500 متر، مثال جيد لهذا الصنفِ.

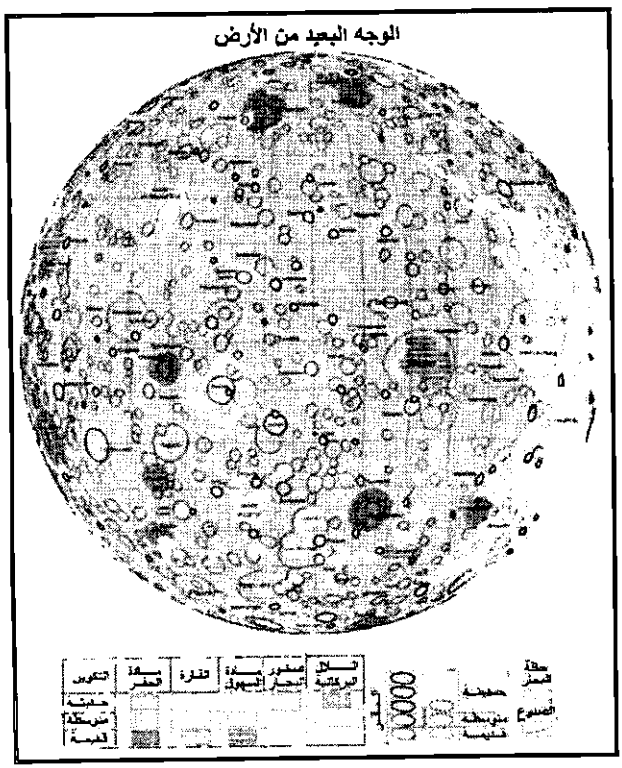
الحُفَر الأكبر،التي تتراوح أقطارهِا بينْ 20 إلي 200 كيلومترِ، أكثر تعقيداً. تظهر قمّة صخرية مركزية فيها مَع شكل مصطبة مركزية شكّلتْ نتيجة الإنهيار في الأرضية علي طول الحائطِ الداخلي للحفرةِ. إنّ الحفرةَ تيكو Tycho، قطرهِا 85 كيلومترَ، مثال جيد علي هذا الصنفِ الثاني، مَع وجود قمّة مركزية ومصاطب.

الحُفَر الأكبر، التي عرضها أكثر من 200 كيلومتر ، يَطلق عليها عموماً أحواضَ. مثال لحوض بحر الأمطار Imbrium، التي قطرها 1100 كيلومتر. تستبدل القمّةَ الصخريةَ المركزيةَ بشكل حلقي أكثر تعقيداً هنا. ويوضح الشكل (3-11) تضاريس وجه القمر المقابل للأرض كما يوضح مواقع تحطم وهبوط واقلاع المركبات. ويوضح الشكل (3-12) تضاريس وجه القمر البعيد عن الأرض.

بالرغم من أن أصلِ القمرِ مثيرا للجدلَ، وتأريخه اللاحق أصبح الآن مفهومُا. والتسلسل الزمني النسبي يعتمدَ علي أرصادِ علم الجيولوجيا. كثافة الإرتطامات، التي تكرر سُقطوطها عبر التاريخ القمري، يَكْشفُ عُمرَ المناطقِ المُخْتَلِفةِ للسطح. إن الظواهرِ الأحدث التي حدثت فوق الظواهر الأقدم. إن الحُفَر الأكثر حَداثةً قَدْ تَحْدثُ علي طبقة صخرةِ بازلتيةِ، حيث يخفي التدفق البازلتي الحديث الحائطِ الخارجي لحفرةِ أقدم، وهكذا.



الشكل (3-11) تفاصيل سطح القمر المواجه للأرض.



الشكل (3-12) تفاصيل سطح القمر البعيد عن للأرض.

الفصل الرابع
استكشاف المجموعة الشمسية

4-1 : إستكشاف الشمس

4-2 : إستكشاف المريخ

4-3 : إستكشاف الزهرة

4-4 : استكشاف عطارد

4-5 : الكواكب العملاقة

4-6 : الكويكبات

استكشاف المجموعة الشمسية[8]

1-4 : إستكشاف الشمس :

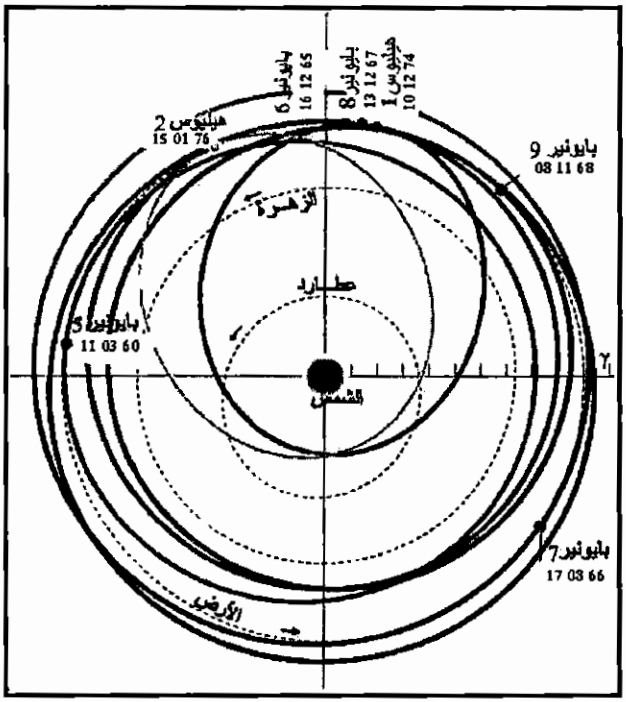
للهُرُوب مِنْ جاذبيةِ الأرضِ، تَتخذ المَسابرَ مسارات مبتكرة تُوسّعُ آفاقَ أرصاد الإنسانِ إلى أبعادِ مجهولةِ جداً.

لَيستْ كُلّ مركبات الفضاءِ التى وَضعتْ في مدار شمسيةِ يقصد بها إستكشافِ الكواكبِ. فُهدَفُ بعضُها تَحليل وسطِ بين الكواكبِ ورصدُ الظواهرَ على سطح للشمسِ الشكل (4-1). حيث يُقابلُ التدريج الأيمن من المحور الأفقي الذى يمر بالشمس 10 وحداتِ فلكيةِ ويعبر عن ابعاد الكواكب، كما توضح نقطة γ في النهاية اليمني من المحور الأفقى، إتّجاه نقطة الإعتدالِ الربيعي عام 2000 م. ويوضح الشكل أيضا مدارات عطارد والزهرة والأرض ومدارات مسابر بايونير 5، 6، 7، 8، 9 وهليوس 1، 2 وتاريخ اطلاق كل منها.

مسبار بايونير-5 كَانَ أولَ مسبار لهذه المهمّاتِ، فقدَ حْملُ أجهزة لدِراسَة الحقولِ المغناطيسيةِ، البلازما الشمسية والأشعة الكونية. شُكّلت المَسابر التالية، بايونيرُ-6 إلى 9، شبكة لرصدِ سطح الشمس. وكَانت هذه المسابر أفضل تجهيزاً وقادرة على عمْل دِراساتِ أكثرِ تفصيلاً للبلازما، بالإضافة إلى رصد سطح الشمسَ والإنفجارات الشمسية بالمنظارِ. وهذه المَسابرِ هى التي إكتشفتْ الذيل المغناطيسى للأرض (الناتج من تأثير الرياح الشمسية) وأجرتْ أول القياسَات الدقيقةَ لكثافةِ البلازما الشمسيةِ، بالإضافة إلى رصد مذنبَ كوهيتك **Kohoutek** وعملُ قياساتَ لمعرفة العلاقةَ بينهما.

---

8 هذا الباب من **"Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space of Space;2003"**



الشكل (4-1).
مدارات مَسابرِ تدور حول الشمس.

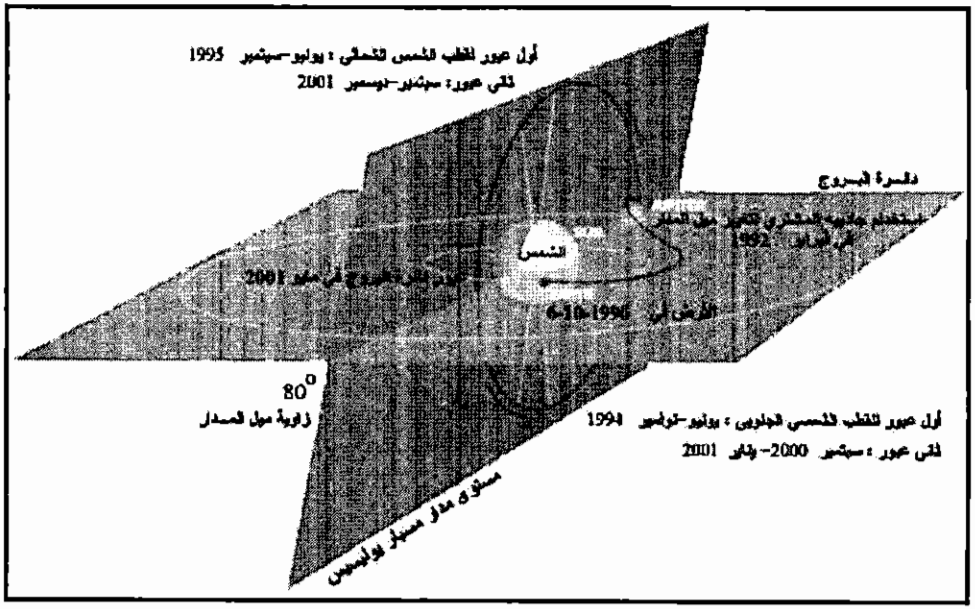
وتُلا ذلك مَسباران شمسيان ألمانيانِ. نقطتا حضيض مدارهما على بعد 45 إلى 48 مليون كيلومترٍ مِنْ الشمسِ، وهما أقرب الأجسامَ الصناعيةَ على الإطلاق مِنْ الشمسَ. ومهمتهما بالإضافة لدِراسَة الحقلِ المغناطيسي، دراسة البلازما الشمسية والأشعة الكونية، كما تَضمّنتْ كشفَ النيازكِ الدقيقةِ micro-meteorites و دراسة فوتومترية للضوءِ البروجي.

صممت رحلة المسبار أوليسيس ليتخذ مدار قطبي حول الشمسِ وعمل الأرصادَ الوحيدة التى تمت حتى الآن فى مستوى دائرة البروج. وكَانَ هذا مشروع مشترك بين وكالة الفضاء الأوربيةِ وناسا، وَعرف كمهمّة دولية لدراسةِ الأقطابِ الشمسيةِ في 1979. واطلق مسباران آخران فى إتجاهان متضادان. على أية حال، أهملت ناسا هذه المهمة في 1984. هذا يعَنى أنّ عدد معيّن من الأجهزة وإمكانيةِ عمل أرصاد مجسمةِ لحظيا تم إهمالها أيضاً. وبعد عِدّة تأجيلات، تم الإنطلاق أخيراً في 1990 بالمكوك الفضائي ديسكفري. تبعه أولّ تحليق حول القطبِ الشمسَى الجنوبيَ في 1994م، ثم التحليق حول القطب الشمالي في 1996، وامتدت مهمّة أوليسيس حتى 2001، وتم التحليق الثانى حول الأقطابِ في 2000 و2001. ويوضح الشكل (4-2) عبور المسبار أولا

فوق القطبِ الشمالي لكوكب المشتري، لإستغلال جاذبيه الكوكب لتعديل ميل مدار المسبار على دائرة البروج ليصبح 80°. وإذا تم ذلك التعديل بدون استغلال جاذبية المشتري سيحتاج المسبار سرعة إنطلاقٍ 42 كيلومتر في الثّانية لكى يوضع فى نفس المدارِ. ومثل هذه السرعةِ كانت فوق امكانيات صواريخ الإطلاقِ المتاحةِ فى ذلك الوقت.

يوضح الشكل (4-2) بداية إطلاق المسبار من الأرض في 6 أكتوبر 1990م وحركته ليتجه فوق كوكب المشتري ليغير ميله ويتخذ مدار جديد حول الشمس بزاوية ميل 80° تمكنه من المرور فوق القطب الشمالي والجنوبي للشمس وتوضح التواريخ موعد أول وثاني عبور فوق كل منها.

إحدى مشاريع ديسكفرى ناسا، تسمى التكوينِ Genesis، إنطلقَ في أغسطس 2001، لِيَدُورُ فى مدار قريب من الشمسَ لجَمْع جزيئاتِ من مادةِ الشمسِ وإحضارها إلى الأرضِ. وكان هذا المشروع ضمن ابحاث لجمع عيناتِ لكويكبات ومادّةِ المذنبات التي ستؤدى إلى فَهْم أفضل عِنْ السديم الشمسى الأولى.



الشكل (4-2). مسار أوليسيس: عبور المسبار فوق القطبِ الشمالي للمشتري، ليغير ميل مداره.

2-4 : إستكشاف المريخ :

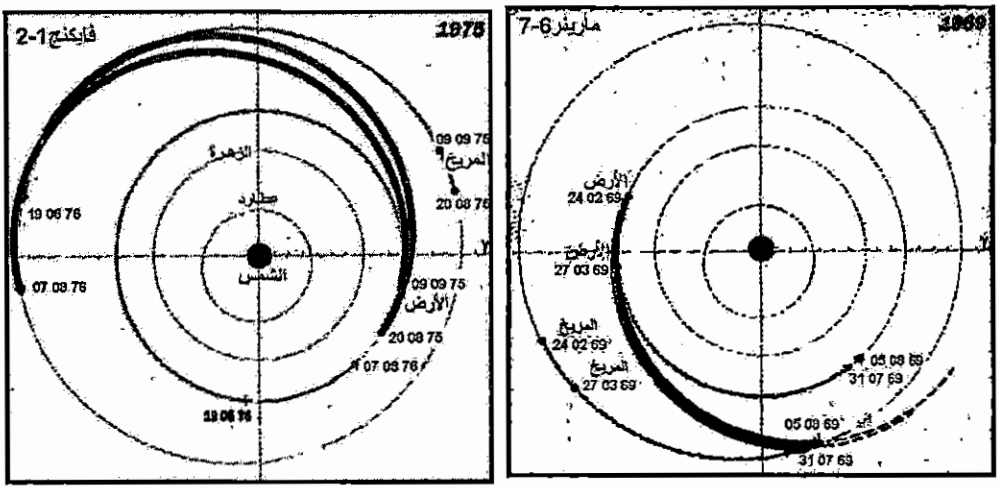
في بدايات استكشافات كوكب المريخ فقد الإتصال بالمَسابرُ السوفيتيةُ المريخ1 وزوند2 قبل تحليقِهما بالقرب من المريخَ. كانت مارينر4 أول مِسبارٍ يمدنا بمعلومات عنُ هذا الكوكبِ، على شكل صور فيديو، وقياسات للمجالِ المغناطيسي والضغطِ الجوّي. يوضح الشكل (4-3) مسار رحلات مارينر 6 و 7 ، أرسلُتا 75 و 126 ْ صورةِ للمريخ، على التوالي، بالإضافة إلى أول صورة لقمر المريخ فوبوس (مارينر 7).

أطلقَ السوفييت مِسباران في عام 1971م وأربعة مسابر في عام 1973: تم ارسال صور قليلة مِنْ مسبار المريخ 2 &3 المداريان . ارسل مسبار المريخ-5، 70 صورة عالية الوضوح والجودة لجزءٍ من نصف كرة المريخ الجنوبيةِ، وتم عمل قياسات للغلاف الجوّى بعد هبوط مركبة على سطح الكوكب من المسبار المريخ-6 التي اكتَشفتْ تركيز عالي مِنْ غاز الأرجونِ فى الغلاف الجوى. توقفت محاولاتَ السوفيتيَ حتى عام 1988 حيث تم ارسال رحلات إلى القمر فوبوس.

على النقيض من ذلك، كانت الرحلات الأمريكية بين 1971- 1975 ناجحة تماماً. فيُنْسَبَ إليها فضل أغلب معلوماتنا الحالية عن المريخ. أُطلقَت مارينر-9 بعد مسبار المريخ-2 وكَانَت أول مَنْ يَتخذَ مدارَ حول الكوكب، ويرجع الفضل إلى مرونة برنامجه، حيث كَانَ قادرا على الإنتِظار حتى تنتهى العاصفة الرمليةِ على سطح الكوكب قبل إرْسال 7323 صورةَ غطّت 90 % مِنْ سطح الكوكبَ. حصّلَت مارينر-9 أيضا على صورَ للقمرين فوبوس وديموس، كذلك عمل قياسات عن الضغطِ الجوّي ودرجةِ حرارة سطح الكوكبِ.

مع رحلاتِ فايكنجَ الشكل (4-3)، أنزلَ الأمريكان أول مركبةِ هبوطِ لهم على المريخ. وهكذا حَصلوا على سلسلة من البياناتِ عن التركيبِ الجزيئي للجوِّ، الكثافة، ودرجات الحرارة والضغط علىْ إرتفاعْ 90 كيلومترِ، والرياح على سطح الكوكب والتحليل الكيميائي للسطح. ولقد بحثوا دون جدوى عن آثارِ لنشاطِ حيوي. واستنتجوا لاحقاً أنَّ الظروف الفيزيائية والكيميائية على السطح تُمحوُ أيّ دليل عن آثار الحياةِ الماضيةِ. والفرصة الوحيدة لتَحديد مكان أيّ من هذه الآثار تَكْمنُ في البحث فى الأعماقِ تحت سطح الكوكب. بالإضافة إلى تصوير القمر ديموس، غَطّتْ المسابر المدارية حول الكوكب تصوير سطحَ الكوكبَ بعمل فسيفساء مِنْ 2500 صورةِ كما انجزت مسحا حرارياً لسطح الكوكب.

ولقد استكمل إستكشاف المريخ مرةً أخرى عام 1988 م برحلات واجهتها سلسلة من الفشل. وكَانتْ الرحلة الأولىَ للسوفيتَ للقمر فوبوس.



الشكل (4-3). بعض رحلات استكشاف المريخ.

حيث شملت مسبار مدارى حول القمر، ومركبة للهبوطِ على سطحه ملحق بها جهاز ثاقب للتربة، ومركبة هبوطِ للتجول عبر سطح القمر في مساحة قطرها 20 مترِ. ولسوء الحظ، فشل المسبار الأول فى ارسال القياسات التيليمترية وفقد المسبار الثانى الإتصالُ بالأرضِ عند وَصولهُ قربَ كوكب المريخَ. النَتائِج الوحيدة التى تم الحصول عليها كانتْ قياسات للكرة المغناطيسيةَ للكوكب وأرصاد طيفية فوتومترية للأشعة تحت الحمراءِ لمناطقِ محددة من سطح المريخ.

اطلق المسبار الأمريكى (راصد المريخ) Mars Observer عام 1992م لكن قطعت الإتصالاتَ به قَبْلَ أَنْ يدَخلَ المسبار مدار المريخَ في أغسطس 1993. كانِ الهدف الرئيسي لهذه المهمّةِ التي تكلفت 980 مليون دولار، وضعْ خرائطٍ دقيقةً عِنْ الكوكبِ. والرحلة الروسية إلى المريخ، التي شارك فيها أكثر أعضاء وكالة الفضاء الأوربية ESA ، أجلت لمدة طويلة بسبب انهيارِ الإتحاد السوفيتي. واطلق أخيرا مسبار المريخ 96 ، بإمكانيات أقل طموحا مما خطط له من قبلِ، وانتهى بالفشل في المحيط الهادي بعد الاطلاقِ مباشرة في نوفمبر 1996.

بعد فشلِ مسبار راصد المريخ، أعادَت ناسا التفكير فى شكل برنامجَ إستكشافِ المريخَ واتجهت نحو المَسابر ذات الوزن الخفيفَ وانتجت مسابر سيرفوير Surveyor. واطلق سيرفوير في نوفمبر 1996، ليَدْخلُ مدارَ المريخ القطبي في 12 سبتمبر 1997. وأطلق المِسبار الأمريكي باثفايندر pathfinder، في ديسمبر1996، الذى نَجحَ في الهبوط على سطح المريخ في 4 يوليو 1997، بإستعمال مِظَلاتِ وأكياس هوائية.

بَدأ سيرفوير فى أَخْذ البياناتِ فى منتصفِ مايو 1999، بعد مرحلةِ تقليل سرعته التي كَانتْ أطولَ مِما كانْ متوقّع لها بسبب الفتح الجزئي للوحة الخلايا الشمسية. حَملَ المسبار أربع أجهزةِ رئيسيةِ. آلة تصوير تتيح صورة يومية ذات زاويةِ تصوير واسعةِ وصور ذات درجة تباين تصل إلى 1.5 متر، لكي يَرْسمَ الخريطةَ الدقيقةَ التي لم يتمكن مسبار راصد المريخ من إتمامها. وجهاز قياس ارتفاعات ليزرى ليمدنا بقراءات للإرتفاعاتَ. والمقياس الطيفى للإشعاع الحرارى أنتجَ مسح حرارى بالأشعة تحت الحمراء. وجهاز قياس مغناطيسية الكوكب وجهاز قياس عاكسية الإلكترونات لقياس المجال المغناطيسى على مستوى سطح الكوكب وأيضاً في طبقة الأيونوسفير لجو المريخ. الذى كَشفَ فى طبقات القشرة المريخية عن دليل على مجال قطبى قديم نتج من تأثير لب الكوكب.

أنزل مستكشف المريخ عربة آلية تسمّى سوجورنر Sojourner ذات ست عجلاتِ صغيرةِ على سطح المريخ. كَانَت مُجهّزة بزوج من آلات التصوير المجسمة ومقياس طيفى ألفابروتون، كلاهما ألماني التصميّمَ، والأخيرة يرافقها مقياس طيفى للأشعة السينية أمريكية الصنع َحَملَت المركبة التى هبطت على الكوكب هوائى لإرسال البيانات، مع مستشعرات لقياس درجةِ الحرارة، الضغط والرياحَ.

على النقيض من ذلك، إرتبطَت رحلة 1998 بكارثةَ، حيث تحطمت مركبة دراسة مناخ المريخ المدارية أثر مناورة خاطئة مما تسبب فى تحطمها على سطح الكوكبِ، وما زالَ صمتاً غير مفسر عن مركبةُ المريخ المدارية القطبيةِ.

أخيراً، في يوليو 1998، أطلقت اليابان المسبار نوزومى Nozomi لرصد الغلافِ الجويِّ العلوى للمريخ، وبيئته المُؤَيَّنة وحقله المغناطيسي. وواجه المسبار صعوبات وجهته فى اتجاه مسار الخروج من جاذبية الكوكب

بنِهايةِ 1998،وتم ايجاد حل بديل لعودة المسبار للمريخ مرة أخرى من أكتوبر 1999 إلى ديسمبر 2003.

أعادت ناسا مجددا إستكشافِ المريخَ ضمن إطار برنامج مستكشفِ المريخَ في أكتوبر 2000، بعد فشلين في 1998،. وهذا تَشْملُ:

1- المسبار اوديسيا المريخ تم اطلاقة فى 7 أبريل 2001، وأخذ مدار حول المريخ في ساعتين. كانت أجهزته تشمل نظام تصوير للإشعاع الحراري، آلة تصوير ذات درجة تباين عالية. ومقياس طيفى للأشعة تحت الحمراءِ الحراريةِ صمّمتْ لدِراسَة جيولوجيا الكوكب والبحث عن الثروة المعدنية فيه. ومقياس طيفى لأشعة جاما لتحديد العناصر الكيميائيةِ، وبشكل خاص الهيدروجين تحت السطح، وجهاز MARIE لدِراسَة الإشعاع على مقربة من الكوكبِ.

2- إرسال عربتى مستكشف المريخ الجوال في 2003.

3- إرسال مستطلع المريخ المدارى Mars Reconnaissance Orbiter في 2005، للحصول على أرصاد عالية الجودة (من 20-30 سنتيمتر).

4- إرسال مختبر عِلْمِى متنقلِ في 2007، للرحلات الطويلة بعيدة المدىِ، خاصة للتجهيز لرحلات جلب عينات من المريخ للأرضِ.

5- مهمتا عودةِ عيّناتِ خطط لإنجازهما فى 2014 و2016. الأولى تم اطلاقها فى 2011 ، من خلال التعاونِ مَع CNES و ASI ، وتتضمن إحضارِ وعودةِ العيّناتِ.

بصرف النظر عن الرحلات الرئيسية، تترقب ناسا خطة لرحلةِ 'المستكشفِ' Scout التي ستَضعُ مستشعرات في عربات جوالة صغيرة على الكوكب.

خطّطَت ناسا أيضاً لشبكةً إتصالات بين المريخ والأرضِ تعتمد على مسابر متزامنة مع المريخ (دورتها حول الكوكب لها نفس دورة الكوكب حول محوره) توضع فى مدار حولهِ. ومسبار المريخ السريع Mars Express مُجهّز بسبعة أجهزة : جهاز لدِراسَة التفاعلِ بين الرياح الشمسيةِ والغلاف الجوّي للمريخ، وجهاز مسجلِ لصور ملونة مجسمة ذات درجة تباينِ عالية تصل لمترِ واحد، ومقياس طيفى لرسم خرائط الأشعة تحت الحمراء لمعادن سطح الكوكب وتركيب الغلاف الجويِ، وجهاز لقيَاس التغيراتِ في الجاذبيةِ

والضغطِ ودرجةِ الحرارة باستخدام الموجات الراديوية، ومقياس فورير الطيفى لقيَاس توزيع بخار الماءِ، وجهاز لقياس طيف الأشعة فوق البنفسجية لمعرفة التركيبِ الجوّي وقياسِ الأوزون، وجهاز لقياس الإرتفاع بواسطة رادار صوتِى للكشف عن الثلج، والماء أو الأرض الجافة على عمقٍ مِنْ كيلومترين إلى ثلاثة. ومركبة هبوط صغيرة، تسمى كلب الصيد-2، لتَبْحثُ عن آثارِ نشاطِ حيوي من تحليلِ عيناتٍ تم الحصول عليها من الكوكب. سَتَكُونُ مُجهّزة بآلة تصوير ومستشعرات جوّية.

أخيراً، هناكُ هدفُ آخر حى فى الأذهان، هو إمكانية اطلاق رحلة برواد فضاء الى المريخ، إلا أن هذا الهدف مؤجل الى للمستقبل البعيد.

3-4 : إستكشاف الزهرة :

كان السوفييت الأوائل فى التحليق بالقرب من كوكب الزهرة بالمركبة فينيرا-1 **Venera-1**، رغم أنّها فَقدَت الإتصالَ قبل تحقيقها هدفِ الرحلة، وهذا ماحدث بعد ذلك للمَسابر السوفيتية الأربعة التالية. لذلك، حصل الأمريكان على سبق الحصول على ارصاد لكوكب الزهرة بمسبار مارينر-2. ولقد إبتكروا أيضاً وطبقوا طريقةَ الإستتار حيث يمكن الحصول على بيانات عن الكثافةَ ودرجةَ الحرارة الخاصة بجوَّ الكوكب مِنْ دراسة التشوهِات التى تحدث لإشارة يبثها المسبار عند مرورهُ خلف الغلاف الجوّىَ للكوكب. ولقد طبقت هذه الطريقةِ بشكل منتظّم مُنذُ ذلك الوقت.

مَع فينيرا-4 ، بدأ العلماء السوفيت فى استخدام مسبار يحلق قرب الكوكب وانزال مركبة على سطحه، بذلك تم الَحْصولُ على أول نَتائِجِهم. وقد إكتشفوا هالةَ الهيدروجينَ حول كوكب الزهرةِ وحَصلوا على أول مخطط لدرجةِ الحرارة والضغطِ للغلاف الجوّي، بالإضافة إلى اجراء تحليل كيميائى للغلاف الجوى. وكان يتم تطوير وحدة الهبوط فى كل مهمة جديدة، حتى مَع فينيرا-8 التى اصبحت تقاوم درجة الحرارة والضغط على سطح الكوكبِ (450 ° ، 100 ضغط جوىّ) وارسلت اول بيانات عن تحليل تربة الزهرة.

واطلق السوفييتِ فينيرا-9 ، التي تَضمّنَت مسبار يحلق قرب الكوكب ووحدةِ هبوطِ التى إستبدلَت فى مهمات فينيرا-15 و16 بنظام راداري. ولقد جهزت الوحدة بذراع آلية لأَخْذ العيناتِ من سطح الكوكب في مهمات فينيرا-13و 14، وأيضاً فى مهمة المسبار فيجا. ولقد انزلت منطاد جوّي الشكل (4-4). وكان الانجازات الأساسية هى تحليل غازات الغلاف الجوى و العواق

aerosols، والكشف عن احتمال حدوث البرق ، والحصول على بيانات عن حركة الغلاف الجويِ، التركيب الكيميائي للغطاء الصخري (فينيرا **13** و14و فيجا **2**)

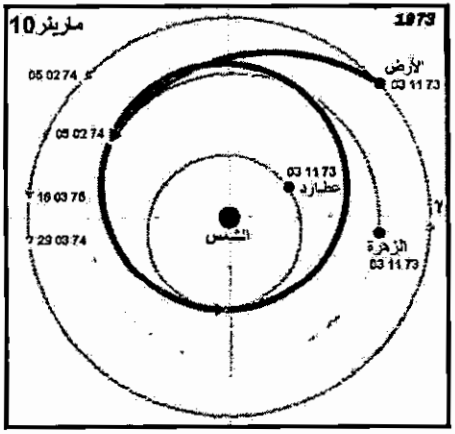
الشكل
(4-4)
هبوط وحدتي فيجا-1 &2: مراحل الهبوطِ في الغلاف الجوى للزهرةً. أطلقاَ في 11& 15 يونيو 1985.

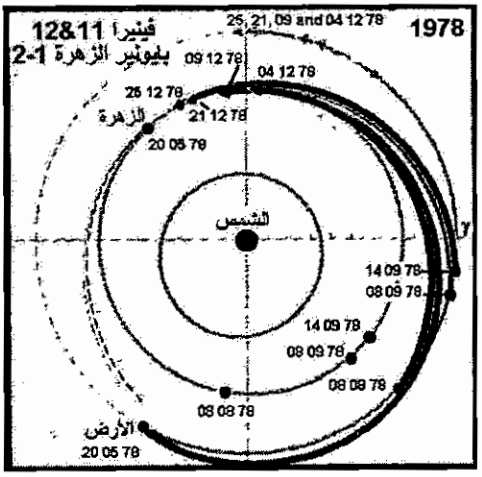
وكثافته (فينيرا 9 و10)، النشاط الزلزالي (فينيرا 13 و14)، تصوير السطح (فينيرا 9 و 10 و13 و14) ومسح رادارِي (بدقة 1.5 كم إلى 2 كم) وخرائط حراريه لنِصْفِ نصف الكرة الشمالي للكوكبِ (فينيرا 15و16).

بين عام 1962 وعام 1974، تابعتْ الولايات المتّحدةَ أرصادها الخاصةِ لكوكب الزهرة. استخدمت ارصاد مارينر-5 ملاحظاتَ لحِساب نصفِ القطر الإستوائي، بينما استخدمت بيانات الأيونوسفير مع ارصاد المغناطيسية الطبيعية الضعيفة لصنع نموذج أصلي للتفاعلِ بين الأيونوسفيرِ والرياح الشمسيةِ. رغم أنّ مارينر-10، كانت مجهزة لرصد كوكب عطاردِ حيث مرت على بعد 756 كم من

عطارد في 29 مارس 1974 وعلى بعد 48069 كم في 21 سبتمبر 1974 وعلى بعد 327 كم في 16 مارس 1975، إلا أنها أرسلت 3500 صورَة فوق البنفسجيةَ عندما حلقتِ على بعد 5760 كم من الزهرةَ في 5 فبراير 1974 الشكل (4-5)، وبذلك وسعتْ معرفتنا كثيراً عن الحركاتِ واسعة النطاقِ في الغلاف الجوّي الأعلى للكوكبِ.

ولقد أطلقت مركبة فيجا وهي في طريقها لمذنب هالي عندما اقتربت من كوكب الزهرة كرة تحتوي على جزئين أحدهما مركبة تهبط على الزهرة والآخر بالون يحلق في سحب الكوكب على ارتفاع 54 كم. ولقد انقسمت الكرة إلى نصفين أحدهما سفلي سقط بفعل جاذبية الكوكب والآخر علوي متصل بمظلة لتقليل سرعته. هبطت مركبة الهبوط بمساعدة مظلة حتى تقلل من سرعة هبوطها إلى أن اقتربت من السطح فتم غلق المظلة وتحررت المركبة منها





الشكل
(4-5)
مسارات الرحلات تجاه كوكبي الزهرة وعطارد في عامى 1973 و 1978.

واستقرت على السطح بأمان. أما البالون فيكون فارغ في البداية وملحق به ثقل ومظلة ليساعداه على الهبوط إلى الإرتفاع المطلوب ثم ينفخ البالون ويلقي بثقله بعد فترة حتي يستطيع البالون التحليق في جو الزهرة ووسط سحبها.

بعد فترة توقف استغرقت حوالي عشْرة سَنَواتٍ، عادتْ الولايات المتّحدةَ إلى كوكب الزهرةِ برحلتين: بايونير الزهرة وماجلان التي أمدتنا بأكثر البياناتِ فائدةِ تم الحصول عليها حتى الآن مِنْ الكوكبِ.

انطلقت مركبة بايونير الزهرة المدارية-1، في 20 مايو 1978 الشكل (4-5)، رسم خريطة راداريةِ عمودية لمساحة 83 % مِنْ سطحِ الكوكبَ، تصل دقتها إلى حوالى 200 متر، بالإضافة إلى تصويرالسحب في طبقات الجوّ العليا، وتم تقدير الكثافةِ والجاذبيةِ. بالإضافة، لتكملةَ ارصاد مارينر 5 و 10 عِنْ التفاعلِ بين أيونوسفيرِ الزهرة والرياح الشمسية.
إنطلقَت مركبة بايونير الزهرة-2، في 8 أغسطس 1978، أحتوت على مركبة نقلِ (أو حافلة) وأربعة مَسابر دخولِ للكوكب. الأول يحَلّل الجوّ بين إرتفاعاتِ 150 إلى 115 كيلومتر قبل تَحْطمها. دَرستْ المَسابرُ الأربعة درجةُ الحرارة والضغطُ وتركيبُ السحب والغازِ في طبقات الجوِّ السفليِ.

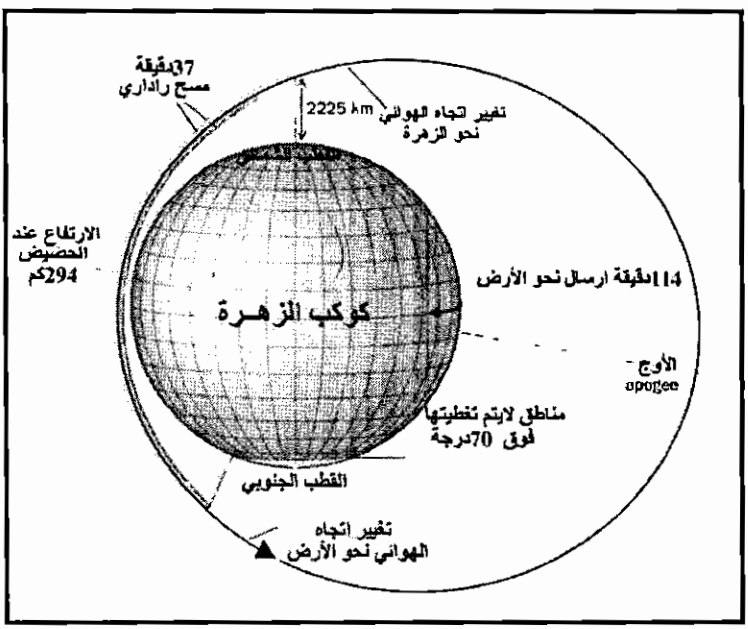
مركبة ماجلان أُطلقَت في 4 مايو 1989 ودخلَ فى مدارِ حول الزهرةِ في 10 أغسطس 1990 الشكل (4-6). إتخذ مسبار ماجلان مدار شبه قطبي ليتمكن من تغطية الكوكبَ الذي يَعْبرُ تحته أثناء يومِ الزهرة بالكاملَ تقريبا، ويستغرق يوم الزهرة 243 يومَ أرضيَ. تَدُورُ الزهرةُ حول محورها في اتجاه تراجعُيا (عكس اتجاه دوران الأرض حول محورها أي في اتجاه دوران عقارب الساعة). لذا يحَدثَ العبور المتتالي في اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة prograde . كَانتْ دورة ماجلان المدارية 3س 15 ق ، يستغل من هذا الوقتِ 37 دقيقةُ لتصوير سطحِ الزهرةِ. على أية حال، البَدْء بالتَصوير في الأوقاتِ المختلفةِ، توزع المساحاتَ التي يتم تصويرها على خطوطِ العرض المختلفةِ.

حققت ماجلان عِدّة نَتائِج مهمة، رغم أنها كانت تحَمْل جهاز واحد فقط. غَطّى تقريباً 98 % مِنْ سطحِ الزهرة بخرائط راداريةِ، بدقة تصل إلى˚ 100 متر قرب الحضيض و360 متر عند القطبِ. بالإضافة إلى عمل مسحَ راداري للإرتفاعات لدقة عمودية تصل إلى 30 متر وحسابُ درجةَ حرارة السطحَ بدراسَة عاكسيةٌ أرضِ الزهرة لموجاتِ الرادارِ. وطوبوغرافية الزهرةِ تم الحصول عليها مِنْ تغطيةِ رادارِ ماجلان. حيث تقع القارة الرئيسية، المسمّاة أفرودوتِ (الاسمِ اليوناني للزهرةِ)، جنوب خطِ الإستواء. والقارة الثانية،

عشتار (الاسم البابلي لها)، تَقعُ في نصف الكرة الشماليةِ، وجبال ماكسويل أعلي قمّة علي الكوكب إرتفاعِها 10800 مترِ. إنّ مستوى قياس الإرتفاعاتِ كرةهو نصفِ قطرها 6051 كيلومترَ يُقابلُ متوسط سطح أرض الزهرة.

إن التماثل الكبير بين الزهرة والأرض في الحجم والكثافة أظهر العديد مِنْ المقارناتِ التكتونية والظواهر البركانية التى تَحْدثِان على الكوكبين. وبشكل خاص، الصور التى ارسلها مسبارِ ماجلان والتي أُستَعملُت للبَحْث عن دلائلِ عن حركاتِ تكتونية. بَعْض التراكيبِ الدائريةِ المُميّزةِ، المعروفة بالهالةِ، تم رصدها على سطحِ الزهرةِ، بقياس عِدّة مئات من الكيلومترات عبر الكوكب. هذه التشكيلاتِ الغريبة جداً تفسير عام لإرتفاع الحمم البركانية الذائبةِ مِنْ العباءةِ. للحصول على بياناتَ أكثرَ تَتعلّقُ بهذه الفرضيةِ، وقد خفّضَت ناسا استطالة مدارِ ماجلان في نهايةِ مهمّتِها.

بالرغم من أن الزهرة لم تزل مبهمةً فى العديد من النواحِى، فلم تحدد وكالاتِ الفضاءِ المُخْتَلِفةِ مهماتَ قريبةُ بشكل واضح ، ما عَدا مهمّةِ مختبرِ



الشكل (4-6) مدار مسبار ماجلان حول الزهرةِ.

الزهرةِ ناسا، بين 2005-2010. على أية حال، هو يُؤكّدَ على أنّ مركبة بايونير الزهرةَ الأمريكيةِ ومركبة ماجلان حصلتا على حصاد كبير مِنْ

البياناتِ التي يَستغرقُ استغلالها بالكامل بَعْض الوقتِ. الخرائط المُفصّلة للزهرةِ الجاري تنفيذها حالياً في مركز المسح الجيولوجي الأمريكيِ سَيَتطلّبُ الكثير مِنْ التفسيرِ والمتوقع استغراق سَنَوات قادمة.

4-4 : استكشاف عطارد :

رصد مِسبار فضائي واحد فقط مارينر-10 كوكب عطارد، وأطلق هذا المسبار في إتّجاهِ الزهرةِ لإستخدام جاذبيتة للإنحرفَ نحو عطارد، لتُوفيّرَ الطاقةَ. بدون هذا المسارِ المبدعِ، كانت المركبة ستحتاج الكثيرَ من الوقود الدافعُ للرحلة، ولا توجد مركبةَ إطلاقِ أبداً قادرة على وَضْع المسبارِ في هذا المدارِ. استخدمت نافذة 1973ُ لإطْلاق مارينر-10، وادخل المسبار فى مدارِ شمسيِ بيضاوى بدورة ضعف دورةِ عطارد. وبهذه الطريقة، كان الكوكب يحلق عاليا كُلّ 176 يوم. حيث يُكملْ عطارد ثلاث دوراتَ حول محورِه مقابل كُلّ دوررة حول الشمسِ، لذَلك فإن المسبار يرصد دائماً نفس الموقعَ الشكل (4-7).

استمرت الإتصالات بالمسبارِ أثناء العبور القَريبِ في الثلاثة مرات الأولى. لكي يتم تَجْميعَ بياناتَ الحقلِ المغناطيسي، لابُدَّ أنْ يَطِيرَ المسبار قرب الجانبَ الليليَ، بينما كَانَ منَ الأسهلَ الطيران فوق الجانب المضىء لأَخْذ الصورِ. من الناحية الأخرى، من المهمُ لمقارنة الخواص الفيزيائية للكوكب رصد المجالات المغناطيسيةِ حول الأرضِ وعطارد، حيث انهم أقوياء جداً في هاتين الحالتين، بينما لاتوجد هذه المجالات في المريخِ والقمر. أتمت مارينر-10 أيضاً قياسات لدرجةِ الحرارة السطحيّةِ على عطارد التى أظهرت عدم وجود غلاف جوي، بالرغم من وجود بعض آثار لغاز الهليومِ.

على الرغم مِنْ القيودِ الكثيرة بسبب المسارِ، كَانَ المسبار قادر على جَمْع 5500 صورةً باستخدامُ كاميرا تصوير تلفزيونية عالية الدقة، استخدمت منها 1838 صورة للأغراضِ الطوبوغرافية (أفضل درجات الوضوح فى حدود 100 متر)، غطّت هذه الصور 57 % مِنْ سطحِ الكوكب المواجه للشمس.

رسمتَ الخرائط المجسمة الطوبوغرافية عطارد جزئياً بشىء من التفصيلِ. وكان من المطلوب تحديد اسماء مواقع سطح عطارد بالكامل حيث أنه لا شيءِ مُعروفَ مسبقاً عِنْ سطحِ عطارد. أعطىَ الفلكيون أسماء مشاهير فى مجالات عديدة ، عاشوا في فتراتَ زمنية وبلدان مختلفة للظواهر على سطح الكوكب، مثل جويا، وبيتهوفن و زولا، بل إن الفوالق والصدوع الرئيسية اطلق عليها أسماءَ شيبارلي وانطونيادس. المنحدرات الهامّة جداً على عطارد سمّيت على اسماء

الزوارق الشراعية لمستكشفين مشهورين (متحدر فيكتوريا أُخذُ اسم سفينةِ ماجلان) بينما تَحْملُ أسماء العديد مِنْ الأحواض نفس اسمَ كوكب عطارد، لكن بلغاتٍ مختلفةٍ.

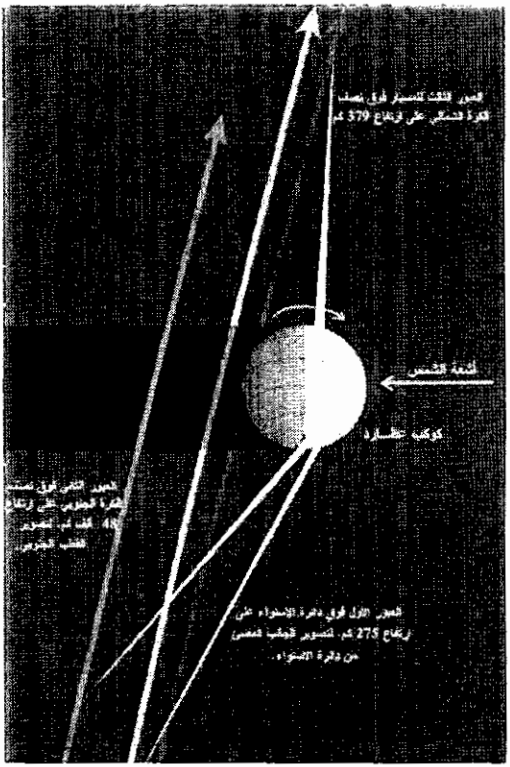
إنّ المنظر الطبيعي لعطارد مشابه على نحو مُدهش للمنظر على سطح القمرِ. فهو مُكَوّنُ من السهولِ المُظلمةِ الناعمةِ التي تَقَعُ بين هضبات مغطاه بالحفرَ. إنّ الحُفَرَ تصبح أكثر عددا كلما صغر حجمها، وهذا يُمثّلُ توزيعَ حجمَ الأجسامِ البين كوكبية التى صنعتها تلك الحفر. حيث وصل قطر بعضها إلى عِدّة مئات مَن الكيلومترات، أكبرها كُانَ حوض كالوريس Caloris، حيث قطره 1300 كيلومتراً.

أصل أسم كوكب عطارد الكلمةِ اللاتينيةِ 'ساخنة'، حيث أن الشمسَ تقع مباشرة فوقه أثناء مروره المتعاقب عند الحضيضِ، وتَرتفعُ درجةَ الحرارة بشدّة فى مثل هذه الأوقاتِ. واهم التضاريس للكوكب تلك الحفرةِ الهائلةِ التى كَانُ سببها سقوط نيزكِ كبيرِ جداً، ونتيجة لذلك تجعدت المنطقة المحيطة وُتصدّعُت. نفس الظواهر الفوضويةِ يُمْكِنُ رصدها على الجانبِ المقابل للكوكبِ ويُعتَقدُ أنّ الموجاتِ الزلزاليةِ تولّدتْ بتأثيرِ الإرتطام التى رُكّزَت بالضبط في هذه النقطةِ المقابلةِ عند عُبُورها خلال الكوكبِ. وبمقارنة الأقطارِ، نجد أن الحُفَر أكثر ضحالة مِنْ تلك التى على القمرِ، والحُفَر الثانوية في المتوسط أقربِ إلى الحُفَرِ الرئيسيةِ مقارنة بالتى على القمرِ. هذه الظاهرتان بطريقةٍ ما يَجِبُ أَنْ تَكُونا مرتبطتان بالجاذبيةِ الأقوى على عطارد. وتشكيل عطارد متميز بالمنحدراتِ التكتونية الهائلة، التى تُصُل إلى أكثر مِنْ 1000 متر فوق المناطق المنبسطة المحيطةِ وتُمدّدُ في خطوطِ مستقيمةِ لمِئاتِ الكيلومتراتِ.

يمكن تأريخ التضاريس المختلفة بالكثافةِ، درجة التداخلِ والمظهرِ البالي للحُفَرِ الواقعة عليهم. إن الدراسة الدقيقة تُؤدّي إلى تأريخ جيولوجي لعطارد، موضحا بأنة مَرّتَ أولاً فترة قصفِ حادّ بالنيازكِ، تَلاه فترة هدوءِ نسبي دامَ 3800 مليون سنةِ. يُقارنُ هذا التأريخ للأحداث بمثيلتها المعروفُه عن القمرِ، فنجد أنّ المراحلَ الرئيسيةَ للقصفِ النيزكي رُبَما حَدثتْ بشكل آني في كافة أنحاء النظام الشمسي.

كررت ناسا وإيسا (وكالة الفضاء الأوربية) الزيارة لعطاردِ. حيث مركبة الرسول كانت مشروع إستكتشافي انطلقت من الأرضِ فى مارسِ 2004 ووصلت في سبتمبرِ 2009، بعد التحليق بالقرب من الزهرةِ والأرضِ. ورحلة إيسا لعطارد، لم يحدد تاريخَ اطلاقها بعدَ.

إن مهمّةُ إسْتِكْشاف الأجسام السماوية الأكثرِ بُعداً في النظام الشمسي (ما بعد المريخِ) صعبةٌ. حيث التقنية المتقدّمة والتَمويل المادى الكبير ضروريان.



الشكل
(4-7).
التحليقات الثلاثة لمارينر-10 قرب عطارد. يتم رصد نفس نصف الكرة التي تضيئه الشمسِ أثناء فترة بعد الظهرِ لكوكب عطارد بينما يقترب المسبار مِنْ الكوكبِ وأثناء صباحِ عطارد ينسَحبَ المسبار بَعيداً.

أثناء الستّيناتِ ظهرت فرصة فلكية نادرة عَلى وَشَكِ الَحْدوثَ، ولا تتُكرّرُ إلا بعد 175 سنةً. وهى إصطفاف بعض الكواكب لفترة قصيرة مما يتيح للمركبة الانطلاقَ نحو المشتري ثم مُوَاصَلَة طريقِها نحو الخارج إلى زحلِ واورانوسِ ونبتونِ، قبل تَرْك النظام الشمسي. وخطط الإنطلاق في 1977 في مشروع طموح مِن قِبَل ناسا، بعنوان الجولةِ الكبيرةِ. وكان أصلِ المشروع، خاص بالذكاء الصطناعي وللحمايةِ من الإشعاعِ وتأثير الارتطاماتِ، وكَانَ مشروع متطوّر جداً ومكلف كِذلك. وتم برمجة المركَبتين بايونير 10 و 11 كمقدمة لمركبة الجولةِ الكبرى الشكل (4-8).

وفي عام 1972، أتخذ قرار بدء برنامجِ المكوك الفضائي، وبذلك أنتهي عصرِ برنامجِ أبولو لغزو الفضاءِ. وترك برنامج الجولة الكبيرى الطموحْ. واستبدل بمركبةً أقل تكلفة وأقل أهمية، مارينر المشتري- زحل، التي أصبحَت فوجيير 1

& 2. أطلق علي هذا المشروعِ لاحقاً الجولةَ الكبرى أيضاً. هكذا، وحتي 1990، فقط كان برنامجان، كُلّ واحد محدد بمِسبارينِ، كَانا سيَستكشفُان النظام الشمسي ما بعد المريخ. حمل المَسابر بايونير-10 وبايونير-11 حَمُولة وحيدة وهو مقياس استقطاب قَطبي. الأجهزة الأخرى، أرسلت بياناتَ دقيقةً عن الكثافةِ المنخفضةِ للغبارِ والحطام في حزامِ الكويكباتِ، وأيضاً عن الغلاف المغناطيسي للمشتري وزحل. وقد إكتشفَ أنّ المشتري له حقل مغناطيسي ضخم بالإضافة، لتحليل التركيب الكيميائي لجوّ المشتري الشكل (4-8). كلا المَسبارين أُطلقا في 1972 مِنْ قاعدة كيب كنفرال بصواريخ أطلس قنطورس، الأول في 3 مارس ، والثاني في 5 أبريل. مر بايونير 10 بالقرب من المشتري، حلق بايونير-11 بالقرب من المشتري وزحل. وخطط للمِسباران لَتْركِ النظام الشمسي في اتّجاهينِ متعاكسينِ، متعامدين على إتّجاهِ الإعتدالِ الربيعي -٧. بايونير-10 أخذت تَرْسل البياناتِ حتى قَطعَت ناسا الإستقبالَ في 31 مارس 1997. والأرقام التي بجوار النقاط التي على مسار المسبار ومدارات الكواكب في الشكل، تُشير إلى مواقع المسابر عند بِداية كُلّ سَنَة. والأرقام التي على المحورِ العمودي تشير للمسافة بالوحداتِ الفلكيةِ.

حَملْ المِسباران أيضاً طبق معدني نَقشَ عليه صورة ظليةِ لرجل وإمرأة، وإشارات رمزية لعلماءِ العالمِ الآخرِ، إذا وجِدواَ، كيف يستطيعوا تَحديد الموقع الأصلِي الجغرافيِ الذي أنطلقَ منه المسبار وتاريخَ الإطلاقِ.

أرسلت بايونير-10، 300 صورة لأقمار كاليستو وجانيميد ويوروبا والمشتري، بما فيها 40 صُوَر مقرّبةِ، وإكتشفَ ثلاث عشْر قمر طبيعي في مداراتِ حول المشتري. أرسلت بايونير-11 عدد 130 صورة لنفس الأقمار الثلاثة وأيضاً القطبِ الشمالي للمشتري، قبل ارسال صورِ لزحلِ، التي اكتَشفَت له حلقة جديدة وقمران مجهولان حتى الآن.

كانت مهمّة بايونير-11 التحقق من أنّه لا يوجد في الطريق إلى يورانوسِ ونبتونِ حلقاتَ مجهولةَ مكونةِ مِنْ جزيئاتِ، رُبَمَا تتلفْ مسبار الجولةِ الكبرى المستقبلِي، الذى كان يعد له أثناء تطويرِ بايونير، والذى أُدركَ أخيراً المسبار فوجيير-2.

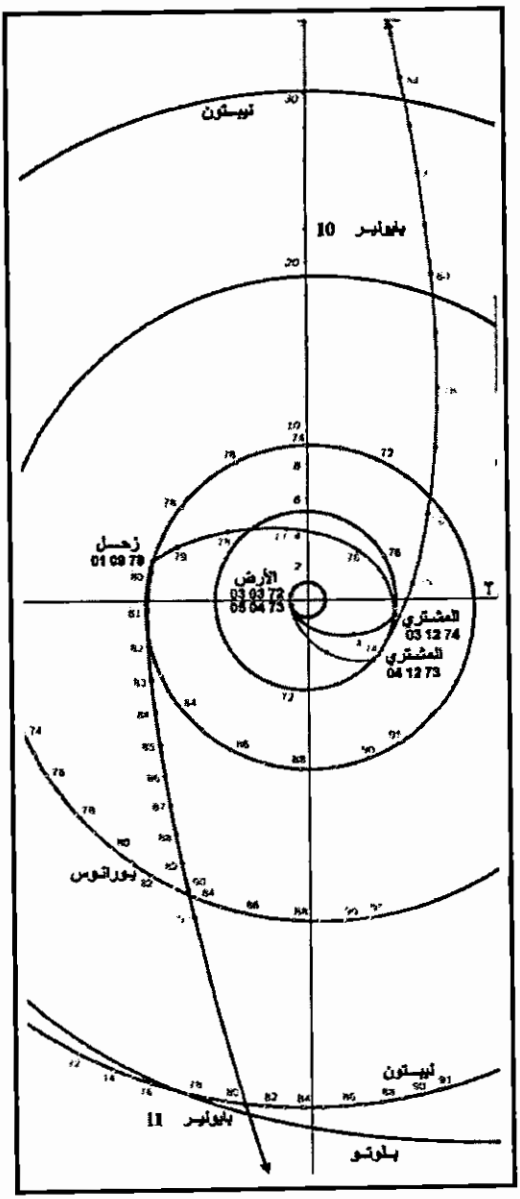
استقر المِسبارين فوجيير-1 & 2 حول محاورهما الثلاثة وفي كُلّ حالة شَملْ منصة توجيه تَحْملُ آلتي تصوير تلفزيونية (بمجال رؤية 3° و0.4°)، مطيافان للإشعة تحت الأحمر ومقياس استقطاب ضوئي. والأجهزة الست الأخرى كانت مقياس للمغناطيسية ، ثلاثة كاشفاتِ للأشعةِ الكونيةِ، والبلازما والجسيمات المشحونة ذات الطاقةَ المنخفضةَ، جهاز فلك راديوى كوكبي وجهاز موجات

بلازما و نظام فرعي لموجةِ البلازما. جهاز تصوير أرسل مجموعة مدهشة مِنْ الصورِ ذات درجة عالية الوضوح الشكل (4-9).

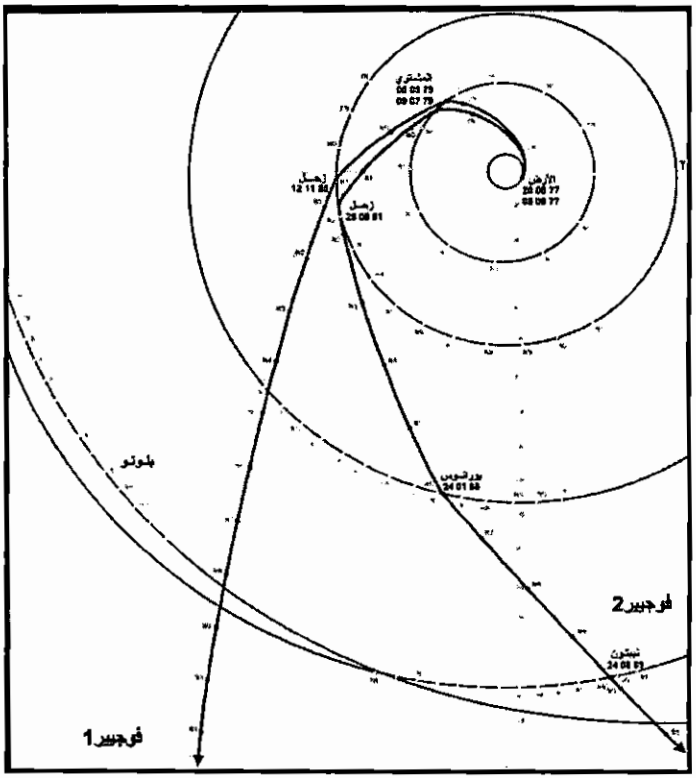
كلا المَسبارين أُطلقا في 1977 مِنْ كيب كنفرال بواسطة صواريخ تيتان-III قنطورس. أطلقت فوجيير-2 قبل فوجيير-1 فى 20 أغسطسِ، الذي أُطلقَ في 5 سبتمبر. وكان ترتيب الكواكبِ العملاقةِ الأربعة في 1977 فرصة نادرة لمِسبارِ واحد للطَيَرَأن بالقرب من كُلّ واحد منهم علي التوالي، وبمساعدُ جاذبية كل منها فى المناورة لتعديل المسار. هذه السلسلةِ مِنْ مقابلات الكواكب أُنجزتْ بنجاح مِن قِبل فوجيير-2، بينما فوجيير-1 حلق بالقرب من المشتري وزحل الشكل (4-9).

فوجيير-1 أرسلت 19000 صورة عن المشتري وأقماره أيو، يوروبا، جانيميد وكاليستو الشكل (4-10)، حَدثَ التحليقَ لأغلب الأقمار، عندما كَانَ المسبار يَبتعدُ عن المشتري، وقد اقترب المسبار كثيرا جدا من الاقمار أيو IO ، جانيميد وكاليستو. توضح النُقَاطُ في الشكل التي على المسارات الوقتِ بالساعاتِ، والصفر هوَ وقتَ مرورِ المسبار عند أقرب نقطة من الكوكبِ. والوقت الذي امامه اشاره سالبة يعني الوقت الذي يسبق المرور تلك النقطة. والأعداد السوداء تشير إلى أقل مسافةَ ممكنَه بآلافِ الكيلومتراتِ بين المسبار ومركزِ الكوكبِ أو القمرِ.فقد اقترب المسبار من المشتري إلي مسافة 349 ألف كم ، ومن أماثيا إلى 420 ألف كم، ومن أيو مسافة 20 ألف كم، ومن جانيميد إلى 115 ألف كم، ومنيوربا 734 ألف كم، ومن كاليستو 126 ألف كم. المسارات المُمَثّلة منسوبة للكوكبِ ومستواه الإستوائي.

ارسلت فوجيير-1 عدد 17000 صورة عن زحلِ، وتيتان ورهيا، ديون، تيسيس ، ميماس وإنكليادس الشكل (4-11). حيث اقترب من زحل إلى 124 ألف كم، ومن تسيس 416 ألف كم، ومن ميماس 88 ألف كم، ومن انكاليادس202 ألف كم، ومن أيون 502 ألف كم، ومن رهيا 74 ألف كم، ومن هيبريون 880 ألف كم، ومن تيتان 6 آلاف كم.



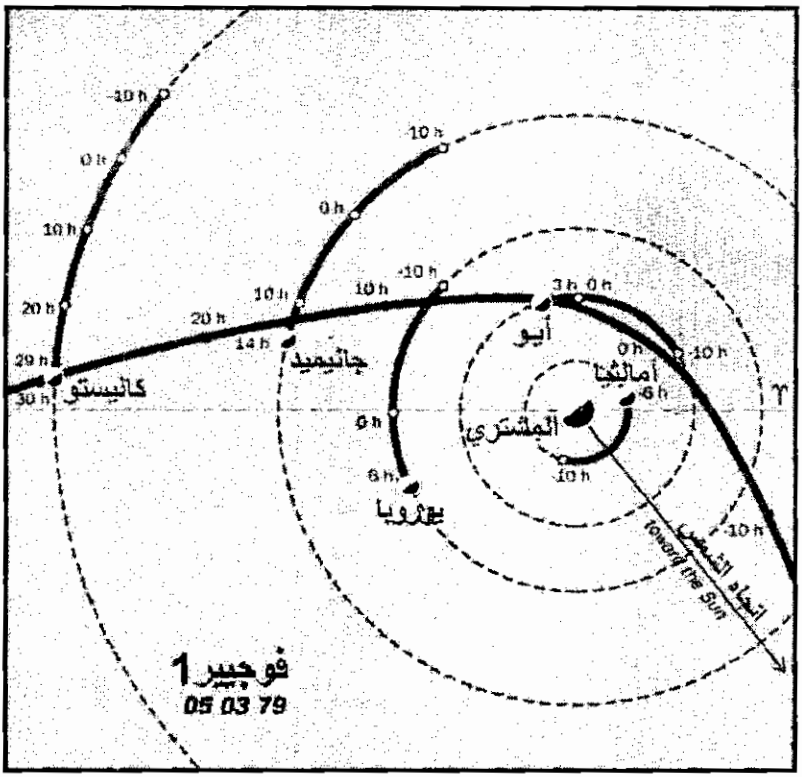
الشكل
(4-8).
مسارات بايونير-10 وبايونير-11.



الشكل (4-9). مسارات فوجيير-1 &2.

أرسلت فوجيير-2 عدد 15000 صورة للمشتري، والأقمار أمالثيا ، يوروبا، جانميد وكاليستو، وحدثت أكثر الإقترابات إلى الأقمارِ عندما كَانَ المسبار يَتحرّكُ نحو المشترى. حيث كانت الأقمارَ توجه نفس الوجهَ دائماً نحو الكوكبِ، فإن جوانبها المقابلة للشمس التى يرصدها هذا المسبار تكون فى الإتجاه المقابل لما ترصده فوجيير-1. وكانت أكثر الأقمار قربا كاليستو (215 ألف كم)، جانيميد (62 ألف كم) ويوربا (206 ألف كم) الشكل (4-12).

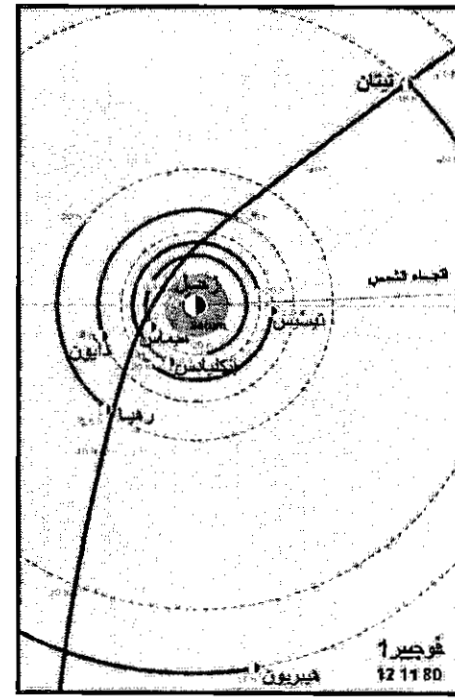
كما أرسلت فوجيير 2 عدد 17500 صورة لزحلِ، أقماره فويب وايبيتوس وهيبريون وتيسيس وانكلياداس الشكل (4-13). وعدد 6000 صورة ليورانوسِ وأقماره ميراندا، أريل، تيتانيا وأمبريل وأوبيرون الشكل (4-14). وتمثيلِ المدارات فى إطار إسناد الكوكبَ مسقطا علي مستوى مدار المسبار. يميل مستوي دائرةَ إستواء يورانوسِ بزاوية 98 ° علي مستوى مدارهِ، القريب جداً من دائرة البروجِ (0.46 °). تَتحرّكُ أقمارُها في المستويِ الإستوائي، ماعدا قمر ميراندا



الشكل (4-10). فوجيير-1 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ المشتري.

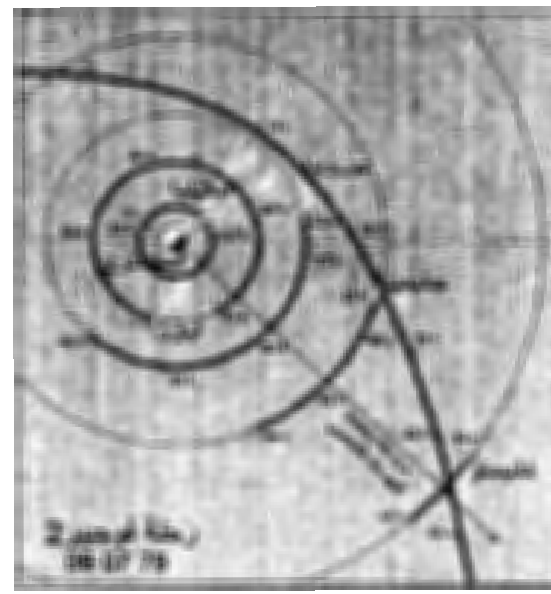
الذي له ميل صغير (4 °) بالنسبة لهذا المستوي. لِذلك، قطبِ الكوكبِ وأقماره تضاء بنور الشمسَ. واقرب مرور لفوجيير2 بيورانوس حَدثَ في 24 يناير 1986، علي بعد 71000 كيلومترِ، واقترب من القمر أريل علي بعد 120000 كيلومترِ ومن القمر ميراندا 28000 كيلومترِ..كَشفتْ هذه الصورِ حلقتين جديدتينِ وثلاثة أقمار جديدةِ حول المشتري. نفس المنطقةِ زارها المِسبارِ الأمريكيِ جاليليو، في ديسمبر1995.

تَتعلّقُ الثمار الأخرى لهذا البرنامج بالحركةِ، التركيب الكيميائي ودرجة حرارة الأجواءِ المُخْتَلِفةِ التى يصادفها، التركيب المادي للأقمارِ، وامتداد الغلاف المغناطيسي وتوزيعاتِ البلازما بينهم. وكَشفَت فوجيير بعض المعلومات عن أصلِ يورانوسِ، الذي يميل مجاله المغناطيسي بزاوية 60 ° على محورِ دوران الكوكبَ.

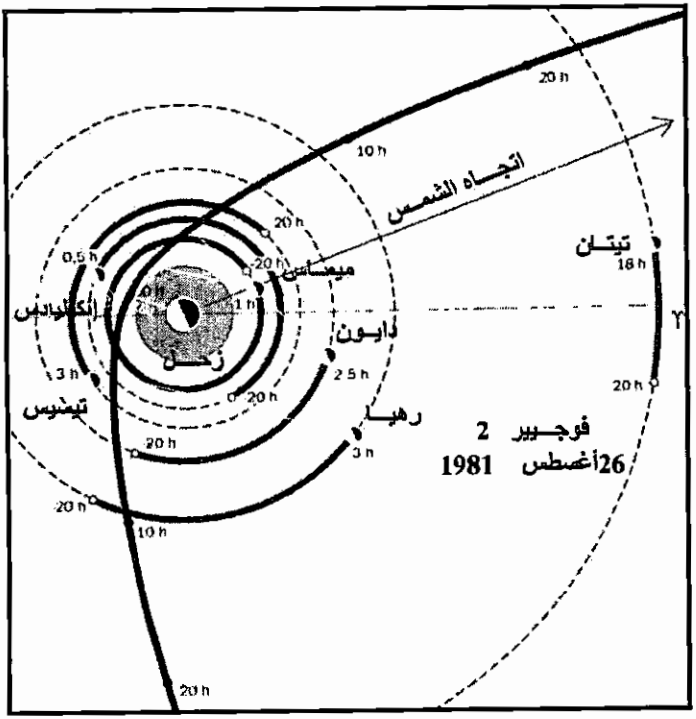


الشكل
(4-11)
فوجيير-1 تحت تأثير دائرةِ الجاذبيةِ لزحلِ.

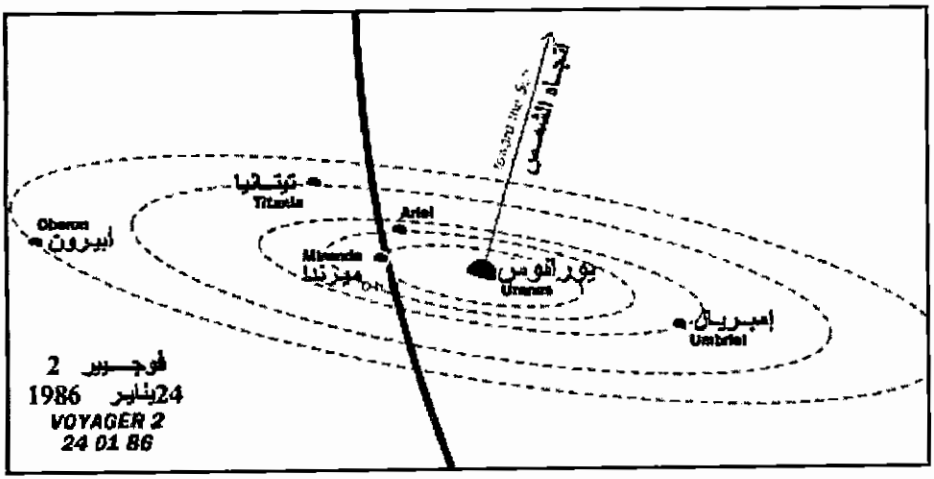
وصلت فوجيير-2 مرت علي بعد 1300 كيلومترِ مِنْ نبتونِ في 25 أغسطسِ 1989 وأيضاً علي بعد 6000 كيلومترِ مِنْ القمر تريتونِ. بعد الطيران



الشكل (4-12)
فوجيير- 2 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ المشتري.



الشكل
(13-4)
فوجيير 2 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ زحل.
ونرى القمر تيثى أقرب الأقمار لها.



الشكل (4-14). فوجيير-2 في دائرةِ تأثير جاذبيةِ يورانوسِ.

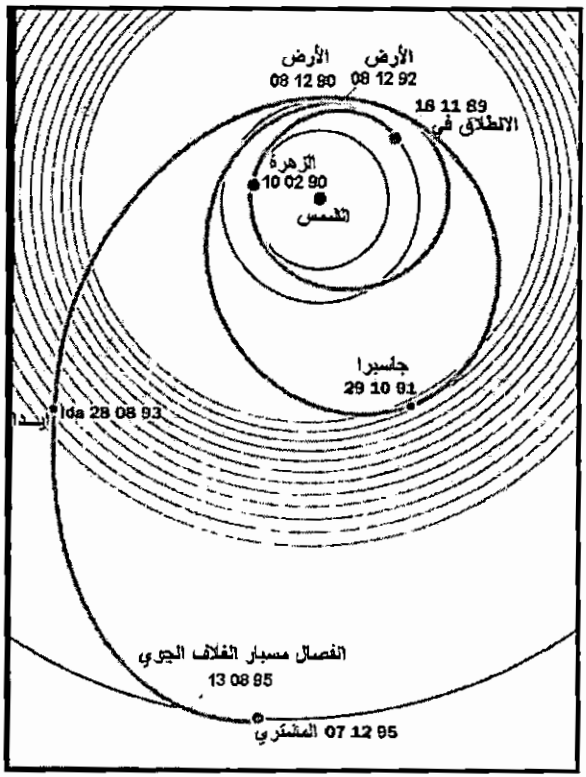
قربِ نبتونَ، كانُ كلا المَسبارين بحالة جيدة، وكانت ناسا قادرة على بَدْء مدَ برنامجِا، يسمّى برحلة فوجيير ما بين النجومَ. إنّ الهدفَ كانْ َدْراسَة الظروفَ في مناطقَ أكثر بُعداً عن المجموعة الشمسية. بذلك يتم الَحْصولُ على أول معلومات عن الوسطِ بين النجومِ. وحتي فبراير 2000، كانت المَسابر فيْ حدود مْجال المجموعة الشمسية، علي بعد 11499 (فوجيير 1) و9106 (فوجيير 2) بليون كيلومتر مِنْ الأرضِ، وكانتا تتحركان بسرعةِ 17.281 و 15.807 كيلومترِ /ث، على التوالي. ولتُوفّيرَ طاقةً، الآلات على منصة المَسْحَ، لايعمل منها فقطَ سوى مطياف الأشعة فوق البنفسجية، لم تعمل منذ 1998 في حالة فوجيير-2 ومنذ 2000 في حالة فوجيير-1. ولَنْ يعمل مقياس المغناطيسية بعد 2010 و2011، على التوالي، لكن الأجهزة الأخرى (الـ 5 الأخيرة المَذْكُورة فوق) سَتَكُونُ قادرة على العمل حتى 2020.

رصدت فوجيير-2 نشاطِ بركانيِ حادٌ على قمرِ المشتري أيو، حلقات أخرى مِنْ الثلجِ والغبارِ حول زحلِ، وعشْر أقمارِ وحلقَتين أخريتينِ حول يورانوسِ. وأظهر تَفرد ميراندا بنوع مِنْ تكتلِ كوكبيِ تكَوّنَ من حطام عِدّة أقمار، تحطّمَت في بَعْض الكوارثِ المَنْسيةِ. إن التركيب الجيولوجى لهذا الأقمار الصغيرة جداً معقد جدا، بخنادق منحدرةِ عملاقةِ، ووديان وفوالق، وحَفرَ منبسطةً ومناطق أخدودية.

5-4 : الكواكب العملاقة:

إستأنفَ إستكشافَ الكواكبِ العملاقةِ بإطلاقِ المِسبارِ الأمريكيِ جاليليو. ولقد تأخر البرنامج لفترة من الوقت بعد كارثةِ شالنجر. أُطلقَت جالَيليو بالمكوك الفضائي أطلانطس في أكتوبر 1989. وبعد تحليقها قرب الكويكبينِ،كاسبرا في اكتوبر 1991 وايدا في أغسطس 1993 ثم طارتَ إلى المشتري وأنزلت مرْكبة هبوطِ هبطَت على سطحه، قبل الدخول إلى مدار حول المشتريِ الشكل (4-15).

جليليو مُجَهَّزهُ عَلى نَحوٍ مماثل لفوجيير. أي منصة المَسْحِ ثابتةِ تَحْملُ آلة تصوير ذات درجة وضوح عالية مَع مجال رؤية 0.4 °، مقياس طيفي لخرائط قُرْب الأشعة تحت الأحمر، ومقياس طيفي للأشعة فوق البنفسجية، و استقطاب ضوئي إشعاعي. وأجهزة أخرى مثل مقياس مغناطيسية وكاشفات لجزيئاتِ الطاقةِ العاليةِ، والبلازما ، والغبار، ونظام فرعي لموجةِ البلازما، عدّاد للأيونِ الثقيلِ، آلة فلك راديوي و آلة ميكانيكا سماويةِ (لتَقْدير كتلةِ الأجرام السماويةَ والتركيبِ الجوّي).



الشكل
(4-15)
مسار مركبة جاليليو لكوكب المشتري.

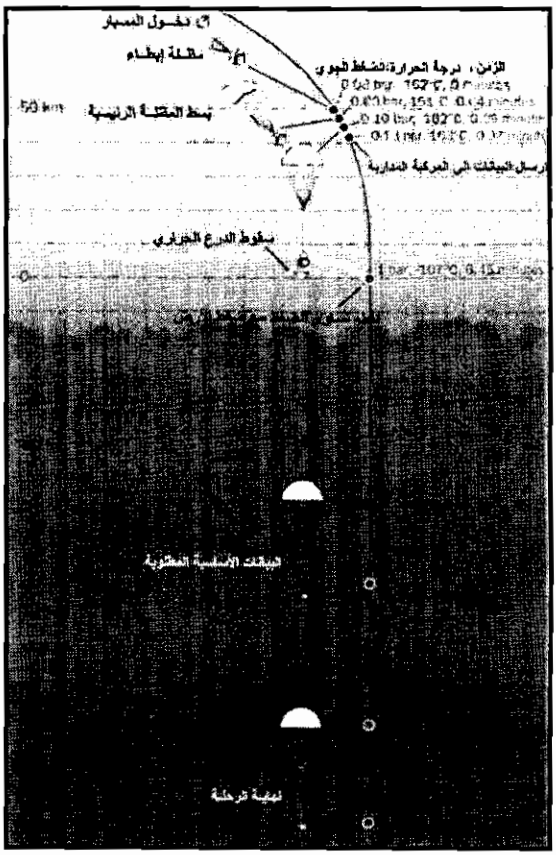
حَملَت مركبة الهبوطَ جهاز لدراسة تركيبِ الغلاف الجوّي تَعطي درجاتَ الحرارة والضغطَ والكثافةَ والوزن الجزيئي للطبقاتِ التي يعَبرهاَ، مقياس طيفي، كاشف عن وفرةِ الهليومِ، مقياس إشعاع الفيض الكلي وكاشف عن جزيئاتِ الطاقةِ الخفيفة والعاليةِ.

لقد وجهت مركبة الهبوط للكوكب في أغسطس 1995 وتوج هبوطِها بالنجاحِ، على الرغم مِنْ الصعوبةِ الكبيرةِ التي واجهته الشكل (4-16). أرسلت البياناتَ عن طريق جاليليو على مدى 57 دقائقِ امدتنأ بمعلومات كثيرةً عن تركيبِ وحركةِ جوِّ الكوكبَ. أظهرَ تباطء المركبة المقاسَ بأنّ الجوَّ كَانَ أكثفَ منْ المتوقّعِ، بينما تحليلات التركيبِ أثبتتْ بأنّها أقل وفرة في الهليوم والنيونِ مِما كَان مفترضا مسبقاً. أجبرتْ هذه الأرصاد العلماءَ علي إعادة النظَر في فرضية أن المشتري قَدْ تَكُونُ منَ سديمِ شمسى أولي.

دَخلَ مسبارُ جاليليو المدارى في مدار حول المشتري في 7 ديسمبر 1995. وقد دَرسَ الذيل المغناطيسي لكوكب المشتري وأَخذَ صورَ ممتازةَ للمشتري، بشكل خاص البقعةِ الحمراءِ العظيمةِ الغامضة، التي تقدر بأكثر مِنْ ضعف قطر

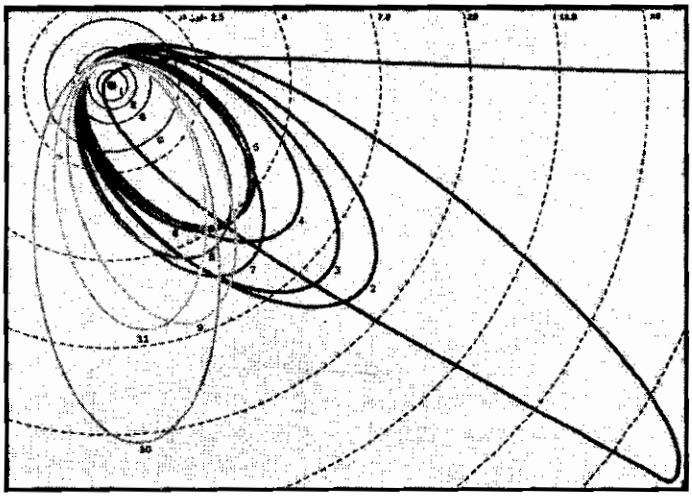
الأرضَ في اتجاه شرق- غرب. ورصدتَ دوران الرياحَ التي تَدُورُ بعكس اتجاه عقارب الساعة حول البقعةِ بسرعةِ 400 كيلومتر في الساعة. دخل المسبار المداري في مدار حول المشتري كبير الاستطالةِ، دورته 230 يوم. وبعد تحليقِه الأولِ قرب جانيميد، دَخلَ في سلسلة من المناوراتِ.

وكان هدف المناورات لتُعدّيلَ دورة مداره وميلَه ليحقق في النهاية 11 مدارَ رتَبتْ مثل أوراق تويجيةِ زهرة، كما كَانَ مُبَرمَجَا لها مسبقا. هذا يَسْمحُ بتحليق قَريب لكُلّ الأقمار الجاليلية الشكل (4-17)، تُمثّلُ المدارات الداكنة حول المشتري مدارات الأقمارِ الجاليليةِ: كاليستو (C)،جانيميد (G)، يوروبا (E) و أيو(I). هذا بالإضافة إلى الاقمار الداخلية الصغيرة الأكثر بُعداً، كما رصدت الحلقاتِ. المدارُ الثاني عشرُ حدد بِداية إمتدادِ برنامجِ الرحلة (رحلة جاليليو يوروبا) الشكل (4-18).



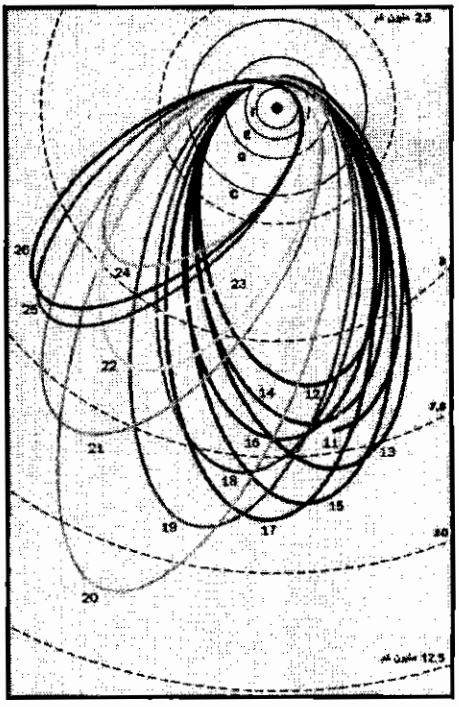
الشكل
(4-16)
مسبار الهبوطِ جاليليو: لدراسة جوِّ المشتري.

المدارات الثمانية الأولى مِنْ مداراتِ المهمّةِ الجديدةِ أدّت إلى تحليق منخفضِ ليوروبا، بينما المدارات الأربعة التالية إستعملتْ المساعدةَ الجذبيةَ لكاليستو، والإثنان الأخيران (المدار 24 و25) أصبحا قَريبان بما فيه الكفاية لرصد قمر أيو. وكَانَت هذه نهايةَ المهمّةِ، وكان من المتوقع أنَّ الإشعاع والتيارات الكهربائية في نتؤات أيو
ستُحطّمُ دوائرَ المسبار. لكن، نَجا المسبار من هذه التوقعات وامتدت الرحلةِ (المهمّة الألفية لجاليليو) حيث بَدأَت في 2000 بالتحليقِ قرب يوروبا و أيو الشكل (4-18).



االشكل (4-17). وصف لمدارات جاليليو حول المشتري أثناء المراحلِ الأوليةِ للرحلة.

القمر أيو كان أقرب الأقمارِ للمشترى وأثناء حركة القمر في مداره يقطع خطوطِ مجالِ الكوكبَ المغناطيسيةَ. هذا يَعْني بأنّه يولد شحنة كهربائية قوية، وهذا يصنعُ دائرةَ كهربائيةً مغَلقَة بين القمر والكوكبِ. عمل جاليليو أرصاد مثيرة عن تطورِ التركيب المورفولوجي لهذا القمر. أخذتْ سلسلةُ من الصورِ بمَسابرِ فوجيير سَمحتْ بتحليل حركيّ عِنْ منظر أيو الطبيعي. كان جاليليو قادرا على الشَهادَة على التغييراتِ السريعةِ التي حَدثتْ خلال فترة 17 سَنَةِ تَفْصلُ بين رحلة فوجيير ومهماتَ جاليليو. وكانت هذه السَنَواتِ شاهدَا علي التطورِ المكثف في علم تكون القمر.



الشكل
(4-18)
رحلة جاليليو أوروبا
ورحلة جاليليو الألفية.

المناظر الطبيعيةِ لبراكين أيو ، يغلب عليها ثاني أكسيدِ الكبريتِ. وغير الأرضِ، فإن أيو الكوكبُ الآخرُ الوحيدُ الذي عَرفَ بنشاطة البراكني، مثل الجبلِ بيليه أو البركان ماسوبي Masubi. العديد مِنْ هذه البراكينِ تنفث الكثير من المادّةِ خارج سطحها، ليصل إرتفاعاتِها أحياناً إلى عِدّة مئات الكيلومترات. لتغطّيَ سطحَ أيو بحطام مكونٌ أولياً مِنْ مركبات الكبريتِ المتُغيّرةُ في درجاتَ حرارتها مما يجعلها تُزَيّنُ سطح القمر بجميع الألوانِ، مِنْ أحمرِ، إلي البرتقالِي والأصفرِ إلى الأبيضِ.

إقتربَت جاليليو إلى بعد 201 كيلومترِ من يوروبا أثناء أحد مرات عبوره بالقرب منه. و يوروبا له نفس حجمِ قمرنا تقريباً ، وقد أكتَشفَ كعالم متجمّد. الحزوز والشقوق المتعددةُ متشابكة ومتقاطعة على سطح القمر، والتي إكتشفَتها فوجيير في 1979.

إنّ ندرةَ حُفَرِ الإرتطام تُوضّحُ عامةً بفرضية أنَّ هذه التضاريس إزيلت بعمليات مستمرة، كتجديد طبقات سطح ثلجِي. زُوّدُتنا أوروبا أيضاً بمجال مثير جداً عن الحياه البيولوجية الخارجية. إن وجود الماءِ ومصدرِ الحرارةِ الداخلي قَدْ يَعْني بأنّ هناك محيط سائل تحت الثلجِ السطحي. ووضح تحليقُ يناير 2000

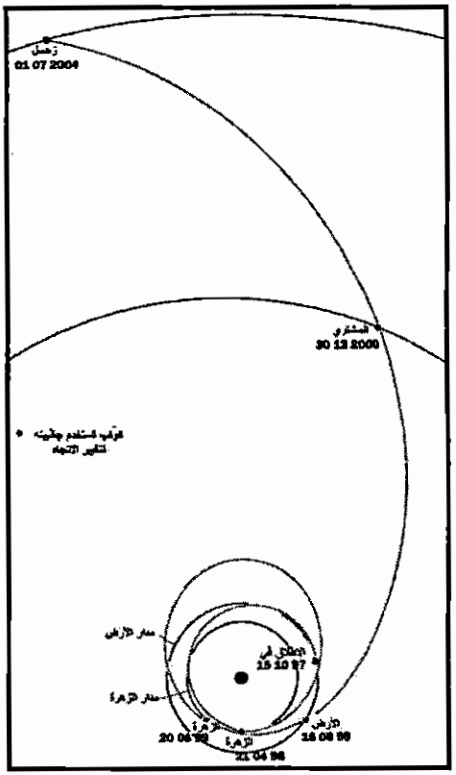
تغييرات إتجاهية في المجالِ المغناطيسي الذي يُمْكِنُ أَنْ يرتبط بحركاتِ وسطِ من سائلِ موصل مثل ماء مالحِ.

جانيميد هو القمرُ الأكبرُ في النظام الشمسي وله حقل مغناطيسي أمكن لجاليليو قيَأسه. كثافة جانيميد - فقط ثُلث كثافة الأرضِ - تُشيرُ إلى أنَّ هناك كمية كبيرة مِنْ الماءِ إشتركتْ في تركيبِ القمر. يُشكّلُ هذا الماءِ قشرةً ثلجيةً، تحتها عباءة صخرية، تحتوي علي قلب معدني. يَحتوي سطحُ جانيميد نوعان مختلفان مِنْ التضاريسِ. مناطق مُظلمة مَع حفر ارتطام ذات كثافة عاليةِ تفصلها مناطقِ ذات ألَونِ فاتحة متكوّنة من ثلوجِ أصغرِ عمرا.

أخيراً، القمر كاليستو له قشرةُ ثلجية مدمجُة مع سيليكاتٌ ومثقّبةُ بشكل منتظم بعدد كبير مِنْ حُفَرِ الارتطامِ. يَدْلُّ الأخير على إن سطح القمر أقدم كثير مِنْ الأقمارِ المشترى الأخرى، وبدون تجديدِ سطحيِ عن طريق حركاتِ الثلجِ.

البرنامج الآخر الطموح شاركُت فيه المركبة المدارية الأمريكية كاسيني مع مسبار الهبوط هايجنس التابع لوكالة الفضاء الأوربية . المهمّة إختيرْ لها عام 1985، لكنها تأخرَت لأسبابِ مالية واطلقت أخيراً في 15 أكتوبرِ 1997 بمساعدة صاروخ تيتان 4 قنطورس. استخدم مساعدة جاذبية كوكب الزهرة لتغير مداره، ثمّ مر قرب الأرض قبل اقترابه من المشتري في 2000 ثم أستمرُّ ليقترب منِ زحلَ في 2004. في 11 يوليو من تلك السَنَةِ حلق قرب أبعد أقماره فويب على مسافةِ 52000 كيلومتر الشكل (4-19).

المركبة المدارية كاسينى (سَمّيت على اسم الفلكي الفرنسيَ جين دومينيك كاسيني الذي دَرسْ زحلَ في القرن السابع عشرِ). حُملَت مقياس طيفي للخرائط للأشعة المرئية وتحت الحمراء، آلة تصوير لأطوالِ موجة مرئيةِ، بابعادِ بؤريةِ مِنْ 250 إلي 2000 مليمترِ ، رادار 13.8 جيجا هرتز، مقياس طيفى, ، مُحلّل غبارِ كوني ، مقياس طيفي لموجات البلازما / الراديوية، لتحقيقِ عِلْمِ البلازما (بي إس آي)، مطياف للصور فوق البنفسجي , آلة تصويرللكرة المغناطيسية، مقياس مغناطيسي ثنائي، نظام فرعي راديوي ومقياس طيفي مركب للأشعة تحت الحمراء. على مدي 4 سَنَواتِ مِنْ مهمّتِهاِ المحدد لها، سَيَدُورُ حول زحلِ 63 مرةَ. يطير فوق القمر تيتان في الدورة 33 مِنْ هذه المداراتِ علي ارتفاع 950 كم، ورسم خريطة راداريه له، والأرصاد القريبة كانت ايضا للقمر لابيتوس وانكلياداس، وديون ورهيا، بينما تيتس، ميماس و هيبريون رصدواِ مِنْ بعيدً.



الشكل

(19-4)

مسار كاسيني تجاه

كوكب زحل.

أثناء أول تحليقٍ قرب تيتان، كانت المركبة كاسيني تحرر المسبار هايجنس. اسم الفلكي الهولنديَ كرستيان هايجنس الذي إكتشفَ تيتان في 1655. بدأ المسبار بدِراسَة جوِّ تيتان أثناءهبوطه خلاله، ولقد أبطئ هبوطَه بواسطة نَشرَ مِظَلتَين علي التوالي. وبعد هبوطه، ظلْ يَعملُ لعِدّة دقائق. وعندئذ أُرسلُ معلوماتَ إلى الأرضِ عن طريق المركبة المدارية كاسيني.

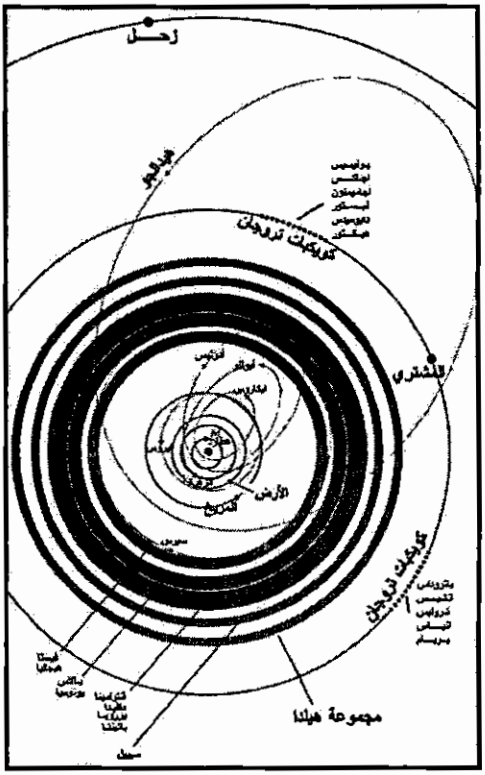
القمر تيتان ، أكبرُ مِنْ كوكب عطارد، كَانَ التحليق فوقه من قبل علي بعد 6500 كيلومترِ بمسبار فوجيير-1. الصور أظهرت كرة ضبابية منتظمة بلون برتقالي. يتكون جوّه الكثيف جدا منّ 80 % نتروجين وحوالي 6 % ميثان، بينما يَحتوي علي هيدروكربونَات آخريَ وجزينات الهيدروجينَ. ومن المحتملُ أن يكون لجوُّ وسطحُ تيتان تركيب مماثل للأرضِ في بِداية تكونها، مع كربون يحتوي مركّباتِ تؤدي إلي التفكير في ِحياة خارجية.

كان المسبارين جاليليو وكاسيني آخر المركبات الرئيسية لإستكشاف الكواكبِ الخارجيةِ. وتحتوي الرحلاتُ المستقبليةُ علي رحلتين تحت الدراسة ، أحدهما مسبار مداري للقمر أوروبا والآخر إلي بلوتو وحزام كيبر. و سَيَدْرسُ مسبار يوروبا القمر ومحيطَه المشهورَ باجهزةٍ لم تتوفرِ للمسبار جاليليو: رادار، مقياس إرتفاع ليزرِي ذو درجة تباين عاليةٍ ومسابر لوْضَعْها على سطحِ يوربا لعمل دراسة زلزالية.

يَبْدو أن نظام بلوتو وقمره شارون كُانَ عنصرَ في حزام من الأجسامِ الصغيرةِ (35 جسم صغير حتى الآن مسُجّلَة بأقطارِ بين 200 إلي 2000 كيلومترِ)، إنجذبت وراء الكواكبِ الخارجيةِ. وهم يُمثّلونَ رُبَّمَا بقيّةَ العمليةِ التي تكونت فيها الكواكبِ الخارجيةِ، مثل حزام الكويكبات الرئيسيِ للكواكبِ الداخليةِ. ويطلق عليه حزامَ كيبر Kuiper. ومشروع بلوتو - كيبر يُرسلُ مِسبارين مُصَغَّران نحو كوكب بلوتو. ثم توجه المَسابر نحو بعض أجسامِ حزامِ كيبر.

6-4 : الكويكبات والمُذّنبات :

رصدت الكويكبات أولاً في القرن التاسع عشرِ. وُجِد أنها تشغل حزام بين المريخِ والمشتري، في المسافة فقط التي حددها قانونِ بود Bode عند استخدامه لتحديد أبعادِ الكواكبِ في النظام الشمسي. على أية حال، بالإقتراب من الكويكبات بالمسابر مكنت من زيادة معرفتنا عنها. أكثر الكويكباتِ واقعة في الحزامِ الرئيسيِ حيث يُشكّلوا عِدّة حلقات يفْصل بينهاْ فجواتِ تسمى فجواتَ كيركوود. أهمّ هذه الفجواتِ تَفْصلُ الحزامَ الرئيسيَ عِنْ حلقة عائلةِ هيلدا Hilda family الشكل (4-20). الدورة المداريةِ التي تُقابلُ المواقعَ غير المشغولةَ لفجواتِ كيركوود كسورَ بسيطةً (1/3 ،2/5 ،3/7،1/2) من دورة المشتري، وهم يَسْتنتجونَ أنها ناتجة مِنْ اقلاقِ جاذبية المشتري. تتحرك كويكبات عائلةُ تروجان Trojan في نفس مدارِ المشتري، عند نقاطِ لاجرانج L4 و L5 في نظامْ الشمسِ -المشتري. مائة أو أكثر من الكويكبات الصغيرة جداً لَها مداراتُ شديدةالاستطالةُ جداً، وفي أغلب الأحيان تميل على دائرةِ البروجِ. إنّ عددَ الكويكباتِ التي قطرها أكبر مِنْ كيلومتر واحد تقدر بمئات الألاف. الأكبر منها هو كويكب سيرسُ، قطره 1025 كيلومتر.



الشكل
(4-20)
توزيع الكويكبات في النظام الشمسي.

تُرجعُ العديد مِنْ الأرصاد وعيّناتِ الكويكباتِ للرحلات التي تمت في الثمانيناتِ. رحلة فستا، التي كَانتْ مُشتركَة بين الإتحاد السوفيتي وأوروبا واحتوت أربعة مَسابرِ إلى حزامِ الكويكبات الرئيسيِ، وكاسيني. وألغيتْ في 1989 من جهة وكالةَ الفضاء الأوربيةِ، التي فضّلتْ دَعْم كلاستر وكاسيني. البرنامج الأمريكي (للتحليق قرب الكويكب ومقابلة المذنبِ) كَانَ من بين ما دُرسَ، بين أشياءِ أخرى، الكويكب هامبورجا من النوع سي (499) Hamburga ومذنب كوبف Kopff، لَكنَّه ألغىَ في بِداية 1992. في أول رحلة لكاسيني، أجرت أرصاد علي حزام الكويكباتِ الرئيسيِ.

في النهاية، كَانَ جاليليو، في طريقِه إلى المشتري، الذي أَخذَ أول صورَ عند تحليقِه قرب كويكبِ، في 29 أكتوبر 1991. كَانَ الكويكب جاسبرا (951) Gaspra، قطره 18 كيلومتر. ثم ذهب جاليليو نحو الكويكب إيدا Ida (243) وإكتشفَ قمره داكتيل Dactyl عند تحليقه بالقرب منه في أغسطس 1993.

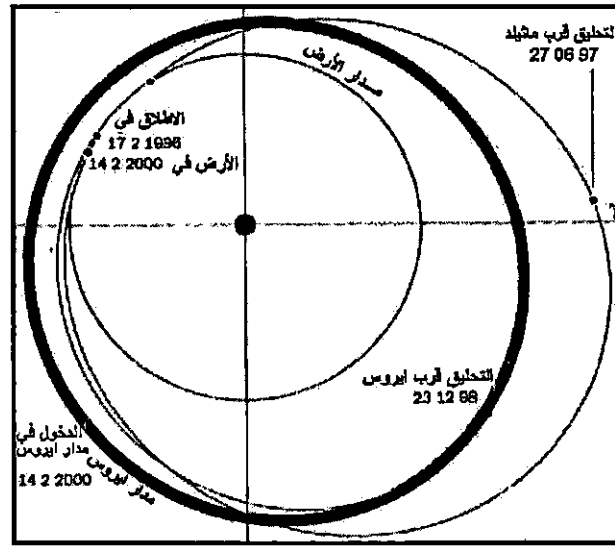
بعد نجاح جاليليو، بدأ برنامج الإكتشافِ الأمريكي الذي تميز بالرحلة القريبة (الإلتقاء بالكويكبات قُرْب الأرض). وقد أتمَ أول مدارَ له حول كويكبِ. إنطلقَ فى 17 فبراير 1996، واقترب أولا لمسافةً في 1212 كيلومترٍ مِنْ كويكب ماتيلد (يونيو 97)، ثمّ لمسافة 3828 كيلومتر مِنْ كويكب إيروس Eros (ديسمبر 98)، دون أنْ يستطيع اتخاذ مدارِ حوله. وأخيراً نجح في اتخاذ مدار حوله علي بعد 323 كيلومترٍ في 14 فبراير 2000. تقلصت المسافةِ بشكل تدريجي إلي حوالي 15 كيلومتر الشكل (4-21). أجهزته (آلة تصوير شحن مزدوج رقمية ، مقياس طيفي لأشعة جاما، واشعة سينية وقُرْب الأشعة تحت الحمراء، مقياس المغناطيسية ، ومقياس إرتفاع ليزري) تَسْمحَ بتسجيل تفاصيل فيزيائيةً، وكيمياوية ومعدنية للكويكبِ الشكل (4-22). تكونت الصورةُ مِنْ ستّ صورٍ أخذت في 29 فبراير 2000 بمركبة شوماكرَ.

ومسبار آخر، اسمه الفضاء البعيد-1، أول رحلة في الألفيةِ الجديدةِ، بَدأ في أكتوبر 1998 نحو كويكب مكاوليف ومذنب غرب – كوهوتيك-اكيمورا. هدفه الرئيسي يُؤهّلُ الفضاءُ لتقنياتَ مُصَغَّرةَ جديدةَ (وزن المسبار حوالي 365 كيلوجرام)، بشكل خاص لإختِبار محركات الدفعِ الآيونِية.

ورحلة المسبار موسيس س Muses C اعدت للعودةِ بعيّنةِ من الكويكبِ. إنطلقِت في 2002، لتَصلَ إلى كويكبِ 1998 FR36 في سبتمبر 2005. وعادت العينات في يونيو 2007. ويحمل المسبار آلة تصوير ذات شحن مزدوج، مقياس طيفى للاشعة السينية وقرب الأشعة تحت الحمراء ، وليدرا lidar، مركبة منفصلة صغيرة، مركبة متجولة صغيرة جدا للتجول لتُوْضَعَ على سطح الكويكب. حصل المسبار علي عيناتَ من مادة الكويكبِ بإطلاق قذيفة صغيرة وبعد ذلك تجمع الشظايا بواسطة حامل العيّناتِ. وأخيرا، تُجهّز بحمايةِ حراريةِ فعالة، ثم يَحْملُ المسبار إلى مدار العودةِ نحو الأرضِ عندما تحلقَ المركبة بالقرب منه. ويَجِبُ أَنْ يُقاومَ درجة حرارة أعلى 30 مرة مِنْ التي يقابلها المكوك الفضائي عند عودته.

على أية حال، الأرصاد، والتحاليل والعينات المحتمل عودتها مِنْ المُذَنّباتِ يقابلِ بحماسَ عظيمَ بين جمهور العلماء. فإذا كان النظام الشمسي نَشأَ، كما هو شائع ، مِنْ الإنهيارِ الجذبيِ لسديمِ شمسي أولي مكون من الثلج والغبارِ قبل حوالي 4 بليون سنة، وإذا كانت فعلا المُذَنّبات أكثر الأجرام السماوية قِدماً، والتي حدث

لها أقلّ تغيير، فمن الواضح أنّ الحبيبات قَبْلَ تكون الشمس وآثار التكثف الأولى يَجِبُ أَنْ يُوْجَدَ في مادّةِ المذنبات. بمُقَارَنَة هذه الحبيبات بمادّةِ الشمسِ، الكويكبات والكواكب المُخْتَلِفة ، سيتم فهم أفضل عن الظاهرةُ التي أدّت إلى تكوينِ النظام الشمسي.

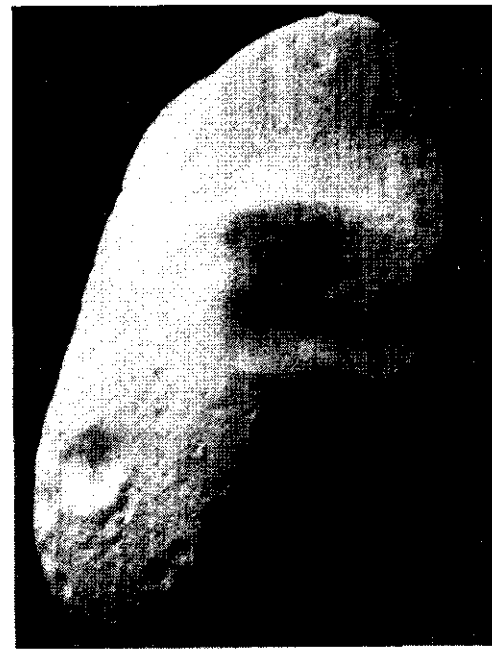


الشكل

(4-21).

مسار الرحلة القُرْبية

نحوكويكب ايروس Eros.



الشكل

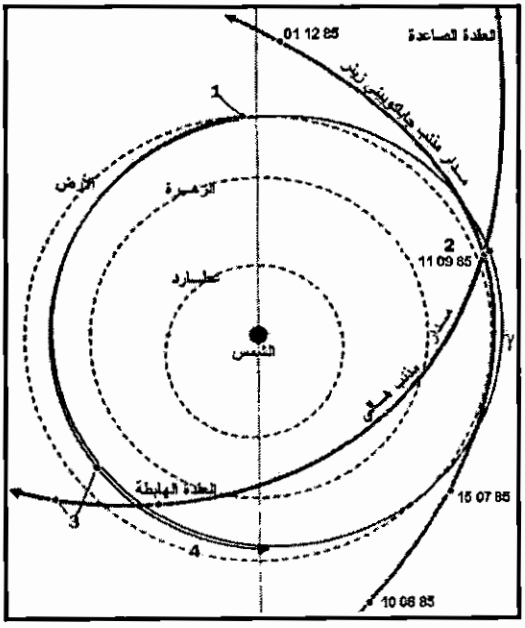
(4-22).

فسيفساء نصف الكرة الشمالي

لكويكب إيروس Eros.

العديد مِنْ الأقمار الصناعية التي تدورحول الأرضَ مثل IUE آي يو إي، هابلَ Hubble وآي إس أو ISO حصلت علي بيانات طيفية عن المُذَنّباتِ. على أية حال، يَعتقدُ العلماءَ أنّ الأرصاد يجب أنْ تجري عِنْ قربٍ، ولكي تؤخذ العينات وتُحلّلَ في موقعها الأصليَ. عِدّة رحلات مهمةُكرّسُت لإستكشافِ المذنبات الدورية في موقعها الأصلي بواسطة المَسابرِ. المُذَنّبات غير المتوقّعة (التي تكتشف بالصدفة) ، يمكن الوصول إليها بصعوبةٍ بالغة لإن أعداد الرحلة يتطلب وقتًا طويلا.

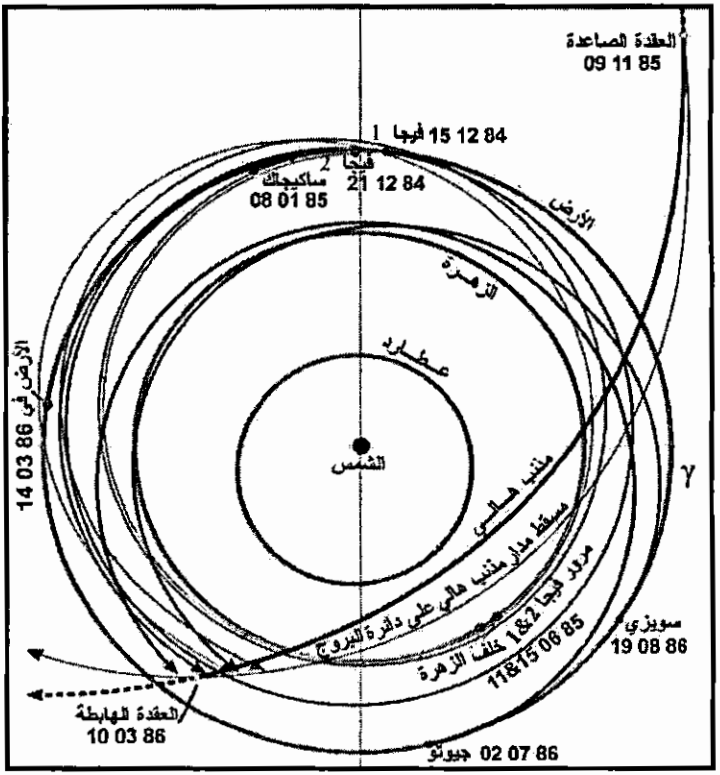
القمر الصناعي المشترك بين ناسا ووكالة الفضاء الأوربية إيسا ISEE 3 (مستكشف الأرضِ- الشمسِ الدولي) إشتغلَ بالإتصال مع ISEE 2 و ISEE 1 لقيَاس الريح الشمسيةِ. هذا القمر الصناعي بَقي في مدار هالةِ halo orbit لأربع سَنَواتٍ، لكن ما زالَ عِنْدَهُ إحتياطيات كافيةُ لأنْ يُصبحَ مِسبار فضائي. ولقد أبعد مِنْ مدارِه الأصلي بمساعدة جاذبية القمر وأرسلْ ليلتقى بمذنبِ قديمِ إكتشفَ في فرنسا جاكوبني Giacobini عام 1900 وفي ألمانيا زينر Zinner في 1931. في 8 سبتمبرِ 1985، حلق المسبار ICE وراء نواةَ المذنبِ جاكوبني- زينر Giacobini Zinner على مسافةِ 7800 كيلومتر. بالرغم من أنّه لم يَحْملُ آلة تصوير، رغم ذلك تمكن المسبار من إرْسال البياناتِ الجديدةِ جداً التي تَتعلّقُ



الشكل
(23-4)
رحلات مسبار ICE لرصد المذنبات.
باستعمال مساعدةِ جاذبيةِ القمر.

بالتأثيراتِ الكهربائيةِ والمغناطيسيةِ المصاحبةُ لمرورِ المذنبِ، وكان العبور على مسافة خمسون مرةً أكبرَ مما كان مُخَطَّطِ له في البدايةُ الشكل (4-23).

مذنب هالي، الذي رصد مروره المنتظم كُلّ 76 سنة منذ 240 قبل الميلاد، له مسار معروف بدقّة بما فيه الكفاية للفلكيين لتَنظيم عِدّة رحلات في إتّجاهِه عندما



الشكل (4-24) رحلات رصد المذنب هالي.

عَبرْ قريب من الشمسِ في 1986. ما مجموعه خمسة مَسابر فضائية أهدافِها متكاملهِ أُرسلتْ بهذه المناسبةِ الشكل (4-24). أطلقت فى تواريخُ مُخْتَلِفة بين ديسمبرِ 1984 ويوليو 1985، المَسابر الخمسة وَصِلوا على مقربة مِنْ مذنبِ هالي في نفس الوقتِ تقريبا، لأيام قليلة فقط قبل أو بعد 10 مارس 1986. في هذا التاريخِ المعيّنِ، المذنب كَانَ يَعْبرُ عقدةَ مداره الهابطة، اللحظة المفضلة للإلتقاء مَع مركبةَ تَتحرّكُ في مستوي دائرة البروج. والإلتقاء محتملَ أيضا عند العقدةِ الصُاعُدة، لكن فوائدَه أقلَ. على سبيل المثال، مسافة المسبار عن الأرضَ كَانتْ أكبر (تتطلب إتصالاتِ أبطأ)، ومسافة المذنبِ عن الشمسِ كَانتْ أكبر أيضاً (دلالة على أقل نشاط للمذنب ونحصل فقط على نِصْف الطاقة التي توفرها الخلايا

الشمسية للمسبار). النقاط البيضاء على مسار المسبارِ تُشيرُ إلى مواقعِهم في بِداية كُلّ شهر.

إشتركَ السوفييت مَع فرنسا وأمم أخرى لإطْلاق المَسابرِ فيجا-1 و فيجا-2 في 15 و 21 ديسمبر 1984، على التوالي. مقطعا الأسم فييجا يُبيّنُ الهدفَ المضاعفَ لهذا البرنامجِ، الذي كُرّسَ جزئياً للإستكشافِ كوكب الزهرة ، وجزئياً إلى دراسةِ جاليا Galleia، الاسم الروسي لهالي. بعد التحليق قرب الزهرةِ، حيث أنزل وحداتَ الهبوطِ (أنظر الشكل (4-4)) في يونيو 1985، واصلتْ المَسابرَ طريقِها نحو المذنبِ هالي، وأقتربُت إلى مدي 10000 كيلومترِ في مارس 1986. من جهته، أطلقتْ وكالة الفضاء الأوربيةَ مِسبارَ جيوتو، الذي سَمّى على اسم الرسّامَ الإيطاليَ الذي صَبغَ المذنبَ هالي في إحدى نماذجه الجصّية في 1304. وَصلَ جيوتو والتقي بالمذنبِ بعد ثمانية أشهر، في 13 و 14 مارس 1986. وكانت سرعة المذنب 8 كيلومتراتِ في الثّانية وتحتاج دقة طيرانِ عظيمةِ جداً لوَضْع جيوتو على مسافةِ 596 كيلومتر منْ نواةِ المذنب. مِنْ هذا الموقع الممتازِ، أرسل جيوتو 2000 صورةَ تظهر النواةَ كجسم صلب مغَطّى بغبارِ أسودِ. المِسباران الآخران، ساكيجاك و سويزي، كَانتْا يابانيتان. تَعْني أسمائُهم اليابانية 'إستطلاعاً' و 'مذنبَ'، على التوالي.

وفكرة رحلّة عودةِ عيّناتِ من نواةِ مذنبِ كَانتْ قَيْد النّظر بوكالاتِ الفضاءِ الرئيسيةِ منذ 1984. واقترحُ طريقتان للعمل هناك. الأبسط يَتضمّنُ عبور المسبار خلال هالة المذنبِ وجمع الغبارِ المنطلق مِنْ النواةِ. يَتضمّنُ الخيارُ الآخرُ إنزال مثقاب أَو أكثر على النواةِ، لأخذ عينات من السطحِ، أَو من الداخل. في الحالتين، العينات تُعادُ إلى الأرضِ في كبسولة مُغلفة مجهزة بحمايةِ حراريةِ لإعادةِ دخولها إلي الأرض.

الحَلّ الأول أتي بمشاريعِ سيزر CAESAR (يَختبرُ جوَّ مذنبِ والعودة بعينات للأرضِ) في ESA ، و سووكر SOCCER في ISAS قَبْلَ أَنْ تحتفظَ ناسا بالمسبار ستاردست Stardust. غادرَ ستاردست في فبراير 1999 على أمل جمع جزيئاتِ مذنبات كبيرة الحجم بما فيه الكفاية (أكبر مِنْ 15 ميكرونِ) للتحليلِ. وإلتقاء المسبار مع مذنبِ ويلد 2،Wild 2 في يناير 2004. سَتُجْمَعُ أيضا جزيئات غبارِ بين النجومِ. الكبسولة التي تَحتوي العيناتَ سَتَعود عند إقترابه التالي القَريبِ من الأرضِ في 2006.

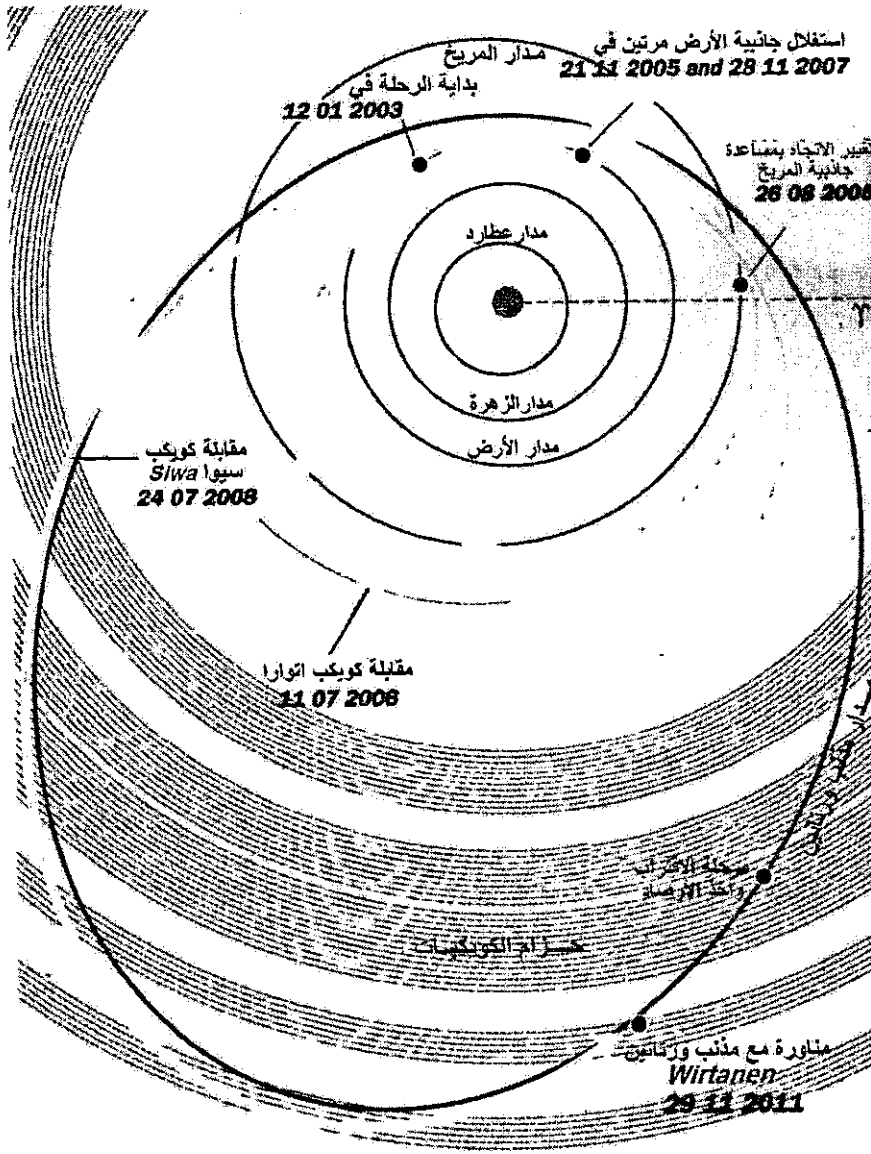
الحَلّ الثاني كَانَ أصلاً موضوعَ مشترك بين ناسا- وإيسا، في 1984. هذا المشروعِ عُمّدَ مسبار روزيتا في 1988، نسبة لحجر الرشيدِ الذي أدّى إلى حَلّ اللغة الهيروغلوفيةِ المصريةِ.

كانت ناسا تُزوّدَ أتوبيس مارينر مارك-2، و إيسا ، بمسبار الهبوط و كبسولةُ العودة. و المشروع لَمْ تُحتَفظْ به ناسا في 1996. وتبنت إيسا هذه الرحلةِ هو جزء مِنْ البرنامجِ ببَعْض التعديلاتِ، لكنه بَقي بنفس الاسمِ. الرحلّة إنطلاقتُ في يناير 2003. تضمّنُت مسبار مداري سَيَدْخلُ المدار حولَ المذنبِ ورتانين Wirtanen الشكل (4-25) ومسبار هبوط سَتتمُ تحليلاتَ في موقعها الأصليَ، منذ التخلي عن فكرةِ عَودة العيناتِ مُنْذُ ذلِك الحينِ. وهو يَستُغلُ بعد ذلك جاذبيةَ المريخ لعمل مناورات في أغسطس 2005 ثم جاذبية الأرض في نوفمبر 2005، قبل التحليق علي بعد 1000 كيلومترِ من الكويكب أوتوارا Wtawara في 2006، وعلى بعد 1000 كيلومترِ من سيوا Siwa في 2008. وبَعْدَ أنْ يَصلَ المسبار إلي نقطة الأوج في سبتمبر 2010، ستدخل روزيتا في مدار حول المذنبِ ورتانين في 2011، ليُرافقُه حتى 2013.

المسبار المداري سَيَحْملُ أربعة آلات تصوير: (آلتا تصوير في أطوالِ الموجة المرئيةِ بدقة عاليةِ ومتوسّطِة)، مقياس طيفي فوق بنفسجي ، مقياس طيفى للخرائط يعمل بالأشعة المرئية وتحت الحمراء، مقياس طيفي بالمايكروويفِ. وسَتُركّبُ أربعة أجهزة تحلّيلُ للغبار والغاز. بالإضافة إلي وجود تجارب عِلْمِ الراديو، بيئة بلازما المذنبات ودِراساتِ تفاعلِ الرياح الشمسيةِ ، دِراسات غبارِ ، ودراسة بالأشعة السينية للنواة.

المسبار المداري مُجهّزُ لإخذ عينات من عمقِ مترِ واحد وَعْملُ تحليل مُفصّل عن مادّةِ المذنب. ويَتضمّنُ تقنياتُ تحليلَ عناصرَ بالاشعة السينيةِ ، مطياف للجزيئات والبروتونات.

يَقِعُ مشروعِان آخران للمذنبات ضمن إطارِ برنامجِ الإكتشافَ. المسبار كونتور (جولة نواةِ مذنبِ) بَدأُ في 2002 لملاقاة ثلاثة مذنبات في 2003، 2006 و2008، ولَهُا مهمّة مشابهة لمسبار نير NEAR. ويمكن أعادة برمجة المسبار سريعا إذا تم أكتشاف مذنب جديد. ومن المفضل لقاء مذنب عند عبورة الأولِ خلال الكواكب الداخلية، حيث لم تعَانى مكوناته كثير من التعديلاتِ. أخيراً يحدث ارتطام عميق للمسبارِ، حدّدَ له عام 2004، حيث سَتُرتطم كتلة 500 كيلوغرام بسرعةِ عاليةِ بالمذنبِ P/Tempel 1. سترصد آلة تصوير درجة تباينه عالية ومقياس طيفي للأشعة تحت الحمراء وبعد ذلك سَيُرصد حفرةَ الأرتطام والحطامَ المتصاعد مِنْ النواةِ، عند مروره علي بعد 700 كيلومترِ.



الشكل (4-25). مدار روزيتا. المسبار روزيتا إنطلاقً في بداية 2003.

الفصل الخامس

رحلة إلى كوكب المريخ

5-1 : المدار الإنتقالي

5-2 : قانون كبلر الثالث

5-3 : تحديد موقع المريخ

5-4 : معادلة الطاقة

5-5 : الحسابات

5-6 : وصول المركبه للمريخ

5-7 : رحلة العودة من المريخ

5-8 : عيوب مدار هومان الإنتقالي

5-9 :مدارات هومان إلى ومن المريخ

5-10 : الدورة الأقترانية

رحلة إلى كوكب المريخ[9]

سوف نستخدم ميكانيكا المدارات لنخطط الآن لرحلة فضائية إلى كوكب المريخ. لتيسير حساب الرحلة نفترض أن كلا من مداري الأرض والمريخ دائريان ويقعان فى نفس المستوي، ومركزهما الشمس الشكل (5-1). ونصف قطر مدار الأرض هو r_1 ويساوي تقريبا 150 مليون كم، وتعرف هذه المسافة بالوحدة الفلكية Astronomical unit (AU). وهى الوحدة التى تم إختيارها لقياس أبعاد أفراد المجموعة الشمسية. وسوف نستخدم هذه الوحدة هنا فى جميع المسافات ونعبر عن الزمن بطول السنة الأرضية. وبهذه الوحدات يكون نصف قطر مدار الأرض r_1 = وحدة فلكية واحدة، وزمن دورة الأرض حول الشمس T_1 = سنة أرضية واحدة. وبالنسبة لكوكب المريخ فإن نصف قطر مداره r_2 = 1.52369 وحدة فلكية، وزمن دورته فى مداره T_2 = 1.8822 سنة.

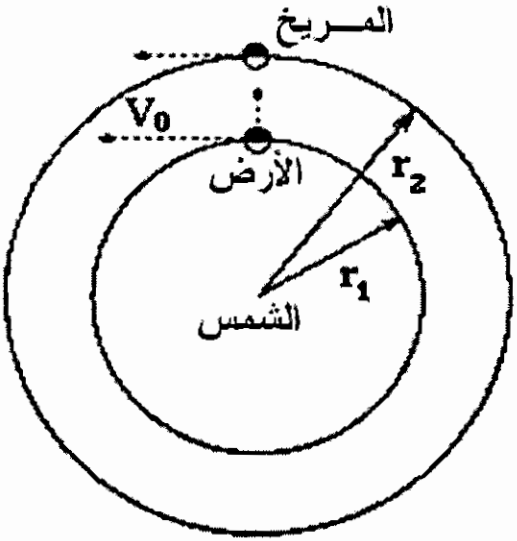
بالنسبة للأشخاص الذين لايعلمون شيء عن ميكانيكا المدارات يتخيليون أن انسب طريقة للوصول إلى كوكب المريخ من الأرض هو الانتظار حتى يصبح الكوكبان أقرب ما يمكن من بعضهما البعض وعندئذ نوجه الصاروخ تجاه المريخ

المريخ ونطلقه. وهذا لا يحدث لعده أسباب وهي:

أولا: سوف تؤثر جاذبية الأرض على مسار الصاروخ ولا تجعله مستقيما. ولإزالة هذا التأثير نفترض أن الصاروخ وضع فى مدار بعيد حول الأرض (مدار الإنتظار) حيث تكون الجاذبية ضعيفة والحركة فى المدار بطيئة.

---

[9] هذا الباب من **http : //www- istp. gsfc. Nasa. gov / stargaze/ smars1. htm**



الشكل (5-1). الأرض والمريخ عند اقترابهم من بعضهم.

ثانيا: حتى الآن يدور الصاروخ (قبل الإطلاق) مع الأرض حول الشمس بسرعة تصل إلى 30 كم/ث وسوف نعبر عنها بالرمز V_0. وهذه السرعة أسرع بكثير من السرعة التي نحتاجها للوصول إلى مدار المريخ. وإذا اطلقنا الصاروخ عندما يكون المريخ أقرب ما يكون من الأرض فإن اتجاه السرعة V_0 سوف تكون متعامدة على اتجاه حركة المريخ، ولهذا فإن المركبة الفضائية سوف تبدأ رحلتها فى اتجاه مختلف تماما عن اتجاه حركة المريخ- والمريخ سوف يتحرك لمسافة كبيرة فى مداره قبل أن تصل إليه المركبة الفضائية.

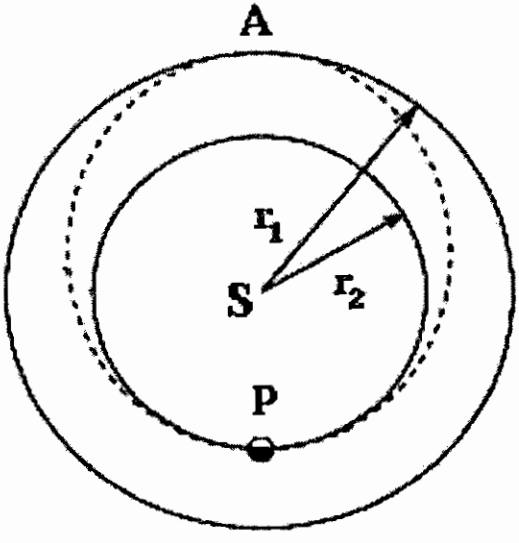
ثالثا: إن النظام بكامله يكون تحت تأثير جاذبية الشمس. فكل الأجسام التى تتحرك فى مدارات تبعا لقوانين كبلر تكون مدارات مخروطية وفى هذه الحالة تكون مدار أهليجي (بيضاوى).

1-5 : المدار الإنتقالي Transfer Orbit :

بدلا من توجيه الصاروخ إلى المريخ واطلاقه فالأفضل أن نبحث عن مدار تتحرك فيه المركبه الفضائية من الأرض للمريخ، ونختار وقت الإطلاق بحيث يكون وصول المركبة إلى مدار المريخ متزامن مع وصول المريخ نفسه لهذا الموقع. بالإضافة إلى أن يكون اتجاه حركة المركبة عند وصولها يسمح بسهولة التلائم مع سرعة المريخ. وهذا يؤدي إلى ما يسمي بمدار هومان الأهليجي الإنتقالي. وهو مدار تكون نقطة حضيضة **P** على مدار الأرض وتكون نقطة أوجه ***A*** على مدار المريخ الشكل (5-2) . وهذا ما يحدث أيضا عند

استخدام المدار الإنتقالي للإنتقال بين مدار قمر منخفض حول الأرض (r = 1.1 نصف قطر الأرض) ومدار عالى الإرتفاع متزامن مع الأرض على ارتفاع = 6.6 نصف قطر الأرض، وهذا المدار الإنتقالي يستخدم لوضع اقمار الإتصالات فى مدارها النهائي. ويكون الإطلاق من النقطة P بتزويد المركبة بسرعة اضافية بالإضافة للسرعة V_0 التي يتحرك بها في المدار الإبتدائي وذلك لتغيير مدار المركبة إلى مدار بيضاوى أكبر.

يجب أن يكون كوكب المريخ لحظة الإطلاق فى موقع بالنسبة للأرض بحيث يصل إلى النقطة A فى نفس الزمن الذى تصل فيه المركبة لهذه النقطة. ولتحديد هذه النقطة يجب أن نعرف أولا زمن طيران المركبة من النقطة P إلى النقطة A وهذا ما سنستنتجه بإستخدام قانون كبلر الثالث.



الشكل
(2-5)
مدار هومان الأنتقالى.

2-5 : قانون كبلر الثالث :

ينص القانون على أن جميع الأجسام التى تدور حول الشمس فإن
مقدار ثابت $T^2 / a^3 = Constant$
حيث T الدورة المدارية للجسم حول الشمس، a نصف القطر الأعظم للمدار، وهو نصف قطر المدار الإهليجي (فى الدائرة = نصف قطر الدائرة). والثابت هو نفسه لجميع الأجسام التى تدور حول الشمس بما فيها الأرض. والقيمة

الدقيقة للثابت تعتمد على الوحدات المستخدمة فى T و a . وبإستخدام وحدات الأرض نجد أن $T = 1$ year ، $a = 1$ AU أي أن :

$$T^2 / a^3 = 1$$

وبالتالى فإن الثابت تكون قيمته الوحدة وتستخدم هذه القيمة لأي كوكب، وبضرب طرفي المعادلة فى a^3 نجد أن : $T^2 = a^3$

وتكون المسافة بين النقطة P ، A للمدار الأهليجي بالوحدات الفلكية.

$$r_1 + r_2 = 1.523691 + 1 = 2.523691 \ AU$$

وهذا هو طول المحور الأعظم للمدار الأهليجي الإنتقالي ، ونصف هذا القطر هو

$$a = 1.261845$$

$$a^3 = 2.00918 = T^2$$

وبأخذ مربع الزمن نجد أن: $T = 1.417454$ سنة

وهذا هو زمن دورة الدورة الكاملة للمدار الإنتقالي من النقطة P إلى النقطة A ثم العودة مرة أخرى إلى النقطة P (حيث تمثل T زمن الدوره الكامله فى المدار). ويكون زمن الرحلة ذهابا إلى المريخ نصف هذا الزمن أى 0.70873 سنه أو 8.5 شهر.

3-5 : تحديد موقع المريخ :

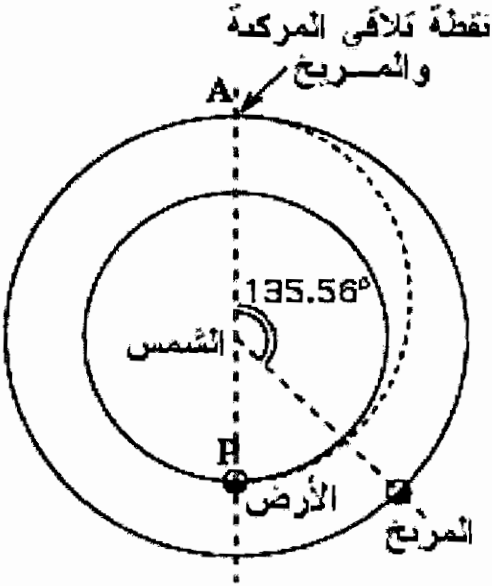
أين موقع المريخ لحظة إطلاق المركبة الفضائية؟

نعلم أن زمن دورة المريخ حول الشمس $T_2 =$ 1.8822 سنة وهي تقابل زاوية مقدارها 360 º. لهذا وبفرض أن مدار المريخ دائري وحركة الكوكب فى مداره منتظم، لذلك فإن زمن فترة الرحلة للمركبة هو 0.70873 سنة يقطع فيها المريخ زاوية مقدارها

$$360^0 \times (0.70886 / 1.88) = 135.555^0$$

لهذا يجب أن تكون لحظة اطلاق المركبة عندما يكون المريخ فى مداره على بعد 135.555^0 من النقطة A الشكل (5-3).

فى الخطوة التالية يجب أن نحسب السرعة التى يجب أن تكتسبها المركبة عند النقطة A والتغير المطلوب فى السرعة عند النقطة A لتتناسب سرعة المركبة مع سرعة المريخ.



الشكل
(3-5)
موقع المريخ بالنسبة للأرض عند
اطلاق المركبة إليه.

مما سبق تم تحديد مسار المركبة الفضائية إلى المريخ عبر مدار هومان الأهليجي الإنتقالي. والزمن الذى تستغرقه الرحلة والذي تم تحديده بحوالي 8.5 شهر، كذلك موضع المريخ لحظة اطلاق المركبة من الأرض يتقدم بزاوية قدرها (180-135.555) ^{0} 45° بعد وصول المريخ إلى النقطة ***P*** .

كما ذكرنا فإن السرعة المدارية للأرض **V0** حول الشمس حوالي 30 كم/ ث وهي أكبر بكثير من السرعة **V0** = 8 كم/ ث المطلوبة للقمر الصناعي ليأخذ مدار دائري منخفض حول الأرض، وسرعة هروب المركبة **Ve** من المدار الدائري المنخفض نحصل عليها بضرب **V0** بالجذر التربيعي $\sqrt{2}$ أو 1.41421356 تقريبا وهذا يعطينا

$$=1.414 \text{ X } 8 = 11.312 \text{ Km/s} = 1.414\ V_0\ V_e$$

فى هذه الحالة لا تكون المركبة حرة الحركة للتتجه لأى نقطة فى الفضاء. ولكن هذه السرعة ابعدت المركبة عن جاذبية الأرض فقط، ولكن لم تحررها من جاذبية الشمس، حيث ستتحرك المركبة فى مدار حول الشمس بدلا من المدار التى كانت تتحرك فيه حول الأرض.

لهروب المركبة الفضائية من المدار الدائري حول الشمس لتتحرك خارج المجموعة الشمسية والهروب من جاذبية الشمس أيضا، فإن المركبة تحتاج إلى زيادة سرعتها إلى ما يسمي بسرعة الهروب الثانيةSecond escape velocity.

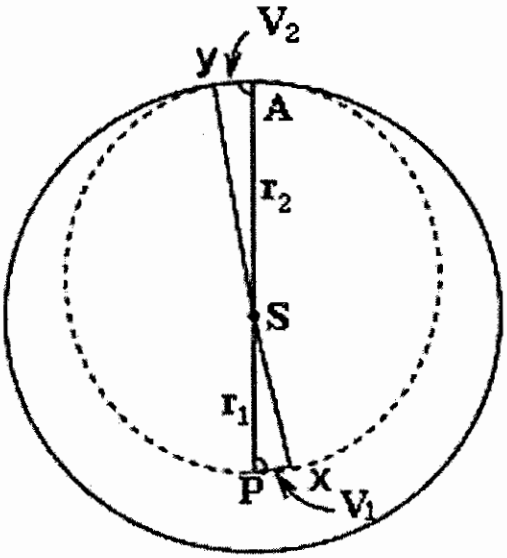
$$V_e = 1.414\ V_0 = 1.414 \times 30 = 42.42\ \text{Km/s} = =$$

وللوصول إلى السرعة V_e يجب زيادة سرعة المركبة بمقدار 12.42 كم/ث عن سرعة المركبة التى تحتاجها للهروب من جاذبية الأرض (30 كم/ث) مبتدأ من السكون على سطح الأرض. ولحسن الحظ توجد طرق لإستخدام حركة الكواكب (أو القمر) تساعد على المساهمة بزيادة جزء من هذه السرعة.

والسرعات الأخرى التى نستخدمها فى الحسابات هي السرعة V_1 التى تبدأ بها المركبة دخول مدار هومان البيضاوي بالقرب من الأرض (حيث يكون بعدها عن الشمس r_1)، والسرعة V_2 التى تصل بها المركبة إلى مدار المريخ. (حيث يكون بعد المركبة عن الشمس r_2). كذلك السرعة V_3 وهى سرعة كوكب المريخ فى مداره، بفرض ثبات هذه السرعه (بفرض أن المدار دائري). وإذا كانت V_2 (سرعة المركبة عند دخولها إلى مدار المريخ) $< V_3$ (سرعة المريخ فى مداره) فإن المركبة تسبق الكوكب، أما إذا كانت $V_3 > V_2$ فإن الكوكب يسبق المركبة.

ويوضح الشكل (5-4) مدار كوكب المريخ (المنحني المتصل) والمدار الإنتقالي (المنحني المتقطع) وأنصاف اقطارها r_1 , r_2 وهما البعد بين نقطة الحضيض P ونقطة الأوج A فى المدار الإنتقالي وعند هاتين النقطتين تكون سرعة المركبة , V_1 عند P، V_2 عند A. وإذا رسمنا المسافة التى تتحركها المركبة لمدة ثانية واحدة بعد عبورها نقطة الحضيض بسرعة V_1 والمسافة التى تتحركها المركبه لمده ثانية واحدة بعد عبورها نقطة الأوج بسرعة V_2 . ففي الواقع تكون هذه المسافات جزء من المدار أي جزء من منحني ولكن لكون هذه المسافة قصيرة يمكننا بدون خطأ أهمال هذا الانحناء ونعتبره خطا مستقيما، ونرسم المثلثان الرفيعان SPX و SAY حيث قاعدتهما PX و AY تلك المسافة وهذان المثلثان قائما الزاوية لأن الخط الواصل بين الحضيض والأوج APيكون متعامد على اتجاه السرعة عند هاتين النقطتين.

فعند نقطة الحضيض يكون ارتفاع المثلث r_1 وطول قاعدته V_1 (لأن الزمن ثانية واحدة) لذلك تكون مساحة المثلث : $A_1 = r_1 V_1 /2$



الشكل (4-5) تطبيق قانون كبلر الثانى.

عند نقطة الأوج تكون مساحة المثلث

$$A_2 = r_2 V_2 /2$$

وبتطبيق قانون كبلر الثاني الخاص بتساوي المساحات $A_1 = A_2$ عند تساوي الزمن نجد أن :

$$r_1 V_1 = r_2 V_2 \qquad (1\text{-}5)$$

لاحظ أن هذه العلاقة تسري عند نقطة الحضيض والأوج فقط لأن عند أي نقطة أخرى فى المدار لا يكون الخط متعامد على اتجاه السرعة.

4-5 : معادلة الطاقة Energy Equation :

نحن نعلم أن القمر الصناعي E الذى كتلته M ويدور فى مدار حول الأرض، تكون طاقته عند أي نقطة فى المدار :

$$E = mv^2/2 - Km/r \qquad (2\text{-}5)$$

حيث r بعد هذه النقطة عن مركز الأرض، V سرعة المركبة الفضائية عند هذه النقطة، K قيمة ثابتة، مرتبطة بالعجلة التثاقليه g. وحيث أن الطاقة لا تتبدد فإن الحد الأيمن له نفس القيمة عند أي نقطة فى المدار. وهناك علاقة مشابه تسري للمدارات حول الشمس، مع اختلاف قيمة K.

ولجسم يدور حول الأرض ليكمل هروبه من جاذبية الشمس يحتاج لسرعة $V_e = 1.414 \times V_0 = 42.42$ كم/ث . نفرض أن E_0 هي طاقة هذا الجسم، وحيث أن

$$V_e^2 = 2 V_0^2 \qquad (3\text{-}5)$$

ففي المدار حول الأرض تكون الطاقة :

$$E_0 = mV_0^2 - Km / r_1$$

وحيث أن هذا الجسم له سرعة هروب، فإذا انتظرنا لفترة طويلة جدا من الزمن سنجد أن الجسم أصبح على مسافة بعيدا جدا من الأرض وأن الجسم استنفذ كل طاقة حركته، وتصبح سرعته قريبة جدا من الصفر حينئذ يكون مجموع حدي الطرف الأيمن للمعادلة (2-5) يساوي الصفر وبذلك يكون

$$mV_0^2 - Km / r_1 = 0$$

وبقسمه المعادلة على m نحصل على

$$V_0^2 = K / r_1$$

حيث يمكن الحصول على K

$$K = V_0^2 / r_1 \quad (3\text{-}13)$$

5-5 : الحسابات:

نعود إلى المركبة الفضائية فى المدار الإنتقالي إلى المريخ، فإن طاقة هذا المدار تكون ثابتة عند أي نقطة فيه، أي فى الحضيض **P** والأوج **A** ، وبإستخدام المعادلة (2-5)

$$m V_1^2/2 - Km / r_1 = mV^2_2/2 - Km/ r_2$$

ويمكن تبسيط هذه المعادلة لتصبح

$$V_1^2 - V^2_2 = 2V_0^2 \ (1 - r_1/ r_2) \qquad (4\text{-}5)$$

لدينا الآن كميتين غير معروفتين القيمة V_1 , V_2 ولدينا أيضا معادلتين منفصلتين تشملان على هاتين الكميتين ، هما المعادلة (1-5) والمعادلة (4-5) المعادلة رقم (1-5) يمكن كتابتها على الصورة

$$V_2 = V_1 \ (r_1 / r_2) \qquad (5\text{-}5)$$

وبالتعويض فى المعادلة (4) عن V_2^2 فى الطرف الأيسر

$$V_1^2 - V_1^2 \ (r_1^2 / r^2_2) = 2 V_0^2 \ (1- r_1 / r_2)$$

$$V_1^2 \ (1- r_1^2 / r_2^2) = 2 V_0^2 \ (1- r_1 / r_2) \quad (5\text{-}6)$$

نحصل على معادلة واحدة فى كمية مجهولة واحدة هي V_1 ولكن نحتاج الآن فصل V_1^2 عن باقي الحدود .

نحن نعلم أن : $(r_2^2 - r_1^2) = (r_2 + r_1)(r_2 - r_1)$

لهذا نجد أن (5-6) يمكن كتابتها على الشكل التالى :

$$V_1^2 \ (r_2^2 - r_1^2) / r^2_2 = 2 V_0^2 \ (r_2 - r_1) / r_2$$

$$V_1^2 (r_2 + r_1) / r_2 = 2V_0^2$$

$$V_1^2 = 2V_0^2 \ r_2 / (r_2 + r_1) \quad (7\text{-}5)$$

وبالتعويض عن قيم r_2 , r_1 نجد ان

$$2 r_2 / (r_2 + r_1) = 1.20751$$

$$V^2_1 = 1.20751 \ V_0^2$$

$$V_1 = 1.098867 \ V_0$$

إذا كانت V_0 = 30 كم/ ث فإن :

$$V_1 = 32.966 \ Km/s$$

فهذا يعني أننا نحتاج إلى 2.966 كم/ث أي نحتاج إلى زيادة السرعة بمقدار 3 كم/ث أو 10% من السرعة المدارية حول الأرض لدخول المركبة فى المدار الأهليجي الأنتقالي.

6-5 : وصول المركبه للمريخ :

سرعة الوصول إلى مدار كوكب المريخ V_2 يمكن ايجادها من المعادلة (5-5).

$$V_2 = V_1 (r_1 / r_2) = 21.6356 \ Km/s$$

بإستخدام قانون كبلر الثالث (وحيث أن مدار المريخ دائري) فإن $r = a$ نجد أن

$$T^2 = r^3 = (1.523691)^3 = 3.63745$$

$$T \text{ سنة} = 1.8808 = 687.473 \text{ يوم}$$

وأثناء هذا الزمن فإن المركبة الفضائية تقطع مسافة قدرها :

$$2\pi r = 2 \times 3.14 \times 1.523691 \times 150 \times 10^6 = 1436.05 \times 10^6 \text{ Km}$$

بالقسمة على T نحصل على سرعة المركبة فى المدار:

$$1436.05 \times 10^6 / 687.473 = 2,088\ 880 \text{ Km/day}$$

كل يوم فيه 24 x 3600 = 86400 ثانية، لهذا نجد أن المريخ في كل ثانية يقطع من مداره

$$2,088,880 / 86400 = 24.192 \text{ Km}$$

وهذا يعني أن سرعة المريخ في مداره V_3 = 24.177 كم/ث.

بمقارنة هذه السرعة مع السرعة V_2 = 21.632 كم/ ث، نجد أن المريخ يتحرك أسرع وسوف يسبق المركبة. ولتوفيق سرعة المركبة مع سرعة المريخ يجب زيادة سرعة المركبة بمقدار 2.545 كم/ث .

7-5 : رحلة العودة من المريخ :

إن مدار هومان الإهليجي الإنتقالي هو أفضل المدارات من حيث توفير الوقود للوصول إلى كوكب المريخ. والمدارات الأخري ستكون أقل فى وقت الرحلة ولكنها ستتطلب وقودا أكثر لتبدأ الرحلة بسرعة أعلى مما يجعلها تنتهي بسرعة عالية تتطلب عمل مناوره لتقليل تلك السرعة للتوافق مع سرعة المريخ وربما يتطلب الأمر تغيير اتجاه الحركة .

8-5 : عيوب مدار هومان الإنتقالي :

يوجد عيب واحد لمدار هومان الأنتقالى وهو أن المتطلب القوي الذى يجب تحققه لنجاح الرحلة هو المواضع النسبيه بين كوكبي الأرض والمريخ لحظة الإطلاق. وكما راينا أن هذا الشرط يتحقق مره كل 26 شهر. وفي رحلة العودة من المريخ إلى الأرض يمكن إستخدام مدار هومان الأنتقالي، ولكن يجب أن يتحقق موضع الأرض بالنسبة للمريخ بدقة لحظة الإطلاق من المريخ. وإذا استطاع رواد الفضاء الهبوط على سطح المريخ، فيجب أن يختاروا بين أنهم ينتظروا على الكوكب لمدة عام لحدوث شرط تحقق الموضع بين الأرض والمريخ أو أن يستبدلوا مدار هومان الإنتقالي بمدار آخر مباشر ولكنه أكثر تكلفه. وسوف نحسب التأخير فى وقت الرحلة.

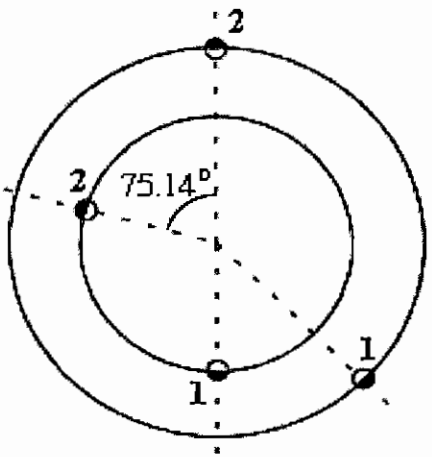
9-5 : مدارات هومان إلى ومن المريخ :

الدوائر المرسومه فى الشكل (5-5) تستخدم لتوضح حركة الأرض (الدائرة الداخلية) وحركة المريخ (الدائرة الخارجية) فى مداراتهم. وكما علمنا عند اطلاق المركبة الفضائية من الأرض إلى المريخ، يجب أن تكون الأرض والمريخ عند الموضعيين (1). وبعد فترة زمنية 0.70873 سنة تصل المركبة إلى المريخ، ويكون موضع الأرض والمريخ حينئذ عند الموضعين (2). حيث أنه فى العام الكامل تتحرك الأرض 360 °. وفى 0.70873 تتحرك الأرض زاوية مقدارهما

$$0.70873 \times 360^0 = 255.14^0$$

أي يكون موضع الأرض متقدم عن موضع المريخ عند (2) بزاوية مقدارها 75.14^o .

لاحظ كيف أن الأرض كانت متأخرة عن المريخ عند الأطلاق، ولكن الآن الأرض متقدمة عن المريخ. وكما نعلم من قانون كبلر الثالث أن الكوكب الأقرب للشمس يكون أسرع فى أكمال دورته، والأرض هي أقرب من المريخ بالنسبة للشمس.



الشكل (5-5)
المريخ والأرض عند بداية ونهاية المدار الأنتقالى.

بفرض أن المركبة هبطت على المريخ وجمعت بعض العينات من التربة والصخور ثم اقلعت لتعود إلى الأرض فإن الإطلاق من النقطة (2) بعد التخلص من جاذبية الكوكب، يمكن أن يتخذ مدار هومان الأهليجي الأنتقالي، برسم صوره معكوسة لرحلة الذهاب إلى المريخ.

10-5 : الدورة الأقترانية The synodic Period

دعنا نرى أين تكون الأرض بالنسبة للمريخ عند وقت إطلاق المركبة من المريخ حتى تستطيع المركبة الوصول للأرض فى طريق العودة.

إن رحلة العودة تساوي نصف مدار هومان الأهليجي وتأخذ زمن قدره 0.70873 من السنة، وأثناء هذه الفترة تكون الأرض قطعت زاوية مقدارها 255.14º فى مدارها (كما وضحنا سابقا). حتى تقابل المركبة العائدة الأرض عند النقطة (1) فى مدارها فى الشكل(5-6)، يجب أن تكون الأرض على بعد 255.14º خلف النقطة (1) عند اطلاق المركبة من المريخ. أي تكون الأرض فى مدارها عند النقطة (3) أي على بعد 75.14º خلف موقع المريخ وليست عند الموقع (2) (التى وصلت إليه عندما وصلت المركبة إلى المريخ عند الوضع (2) وفيه الأرض على بعد 75.14º أمام المريخ).

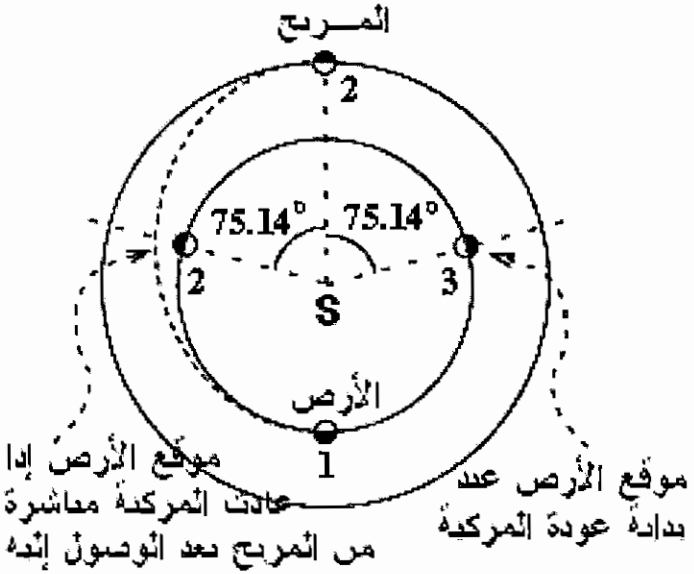
وحيث أن الأرض والمريخ تتغير مواقعهم فى مداراتهم بمقادير ثابتة فى أزمنة ثابتة، وهذا يوضح سبب تأخير رحلة العودة حتى تتحرك الأرض من الموقع (2) بالنسبة للمريخ إلى الموقع (3) الذى عنده تبدأ رحلة العودة من المريخ.

ولحساب هذا التأخير زمنيا مع تبسيط الحساب نحسب سرعة الدوران للأرض والمريخ حول الشمس:

- تكمل الأرض دوره حول الشمس فى سنة واحدة.
- يكمل المريخ دورة حول الشمس فى 1.8822 سنة أي خلال السنة الأرضية يتحرك المريخ فى مداره **1/1.8822 = 0.531293** دورة.

كل سنة تسبق الأرض المريخ بمقدار **(1-0.531293) = 0.468707** دورة وخلال سنتين يكون الفرق بينهما **2 x 0.468707 = 0.937414** دورة، ستكون الأرض سبقت المريخ بدورة كامله بعد **= 2.13353** **1/0.468707**سنة

فإذا بدأت حركة الأرض والمريخ وهما فى مداراتهما على خط واحد يمر بالشمس، فبعد 2.13353 سنة سوف يكونان على خط واحد مع الشمس. وتعرف هذه الدورة بالدورة الإقترانية مع الأرض، أي هي الفترة التى تمضي بين وضع الأرض بين المريخ والشمس إلى الوضع التالي الذى تصبح فيه الأرض بين المريخ والشمس، وهي تستغرق 25.6 شهر.



الشكل
(6-5)
المريخ والأرض عند
بداية رحلة العودة.

ولتغير الأرض موقعها بالنسبة للمريخ من (2) إلى (3) يجب أن تتقدم الأرض (بالنسبة للمريخ) بمقدار:

$$360 - 2 \times 75.14 = 209.72^0$$

وليتكرر نفس الوضع بين الأرض والمريخ (الدورة الإقترانية) يحتاج 2.13353 سنة، لهذا نجد أن الأرض تقطع الزاوية 209.72^o في زمن قدره:

$$\text{سنة } 2.13353) \ (360 / 209.72) = 1.2429 \text{ سنة} = 454 \text{ يوم} .$$

والحسابات الدقيقة تنتج 459 يوم (حيث أن حساباتنا هنا تقريبية).
وعندما تصل المركبة إلى الأرض فإنها تسبقها لأن سرعتها V_1 تزيد عن سرعة الأرض V_o بمقدار 3 كم/ث . وقبل هبوط المركبة الآمن إلى الأرض يجب أن تصل السرعة V_o بواسطة جذب الأرض إلي حوالي 11.3 كم/ث . وعلى إيه حال إذا دخلت المركبة الغلاف الجوي منزلقة بطريقة سليمة فإن طاقة الحركة الزائدة ستتبدد بطريقة آمنة كحراره بدون الحاجة لإشعال أي محركات لتقليل السرعة.

نحن استخدمنا تقريب المدارات إلى دوائر لتضمن عدم تغير سرعة الأرض أو المريخ فى المدار. ولكن الحركة الحقيقية لهما أكثر تغيرا وتعقيدا لأن المسافة بين الأرض والمريخ تتغير طوال الوقت.

الفصل السادس

المحطات الفضائية الروسية

6: برنامج ساليوت
6-1 : المحطة النهائية ساليوت
6-1-1 : ساليوت
6-1-2 : دوس
6-1-3 : ساليوت
6-1-4 : كوزموس
6-1-5 : ساليوت
6-1-6 : ساليوت
6-1-7 : ساليوت
6-1-8 : ساليوت
6-1-9 : ساليوت
6-1-10 : دوس
6-1-11 : دوس
6-2 : محطة مير
6-2-1 : أصل المحطة
6-2-2 : هيكل المحطة
6-2-2-1 : مير (الوحدة الرئيسية)
6-2-2-2 : كفانت-1
6-2-2-3 : كفانت-2
6-2-2-4 : وحدة كرستال
6-2-2-5 : وحدة سبكتر
6-2-2-6 : وحدة الإلتحام
6-2-2-7 : بريرودا
6-3 : التعاون الدولي
6-4 : الحياة على متن المحطة
6-5 : أول تواجد على المحطة
6-6 : أول مراحل التوسع
6-7 : مير
6-8 : شكل مير
6-9 : نشاط الرواد خارج المركبة
6-10 : برنامج المكوك مير
6-11 : زيارة المركبة الفضائية

المحطات الفضائية الروسية

6 - برنامج ساليوت-1:

برنامج ساليوت Salyut program (تعني ساليوت بالروسية الألعاب النارية) وهو أول برنامج لمحطة فضائية يقوم به الاتحاد السوفيتي، وكان يتألف من سلسلة من تسع وحدات فضائية يتم أطلاقها على مدي احدى عشر سنة بداية من 1971 حتي 1982م. كان يهدف المشروع إلى إجراء بحوث طويلة الأمد لمشاكل العيش في الفضاء، ومجموعة متنوعة من التجارب الفلكية والبيولوجية والبحث عن الثروات الأرضية، وسمحت تكنولوجيا برنامج محطة الفضاء باقامة مواقع بحثية طويلة الأمد في الفضاء. مهدت الخبرات المكتسبة من محطة ساليوت الطريق أمام محطات فضائية متعددة الوحدات مثل محطة ميرMir والمحطة الفضائية الدولية International Space Station.

6-1 : المحطة النهائية ساليوت :

يتكون البرنامج من سلسلة من ست محطات للبحوث العلمية وثلاث محطات للإستطلاع العسكري الشكل (6-1)، وهذه الأخيرة اطلقت كجزء من برنامج ألمظ Almaz بالغ السرية. حطمت ساليوت عدة أرقام قياسية في الرحلات الفضائية، بما في ذلك العديد من فترات مكث الطاقم الطويلة، وكانت أول مركبة مدارية يعيش فيها أطقم مختلفة، وحطم روادها أرقام قياسية مختلفة للسير في الفضاء. في الوقت الذي كان يسير فيه البرنامج، شهد عام 1991، تطور التكنولوجيا الأساسية في المحطة الفضائية من مدخل التحام أو رسو واحد إلى مداخل متعددة ومعقدة مع قدرات علمية مثيرة للإعجاب.

كان البرنامج يتألف من المحطة المدنية دوس DOS (المحطة الفضائية الدائمة Durable Orbital Station) و المحطة العسكرية OPS (المحطة المدارية المأهولة Orbital Piloted Station). كانت التعديلات في المحطة العسكرية المأهولة قليلة، وذات صلة بمدخل الإلتحام الخلفي لمركبة الفضاء سويوز. بالنسبة للمحطة المدنية دوس كانت التعديلات واسعة، مثل ألواح الخلايا الشمسية الاضافية، وموقع رسو أمامي وخلفي

لإلتحام المركبة سويوز، والمركبات الفضائية **TKS** (مركبة فضائية مأهولة لإمداد المحطة الفضائية العسكرية ألمظ بالتموين) ووحدات أخرى.

6-1-1 : ساليوت-1 :

ساليوت-1 (**Salyut 1**) (دوس-1) (تعني بالإنكليزية : التحية) أطلقت في 19 أبريل1971. كانت أول محطة فضائية تدور في مدار حول الأرض. أنطلق طاقمها الأول من الأرض على المركبة سويوز-10 ولكنهم لم يتمكنوا من الصعود على متن المحطة بسبب فشل في آلية الإلتحام، أرسل طاقمها الثاني على سويوز-11 وظل على متن المحطة لمدة 23 يوما. لكن فتح صمام تعادل الضغط في سويوز-11 في كبسولة العودة قبل الأوان عند عودة الطاقم الى الارض مما ادى الى مقتل الرواد الثلاثة. وعادت المحطة ساليوت-1 ودخلت الغلاف الجوي للأرض في 11 أكتوبر 1971.

الشكل
(1-6)
صورة المحطة ساليوت أخذت من مركبة سويوز Soyuz T-13 المغادرة الى الأرض.[10]

36 http://en.wikipedia.org/wiki/File: Salyut 7 from Soyuz T-13.jpg

6-1-2 : دوس– 2 :

انطلقت دوس-2 يوم 29 يوليو، 1972. وهي تشبه في تصميمها لساليوت-1. لكن فشلت المرحلة الثانية من صاروخ الإطلاق بروتون، مما يعني أنها لم تصل ابدا الى المدار. وسقطت في المحيط الهادئ.

6-1-3 : ساليوت-2 :

ساليوت-2 (OPS-1) تم إطلاقها في 4 أبريل 1973. لم تكن في الحقيقة جزءا من البرنامج نفسه كما في محطات ساليوت الأخرى، فبدلا من كونها نواة لمحطة فضائية عسكرية سرية للغاية ألمظ Almaz الشكل (6-2). فقد سميت بساليوت-2 لإخفاء طبيعتها الحقيقية. وعلى الرغم من الاطلاق الناجح لها، إلا أنها في غضون يومين بدأت ساليوت-2 غير المأهولة تفقد الضغط وفشل نظام مراقبة طيرانها. بعد 11 يوما من الإطلاق، وفي 11 ابريل 1973، وقع حادث غير مفسر تسبب في تمزق وخسارة أربعة ألواح خلايا شمسية من المحطة قطعت جميع الطاقة عن المحطة الفضائية. دخلت ساليوت-2 الى غلاف الأرض في 28 مايو، 1973.

6-1-4 : كوزموس-557 :

هي محطة الفضاء ساليوت التي كانت بديل لالماظ، وسميت أيضا بدوس-3، انطلقت في 11 مايو، 1973، أي قبل ثلاثة أيام من إطلاق معمل الفضاء سكايلاب. وبسبب أخطاء في منظومة التحكم في الرحلة عندما كانوا خارج نطاق المراقبة الأرضية، شغلت المحطة محركات تصحيح المدار حتى انتهى كل وقودها. وكانت المركبة الفضائية بالفعل في المدار، وتم رصدها بواسطة الرادارات الغربية، أطلق السوفييت عليها اسم "كوزموس-557" وبهدوء سمح لها بالعودة لدخول الغلاف الجوي للأرض لتحترق بعد ذلك باسبوع.

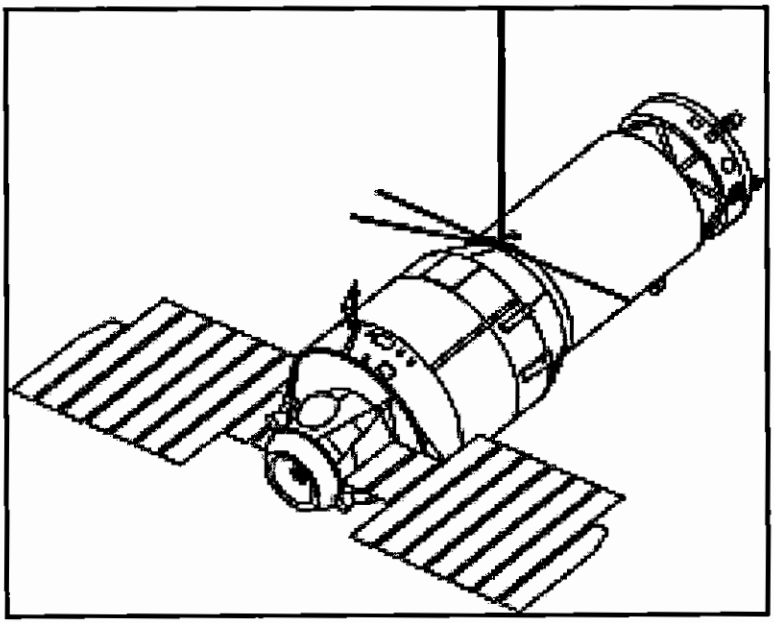
6-1-5 : ساليوت-3 :

ساليوت-3 (OPS-2) انطلقت يوم 25 يونيو، 1974. كانت بمثابة محطة فضائية عسكرية ألمظ آخرى، وقد أطلقت بنجاح. اختبرت مجموعة واسعة من أجهزة استشعار للاستطلاع، والعودة باسطوانة الفيلم لتحليلها. تم أجراء محاولة لتجربة مدفع طائرات عيار 23 مم في يوم 24 يناير 1975 (مصادر أخرى تقول انه كان عيار 30 ملم) وأجريت مع تحقيق نتائج إيجابية تتراوح ما بين 3000 م إلى 500 م. أكد رواد الفضاء أن الهدف من الاختبار كان تدمير قمر صناعي. وفي اليوم التالي، صدر أمر للمحطة بترك المدار. نجح طقم واحد فقط من ثلاثة

طواقم في الصعود على متن المحطة، تم احضارهم بالمركبة سويوز-14؛ فشلت محاولة جلب الطاقم الثاني علي سويوز- 15 في الإلتحام. ومع ذلك، فقد كان نجاح المحطة شامل. تقلص مدار المحطة، ودخلت الغلاف الجوي في 24 يناير، 1975.

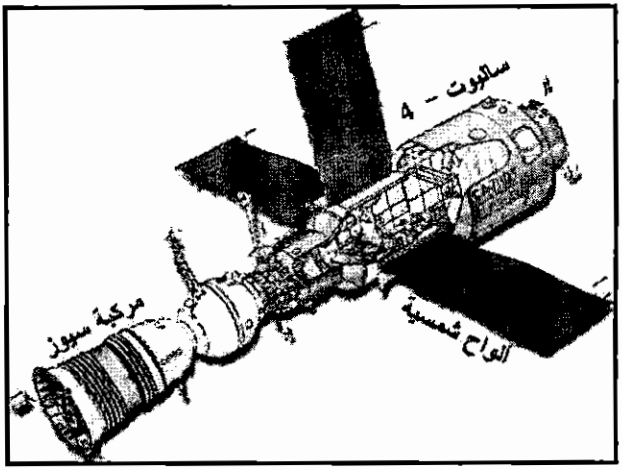
6-1-6 : ساليوت-4 :

انطلقت ساليوت-4 (DOS-4) يوم 26 ديسمبر عام 1974 الشكل (6-3). كانت نسخة من DOS-3، وخلافا لها لاقت نجاحا كاملا. استطاع طاقمين البقاء على متن ساليوت-4 (انطلقوا إلى المحطة بواسطة سويوز-17 وسويوز-18)، لمدة 63 يوما، و ظلت كبسولة سيوز(سويوز-20) بدون رواد ملتحمة بالمحطة لمدة ثلاثة أشهر، لتثبت مقدرة نظام البقاء لفترة طويلة. ساليوت-4 تركت المدار 2 فبراير 1977، ودخلت الغلاف الجوي للأرض في 3 فبراير.



الشكل (6-2)
صورة تخطيطية للمحطة ألمظ[11]

[11] (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Almaz_drawing.svg



الشكل
(3-6)
صورة المركبة ساليوت- 4
على اليمين ملتحمة مع مركبة
سيوز على اليسار.[12]

6-1-7 : ساليوت-5 :

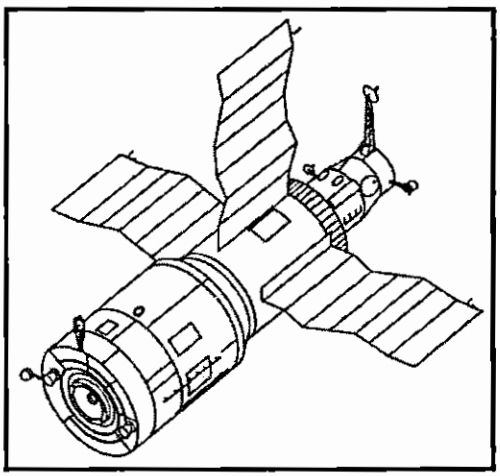
انطلقت ساليوت-5 **(OPS-3)** يوم 22 يونيو من عام 1976. كانت ثالث وآخر محطات فضاء ألمظ العسكرية. قابل اطلاقها ورحلاتها اللاحقة نجاحا كاملا على حد سواء، تمكن طاقمان من ثلاثة أطقم (سويوز-21 وسويوز-24) من الوصول والإقامة بنجاح لمدة طويلة (الطاقم الثاني على سويوز-23 لم يتمكن من الإلتحام والغيت المهمة). عادت ساليوت-5 للأرض يوم 8 اغسطس عام 1977.

6-1-8 : ساليوت-6 :

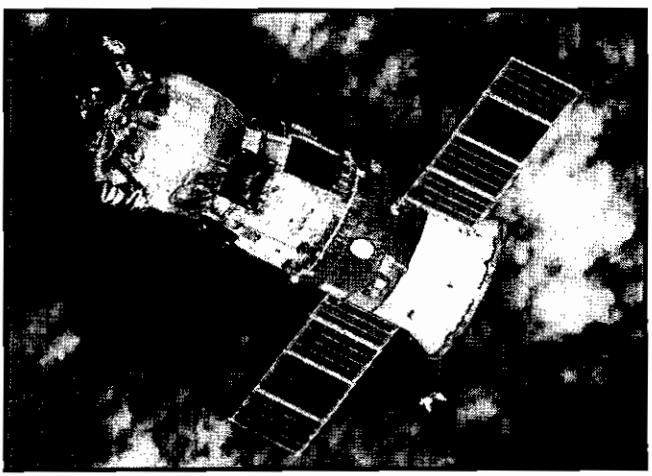
انطلقت ساليوت-6 **(DOS-5)** الشكل (6-4) في 29 سبتمبر، 1977. على الرغم من أنها تشبه محطات ساليوت السابقة في التصميم العام، إلا انها شملت العديد من التطورات الثورية بما في ذلك الموقع الثاني لإلتحام المركبات حيث يمكن من رسو مركبات التموين بروجرس الشكل (6-5) غير المأهولة وإعادة امداد المحطة بالوقود. زار ساليوت-6 من عام 1977 وحتى عام 1982 خمسة أطقم لمدد طويلة و11 طاقم لمدد قصيرة، بما في ذلك رواد فضاء من بلدان حلف وارسو. بعض التقارير غير المؤكدة تقول ان المحطة ما زالت قادرة على وظيفتها لرحلات وسنوات أكثر، ولكن من المستحيل مكافحة العفن المتزايدة في أماكن المعيشة، و كان من الناحية العملية، اتخاذ قرار احالة المحطة للتقاعد. حطمت الاطقم الأولى للبقاء لمدة طويلة على ساليوت-6 الرقم القياسي الذي سجل على

[12] http://static.howstuffworks.com/gif/space-station-salyut-4a.jpg

متن معمل الفضاء الأمريكي سكايلاب، والبقاء في المدار 96 يوما. استمرت أطول فترة مكث على متن ساليوت-6 مدة 185 يوما. الرحلة الرابعة إلى ساليوت-6 فردت هوائي لتلسكوب راديوي بقطر 10 متر تم استقباله على مركبة شحن. بعد ساليوت-6 توقفت العمليات المأهولة في عام 1981، طورت المركبات الفضائية الثقيلة TKS غير المأهولة باستخدام الأجهزة المتبقية من برنامج ألمظ السابق ورست على المحطة بمثابة اختبار للأجهزة. تم عادت ساليوت-6 في 29 يوليو 1982.



الشكل
(6-4)
رسم تخطيطي لساليوت-6.[13]



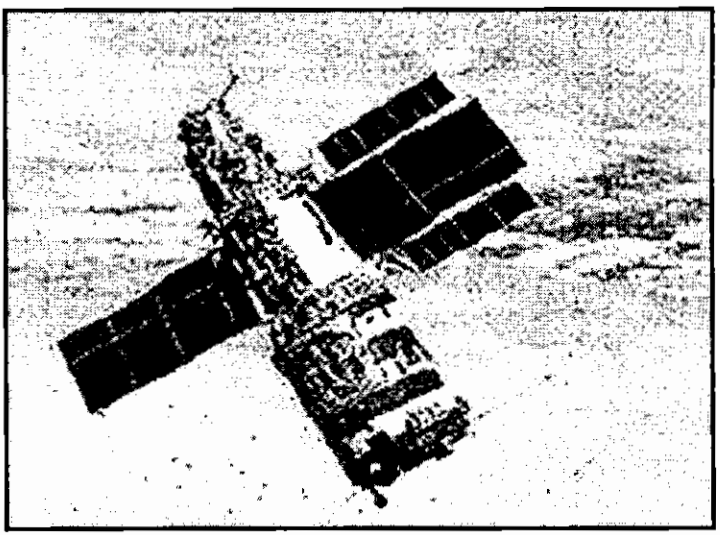
الشكل
(6-5)
صورة لمركبة الإمداد بروجرس progress.[14]

[13] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salyut 6 drawing.png

[14] http://en.wikipedia.org/wiki/Progress spacecraft

6-1-9 : ساليوت- 7 :

انطلقت ساليوت-7 **(DOS-6)** الشكل (6-6) يوم 19 ابريل، 1982. كانت بمثابة مركبة احتياطية لساليوت-6 ومتشابهة جدا في المعدات والقدرات، مع العديد من المميزات المتقدمة التي احتوتها. ظلت في مدارها لمدة أربع سنوات وشهرين، وخلال هذا الوقت زارها 10 أطقم في 6 رحلات رئيسية و 4 رحلات ثانوية (بما في ذلك رواد فضاء فرنسيون وهنود). بصرف النظر عن العديد من التجارب والارصاد التي أجريت على ساليوت-7، اختبرت المحطة رسو مركبات الفضاء واستخدام وحدات كبيرة مع محطة الفضاء المدارية. مثل "وحدات كوزموس الثقيلة". التي ساعدت المهندسين في تطوير التكنولوجيا اللازمة لبناء محطة مير الفضائية. عادت ساليوت-7 للأرض في 7 فبراير، 1991.



الشكل (6-6) صورة المركبة ساليوت-7.[15]

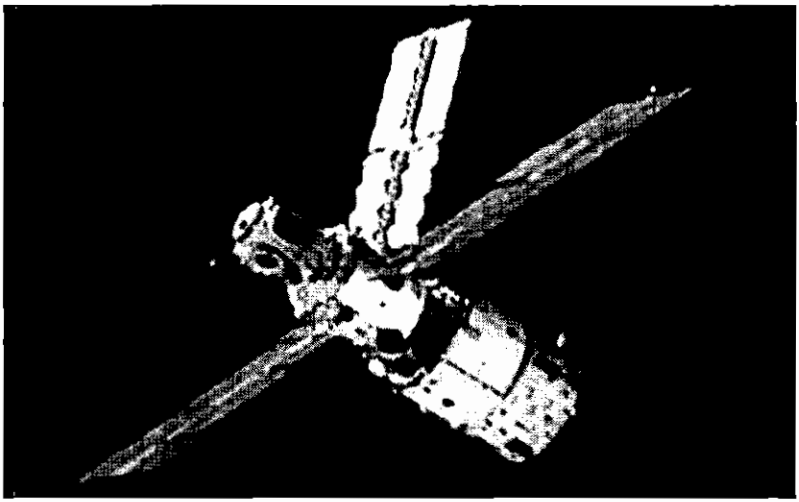
6-1-10 : دوس-7 :

كان من المخطط أن تتوالى محطتان أخرتان (**DOS-7** و **DOS-8**). مجهزة بأربعة مواقع لرسو المركبات الفضائية ، اثنتان في نهايتي المحطة وموقعين رسو إضافيين على كل من جانبي كرة الرسو في مقدمة المحطة. استمر تطوير-**DOS 7**، لتصبح قلب وحدة مير الشكل (6-7)، وتضم أفضل أجهزة كمبيوتر والواح

---

[15]) http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salyut7.jpg

شمسية، والإقامة لإثنين من رواد الفضاء ولكل منهم مقصورتة الخاصة وستة مواقع رسو المركبات الفضائية.



الشكل (7-6) صورة وحدة مير الأساسية.[16]

6-1-11 : دوس-8 (وحدة زفيزدا) :

تطورت دوس-8 لتصبح مشروع مير-2، بهدف إحلالها محل محطة مير الفضائية. وأخيرا، اصبحت وحدة الخدمة زفيزدا Zvezda Serivce Module محطة الفضاء الدولية International Space Station الشكل (6-8).

ونورد في الجدول (6-1) ملخص لأهم المعلومات عن برنامج ساليوت .

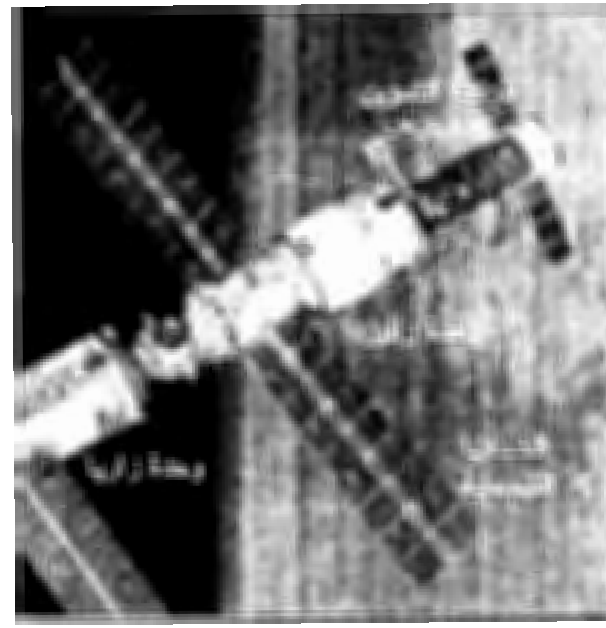
6-2 : محطة مير الفضائية [17]:

كانت مير الشكل (6-9) (تعني بالروسية : السلام أو العالم) في وقت لاحق هي المحطة الفضائية السوفيتية. كانت أول محطة بحوث فضائية مأهولة باستمرار في العالم على مدى طويل، وهي أول محطة من الجيل الثالث من محطات الفضاء

---

16) http://space.skyrocket.de/index frame.htm?http://space.skyrocket.de/doc_sdat/mir.htm

17) http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_on_12_June_1998edit1.jpg



الشكل
(8-6)
صورة وحدة الخدمات زفيزدا مع وحدة زاريا على اليسار ومركبة بروجرس ترسو على اليمين.[18]

الدولية، استغرق تشيدها الفترة من 1986 حتي 1996. ظلت المحطة في الخدمة طوال خمسة عشر عاما حتى 23 مارس 2001، ثم، هبطت من مدارها، وتفكيكها خلال العودة الى الغلاف الجوي فوق جنوب المحيط الهادئ.

تحمل المحطة حاليا الرقم القياسي لاطول فترة متصلة لوجود الرواد في الفضاء بالتناوب، ثمانية أيام لفترة عشر سنوات، وشغلت لفترة اثني عشر سنة ونصف السنة من عمرها الخمسة عشر سنة. لدى مير القدرة على استيعاب ثلاثة من أفراد الطاقم المقيم، بل يمكنها أيضا استيعاب عدد أكبر لأطقم ولكن لفترات قصيرة، وصل أكبر عدد من الافراد على متن المحطة في وقت واحد ستة افراد.

من خلال عدد من مشاريع التعاون الدولي، بما في ذلك انتركوزموس Intercosmos، أورومير Euromir وبرنامج المكوك مير Shuttle-Mir Program، كانت المحطة تستقبل رواد فضاء من الولايات المتحدة وعدد من الدول الغربية الأوروبية واليابان وكذلك رواد فضاء من مختلف الدول الشرقية. كانت مير أيضا بداية للسياحة الفضائية عندما قام الصحفي الياباني أكياما Akiyama بدفع تكاليف زيارتة للمحطة في عام 1990.

---

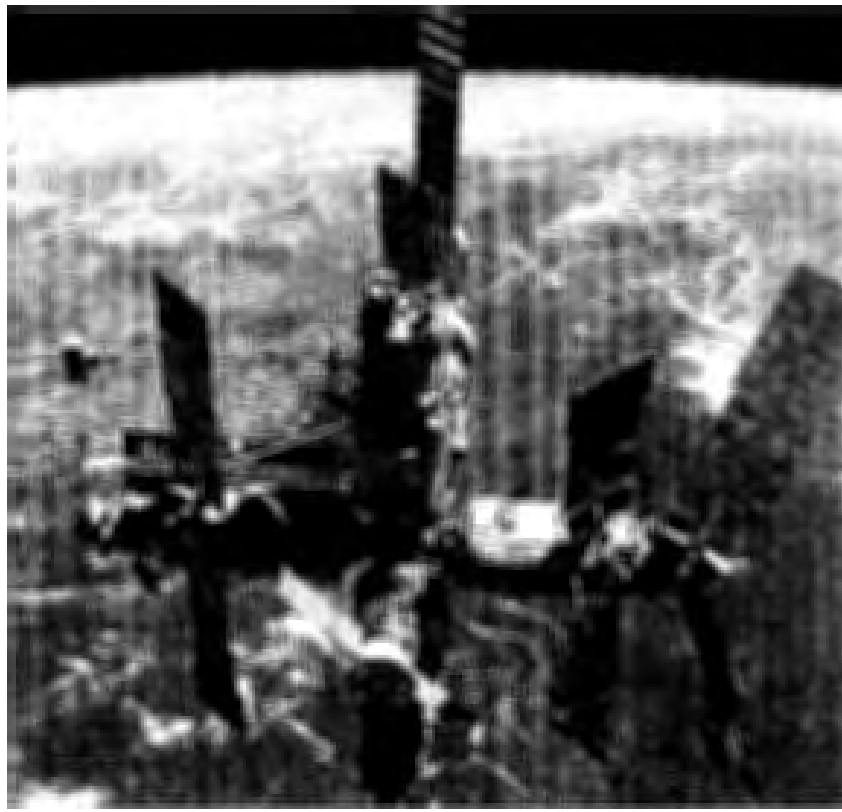
18) http://en.wikipedia.org/wiki/File:ISS_Zvezda_module-small.jpg

المحطة الفضائية	تاريخ الإطلاق	تاريخ العودة	عدد ايامها في المدار	عدد أيام تشغيلها	عدد أفراد الطاقم	المركبات الزائرة المأهولة	المركبات الزائرة غير المأهولة	الكتلة X 1000
ساليوت-1	4-19-71	10-11-71	175	24	3	2	0	18.5
دوس-2	7-29-72	7-29-72	0	0	0	0	0	18.0
ساليوت-2	73-4-4	5-28-73	54	0	0	0	0	18.5
كوزموس-557	5-11-73	5-22-73	11	0	0	0	0	19.4
ساليوت-3	6-25-74	1-24-75	213	15	2	1	0	18.5
ساليوت-4	12-26-74	77-2-3	770	92	4	2	1	18.5
ساليوت-5	6-22-76	77-8-8	412	67	4	2	0	19.0
ساليوت-6	9-29-77	7-29-82	1,764	683	33	16	14	19.8
ساليوت-7	4-19-82	91-2-7	3,216	816	26	12		

الجدول (6-1) برنامج ساليوت.

6-2-1 : أصل المحطة :

كانت مير جزء من الجيل الثالث من أنظمة الفضاء السوفيتية، وفي 17 فبراير 1976 اصدر قرارا لتصميم نموذج محسن من محطة الفضاء ساليوت دوس-K17. وقد كانت أربعة من محطات ساليوت الفضائية اطلقت بالفعل منذ عام 1971، مع ثلاثة آخرين اطلقوا خلال تطوير مير. فقد كان من المخطط أن تجهز



الشكل (6-9) صورة محطة مير.

المجموعة الأساسية (دوس-7 ودوس-8) بأربعة مواقع إلتحام ورسو المركبات الفضائية؛ اثنين عند كل طرف للمحطة كما هو الحال مع محطة ساليوت، وموقعين التحام إضافيين على جانبي كرة الرسو في مقدمة المحطة.

بحلول أغسطس 1978، طور هذا إلى الشكل النهائي حيث أصبح موقع واحد في الخلف وخمسة مواقع في الغرفة الكروية في مقدمة المحطة.

6-2-2 : هيكل المحطة :

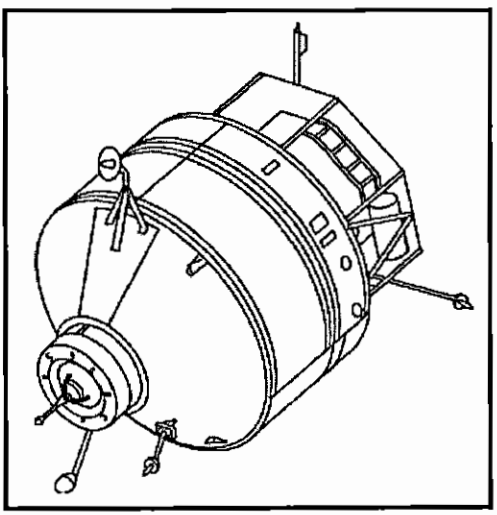
بعد استكمال التركيب، تكونت محطة الفضاء الدولية من سبع وحدات مختلفة مكيفة الضغط، أطلقت كل على حدة في المدار على مدى فترة عشر سنوات بواسطة صاروخ بروتون أو مكوك الفضاء.

6-2-2-1 : مير (الوحدة الرئيسية) :

كانت الكتلة الرئيسية لكامل مير معقدة، وفرت الوحدة الرئيسية أماكن المعيشة الرئيسية للاطقم المقيمة والنظم البيئية، وقدمت في وقت مبكر أنظمة التحكم في الوضع والتي تشمل المحركات الرئيسية للمحطة. ووحدة تتألف من المقصورة الرئيسية وحدة نمطية كروية لرسو المركبات الفضائية الأمر الذي كان بمثابة كوة لغلق الهواء ومواقع لرسو أربعة توسعات من وحدات المحطة، والتي ترسو عليها مركبة الفضاء سويوز أو مركبة بروجرس.

6-2-2-2 : كفانت-1 Kvant-1 (وحدة الفيزياء الفلكية) :

أول وحدة توسعة نمطية انطلقت، كانت كفانت - 1 الشكل (6-10) تتألف من مقصورتين مكيفتين الضغط ومقصورة تجارب غير مكيفة الضغط. الاجهزة العلمية شملت منظار الأشعة السينية، ومنظار الأشعة فوق البنفسجية، آلة تصوير بزاوية عريضة، تجارب أشعة سينية عالية الطاقة، ومستشعرات أشعة أكس/جاما. وست أجهزة تحكم في الموقع، ونظم دعم الحياة بما في ذلك مولد الاكسجين.



الشكل
(6-10)
رسم تخطيطي لوحدة كفانت-1.[19]

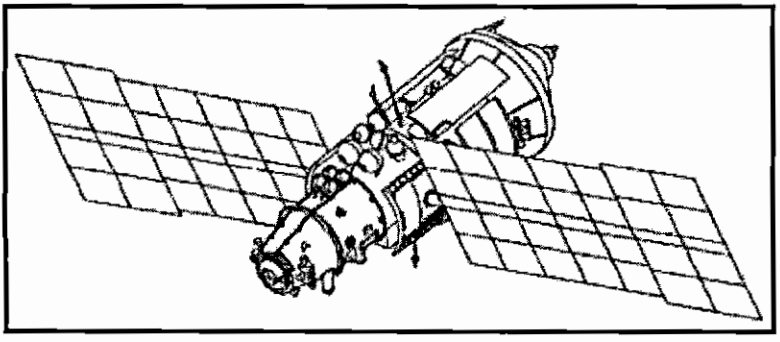
[19] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kvant_module_drawing.png

6-2-2-3 : كفانت-2 Kvant-2 (وحدة التعزيز) :

قسمت الوحدة الأساسية الأولى **TKS**، كفانت - 2 إلى ثلاث مقصورات، وكوة غلق الهواء، مقصورة أجهزة وشحن (التي يمكن أن تكون بمثابة كوة احتياطية)، ومقصورة أجهزة /تجارب الشكل (6-11). كما حملت وحدة مناورة مأهولة سوفيتية، ووحدة لإستخراج المياه من البول، ومياه الاستحمام. وشملت الأجهزة العلمية كاميرا عالية الدقة، ومقياس طيفي، وأجهزة استشعار للأشعة السينية.

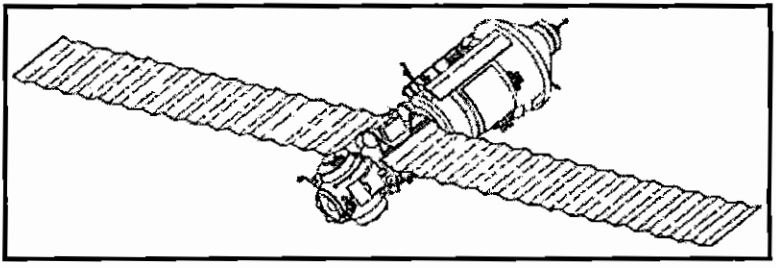
6-2-2-4 : وحدة كرستال Kristall (وحدة التقنية) :

الوحدة الرابعة كريستال، تتألف من قسمين رئيسيين. الأولى تستخدم لحد كبيرلتجهيز المواد (عن طريق أفران تجهيز مختلف)، الأرصاد الفلكية، والتكنولوجيا الحيوية. القسم الثاني هو مقصورة لرسو المركبات الفضائية، التي تميزت بموقعين لرسو المركبات، والمخصصة أصلا لاستخدام مكوك الفضاء ومكوك بوران، واستخدمها في النهاية المكوك مير. وتحتوي مقصورة الالتحام آلة تصوير بريرودا-5 (Priroda 5)، تستخدم لاجراء تجارب للكشف عن ثروات الأرض.



الشكل (6-11) رسم تخطيطي لوحدة كفانت-2.[20]

[20] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kvant_2_module_drawing.png



الشكل (6-12) رسم تخطيطي لوحدة كرستال.[21]

6-2-2-5 : وحدة سبكتر Spektr (وحدة الطاقة) :

كانت سبكتر أحد ثلاث وحدات أطلقوا كجزء من برنامج المكوك مير، وتعمل كمكان للمعيشة لرواد الفضاء الاميركان وموقع لتجارب ناسا. تم تصميم الوحدة للرصد عن بعد لبيئة الأرض والغلاف الجوي وأجهزة تجارب بحوث السطح، بالإضافة إلى أربعة ألواح خلايا شمسية تولد ما يقرب من نصف الطاقة الكهربائية التي تولدها المحطة الشكل (6-13). وتتميز الوحدة أيضا بكوة علمية لتعريض التجارب لفراغ الفضاء.

6-2-2-6 : وحدة الإلتحام Docking Module :

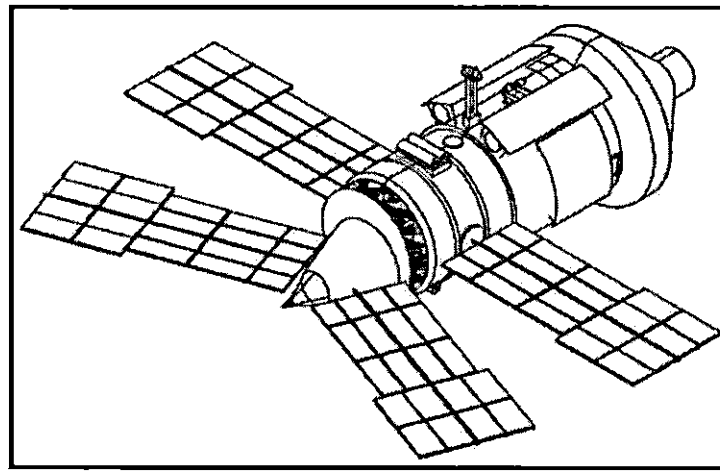
صممت وحدة الالتحام للمساعدة على تسهيل التحام مكوك الفضاء الى محطة مير الفضائية. قبل أول مهمة إلتحام للمكوك رقم **(STS-71)** الشكل (6-14)، كانت مهمة تحريك وحدة كريستال شاقة لضمان وجود مسافة كافية بين المكوك والالواح الشمسية لمحطة مير. ولكن وحدة الالتحام الجديدة توفر مسافة كافية دون الحاجة لتحريك وحدة كريستال الشكل (6-15). تحمل الوحدة موقعين التحام. واحدة موصولة إلى المنفذ الجانبي من كريستال والأخرى مفتوحة لإلتحام المكوك.

6-2-2-7 : بريرودا Priroda :

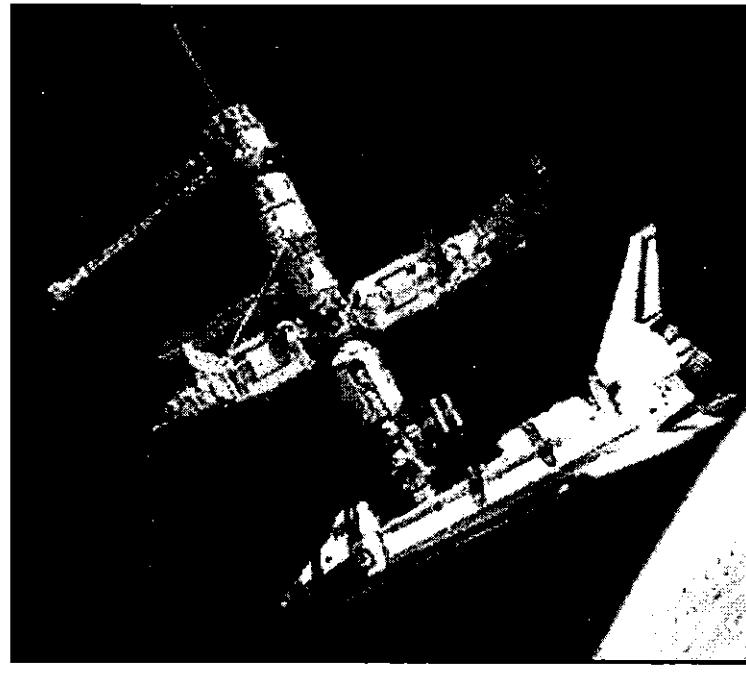
وهي وحدة للإستشعار عن بعد للأرض الشكل (6-16).

---

[21] module drawing.pnghttp://en.wikipedia.org/wiki/File:Kristall



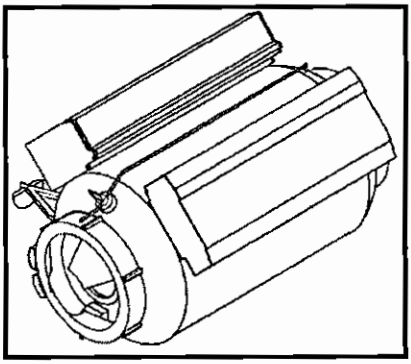
الشكل
(13-6)
رسم تخطيطي لوحدة
سبكترا.[22]



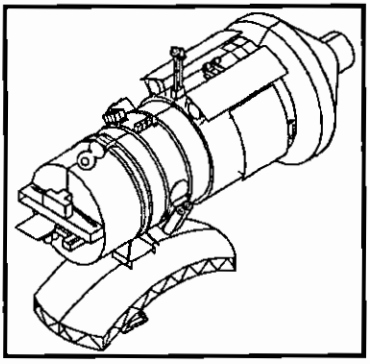
الشكل
(14-6)
التحام مكوك اتلانتيس
مع مير في الرحلة
STS-71.[23]

(22) module_drawing.pnghttp://en.wikipedia.org/wiki/File:Spektr_

(23) : Atlantis_Docked_to_Mir.jpghttp://en.wikipedia.org/wiki/File

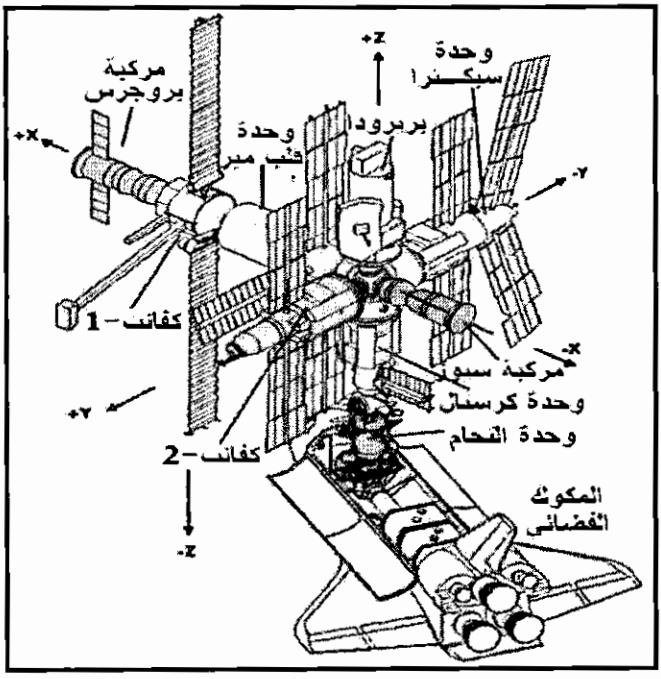


الشكل (6-15)
وحدة الإلتحام.[24]



الشكل (6-16)
وحدة بريرودا.[25]

يوضح الشكل (6-17) المحطة الفضائية الروسية مير مجمعة وموقع كل وحدة فيها.



الشكل (6-17) المحطة الفضائية الروسية مير.[26]

---

[24] Docking_Module_drawing.pnghttp://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_

[25] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Priroda_module_drawing.png

[26] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_module.jpg

3- : التعاون الدولي :

كان انتركوزموس برنامج استكشافي للفضاء يشرف عليه الاتحاد السوفيتي للسماح لأعضاء من القوات العسكرية المتحالفة معها من دول حلف وارسو للمشاركة في الفضاء ببعثات الاستكشاف المأهولة وغير المأهولة. أتيح المشاركة أيضا لحكومات البلدان الصديقة، مثل فرنسا والهند.

شارك في الرحلات الثلاثة الأخيرة فقط من البرنامج الذي يتكون من أربعة عشر رحلة استكشافية إلى مير:

- محمد فارس من سوريا على متن سويوز - 3.
- الكسندر بانافاتوف الكسندروف من بلغاريا على متن سويوز - 5.
- عبد الأحد مومند من أفغانستان على متن سويوز - 6.

4-6 : الحياة على متن المحطة :

تشبه المحطة مير، التي تزن 100 طن متاهة ضيقة، مزدحمة بخراطيم المياه والكابلات والأجهزة العلمية، فضلا عن مقومات الحياة اليومية، مثل الصور الفوتوغرافية ورسوم الأطفال، والكتب، والجيتار. وعادة ما يتكون الطاقم من ثلاثة افراد، ولكن في بعض الأحيان يتكون من ستة أفراد لمدة تصل الى شهر واحد. باستثناء فترتين قصيرتين، شغلت مير باستمرار حتى أغسطس 1999.

خلال برنامج المكوك مير، كان رواد الفضاء الروس يقومون في محطة بالصيانة في حين قام رواد الفضاء الامريكان بتجارب علمية في مجالات علم وظائف الأعضاء البشرية، وعلوم الحياة وعلم الأحياء المجهرية، وعلم المواد.

رائدة الفضاء شانون لوسيد، التي سجل رقما قياسيا لأطول فترة بقاء في الفضاء من قبل امرأة على متن محطة مير (فاقتها سونيتا ويليامز بعد 11 عاما في وقت لاحق على محطة الفضاء الدولية).

5-6 : أول تواجد على المحطة :

كانا أول من التحم بمحطة مير الفضائية يوم 15 مارس، 1986 ليونيد كايظم وفلاديمير سولوفيوف. مع فترة مكث ما يقرب من 51 يوما، لقد قاموا بتشغيل المحطة وفحص أنظمتها. كما أنهما قاما بتفريغ مركبتي بروجرس اللتان أطلقتا إلى المحطة، بروجرس-25 و بروجرس-26.

في يوم 5 مايو 1986 تركا مير في رحلة طويلة إلى ساليوت-7. امضوا هناك 51 يوما وجمعوا 400 كجم من المواد العلمية من ساليوت-7 للعودة بها إلى محطة مير الفضائية. بينما كانت سويوز **T-15** عند ساليوت-7، وصلت سويوز - 1 غير المأهولة الى مير غير المأهولة، وظلت لمدة 9 أيام، لاختبار سويوز**TM** الجديدة. سويوز **T-15** التحمت مرة أخرى مع مير يوم 26 يونيو وتسلمت التجارب و 20 جهاز، محتوية على مطياف متعدد القنوات. أمضى طاقم رحلة مير **EO-1** آخر 20 يوما في محطة مير الفضائية في إجراء عمليات رصد للأرض قبل أن يعودوا إلى الأرض يوم 16 يوليو عام 1986، تاركين المحطة شاغرة.

الرحلة الثانية لمير هي مير **EO-2** التي أطلقها الصاروخ سويوز **TM-2** في 5 فبراير، 1987. أثناء إقامتهم، أطلقت وحدة كفانت-1 في 30 مارس، 1987. والتي كانت النسخة التجريبية الأولى، من سلسلة مخطط لها من الوحدات 'K37' المقرر اطلاقها الى محطة مير بواسطة مكوك بوران السوفيتي. خطط لكفانت-1 لتلتحم بساليوت-7. حملت الوحدة أول مجموعة من ست جيروسكوبات للتحكم بوضع المحطة. كما حملت الوحدة أجهزة أشعة سينية وأشعة فوق بنفسجية لارصاد الفيزياء الفلكية.

كان الموعد المبدئي لإلتحام وحدة كفانت-1 مع مير يوم 5 ابريل، 1987 ولكن تأخر الموعد بسبب فشل في نظام السيطرة على متن المحطة. بعد فشل المحاولة الثانية للإلتحام، قام رواد فضاء المحطة، يوري رومانينكو وألكسندر لافيكين، بعملية سير في الفضاء لإصلاح العطب. وقد عثروا على كيس قمامة بين الوحدة والمحطة، مما حال دون الإلتحام. ولقد تبين أن الكيس ترك في المدار بعد رحيل احدى مركبات الشحن. ولقد أزالوا الكيس واستكمل الالتحام يوم 12 ابريل.

كان اطلاق سويوز **TM-2** بداية سلسلة من ستة عمليات اطلاق لسويوز وثلاث فترات مكث طويلة لاطقم بين 5 فبراير 1987 و 27 أبريل 1989. هذه الفترة شهدت أيضا أول زوار دوليين إلى المحطة، محمد فارس، وعبد الأحد محمد وجين لوب كريتيان. مع رحيل مير **EO-4** بواسطة سويوز**TM-7** في 27 أبريل 1989 تركت المحطة شاغرة مرة أخرى.

6-6 : أول مراحل التوسع :

كان إطلاق سويوز **TM-8** في 5 سبتمبر سنة 1989 هو بداية لأطول فترة تواجد للأنسان في الفضاء حتى الآن. كما أنه يمثل بداية للتوسع الثاني لمير.

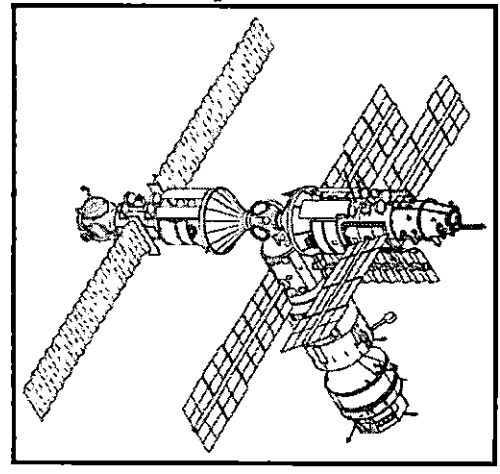
واصبحت وحدات كفانت - 2 وكريستال جاهزة للاطلاق. التحم الكسندر فيكتورينكو والكسندر سيريبروف بالمحطة مير وخلصوا المحطة من سبات شتوي أمتد لخمسة أشهر. قام رواد الفضاء في 29 سبتمبر بتركيب المعدات في نظام الالتحام للتحضير لوصول كفانت-2، مع 20 طنا من برنامج ألمظ على المركبة الفضائية **TKS** .

7-6 : مير بعد وصول كفانت – 2 :

بعد تأخير دام 40 يوما بسبب مشاكل في مجموعة رقائق الكمبيوتر، أطلقت كفانت-2 يوم 26 نوفمبر 1989. بعد مشاكل المركبة في نشر مجموعة الألواح الشمسية ومع النظم الآلية للالتحام مع كلا من كفانت-2 ومير، التحمت كفانت-2 ورست يدويا في 6 ديسمبر. أضافت كفانت - 2 مجموعة ثانية من الجيروسكبات لمحطة مير الفضائية. كما أضافت الوحدة نظم دعم حياة جديدة لإعادة تدوير المياه وتوليد الاوكسجين على متن محطة مير الفضائية، والحد من الاعتماد على الإمدادات من الأرض. تميزت كفانت-2 أيضا بفتحة كوة كبيرة قطرها متر واحد. ووحدة لحقائب لرواد الفضاء، تقع داخل كوة كفانت-2 الشكل (6-18).

8-6 : شكل مير بعد وصول كريستال :

حملت سويوز- **TM-9** اعضاء طاقم مير **EO-6** وهما اناتولي سولوفييف وألكسندر بلاندين يوم 11 فبراير، 1990. اثناء الإلتحام وتواجد طاقم **EO-5** في المحطة، رصدوا مشكلة في ثلاثة من الاغطية الحرارية على سويوز **TM 9**،



الشكل
(6-18)
محطة مير بعد وصول كفانت-2.[27]

[27] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_1990_configuration_drawing.png

مما يسبب مشاكل لها عند دخولها الغلاف الجوي. ولقد قرروا التعامل مع هذه المشكلة.
وأثناء بقائهم على متن المحطة مير شهدوا إضافة وحدة كريستال. التي أطلقت يوم 31 مايو. تم الغاء أول محاولة التحام يوم 6 يونيو بسبب فشل دافع التحكم في وضع المحطة. وصلت وحدة كريستال لموقع الالتحام الأمامي يوم 10 يونيو، وغيرت موقع الإلتحام الى الموقع الجانبي المعاكس لكفانت-2 في اليوم التالي، واستعادة المجموعة التوازن. بسبب التأخير في عملية الالتحام مع كريستال، امتدت فترة بقاء **EO-6** لمدة 10 أيام للسماح لتفعيل نظم كريستال، وعلى تجهيز غالق الهواء لخروج رواد الفضاء خارج المحطة للسير في الفضاء وإصلاح الاغطية الحرارية على سويوز - **TM 9**.

9-6 : نشاط الرواد خارج المركبة (Extra-vehicular activity (EVA:

احتوت وحدة كريستال على عدد من الأفران لخلق بلورات في حالة انعدام الجاذبية. كما كان على متنها معدات بحوث للتكنولوجيا الحيوية، بما في ذلك صوب زجاجية صغيرة لتجارب زراعة النباتات. كما زودت الوحدة بمصدر ضوئي ونظام للتغذية. تضمنت الوحدة أيضا معدات للرصد الفلكي. كانت السمة الرئيسية، للوحدة نظام التحام مزدوج مصمم ليكون متوافق مع مكوك الفضاء بوران الروسي. على الرغم من انها لم يستخدمها قط المكوك بوران، لكن استخدمها في وقت لاحق مكوك الفضاء الأمريكي.

وصل طقم مير **EO-7** على متن سويوز- 10 في 3 أغسطس 1990. ومعهم طائر السمان لوضعها في اقفاص في كفانت-2. ولقد وضع السمان بيضة وهي في طريقها إلى المحطة. ثلاثة رحلات اخرى زارت مير. انطلق طقم مير **EO-10** على متن سويوز- 13 في 2 أكتوبر، 1991 وكان آخر طاقم إطلق من الاتحاد السوفياتي، واستمر شغل مير خلال فترة سقوط الاتحاد السوفياتي. ولم يحالف الحظ وحدتي سبيكتر، بريرودا، لعدم اطلاقهم. حيث لم تتمكن وكالة فضاء روسيا الإتحادية التي شكلت حديثا من تمويل الوحدتين، ووضعتا في المخزن، ناهية أول توسع لمير.

10-6 : برنامج المكوك مير :

شاركت الولايات المتحدة بدعم مالي لمير. الذي استخدم في إنجاز وإطلاق وحدتي سبكتر وبريرودا وبناء وحدات التحام لجعل عملية التحام المكوك بالمحطة أسهل.

واجه طاقم مير، ليننجر والروسي فاسيلي تيسيبليف و ألكسندر لازوتكين في عام 1997 عدة مشاكل :

- اشتعال أشد نار على متن مركبة فضائية تدور حول الأرض بسبب جهاز توليد الأكسجين الاحتياطي.
- اخفاق نظم متعددة في المحطة.
- تصادمها مع سفينة تموين.
- فقد تام للطاقة الكهربية للمحطة مما أثر على نظام التحكم في وضع المحطة الشكل (6-19).

كان العمل في المحطة طبيعي حتى 25 يونيو عندما حدث أثناء الاختبار الثاني للإلتحام اليدوي لمركبة بروجرس (مركبة التموين) اصطدامها بالواح الطاقة الشمسية في وحدة سبكتر واصطدامها بالدرع الخارجي للوحدة، ثاقبة الوحدة مسببة فقد الضغط في المحطة، وهو أول فقد ضغط من نوعه في مدار في تاريخ رحلات الفضاء. قام بعض أفراد الطاقم باجراءات سريعة، مثل قطع الكابلات الموصلة بالوحدة واغلاق بوابة سبكتر. اسفرت جهودهم عن استقرار ضغط الهواء بالمحطة، بينما انخفض الضغط في سبكتر إلى الصفر، التي تحتوي العديد من التجارب والأمتعة الشخصية. ولحسن الحظ، كانت المواد الغذائية والمياه وغيرها من الإمدادات الحيوية مخزنة في وحدات أخرى .

في محاولة لاستعادة بعض من أنظمة الطاقة التي خسرها في أعقاب عزل سبكتر ومحاولة لتحديد موقع التسرب، نفذا القائد الجديد اناتولي سولوفييف ومهندس الرحلة باقل فينوغرادوف عملية انقاذ محفوفة بالمخاطر في وقت لاحق من الرحلة، ودخول وحدة فارغة خلال ما يسمى بعملية السير في الفضاء، ليتفقدا حالة تشغيل المعدات والكابلات من خلال فتحة خاصة في سبكتر.

قرب نهاية حياة مير، كانت هناك خطط للقطاع الخاص لشراء مير، لإمكانية استخدامها كأول استوديو فضائي للتلفزيون والسينما. وتم تدبير تمويل خاص لرحلة سويوز- 30 بواسطة شركة فضائية تجارية خاصة **MirCorp**، التي اطلقت يوم 4 ابريل 2000، حاملة طاقم من فردين، إلى المحطة لمدة شهرين للقيام بأعمال ترميم أملين أن تكون المحطة مأمونة مستقبلا. ولكن هذا كان آخر مهمة مأهولة الى محطة مير الفضائية. في حين كانت روسيا متفائلة بشأن مستقبل مير، لكن التزامها بمشروع المحطة الفضائية الدولية لم يترك فرصة لتمويل ودعم محطة مير العجوزة.

تم إخراج مير من مدارها على ثلاث مراحل. المرحلة الأولى كانت مرحلة انتظار تأثير مقاومة الغلاف الجوي لإضمحلال مدار مير ليصبح على بعد 220 كم.

وهذا بدأ مع التحام المركبة بروجرس **M1-5**، وهي نسخة معدلة من

الشكل (6-19) صورة لتضرر الواح الطاقة الشمسية في وحدة سبكتر بعد تصادمها مع مركبة التموين بروجرس في سبتمبر 1997.[28]

بروجرس **M** والتي حملت وقود أكثر بمقدار 2.5 مرة بدلا من التموين للقيام بهذه المهمة. المرحلة الثانية كانت نقل المحطة الى مدار أهليجي حضيضة على بعد 165 كم وأوجه على بعد 220 كم . تحقق هذا باشعالين لمحرك التحكم لمركبة بروجرس**5 - M1** في تمام الساعة 00:32 والساعة 02:01 بالتوقيت العالمي في 23 مارس، 2001. بدأت المرحلة الثالثة والنهائية من اخراج مير من مدارها باشعال محرك التحكم لمركبة بروجرس **5 - M1** والمحرك الرئيسي في تمام الساعة 05:08 بالتوقيت العالمي مستغرقا ما يزيد قليلا عن 22 دقيقة. تم دخول المحطة إلى الغلاف الجوي للأرض (على ارتفاع 100 كم) بعد 15 عاما في الساعة 05:44 بالتوقيت العالمي بالقرب من نادي **Nadi** (أكبر ثلاث تجمعات سكانية في فيجي).

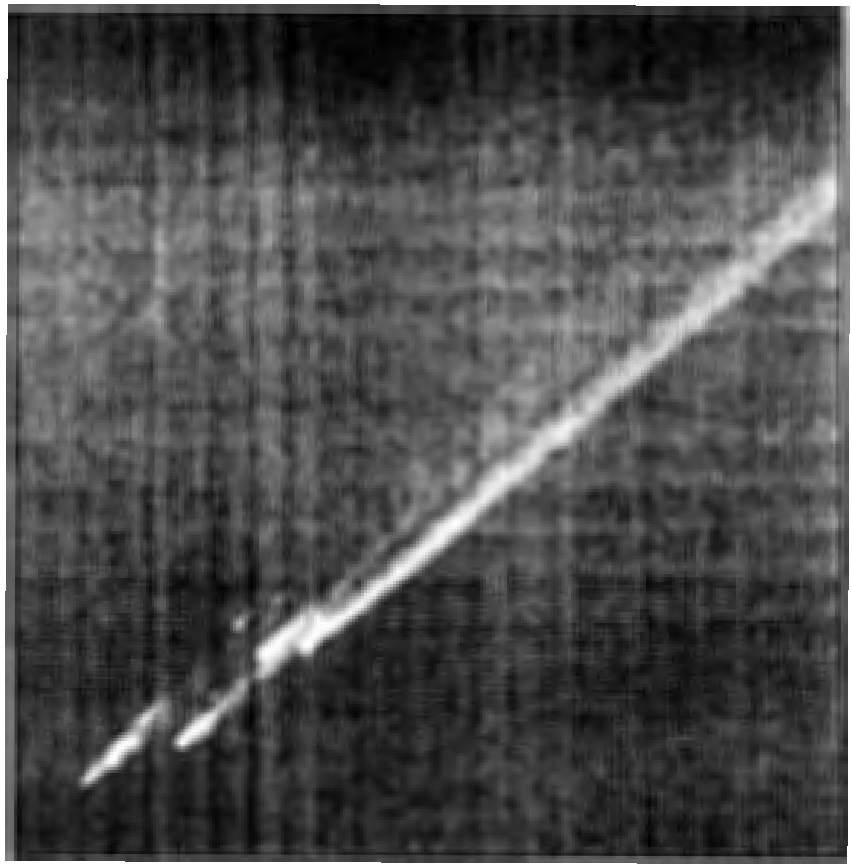
بدأ تفكيك المحطة في حوالي الساعة 05:52 وسقطت الشظايا غير المحترقة جنوب المحيط الهادئ الساعة 06:00 بالتوقيت العالمي الشكل (6-20).

---

[28] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Damaged_Spektr_solar_array.jpg

11-6 : زيارة المركبة الفضائية :

كانت مير مدعومة في المقام الأول من مركبتي سويوز وبروجرس الفضائية الروسية. مركبات سويوز أمدت المحطة برواد الفضاء وتناوبهم عليها من وإلى المحطة، وتعمل أيضا بمثابة قارب نجاة للمحطة، والسماح بعودة سريعة نسبيا إلى الأرض في حال حدوث طارئ. مركبة الشحن بروجرس غير المأهولة كانت تستخدم فقط لتموين المحطة.



الشكل (6-20)
صورة مير تتفكك في الغلاف الجوي للأرض فوق جنوب المحيط الهادئ في 23 مارس، 2001.[29]

[29] reentry_photo.jpghttp://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_

كان من المتوقع أن تكون مير وجهة لرحلات يقوم بها في وقت لاحق مكوك الفضاء بوران. وحدة كريستال كانت تحمل نظامين التحام صمم لتكون متوافقة مع مكوك بوران. التي استخدمها لاحقا مكوك الفضاء الأمريكي.

خلال برنامج المكوك مير، كان يدعم مير أيضا مكوك الفضاء الأمريكي، مما يسمح لرواد الفضاء من أمريكا والغرب بالزيارة أو البقاء لمدة طويلة في المحطة. استخدم مكوك الفضاء الامريكى حلقة الالتحام المعدلة المصممة أصلا لمكوك بوران السوفيتي، التي تم إضافتها لاحقا إلى نهاية كريستال. وفر المكوك تناوب رواد الفضاء الأمريكيين على محطة فضلا عن نقل البضائع من وإلى المحطة. بالتحام مكوك الفضاء مع مير مكن من عمل التوسعات في أماكن المعيشة والعمل المعقدة التي كانت الاكبر في التاريخ في ذلك الوقت، حتى اصبح مجموع كتلتها 250 طن.

الفصل السابع

المحطات الفضائية الأمريكية

7-1 : معمل الفضاء
7-1-1 : انجازات المعمل فى المدار
7-1-2 : هجر المحطة والعودة
7-2 : مكوك الفضاء
7-2-1 : وصف المكوك
7-2-2 : الخزان الخارجى
7-2-3 : الصواريخ الدافعة الصلبةِ
7-2-4 : مسار الرَحلة
7-2-4-1 : الإنطلاق
7-2-4-2 : فى المدار
7-2-4-3 : العودة إلى الأرض
7-2-5 : كوارث مكوكِ الفضاء
7-3 : المحطة الفضائية
7-3-1 : الهـدف
7-3-2 : البحث العلمى
7-3-3 : تجميع وتركيب محطة الفضاء
7-3-3-1 : وحدات مكيفة الضغط
7-3-4 : النظام الكهربائى للمحطة
7-3-5 : مراقبة وضع المحطة
7-3-6 : الجاذبية
7-3-7 : التحكم البيئ
7-3-8 : رؤية المحطة

المحطات الفضائية الأمريكية

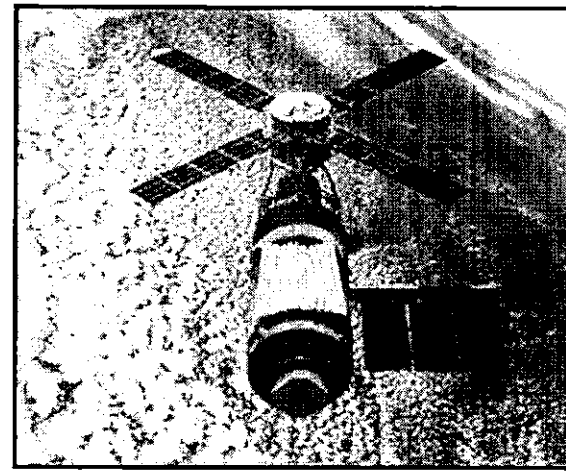
1-7 : معمل الفضاء سكايلاب [30]:

كانت سكايلاب اول محطة فضاء دولية للولايات المتحدة الشكل (7-1)، وهي محطة الفضاء الدولية الثانية التي زارها طاقم بشري. كما كانت المحطة الفضائية الوحيدة التي أطلقتها وكالة ناسا. وتزن محطة الفضاء 100 طن وكانت في مدار حول الأرض منذ 1973 حتي 1979، وزارها أطقم من رواد فضاء ثلاث مرات في عامي 1973 و 1974.

أطلقت سكايلاب يوم 14 مايو 1973 بواسطة الصاروخ ساتيرن ن ت-21 **Saturn INT-21** (وهو نسخة ذات مرحلتين من صاروخ ساتيرن الخامس **Saturn V**) إلى مدارها على ارتفاع 435 كم. يشار لعملية الاطلاق أحيانا بسكايلاب-1 (**Skylab 1**)، أو **SL-1.** وأثناء الإطلاق لحق بها ضررا شديد، بما في ذلك خسارة الدرع المضاد للنيازك/ مظلة الشمس وواحدة من الألواح الشمسية الرئيسية. زاد حطام الدرع الواقي من النيازك من تعقيد الأمور حيث تعلقت ببقايا لوحة الخلايا الشمسية على جانب المحطة، ومنعت فردها، وبالتالي سبب هذا عجزا هائلا في الطاقة على المحطة. خضعت المحطة لإصلاحات واسعة النطاق خلال عملية سير من قبل رواد الطاقم الاول في الفضاء، والذي اطلق يوم 25 مايو عام 1973 (الرحلة **SL-2**) بواسطة صاروخ ساتيرن آى بي (**Saturn IB**). ولو فشل الطاقم في إصلاح سكايلاب في الوقت المناسب، لتسبب في ذوبان العازل البلاستيكي داخل المحطة، وانتاج غازات سامة وجعل سكايلاب غير صالحة تماما للسكن. ومكث الطاقم الأول في المدار على سكايلاب لمدة 28 يوما. تلاها رحلتان إضافيتان في 28 يوليو 1973 (**SL-3**) و 16 نوفمبر 1973 (**SL-4**) ومكثت لمدة 59 و 84 يوما، على التوالي. عاد آخر أطقم سكايلاب إلى الأرض يوم 8 فبراير 1974.

---

[30] http://en.wikipedia.org/wiki/Skylab



الشكل (7-1) منظر سكيلاب من رحلة العودة skylab4.[31]

7-1-1 : انجازات المعمل في المدار :

دارت سكايلاب حول الارض 2،476 مرة خلال 171 يوما و 13 ساعة وسكنتها ثلاث بعثات مأهولة. قام رواد الفضاء بالسير في الفضاء عشرة مرات ما بلغ مجموعه 42 ساعة و 16 دقيقة. سجلت سكايلاب حوالي 2،000 ساعة من التجارب العلمية والطبية، بما فيها ثماني تجارب شمسية. اكتشفت بسبب هذه الجهود ثقوب الاكليل الشمسي **Sun's coronal holes**. كثير من التجارب التي أجريت للتحقق من تكيف رواد الفضاء مع فترات تواجدهم الطويل في حالة انعدام الجاذبية. سجلت كل بعثة لسكايلاب رقما قياسيا لمقدار الوقت الذي قضاه رواد الفضاء في الفضاء.

7-1-2 : هجر المحطة والعودة للأرض :

تم التخلي عن سكايلاب بعد الرحلة **SL-4** في فبراير 1974. في ذلك الوقت لم يكن هناك سوى صاروخ ساتيرن أي بي واحد ترك في المخزن في حين قد تم التبرع بجميع الصواريخ الأخري للمتاحف. والصاروخ الوحيد المتبقي كان سيستخدم لإرسال بعثة ابولو الى مدار للالتقاء مع مركبة الاتحاد السوفيتي سويوز الفضائية في المدار، وهي المهمة التي كانت تسمى ابولو-سويوز. لم تتم الرحلة المأهولة التالية التي كانت ستطلقها ناسا في الفضاء حتى اطلاق أول رحلة للمكوك الفضائي **(STS-1)** الذي انطلق يوم 12 ابريل، 1981.

---

[31] http://www.nasa.gov/mission_pages/skylab/index.html

تركت سكايلاب في مدار انتظار كان من المتوقع أن تستمر فيه ما لا يقل عن ثماني سنوات. كان مكوك الفضاء معد للإلتحام بسكايلاب لرفع المحطة الفضائية إلى ارتفاع آمن أعلى في عام 1979. ومع ذلك، لم يكن المكوك الفضائي جاهز للإنطلاق حتى منتصف عام 1981. سخن زيادة النشاط الشمسي الطبقات الخارجية من الغلاف الجوي للأرض، وبالتالي زادت مقاومة الغلاف الجوي على سكايلاب، مما أدى إلى عودتها المبكرة. في الأسابيع السابقة لموعد عودة سكايلاب، أعاد مركز المراقبة الارضية الاتصال مع سكايلاب ذات الستة أعوام، وكانوا قادرين على اعادة توجيهها لعودة ديناميكية مثالية. عادت سكايلاب في حوالي الساعة 16:37 بالتوقيت العالمي في 11 يوليو 1979. غطت منطقة دخولها الغلاف الجوي منطقة ضيقة حوالي اربعة درجات في خط العرض غطت منطقة من المحيط الهندي وغرب أستراليا.

2-7 : مكوك الفضاء [32]:

مكوك الفضاء **Space Shutlle**، هو جزء من نظام النقل الفضائي **(STS)** ، وهو مركبة فضاء أمريكية تديرها ناسا لإطلاق رحلات مدارية فضائية مأهولة. بدأت أول رحلة من الرحلات التجريبية الأربعة للمكوك عام 1981، ثم بدأت رحلاتها الفعلية اعتبارا من عام 1982. ومن المقرر أن يخرج المكوك من الخدمة عام 2010 بعد 134 اطلاق. شملت الرحلات الرئيسية إطلاق العديد من الأقمار الصناعية ومسابر الكواكب، وإجراء التجارب العلمية الفضائية، وتقديم الخدمات وبناء المحطات الفضائية. وقد تم استخدام مكوك الفضاء المداري في رحلات وكالة ناسا ووزارة الدفاع الأمريكية، ووكالة الفضاء الأوروبية، وألمانيا. تمول الولايات المتحدة عمليات تطوير وتشغيل المكوك.

يحمل المكوك رواد الفضاء والحمولة مثل الأقمار الصناعية أو أجزاء من المحطة الفضائية الدولية إلى مدار أرضي منخفض، في الغلاف الجوي العلوي للأرض أو طبقة الثرموسفير. عادة، يتكون طاقم المكوك من خمسة إلى سبعة افراد، اثنان من افراد الطاقم، هما القائد والطيار، ويعتبروا الحد الأدنى لقيام الرحلة، كما حدث في أول أربعة رحلات اختبارية، من **STS-1** إلى **STS-4** . وتبلغ الحمولة النموذجية للمكوك 22،700 كجم، ولكن يمكن زيادتها تبعا لاختيار شكل الاطلاق.

---

[32] http://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle

1-2-7 : وصف المكوك :

صممَ المكوك الفضائي لتكرار استخدامه. يَحْملُ المكوك الحمولاتَ إلى مدارِ الأرضِ المنخفضِ، ويُزوّدُ المحطة الفضائيةِ الدوليةِ **(ISS)** بطواقم دورية من رواد الفضاء، والقيام برحلات صيانة أو تَصليح للأقمار الصناعيةِ. يُستطيع المكوك اَستعادَة الأقمار الصناعية أيضاً وحمولاتَ أخرى مِنْ المدارِ والعودة بها إلى الأرضِ. كُلّ مكوك صُمّمَ ليكون صالح للإطلاق 100 مرةٍ أو العمل 10 سَنَواتٍ.

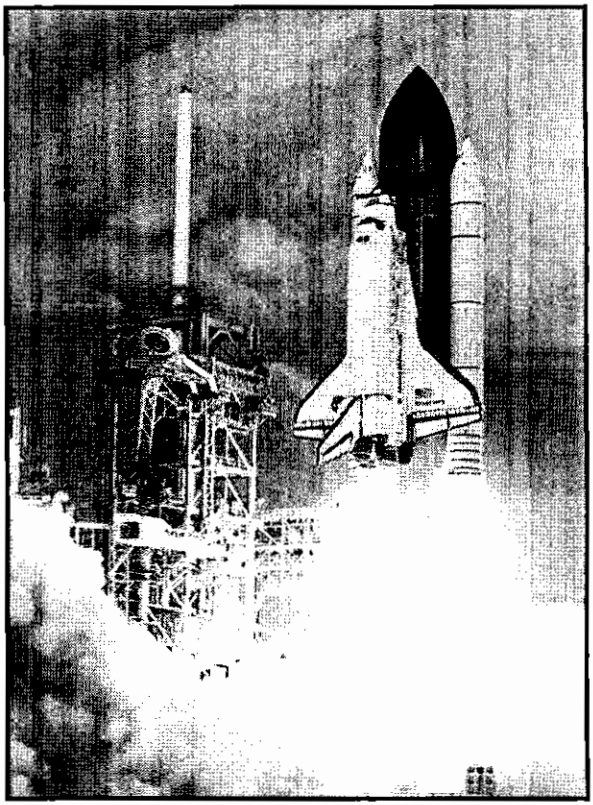
بنيت ست اجيال من المكوك الفضائي صالحة للطيرانِ؛ الأول، انتربريس **Enterprise**، لَمْ يُبْنَ لطيرانِ الفضاءِ المداري، وإستعملَ فقط لأغراضِ الإختبارات. ثم خمسة بنيت للرحلات الفعلية: كولَومبيا **Columbia**، شالنجر **Challenger**، ديسكفري **Discovery**، أتلانطس **Atlantis**، واندیفور **Endeavour**.

كُلّ مكوك فضائي هو نظام إنطلاقِ قابل للإستعمال ثانيةِ مكوّن من ثلاثة اجزاء تجميعية رئيسيةِ : المركبة المدارية **Orbiter vehicle (OV)** وتكون المركبة قابلة للإستعمال ثانيةِ، خزان وقود خارجي كبير برتقالي اللون **Externa Tank (ET)**، وصاروخِان داعمان صلبانِ جانبيان أبيضان اللون **Solid Rocket Boosters (SRBs)** قابلان للإستخدام مرة ثانيةِ الشكل (7-2). يطلق المكوك عموديا مثل الصواريخ التقليدية من منصة اطلاق متنقلة. ثم يرتفع تحت تأثير صاروخي الدعم ذات الوقود الصلب والمحركات الثلاثة الرئيسية، وقودها الهيدروجين السائل والأكسجين السائل الموجود في خزان الوقود الخارجي. لمكوك الفضاء مرحلتي صعود. تستخدم صواريخ الدعم في المرحلة الأولى فقط، بينما تعمل المحركات الرئيسية في كلا من المرحلتين. وبعد دقيقتين من الاقلاع، يتم تحرير صواريخ الدعم، لتبدأ في السقوط في المحيط ويتم انتشالها لإعادة استخدامها. تواصل المركبة المدارية (المكوك والخزان الخارجي) الصعود بقوة المحركات الرئيسية الثلاثة. وعند وصولها إلى المدار، يتم اغلاق المحركات الرئيسية، ويتم التخلص من خزان الوقود الخارجي للهبوط والسقوط ليحترق في الغلاف الجوي (ومع ذلك، فإنه يمكن أعادة استخدامه في تطبيقات مختلفة). ويبدأ بعد ذلك، استخدام نظام المناورة المداري **orbital maneuvering system (OMS)** لضبط استدارة المدار المطلوب.

ينفصل الخزان الخارجي والصاروخان الداعمان ويسقطان أثناء الصعودِ؛ لتدْخلُ المركبة فقط في المدارِ. تطلق المركبة عند العودة بشكل عمودي مثل

الصاروخ التقليدي، وتَنزلقُ في الغلاف الجوي لتستطيع الهبوط افقيا، بعدها تجدّدُ لتَستعملُ ثانيا. عند انفصال الصاروخان الداعمان الصلبانِ يهبطان إلى الأرض بمظلةُ إلى الأرضِ، حيث يمكن انتشالهما مِنْ المحيطِ وأعادتْ ملئهما للإستعمالِ مرة آخرىِ. بالرغم من أن الخزان الخارجيِ لايستعمل غالباً، الا انه يمكن اعادة استعمالها مرة اخرى.

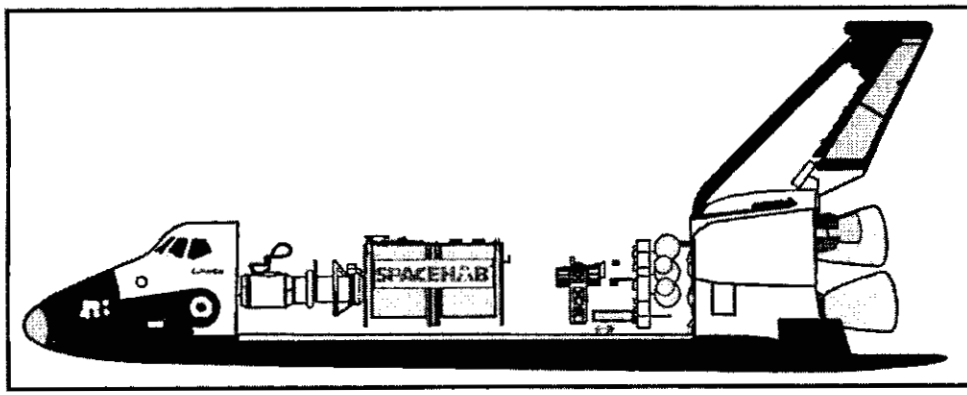
للمكوك لَهُ مخزن للحمولةِ كبيرِ بمقاس (18 × 4.6) متر مربع يشغل أغلب هيكلِ المكوك الشكل (7-3). وله بابان متماثلان طولياً على جانبي المخزنِ بطولُ كامل سقف المكوك. الحمولات تُحمّلُ عموماً أفقياً في المخزن عند وقوف المكوك راسيا على منصّةِ الإطلاق وتفرغَ الحمولة بشكل عمودي في الفراغ عديم الجاذبيةً بواسطة ذراع آلية طويلة في المركبة المداريةِ (وتكونِ تحت سيطرةِ رائدِ الفضاء)، أو بواسطة روّاد الفضاء خارج المركبة، أو تحت قوّةِ دفع محركات الحمولاتَ الخاصةَ



الشكل
(7-2)
صورة مكوك
الفضاء على
منصة الإطلاق

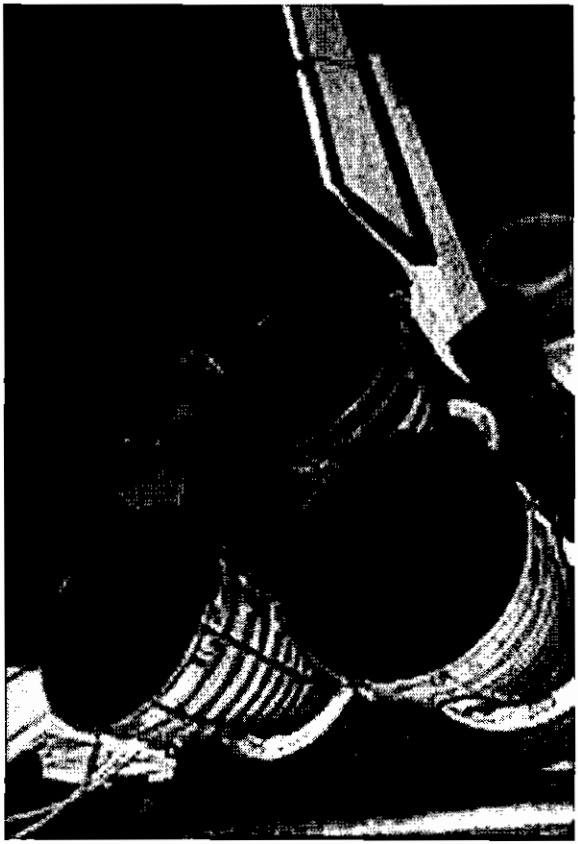
بها(مثل الأقمار الصناعية المرتبطة بصاروخ "مرحلة عليا" لنشرها). وهذه الميزة تجعل مكوك الفضاء فريد من نوعه بين المركبات الفضائية الحالية. وهي تمكن من نشر أقمار صناعية كبيرة مثل تلسكوب هابل الفضائي، وأيضا لالتقاط الحمولات الكبيرة من الفضاء والعودة بها إلى الأرض.

الشكل (3-7) مخزن حمولة مكوك الفضاء وبابه أثناء فتحه.



محرّكاتِ مكوك الفضاء الثلاثة الرئيسيةِ مثبتة في مؤخرة جسم المكوك على شكل مثلثي الشكل (7-4). يُمْكِنُ للمحرّكات الثلاثة الدَوران 10.5 درجةً إلى أعلى وإلى أسفل، و8.5 درجة يمينا ويسارا أثناء صعود المكوكِ لتَغيير إتّجاهِ دفعِها. إنّ تصميم هيكل المكوكَ صنع اساساً مِنْ سبيكةِ الألمنيومِ، بالرغم من أن المادة التي صنع منها المحرّكِ مِنْ سبيكةِ التيتانيوم.

يمكن استعمال المكوك مع تَشْكِيلة مَن الإضافاتِ تَعتمدُ على المهمّةِ. فهذه تَشملَ مختبراتَ مداريةً، صواريخ لإطْلاق الحمولاتِ لمسافة أبعد في الفضاءِ، وإضافاتَ أخرى مثل، وحدات تموينِ متعددةِ غرضَ.



الشكل
(7-4)
محركات مكوك الفضاء الرئيسية.[33]

(33) http://en.wikipedia.org/wiki/File:SSME1.jpg

عندما يتم المكوك مهمته في الفضاء فانه يطلق دفعات من نظام المناورة المداري Orbital Maneuvering System(OMS) لخفض المدار والدخول في الغلاف الجوي السفلي. وخلال الهبوط، يمر المكوك عبر طبقات مختلفة من الغلاف الجوي، ويبطئ من سرعته التي تفوق سرعة الصوت أساسا عن طريق مقاومة الهواء الجوي. في الغلاف الجوي السفلي، وأثناء مرحلة الهبوط، يكون المكوك بمثابة طائرة شراعية مع نظام دوافع للسيطرة **(RCS)** ونظام سيطرة هيدروليكي للسيطرة على مسار الرحلة أثناء الهبوط. وهذا يمكن من الهبوط على مدرج طويل مثل هبوط الطائرات. مع أكثر من 2.5 مليون جزء، يكون مكوك الفضاء الجهاز الأكثر تعقيدا الذي أوجدته البشرية .

7-2-2 : الخزان الخارجي :

المهمة الرئيسية لخزان المكوك الخارجي هي توفير وقود الأكسجين والهيدروجين السائلان لمحركات المكوك الرئيسية. كما أنه يعتبر العمود الفقري لإطلاق المركبة. الخزان الخارجي هو الجزء الوحيد فقط من نظام المكوك الذي لا يتم عادة استخدامه. ويتم التخلص منه، إلا انه من الممكن أخذه إلى المدار وإعادة استخدامه (مثل إدماجه في محطة الفضاء).

7-2-3 : الصواريخ الدافعة الصلبةِ :

صاروخان دافعان **(SRBs)** بوقود صلبٍ يزود كُلّ منهما بقوة 12.5 مليون نيوتن من الدفع عند الإقلاعِ، وهذا يمثل 83 % من الدفعِ الكليِّ المطلوب للإقلاعِ. يتم فصل هذه الصواريخ لتَرْمي بعد دقيقتان من الإنطلاقِ على إرتفاع مقدارهُ حوالي 45.7 كيلومترَ، وبعد ذلك تَنْشرُ المِظَلاتَ لتَهْبطُ في المحيطِ لإنتشالها. تَصْنع الصواريخ من الفولاذِ بسمك حوالي 1.3 سنتيمترَ. تستعمل الصواريخِ الصلبةِ ثانيةً عدة مراتٍ، على سبيل المثال إحدى الصواريخ الصلبة اطلق فيْ الفضاءَ 48 مرةَ، منها رحلة المكوك **STS-1**، أثناء برنامجِ المكوكَ.

7-2-4 : مسار الرحلة :

7-2-4-1 : الإنطلاق :

تنطلق جميع رحلات مكوك الفضاء من مركز كينيدي الفضائي. ويجب مراعاة معايير قياسية للطقس ليسمح بإنطلاق المكوك وهي عدم وجود أمطار على منصة الإطلاق أو على طول مسار المكوك، وألا تزيد درجة الحرارة عن 37 درجة مئوية ولا تقل عن درجتان مئويتان. يجب أن تسمح السحب الموجودة بمراقبة

المكوك بعد الإطلاق حتى بعد 2435 كم. ولاتزيد فرص حدوث برق عن 20% في مدى 9 كم. ويجب توفر هذه الشروط ايضا عند هبوط المكوك.

7-2-4-2 : في المدار :

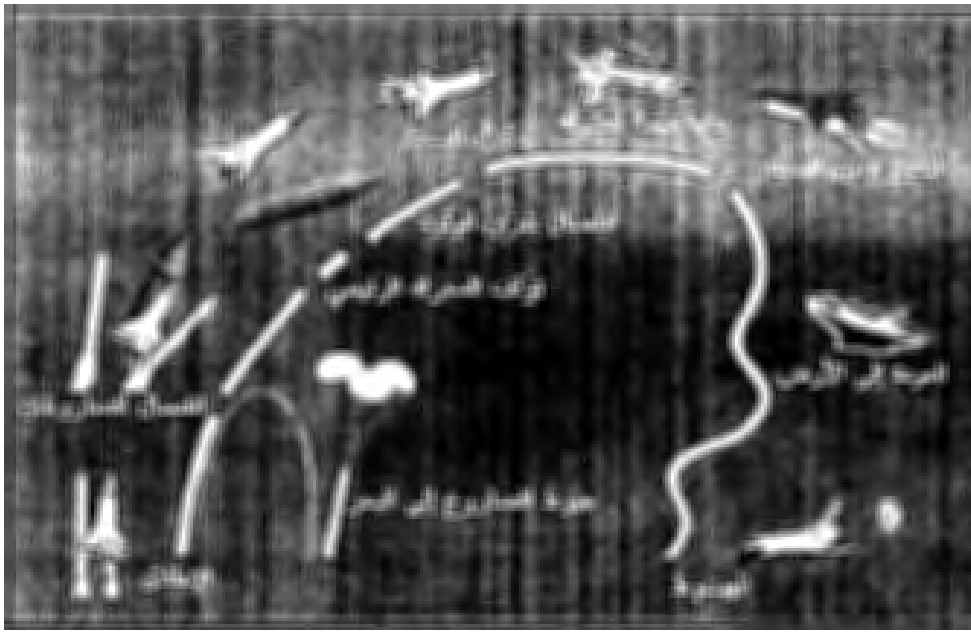
بمجرد دخول المكوك في المدار، يقوم المكوك بعدد من المهام، ففي رحلات الثمانينات والتسعينات، كانت مهمة المكوك نقل العديد من البعثات المشاركة في مجال علوم الفضاء في وكالة ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية الفضائي، أو إطلاق أنواع مختلفة من الأقمار الصناعية والمجسات العلمية. من التسعينيات والألفينيات تحول التركيز أكثر على خدمة المحطات الفضائية، مع إطلاق عدد أقل من الأقمار الصناعية. معظم البعثات تبقى في المدار من عدة أيام إلى أسبوعين، على الرغم أنه من الممكن بقاء البعثات لمدد طويلة عندما تكون على متن محطة الفضاء الدولية.

7-2-4-3 : العودة إلى الأرض :

كل خطوات دخول المكوك إلى جو الأرض ثانيا يتم التحكم بها عادة بالحواسيب الآلية ولكن يمكن أن يتم التحكم فيها يدويا إذا طرأت أي مشكلة. وفي مرحلة الإقتراب والهبوط على الأرض يمكن التحكم فيها بالطيران الآلي ، ولكن عادة يتم التعامل معا يدويا.

يبدأ المكوك مرحلة العودة للأرض باشعال محركات نظام المناورة المداري، وأثناء تحليقه يكون المكوك رأسا على عقب(سقف المكوك لأسفل وباطنة لأعلى) الشكل (7-5)، وتكون مؤخرة المكوك هي المتقدمة، والمقدمة في الاتجاه المعاكس لحركتة في المدار لمدة ثلاث دقائق تقريبا، مما يقلل من سرعة المكوك لنحو 322 كم / ساعة. وينتج عن تباطؤ المكوك خفض الحضيض إلى أسفل في الغلاف الجوي العلوي. ثم يدور المكوك حول نفسه من خلال دفع مقدمته لأسفل لكي تتجه نحو الأرض.

يبدأ المكوك مواجهة مقاومة كثافة الهواء في طبقات الجو السفلى على ارتفاع 120 كم وهو يتحرك بسرعة 300 كم/ساعة. يتم التحكم في المكوك بواسطة المحركات ووسائل التحكم السطحي بواسطة الدفة والأجنحة لإنتاج أعلى مقاومة للهواء ليس فقط لإبطاء سرعة هبوطها، ولكن لتقليل درجة حرارة احتكاك المكوك بالغلاف الجوي وكلما زادت كثافة الهواء يبدأ المكوك تدريجيا الإنتقال من الطيران كمركبة فضائية إلى الطيران كطائرة عادية. ويتم ذلك على اربعة مراحل.



الشكل (7-5) مسار مكوك الفضاء من الإنطلاق إلى الهبوط.

عندما تبدأ مرحلة الإقتراب والهبوط، عندما تكون المركبة على ارتفاع 3.000 متر وعلى بعد 12 كيلومترا من مدرج الهبوط بالمطار. يبدأ الطيارون في استخدام الفرملة الهوائية للمساعدة على ابطاء المكوك. وعند لمس المكوك سطح الأرض يتم نشر مظلة ملحقة بالمكوك مساحتها 12 متر لمساعدة الفرامل على تقليل السرعة. ويتم التخلي عن المظلة عندما تصل سرعة المكوك إلى 110 كم / ساعة. بعد الهبوط، يقف المكوك على المدرج لمدة عدة دقائق للسماح بتبديد الدخان السام من الهيدرازين (والذي يستخدم كوقود للتحكم بوضع المكوك)، وليبرد جسم المكوك قبل نزول رواد الفضاء.

7-2-5 : كوارث مكوكِ الفضاء :

في 28 يناير 1986، تحطم مكوك الفضاء تشالينجرَ بعد 73 ثانيةً من الإنطلاقِ بسبب فشلِ الصاروخ الداعم الأيمن، ونتج عن ذلك مقْتلُ كُلّ روّادِ الفضاء السبعة داخله. كما تحطم في 2003، مكوك الفضاء كولومبيا أثناء دخوله إلى الأرض بسبب ضررٍ حدث للدرع الواقي من الحرارة أثناء انطلاق المكوك في بداية الرحلةِ.

3-7 : المحطة الفضائية الدولية [34]:

إنّ المحطة الفضائيةَ الدوليةَ **International Space Station (ISS)** هي معمل بحثي كبير يتمّ تُجمّيعَه حالياً في مدارٍ منخفض حول الأرضِ. بَدأ بناء المحطةِ في المدار في عام 1998 ومخطط اكمالَه بحلول عام 2011، تبدأ عملياتِ التشغيل مِنْ 2009، وتِسْتِمْر حتى 2015. ستكون المحطة الفضائية الدولية أكبر قمر صناعي يدورُ في مدارٍ حول الأرضِ، وكتلتة أكبر مِنْ كتلة أيّ محطة فضائية سابقة الشكل (7-6).

المحطة الفضائية هي مشروع مشترك بين وكالاتِ فضاءَ الولايات المتّحدةِ ناسا **NASA**، ووكالة الفضاءِ الفيدرالية الروسيةِ ركا **RKA**، والوكالة اليابانية لإستكشافِ الفضاء جاكسا **JAXA**، ووكالة الفضاءِ الكنديةِ كسا **CSA** وعشْرة دول أوربيةِ مشتركة في وكالة الفضاءِ الأوروبية إيسا **ESA**. ووكالة الفضاءِ البرازيليةِ أيب (**AEB**) التي تُشاركُ من خلال تعاقدَ منفصل مع ناسا. ووكالة الفضاءِ الإيطاليةِ أسي (**ASI**) التي لَها عقودُ منفصلةُ بنفس الطريقة في نشاطاتِ مُخْتَلِفةِ لَيستْ ضمن إطارِ مشاريعِ وكالة الفضاء الأوربية (حيث تُشاركُ فيها إيطاليا أيضاً بالكامل). أبدتْ الصين أيضا الإهتمام بالمشروعِ، واستعدادها للعَمَل مَع الوكالة الروسية **RKA**، إلا إنها لم تبدأ حتى 2009 بسبب إعتراضاتِ الولايات المتّحدةِ .

يُمْكِنُ رؤية المحطة الفضائية مِنْ الأرضِ بالعين المجرّدةِ، حيث أنها تدور في مدارعلى إرتفاع 350 كيلومترِ تقريباً فوق سطحِ الأرضِ. وتَسِيرُ بسرعة متوسطةَ 27,724 كَيلومترِ في السّاعة، لتُكملُ 15.7 دورة حول الأرضَ في اليوم.

العُمِلَ في المحطة الفضائية يسير بشكل مستمر منذ وصول الطاقم الأولِ، علي مركبة أكسبدشن-1 (**Expedition 1**)، الذي دَخلَ المحطةَ في 2 نوفَمبر من عام 2000. ووفرَ هذا تواجد إنسانيَ مستمرَ في الفضاءِ للسَنَواتِ الثمانية الماضية. قبل مايو 2009، كَانَ للمحطة المقدرةُ لإستيعاب طاقم من ثلاثة أفراد. على أية حال، منذ وصولِ أكسبدشن-**20** (**Expedition 20**)، كَانَ بالمحطة طاقم مقيم مِنْ ستّة أفراد لإنْجاز برنامجَ بحثِي.

في البداية كان أفراد الاطقم الأوائِل مِنْ الأمريكانِ، والروس والكنديون حتى أنضم اليهم رائد الفضاء الألماني توماس ريتر من وكالة الفضاء الأوربية

---

[34] http://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station#cite_note-10th-6

مع طاقمَ أكسبدشن-13 في يوليو 2006. زار المحطة روّادِ فضاء مِنْ 16 بلد مختلف، وهي كَانتْ مزار لأول ستة سَائحِين للفضاء.

الشكل (7-6) صورة المحطة الفضائية الأمريكية.

7-3-1 : الـهـدف :

تَعمل المحطة الفضائيةُ الدوليةُ بداية كمختبر بحثِي وكأكبر قمر صناعي على الإطلاق وضع في مدار. توفر المحطةَ ميزة عن المركبة الفضائيةِ مثل مكوك ناسا الفضائي لأنها تحتوي على رصيف طويل المدى في البيئةِ الفضائية، يَسْمحُ بأداء دِراساتِ طويلة المدّةِ، سواء على التجاربِ أوعلى الأطقمِ التي تُشغّلُها. تواجد طاقم دائم يَعْني أيضاً بأنّ المحطةَ توفر منافعَ لمركباتَ الفضاءِ غير المأهولة الأخرى كمراقبة التجارب، وتجديد واصلاح أَو إستبدلَ حسب الحاجة مِن قِبل الطاقم، كما يُمْكِنُ عمل ذلك لمكوّناتَ أخرى مُخْتَلِفةَ مِنْ المركبة الفضائيةِ نفسها. هذَا يَعْني أنّ العلماءِ على الأرضِ يصلونُ سريعًا إلى بياناتِهم ويُمْكِنُهم تُعديّلَ التجاربَ أو ارسال واحدةً جديدةً عندما يَتطلّب الأمرْ، وهذا كله غير متوفرَ عموماً على المركبة الفضائيةِ غير المأهولة المُتَخَصّصةِ .

أطقم رحلات الطيران طويلة الأجل، التي تستمر عدة أشهر، يحتوي جدول عملهم اليومي (ما يقرب من 160 ساعة عمل في الأسبوع) على طائفة واسعة من المجالات، بما في ذلك البحوث الإنسانية وعلوم الحياة والعلوم الفيزيائية، ورصد الأرض، كذلك التعليم ومظاهر التكنولوجيا. حتى يونيو 2006،

تم أجراء 90 بحثا علميا في محطة الفضاء الدولية على مدى 64 شهر من البحث المتواصل. بالإضافة إلى ذلك، كانت هناك تسع رفوف لأجهزة بحثية **research racks** واكثر من 7،700 كجم من المعدات والأجهزة البحثية المساعدة تم ارسالها للمحطة. وكان يتم نشر النتائج العلمية التي يتم الوصول إليها، في مجالات العلوم الاساسية للابحاث الاستكشافية، شهريا.

توفر المحطة الفضائية موقع إختبار لأنظمةِ المركبات الفضائيةِ للوثوقِ في كفائتها التي تَكُونُ مطلوبة للمهماتِ طويلةِ الأمد إلى القمرِ والمريخِ، حيث يَسْمحُ بتقييم الأجهزةِ في موقعِ آمنِ نسبياً في مدارِ منخفضِ حول الأرضِ. وهذا يوفر خبرةً في الصيانة، والتَصليح، وإسْتِبْدال بعض أنظمتها في المدارَ، التي سَتَكُونُ ضرورية في تشغيل المركبات الفضائيةِ إلى رحلات أبعد مِنْ الأرضِ. وتُقلل هذه الميزة للمحطة الفضائية العديد من الأخطار التي يمكن أن تتعرض لها تلك المركبات، وتوفر فرصة كبيرة وأمنه لَتقدّمُ المركبة الفضائيةِ إلى رحلات مابين الكواكبِ.

أخيراً، بالإضافة إلى السمات العلمية والبحثِية للمحطةِ، هناك فرص عديدة للتوعية التعليميةِ والتعاونِ الدولي. حيث يَوفر أطقمُ المحطة فرص تعليمية للطلابِ في موطنهم الأصلي على الأرضِ، بما فيها التجاربِ الطلابية المتطورةِ، توضيحات تعليمية، إشتراك الطلابِ في إصدارات تجارب قاعةِ دروس المحطةُ، تجارب باحثي ناسأ، والنشاطات الهندسية في المحطة. التعاون الدولي في ُبرنامجُ المحطة نفسها، الذي يَسْمحُ لعدد 14 قوميةِ من العَيْش والعَمَل سويا في الفضاءِ، ضاربين مثلا يحتذى به في التعاون في مهماتِ دوليَّةِ مستقبليةِ .

2-3-7 : البحث العلمي :

إحدى الأهدافِ الرئيسيةِ للمحطة الفضائية أَنْ تُوفر مكان لإجْراء التجاربِ على المحطةِ التي تَتطلّبُ واحد أَو أكثر مِنْ الشروطِ غير العاديةِ. تَتضمّنُ المجالات البحثية الرئيسيةُ عِلْمَ الأحياء، الفيزياء، عِلْم فلك، وعِلْم الأرصاد جوية. جهزت ناسا بحلولَ عام 2005 القطعة الأمريكية للمحطة الفضائيةِ الدوليةِ كمختبر وطني مَع تحقيق هدف زيَادَة إستعمالِ المحطة من الكياناتِ الإتحاديةِ الأخرى والقطاعِ الخاصِّ .

أحد الاهداف البحثِية زيادة معرفة التأثير على الجسمِ الإنساني الذي يتعرّضِ للبقاء الطويل في الفضاء. المجالات التي تحت الدراسةِ حالياً تَتضمّنُ ضمورَ العضلاتِ، الهشاشة العظمية، وتغير السوائل. سَتَستعملُ البيانات لتحديد إذا كان إستعمارَ الفضاءِ ورحلات الإنسانِ الطويلِ ملائما أم لا. من البيانات التي تم

الحصول عليها حتىْ 2009، عن الهشاشةِ العظميةِ والضمورِ العضلي بأنَّ هناك خطرا كبيرا علي الحركةَ والكسورَ إذا هَبطَ روّادَ الفضاء على كوكب بعد جولة فضائيةِ طويلةِ .

يتم أيضا دراسة تأثير إنعدام الوزنِ تقريباً على أجسام غيرِ الإنسانَ. حيث يتحرى الباحثون علاقةَ البيئةِ عديمة الوزنِ فيْ الفضاءِ الخارجي على التطورِ والتطويرِ والنمو، والعمليات الداخلية للنباتاتِ والحيواناتِ. وعلى ضوء هذه البياناتِ، تُريدُ ناسا تَحرّي تأثير إنعدامِ الجاذبية على نمو الأنسجةِ شبهِ الإنسانيةِ الثلاثية الأبعادِ، وبلورات البروتينِ الغيرِ عاديةِ التي يُمْكِنُ أنْ تتُشكّلَ في الفضاءِ.

يدرس الباحثون فيزياءَ السوائلِ في حالة إنعدامِ الجاذبية، لتُمكّنُهم من وضع نموذجٍ محسن لسلوكَ السوائلِ في المستقبلِ. لإمكانيةَ دَمْج السوائلِ بالكامل تقريباً في حالة إنعدامِ الجاذبية، يَهتمّ فيزيائيون بدراسة مجموعةِ من السوائلِ التي لم تَخْلط عادة جيدًا على الأرضِ. بالإضافة، لفَحْص التفاعلات التي تتباطء بفعل انخفاض الجاذبيةِ ودرجاتِ الحرارة، ويَتمنىَ العلماء اكتساب معرفة جديدةِ في موضوع التوصيل الفائق **superconductivity**.

تحوذ معالجة المواد على جزء كبير مِنْ الوقتِ البحثَي على متن المحطةَ، بهدفِ الحَصول على منافعِ إقتصاديةِ بتَطوير هذا العِلْم لتَحسين التقنياتِ التي تستعملْ على الأرضِ. هدفَ التجارب توضيح أفضل علاقةِ بين معالجة المواد، والتركيب، والخواص والشروط المَطلوبةُ على سطح الأرضِ لإنْجاز خواص الموادِ المطلوبةِ .

تَتضمّنُ المجالات الأخرى الإهتمامِ بتأثيرَ بيئةِ الجاذبيةِ المنخفضةِ على الإحتراقِ، بدراسة كفاءةَ الإحتراق والسيطرةِ على الإشعاعاتِ والملوثات. ويوضح الشكل (7-7) اختلاف الأحتراق في الفضاء وعلى سطح الأرض. وهذه النتائج قَدْ تُحسّنُ مِنْ معرفتنا لإنتاجِ الطاقةِ، وتبعاً لَذلك معرفة التأثيرُ الإقتصاديُ والبيئيُ. هناك أيضاً خطط لإسْتِعْمال المحطة الفضائية لفَحْص العوالق، والاوزون، وبخار الماءِ، والأكاسيد في جوِّ الأرضِ، بالإضافة إلى الأشعةِ الكونيةِ، والغبار الكوني، والمادّة المضادة، والمادة المُظلمة في الكونِ.

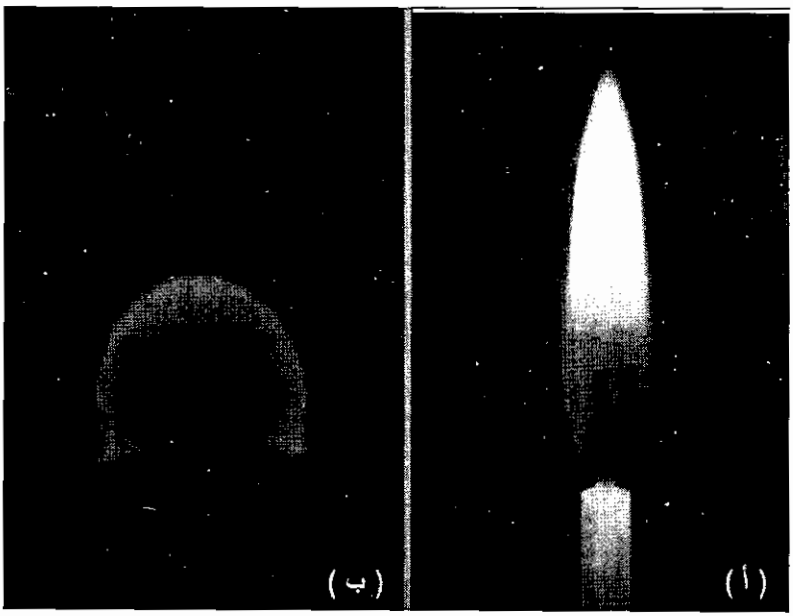
عنصر واحد مساعد في هذه الدراسات المختلفة هو ناقلة الخدمات اللوجستية السريع **ExPRESS Logistics Carrier (ELC)**. التي طورتها وكالة ناسا، ومن المقرر أن تنطلق أربع من هذه الوحدات إلى المحطة الفضائية الدولية. سيتم تسليمهم في رحلتين منفصلتين لمكوك الفضاء. وهما يتيحون نشر

التجارب وأجرائها في فراغ الفضاء، وسوف توفر الكهرباء اللازمة لعمليات الحواسيب ومعالجة البيانات التجريبية على متن المحطة. وموعد وصول هذه الوحدات في نوفمبر 2009 و مايو 2010.

مطياف ألفا المغناطيسي **(AMS)**، وهو تجربة في فيزياءِ الجُزيئات، مخطط ارسالهَ إلى المحطةِ. سَيَنطلقُ هذا الجهاز في 2010، وسَيركب خارجياً على دعامات هيكل المحطة. سَيَبْحثُ مقياس ألفا الطيفي المغناطيسي عن الأنواعِ المُخْتَلِفةِ مِنْ المادةِ غير العاديةِ بقياس الأشعةِ الكونيةِ. سَتُساعدُ التجارب التي يجريها الباحثون على دْراسة تكون الكونِ، والبْحثَ عن أدلةِ عن المادةِ المظلمة والمادة المضادّةِ.

3-3-7 : تجميع وتركيب محطة الفضاء الدولية :

كان الجزء الأول من محطة الفضاء الدولية، الوحدة زاريا **Zarya**، التي أطلقت الى المدار في 20 نوفمبر، 1998 بصاروخ بروتون الروسي، تبعها بعد اسبوعين



الشكل (7-7) يوضح مقارنة بين النار على سطح الأرضِ (أ) ونار في بيئة إنعدامِ الجاذبية، مثل التي يتم الحصولَ عليها في المحطة الفضائية (ب).[35]

[35] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Space_Fire.jpg

وحدات العقد الثلاثة الاولى، يونيتي **Unity**، التي اطلقت على متن رحلة المكوك الفضائي STS-88. هذه الوحدة كانت قلب المحطة الفضائية الدولية وظلت دون رواد فضاء لمدة سنة ونصف حتى أضيفت الوحدة الروسية زفيزدا **Zvezda** في يوليو 2000، والسماح لطاقم من ثلاثة اشخاص كحد أقصى لشغل محطة الفضاء الدولية بصفة مستمرة. وصل أول طاقم مقيم من رواد الفضاء، مع رحلة أكسبدشن-1، وقد أرسلت في وقت لاحق من ذلك العام في نوفمبر. وشهد عام 2000 أيضا وصول جزئين من دعامات هيكل المحطة المتكاملة، **Z1** و **P6**، مما وفر محطة أولية مع الاتصالات، والتوجيه، والأسس الكهربائية (على **Z1**)، والطاقة عن طريق زوج من مصفوفات الخلايا الشمسية، وضعت على الدعامة **P6**.

على مدي السنتان التاليتان واصلت المحطة التَوَسُّع باستخدام الصاروخ سويوز يو **Soyuz U** لتُسليمُ مقصورة الالتحام. سلم مكوك الفضاء، ديسكفري، أطلانطس، واندیفوير غالق الهواء (الكوة) **airlock** والمختبر ديستني **Destiny** إلى المحطة، بالإضافة إلى ذراعَ المحطةَ الآليَ كندرام-2 (**Canadarm 2**)، وعدد أكثر من دعامات الهيكل.

توقف جدول توسّعَ المحطةِ، بعد كارثة المكوك الفضائي كولومبيا **STS-107** في 2003. أوقفتْ هذه الكارثة تجميع المحطةِ حتى إنطلاقِ ديسكفريِ **STS-114** في 2005 .

بدأت العودة الرسمية إلى التجميعِ بوصولِ المركبة أطلانطس، **STS-115**، لتُسليمُ المحطةَ المجموعةَ الثانيةَ منَ الخلايا الشمسية. تُلِي هذه لاحقاً عدد أكبر من دعامات الهيكل ومجموعة ثالثة مِنْ مصفوفات الخلايا الشمسية على الرحلات المكوكية **STS-116**، **STS-117**، و **STS-118**. عني هذا التوسّع الرئيسي أمكانيةِ توليد طاقة كهربائيةِ للمحطةَ لتصبح الوحداتِ أكثر تكيّفا للضغطِ لتناسبْ السكَنَ، ونتيجة لذلك فقد أُضيفَت العقدة هارموني **Harmony** والمختبرَ الأوروبي كولومبس **Columbus**. تَلا هذا بعد قليل أول جزئين مِنْ مكوّناتِ الوحدة كيبو **Kibō**، (وحدة التجاربِ اليابانيةِ). بوصول الرحلة **STS-119** في مارس 2009، إكتملَ تركيبِ الهيكل المتكاملِ بتركيبِ المجموعةِ الرابعةِ والنهائيةِ من مصفوفات الخلايا الشمسية.

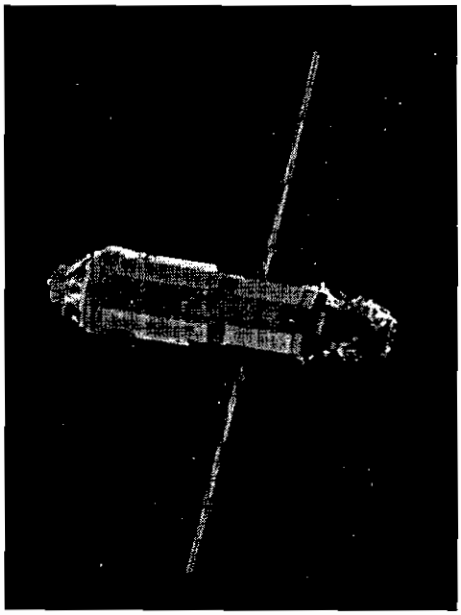
بحلول مارس 2009، أحتوت المحطة على عشر وحدات مكيفة الضغط واكتمال دعامات الهيكل المتكامل. وفي انتظار إطلاق القسم الأخير من معمل كيبو، والعقدة الأمريكية الثالثة والأخيرة ترانكويلتي **Tranquility** ، والذراع

الآلية الأوروبية والعديد من الوحدات الروسية. كما ينتظر أن يتم إطلاق مطياف ألفا المغناطيسي (**AMS**)، والتي من المقرر أن يطلق على الرحلة النهائية لمكوك الفضاء **STS-134**، في سبتمبر 2010. من المتوقع أن يستكمل التجميع بحلول عام 2011، وعندها ستكون كتلة المحطة تتجاوز 440 طنا.

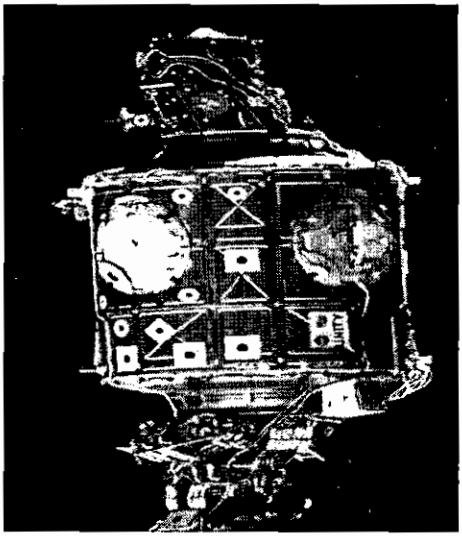
7-3-3-1 : وحدات مكيّفة الضغط :

عندما يتم الانتهاء من هذه المحطة ستشمل أربعة عشر وحدة مكيفة الضغط بحجم حوالي 1,000 متر مكعب. وتشمل هذه الوحدات مختبرات، ومقصورات التحام بمكوك الفضاء، وغالق الهواء، والعقد وأماكن المعيشة. عشرة من هذه المكونات موجودة بالفعل في المدار، والاربع الباقية في انتظار اطلاقها. كل وحدة اطلقت أو ستطلق إما بواسطة المكوك الفضائي، أو صاروخ بروتون أو صاروخ سويوز.

العنصر الأول من المحطة الفضائية الدولية الذي اطلق، وحدة زاريا **Zarya** الشكل (7-8) وفرت الطاقة الكهربائية، والتخزين، والدفع، والتوجيه



الشكل (7-8) وحدة زاريا.[37]



الشكل (7-9)
العقدة يونيتي unity.[36]

---

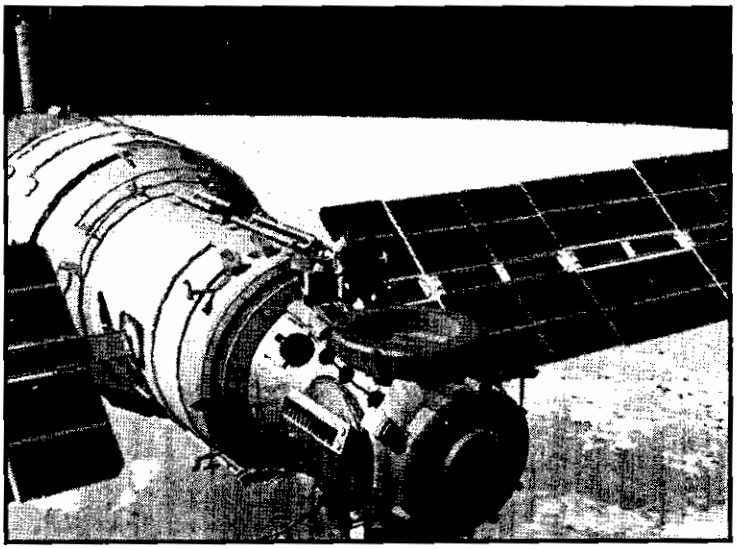
[36] http://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(ISS_module)

[37] http://en.wikipedia.org/wiki/Zarya

خلال التجميع الأولي. و تستخدم الوحدة الآن كحجرة تخزين، سواء داخل القطاع مكيف الضغط، أو في خزانات الوقود الخارجية.
والقطاع الروسي الشكل (7-9)،

أول وحدة عقدة يونتي **Unity**، تربط بين القطاع الاميركي من المحطة وتوفير أماكن لتثبيت الدعامة **Z1**، وغالق الهواء **airlock**، ومختبر دستيني، وعقدة ترانكويلتي.

وحدة محطة خدمة زفيزدا **Zvezda**، توفر أماكن المعيشة الرئيسية للطواقم المقيمة، والنظم البيئية، وأنظمة التحكم فى المدار الشكل (7-10). كما توفر الوحدة أيضا موقع التحام المركبة سويوز أو المركبات الفضائية التي ستكمل رحلتها في الفضاء أومركبات النقل الآلية، بالإضافة إلى ذلك هيئت المحطة الفضائية للمرة الأولى للسكن بشكل دائم.



الشكل (7-10) وحدة الخدمة زفيزدا.[38]

وحدة ديستني هي معمل بحوث أولية للحمولات الامريكية على متن المحطة الفضائية الدولية الشكل (7-11)، خصصت ديستني للتجارب العامة. والبعض منها تستخدم للنظم البيئية ومعدات معيشة افراد الطاقم اليومية، ونافذة نموذجية بصرية

---

[38] http://www.shuttlepresskit.com/ISS_OVR/assembly2_overview.htm

51 سنتيمترا (20 بوصة). تعتبر ديستني أيضا بمثابة اساس لتركيب دعامات الهيكل .

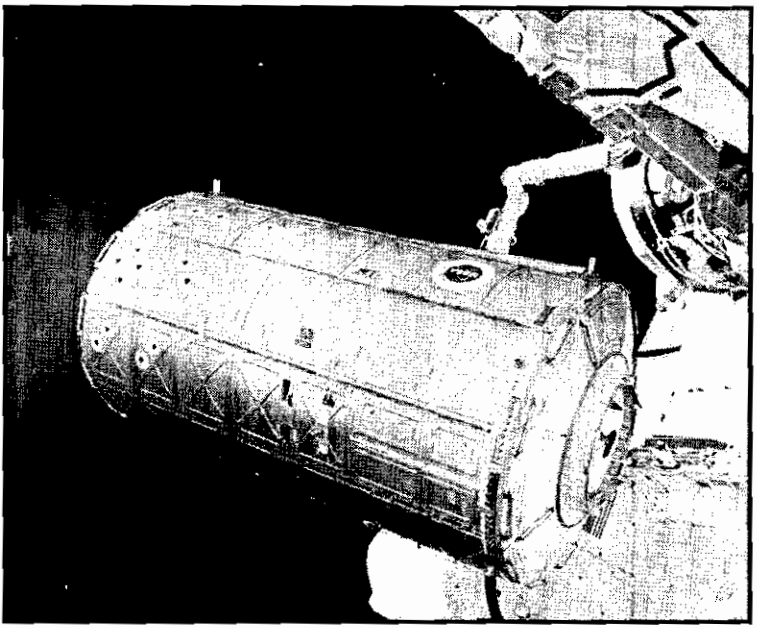
غالق الهواء كويست Quest هو الغالق الرئيسي لمحطة الفضاء الدولية، يوفر كويست الشكل (7-12) منفذ للخروج خارج المحطة والسير في الفضاء. ويتكون الغالق من جزئين، جزء لتخزين المعدات والبدل افضائية التي يرتديها الرواد عند الخروج في الفضاء، وجزء لتأمين طاقم رواد الفضاء الذي يخرج الى الفضاء.

وحدة بيرس Pirs توفر منافذ التحام إضافية لمحطة الفضاء الدولية مع مركبة الفضاء سويوز أوالمركبات الأخرى الشكل (7-13)، وهي تسمح للدخول والخروج من المحطة والسير في الفضاء من قبل رواد الفضاء الروس باستخدام بدلات الفضاء، بالإضافة إلى توفير مساحة لتخزين هذه البدل الفضائية.

الوحدة الثانية هارموني Harmony من وحدات عقد المحطة، هو محور المحطة الفضائية الدولية الشكل (7-14). الوحدة تحتوي على أربعة رفوف توفر الطاقة الكهربائية، وناقل بيانات الكتروني، ويعمل بمثابة نقطة اتصال مركزية لعدة مكونات أخرى. رست المختبرات كولومبوس الأوروبي وكيبو الياباني بشكل دائم على الوحدة هارموني، والتحم مكوك الفضاء الامريكى المداري مع المحطة الفضائية الدولية، ومتصل بالجزء الأمامي من العقدة هارموني. بالإضافة إلى ذلك،
تعمل الوحدة بمثابة ميناء لرسو الوحدات اللوجستية متعددة الأغراض خلال الرحلات المكوكية اللوجستية.

من الوسائل البحثية الأوروبية على متن المحطة الفضائية الدولية، المختبر كولومبوس **Columbus** الشكل (7-15) حيث يوفر مختبر عاما فضلا عن وسائل مصممة خصيصا لعلم الأحياء، والبحوث الطبية الحيوية وفيزياء السوائل.

وهناك عدة مواقع وضعت خارج الوحدة، والتي توفر الطاقة والبيانات لتجارب، مرصد الرصد الشمسي، وتجارب مواد محطة الفضاء الدولية، وطقم الساعة الذرية في الفضاء. وهناك عدد من التوسعات المخطط لها من أجل وحدة لدراسة فيزياء الكم وعلم الكونيات.



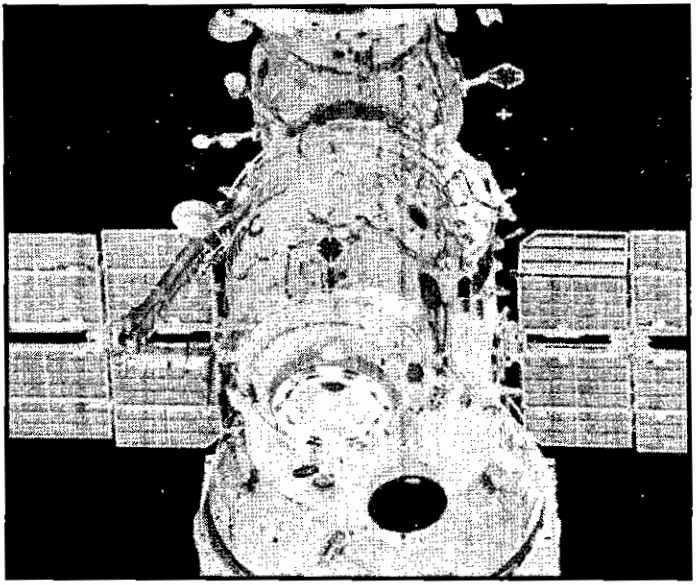
الشكل
(11-7)
وحدة ديستني.[39]

الشكل
(12-7)
غالق الهواء كويست.[40]

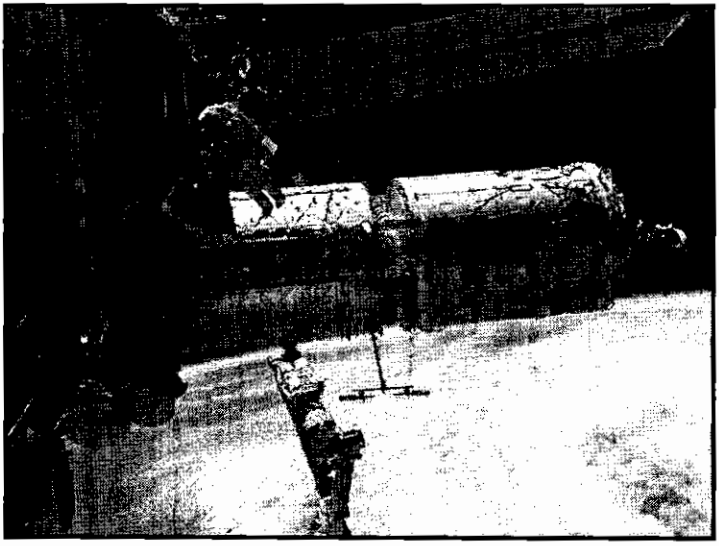
---

[39] Destiny_(ISS_module)http://en.wikipedia.org/wiki/

[40] Quest_Joint_Airlockhttp://en.wikipedia.org/wiki/



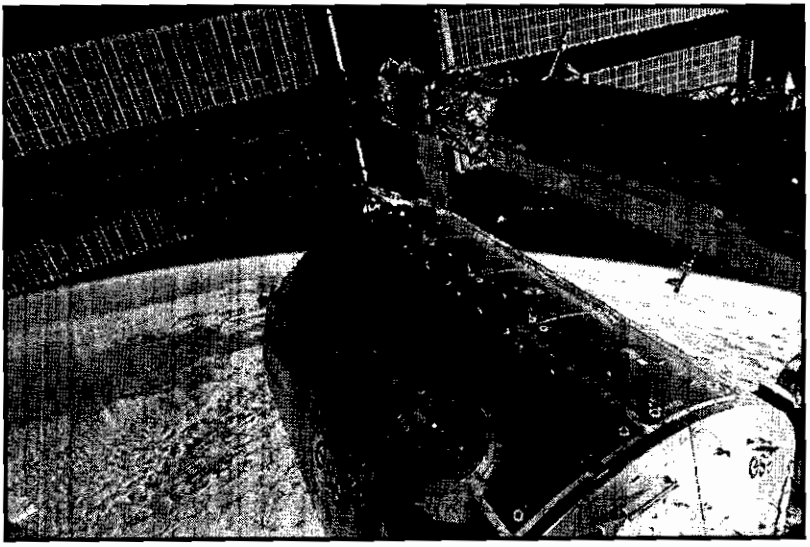
الشكل
(13-7)
وحدة بيرس
Pirs.[41]



الشكل
(14-7)
وحدة هارموني.[42]

(41 Pirs_docking_compartmenthttp://en.wikipedia.org/wiki/

(42 http://en.wikipedia.org/wiki/Harmony_(ISS_module)



الشكل (7-15) الوحدة كولوميس.[43]

وحدة التجارب اللوجستية **ELM** جزء من معمل كيبو (وحدة الاختبارات المعملية اليابانية)، توفر مرافق للتخزين والنقل إلى المختبر، مع قسم مكيف الضغط لخدمة الحمولات الداخلية وقسم غير مكيف الضغط لخدمة الحمولات الخارجية الشكل (7-16).

وحدة **JEM** جزء من وحدة المختبرات اليابانية كيبو، **PM** وهى الوحدة الأساسية لكيبو والملتحم بها المرافق المكشوفة. الوحدة هي أكبر وحدة في المحطة الفضاء الدولية وتحتوي على ما مجموعه 23 رف، بما في ذلك 10 تجارب. الوحدة تستخدم في إجراء البحوث في مجال الطب الفضائي، والبيولوجيا ورصد الأرض وإنتاج المواد والتكنولوجيا الحيوية وابحاث الاتصالات. **PM** تستخدم أيضا كمكان لتركيب منصة خارجية، والمرافق الأخرى المكشوفة (**EF**)، تسمح للحمولات للتعرض مباشرة للبيئة الفضائية القاسية. **EF** هي التي تخدمها وحدة الذراع الالي الخاصة بها، **JEM**، وهي التي ركبت على **PM** الشكل (7-15).

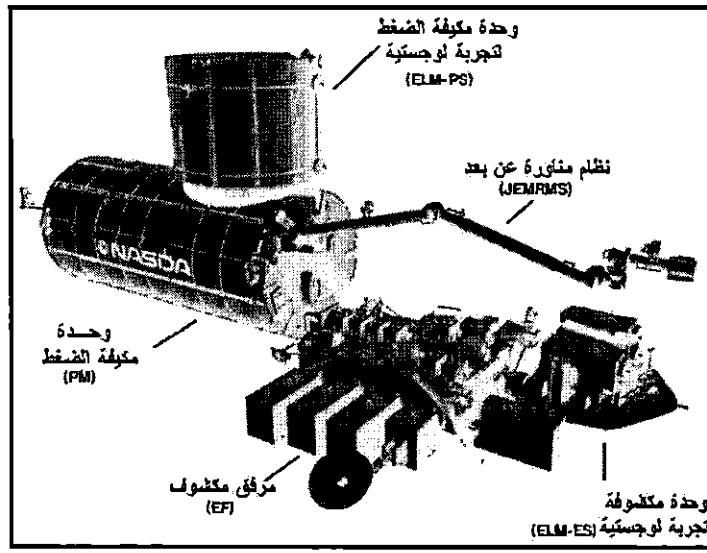
MRM2 واحدة من مكونات المحطة الفضائية الروسية، سوف تستخدم وحدة الأبحاث المصغرة **Mini-Research Module 2 (MRM2)** لالتحام مركبة

---

[43] http://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_(ISS_module)

سويوز والمركبات الأخرى، بوصفها كوة للسير في الفضاء، وباعتبارها وسيط للتجارب العلمية الشكل (7-17).

العقدة ترانكويلتي الأمريكية الثالثة والأخيرة من المحطة الشكل (7-18)، تحتوي على نظام متقدم لدعم الحياة لإعادة تدوير المياه المستهلكة ليستخدمها الطاقم وتوليد الاوكسيجين لطاقمها للتنفس. العقدة توفر أيضا أربعة مواقع التحام للمزيد من الوحدات مكيفة الضغط أو مركبات لنقل طاقم المركبة، بالإضافة إلى موقع إلتحام دائم مع قبة المحطة.



الشكل (7-16) معمل الفضاء الياباني كيبو (JEM–ELM).[44]

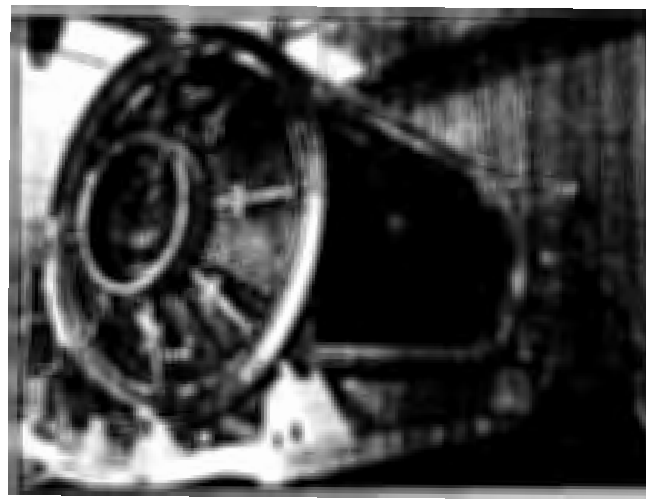
والقبة **Cupola** هي وحدة الرصد من شأنها أن توفر لطاقم محطة الفضاء الدولية رؤية مباشرة للعمليات الآلية والألتحام مع المركبة الفضائية الشكل (7-19)، وكذلك كنقطة مراقبة لرصد الأرض. وسوف تأتي وحدة مجهزة بأجهزة آلية لتشغيل أزرع مناورة آلية عن بعد **SSRMS** ومصاريع للنوافذ لمنعها من التعرض للأضرار من الجسيمات النيزكية الدقيقة .

وحدة ابحاث مصغرة **MRM1**: تستخدم لرسو المركبات الفضائية وتخزين البضائع على المحطة.

---

[44] Japanese_Experiment_Modulehttp://en.wikipedia.org/wiki/

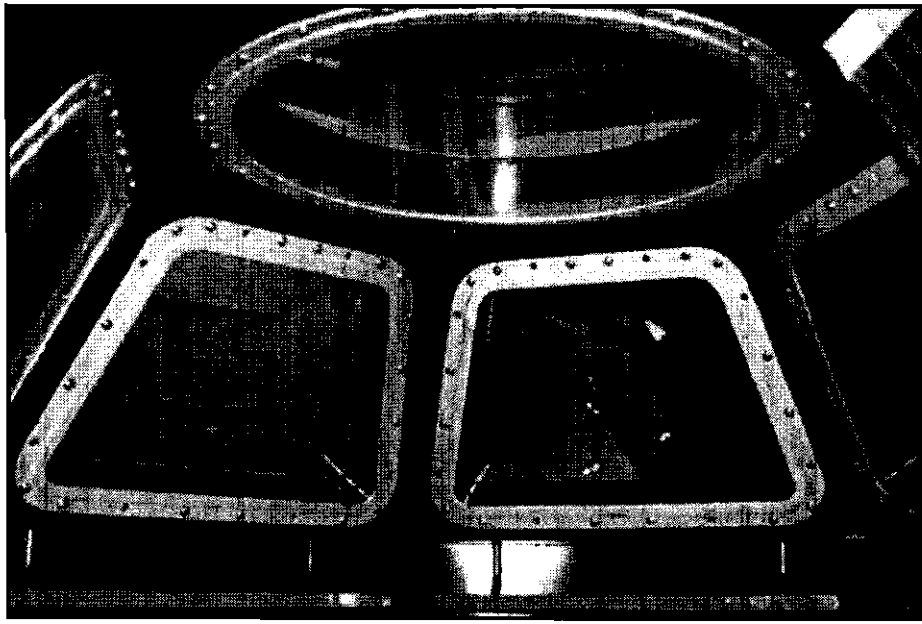
الشكل (7-17) وحدة الأبحاث المصغرة MRM2.[45]



الشكل
(7-18)
الوحدة ترانكويلتي.[46]

(45 Mini-Research_Module_2http://en.wikipedia.org/wiki/

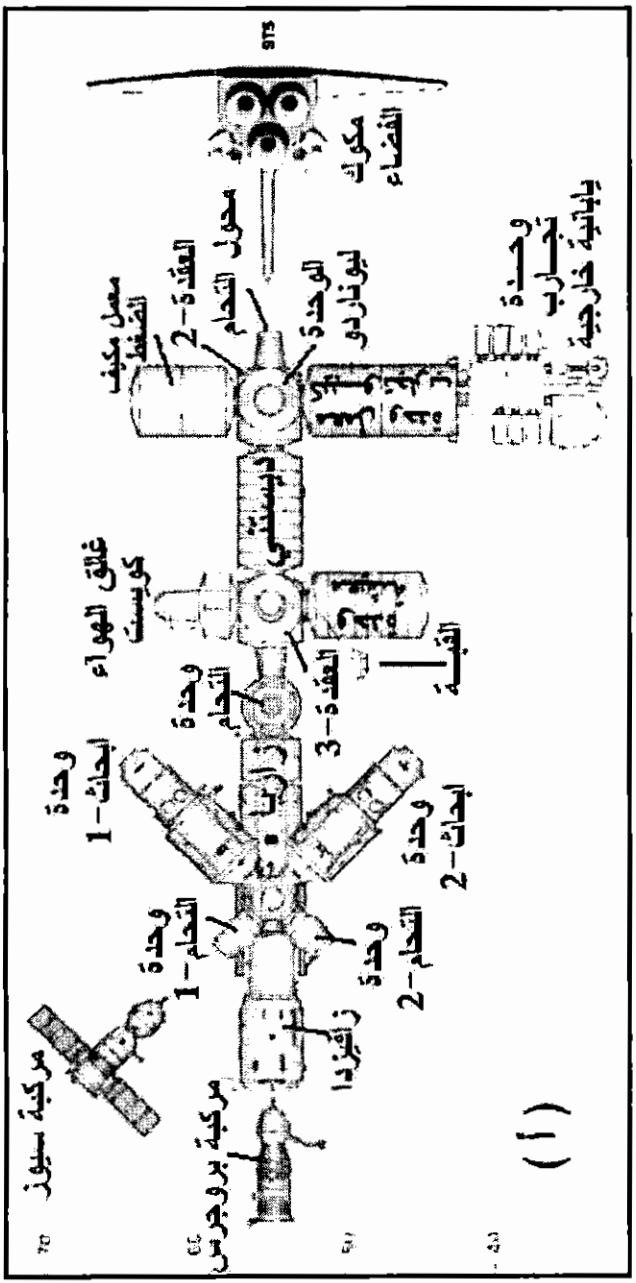
(46 http://en.wikipedia.org/wiki/Tranquility_(ISS_module)



الشكل (7-19) القبــة.

ويوضح الشكل (7- 20-أ & ب) مسقطان للمحطة الفضائية ومواقع العقد والوحدات المختلفة واماكن الالتحام. ولايظهر في الشكل الالواح الشمسية ولكنها موضحة في الشكل (7-21).

والوحدة **MLM** تكون وحدة الأبحاث الروسية الأولية كجزء من المحطة الفضائية الدولية الشكل (7-21)، وسيتم استخدامها لتجارب الجاذبية، رسو المركبات الفضائية، والشحن والخدمات اللوجستية. وتوفر هذه الوحدة مكان لعمل الطاقم وراحته، وسيتم تجهيز نسخة احتياطية لنظام التحكم في الوضع التي يمكن أن تستخدم للسيطرة على موقع المحطة.



الشكل

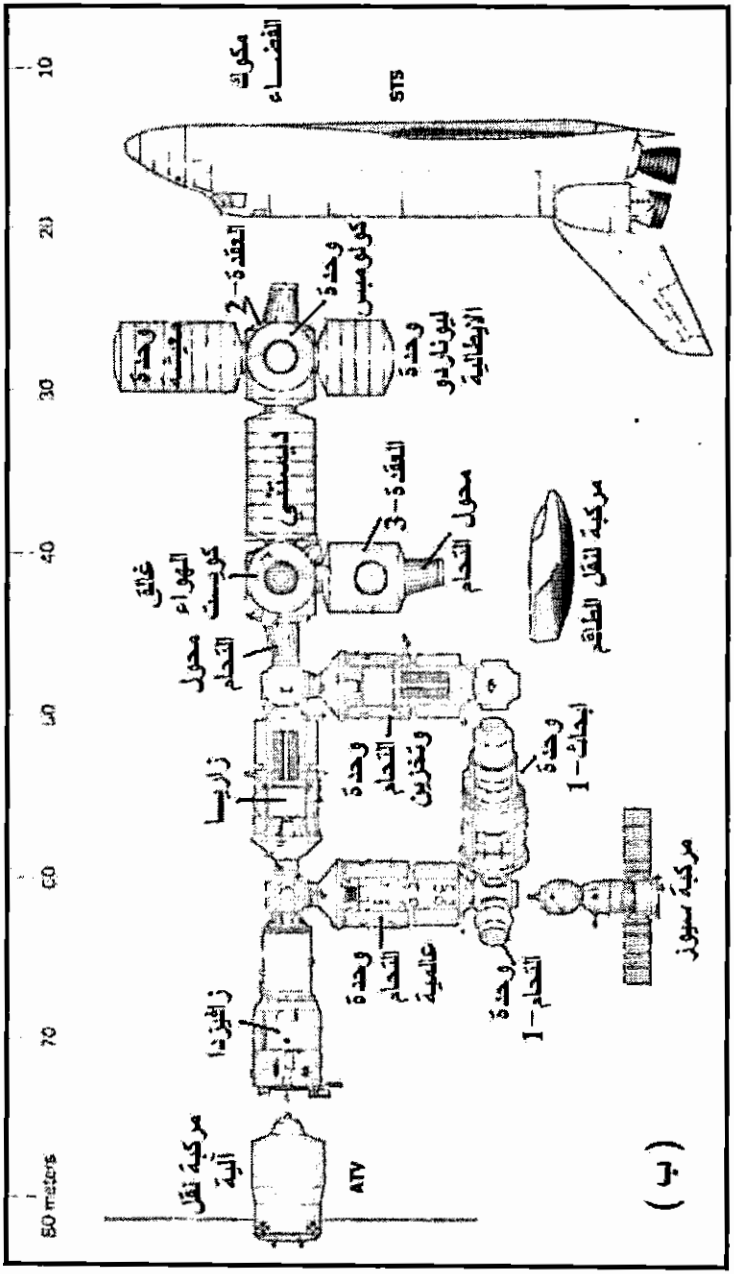
(7-20-أ)

صورة توضيحية لمواقع

وحدات المحطة ومواقع

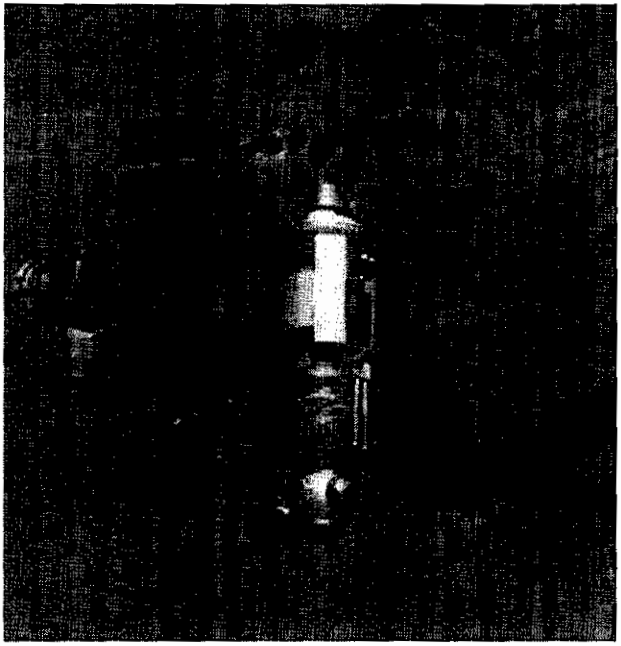
رسو المركبات الفضائية. [47]

[47] Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space;2003



الشكل (7-20-ب)

صورة توضيحية لمواقع وحدات المحطة ومواقع رسو المركبات الفضائية.



الشكل
(21-7)
الوحدة الروسية MLM. [48]

4-3-7 : النظام الكهربائي للمحطة الفضائية الدولية :

مصدر الطاقة الكهربائية لمحطة الفضاء الدولية هو الشمس. حيث يتم تحويل ضوءها إلى كهرباء عن طريق استخدام الخلايا الشمسية الشكل (7-22). قبل رحلة التجميع **4A** (رحلة مكوك الفضاء **STS-97**، التي أطلقت فى 30 نوفمبر، 2000) كان مصدر الطاقة هو الخلايا الشمسية الروسية المعلقة على وحدات زاريا وزفزدا. يستخدم الجزء الروسي من المحطة تيار مستمر 28 فولت، كما هو الحال فى مكوك الفضاء. في باقي المحطة، تتوفر الكهرباء، بواسطة الالواح الشمسية التي تعلق على دعامات بجهد يتراوح بين 130 حتي 180 فولت تيار مستمر. هذه المصفوفات مرتبة كأربعة أزواج من الأجنحة، لكل زوج القدرة على توليد ما يقرب من 32.8 كيلووات من التيار المستمر.

تنتج الطاقة وتوزع بجهد 160 فولت قبل أن يتم تحويلها إلى تيار يستخدم بجهد 124 فولت. خطوط هذا الفولت العالى يسمح بتوزيعه لخطوط طاقة أصغر. والطاقة يمكن أن تكون مشتركة بين قطاعين من محولات المحطة. هذه الميزة

---

[48] Multipurpose_Laboratory_Modulehttp://en.wikipedia.org/wiki/

أصبحت ضرورية منذ إلغاء رصيف الطاقة العلمي الروسي لأن الجزء الروسي يعتمد الآن على الالواح الشمسية الأمريكية لإنتاج الطاقة.

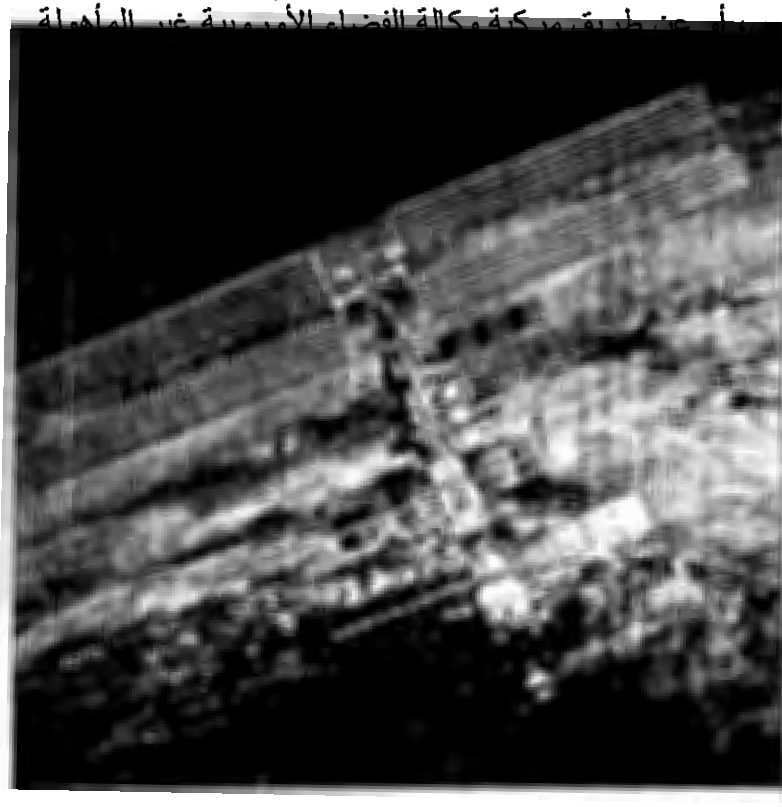
عندما لا تكون المحطة غالبا في ضوء الشمس المباشر، فإنها تعتمد على بطاريات نيكل -هيدروجين وهي قابلة لإعادة الشحن لتوفير الطاقة المستمرة لفترة 35 دقيقة كل 90 دقيقة في المدار وهي الفترة التي تخسف فيه المحطة داخل ظل الأرض. أثناء حركة المحطة في الجزء المعرض للشمس من المدار، يعاد شحن البطاريات. فترة صلاحية هذه البطاريات للعمل حوالي 6.5 سنة، وأنه من المتوقع أن يتم استبدالها عدة مرات خلال 20 سنة وهي فترة العمل المتوقعة للمحطة.

تتتبع الواح الخلايا الشمسية الشمس لمضاعفة كمية الطاقة الشمسية. كل مصفوفة منها مساحتها حوالى 375 متر مربع، وطولها 58 مترا. عند استكمال المحطة، تتتبع الالواح الشمسية الشمس في كل مدار عن طريق دوران محرك ألفا، في حين أن محرك بيتا يضبط زاوية ميل الشمس مع المدار. حتى وصول دعامات الهيكل الرئيسية، كانت المصفوفات في موقع مؤقت عمودي على الاتجاه النهائي. في هذا الوضع، كان يستخدم محرك بيتا لتتبع الرئيسي للشمس. وللحد من آثار مقاومة الهواء التي ينتجها الغلاف الجوي العلوي، التي تحلق خلالها المحطة، يتم توجيه حافة الالواح الشمسية لتكون في اتجاه حركة المركبة.

7-3-5 : مراقبة وضع المحطة Attitude control:

يحتفظ بموقع (توجيه) المحطة باحد آليتين. وعادة يستخدم نظام التحكم العديد من أجهزة الجيروسكوبات (**CMGs**) التي تحتفظ بتوجيه المحطة، لتكون الوحدة ديستني أمام الوحدة يونتي، وتكون الدعامة **P** على جانب المحطة، والوحدة بيرس مواجهة للأرض الشكل (7-22). عندما يصبح نظام الجيروسكوبات مشبع بالحركة وهو وضع تتجاوز بموجبه الجيروسكوبات مداها التشغيلي أو لا يمكن أن تتبع سلسلة من الحركات السريعة وتفقد قدرتها على السيطرة على وضع المحطة. في هذا الوضع، صمم النظام الروسي للتحكم في الوضع ليعمل تلقائيا، باستخدام دفعات للمحطة للحفاظ على وضعها، والسماح لنظام الجيروسكوبات بعدم التشبع. هذا السيناريو حدث مرة واحدة فقط خلال رحلة أكسبدشن-10. عندما يتم التحام مكوك الفضاء بالمحطة، فيمكن استخدامه للحفاظ على موقع المحطة. هذا الإجراء تم استخدامه أثناء رحلة المكوك **STS-117** أثناء تثبيت الدعامة **S3/S4**.

احتفظت المحطة الفضائية الدولية خلال الفترة من عام 1998 إلى أوائل عام 2006 بارتفاع في المدار بحد أدنى 278 كم وحد أقصى 460 كم. والحد الأقصى العادي الذي يسمح بالتحام رحلات سويوز هو 425 كم. تفقد محطة الفضاء الدولية الارتفاع باستمرار بسبب مقاومة الغلاف الجوي، لذلك تحتاج المحطة إلى تعديل الارتفاع إلى أعلى عدة مرات كل عام. وهذه المقاومة تختلف من يوم الى آخر، بسبب التغييرات في كثافة الغلاف الجوي الخارجي الناجمة عن التغيرات في النشاط الشمسي. وهذه التعديلات يمكن أن تقوم بها المحطة بواسطة محركين رئيسيين على وحدة الخدمة زفيزدا، وأثناء التحام مكوك الفضاء وسفينة التموين بروجر [illegible]



الشكل (7-22)
المحطة الفضائية الدولية عام 2001، والالواح الشمسية الصغيرة السفلى على وحدتي زاريا وزفيزدا ، ومصفوفة الألواح الشمسية الكبيرة P6 .[49]

---

[49] http://en.wikipedia.org/wiki/File:ISS_on_20_August_2001.jpg

ولتعديل وضع المحطة لتحريكها عدة كيلومترات في مدارين يستغرق ذلك ثلاث ساعات. لذلك وقعت وكالة ناسا في ديسمبر 2008 اتفاقا مع شركة **Ad Astra Rocket** للصواريخ لإنتاج محرك بلازمي. لتمكن هذه التكنولوجيا، في المستقبل، من السماح للمحطة بحفظ موقعها بطرق أكثر اقتصادية من الوقت الحاضر.

7-3-6 : الجاذبية :

تساوي الجاذبية علي المحطة وهي في مدارها على هذا الأرتفاع، أقل من الجاذبية عند مستوى سطح البحر على الأرض بمقدار 88 ٪. وحالة انعدام الوزن الناجمة عن السقوط الحر المستمر للمحطة الفضائية الدولية، وطبقا لمبدأ التكافؤ، فإن السقوط الحر غير مميز عن حالة انعدام الجاذبية، ومع ذلك فإن البيئة في المحطة بدلا من وصف جاذبيتها بالمتناهية الصغر فهي تكون بيئة عديمة الجاذبية للتأثيرات الأربعة التالية :

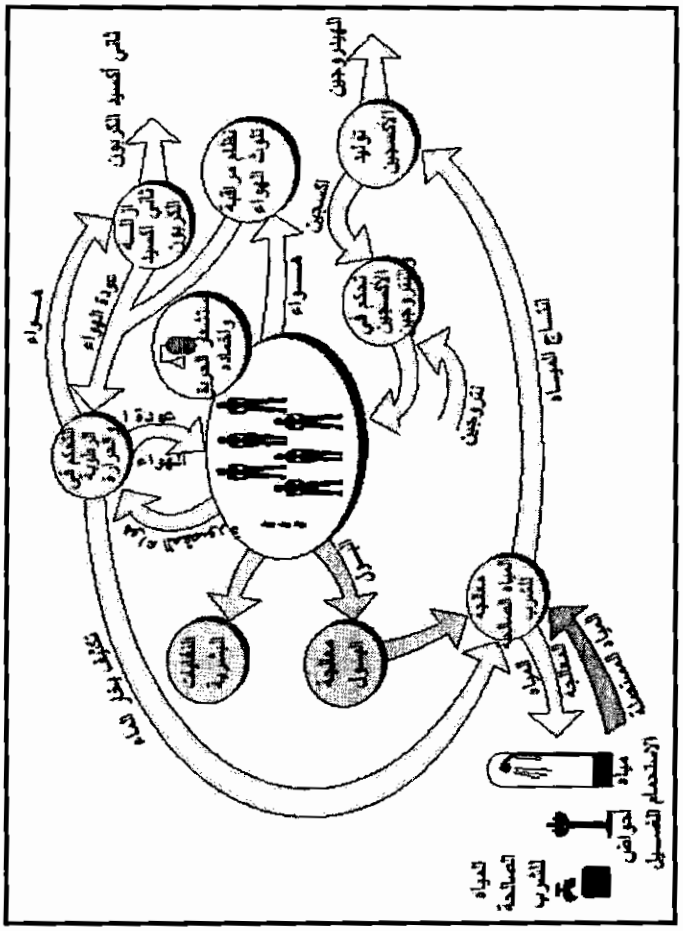
- مقاومة الغلاف الجوي.
- التسارع الاهتزازي الناجم عن الأنظمة الميكانيكية وحركة الطاقم على متن المحطة الفضائية.
- تصويبات الموقع المداري للمحطة بالجيروسكوبات (أو الصواريخ الدافعة).
- الفاصل المكاني عن مركز الكتلة الحقيقي للمحطة الفضائية الدولية، حيث أي جزء من محطة الفضاء الدولية ليس في مركز الكتلة الدقيق وسوف يميل إلى اتباع مدارها الخاص. وعلى آية حال كل نقطة جزء من المحطة فعليا، وهذا أمر مستحيل، وهكذا كل عنصر يخضع لتسارع صغيرة من القوى التي تبقيها متصلة بالمحطة أثناء حركتها في المدار. وهذا هو الذي يسمى أيضا قوة المد **tidal force**.

7-3-7 : التحكم البيئي ونظام دعم الحياة (ECLSS):

توفر المحطة الفضائية الدولية نظام لمراقبة البيئة ونظام دعم الحياة (**ECLSS**) أو السيطرة على بعض العناصر مثل الضغط الجوي، والكشف عن الحرائق وإخمادها، ومستويات الأكسجين، وإمدادات المياه. الأولوية القصوى لنظام التحكم البيئي هو جو المحطة الفضائية الدولية، ولكن هذا النظام يجمع أيضا، ويجري عمليات، تخزين النفايات والمياه المستهلكة والمنتجة من قبل افراد الطاقم. وتشمل هذه العملية إعادة تدوير السوائل من الأحواض، والدش، والمرحاض، والتكثيف من الجو الشكل (7-23). نظام الكترون **Elektron** على متن وحدة زفيزدا ونظام مماثل لتوليد الأكسجين في وحدة ديستني وتوليد الاكسجين على متن المحطة. وإذا لزم الأمر، الطاقم لديه الخيار من احتياطي معبأ على هيئة

اسطوانات الاكسجين واسطوانات توليد وقود الأوكسجين الصلب (SFOG). يتم إزالة ثاني أكسيد الكربون من الجو بواسطة نظام فوسدك **Vozdukh** في وحدة زفيزدا. والآخر بتحويل المخلفات الإنسانية، مثل غاز الميثان من الامعاء والأمونيا من العرق، والتي يتم إزالتها بواسطة مرشحات الفحم المنشط.

الغلاف الجوي على متن محطة الفضاء الدولية يحافظ على وجود تركيبة مماثلة لتلك التي في الغلاف الجوي للأرض. ضغط الهواء العادي في محطة الفضاء الدولية هو 101.3 كيلو باسكال (14.7 رطل)، وهو مساو للضغط عند



الشكل (7-23) رسم توضيحي لسلسلة نظام دعم الحياة على المحطة الفضائية.[50]

[50] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cycle.gif

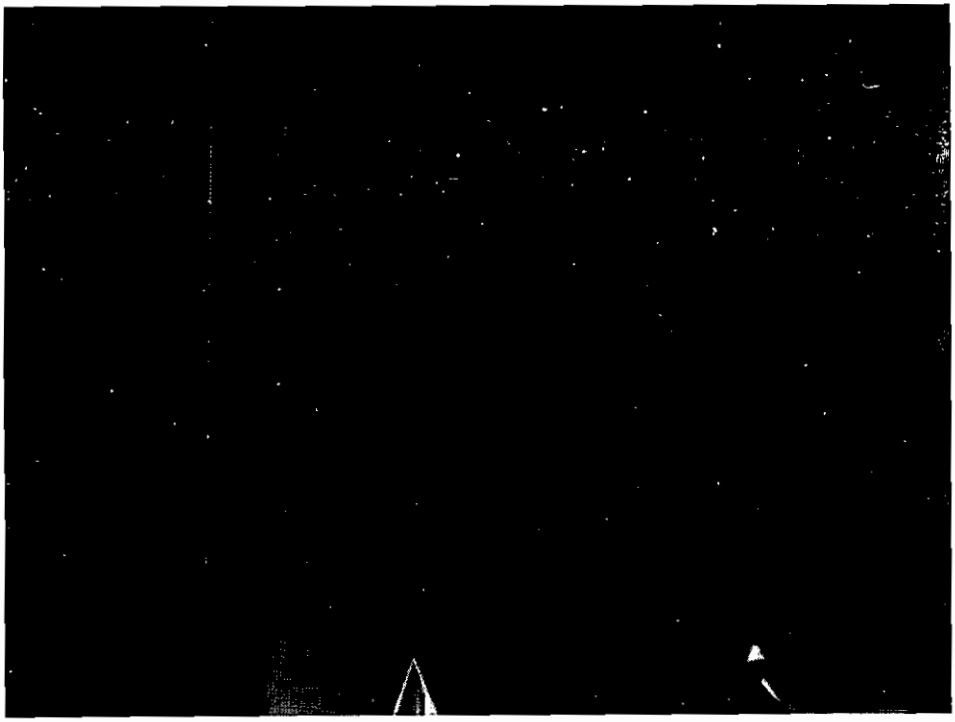
مستوى سطح البحر على الأرض. هذا النوع من الجو يوفر فوائد مختلفة لراحة الطاقم، جو مشابه لجو الأرض وهو أكثر أمانا من كثير من البدائل، التي توفر الأكسجين النقي، وذلك بسبب زيادة مخاطر اشتعال النار، التي كانت مسؤولة عن وفاة أفراد طاقم أبوللو-1.

7-3-8 : رؤية المحطة :

نظرا لحجم محطة الفضاء الدولية (الذي يمثل مساحة ملعب كرة القدم الامريكية) ومساحة كبيرة عاكسة من الواح الخلايا الشمسية، فرصد المحطة ممكن بالعين المجردة إذا كان الراصد في الموقع الصحيح وفي الوقت المناسب، في كثير من الحالات، تكون المحطة واحدة من ألمع الاجسام رؤية للعين المجردة في السماء، على الرغم من أنها لا تكون مرئية إلا لفترات قصيرة من الزمن، تتراوح بين دقيقتين إلى خمس دقائق.

من أجل رؤية المحطة، يجب توفر الشروط التالية، بفرض صفاء الطقس : يجب أن تكون المحطة فوق أفق الراصد، ويجب أن تكون المحطة على بعد 2000 كم من موقع الرصد (كلما كان أقرب كان ذلك أفضل). الشكل (7-24) صورة لرصد المحطة الفضائية الدولية في يوليو 2007 وهي عند تصويرها لفترة من الوقت تكون على شكل خط ابيض باهت نتيجة لحركة الأرض حول محورها.

يجب أن تكون السماء حالكة السواد بما فيه الكفاية في موقع الرصد لرؤية النجوم بوضوح، ويجب أن تكون المحطة في ضوء الشمس وليست في ظل الارض حتى يحدث انعكاس الضوء عليها. ومن الضرورى توفر الشرط الثالث لتبدأ أو تنتهي خلال فرصة رؤية جيدة. وفي المساء، نجدها تبدو المحطة شاحبة فجأة واختفائها كلما تحركت قدما نحو الغسق، والذهاب من الغرب الى الشرق. في الحالة العكسية، فإنها تظهر فجأة في السماء وهي تقترب من الفجر.



الشكل (7-24) رؤية المحطة أثناء
عبورها بالعين المجردة ويمثلها الخط المستقيم المائل.[51]

(51) http://en.wikipedia.org/wiki/File:ISS_26.07.07.jpg

قائمة المـراجـع

- Fernand Verger, Isabelle Sourbes-Verger and Raymond Ghirardi; The Cambridge Encyclopedia of space; Cambridge, University press, 2003.
- http : //www- istp. gsfc. Nasa. gov / stargaze/ smars1. htm
- http://en.wikipedia.org/wiki/ Destiny_(ISS_module)
- http://en.wikipedia.org/wiki/ Japanese_Experiment_ Module
- http://en.wikipedia.org/wiki/ Mini-Research_Module_2
- http://en.wikipedia.org/wiki/ Multipurpose_Laboratory_ Module
- http://en.wikipedia.org/wiki/ Pirs_docking_compartment
- http://en.wikipedia.org/wiki/ Quest_Joint_Airlock
- http://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_11
- http://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_(ISS_module)
- http://en.wikipedia.org/wiki/File: Atlantis_Docked_to_ Mir.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File: Salyut_7_from_ Soyuz_T-13.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Almaz_drawing.svg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cycle.gif
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Damaged_Spektr_ solar_array.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:ISS_26.07.07.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:ISS_on_20_August_2001.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:ISS_Zvezda_module-small.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kristall_ module_ drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kvant_2_module_drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kvant_module_drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_1990_ configuration_drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_Docking_Module_drawing. png

- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_module.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_on_12_June_1998edit1.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mir_reentry_photo.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Priroda_module_drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salyut_6_drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salyut7.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Space_Fire.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Spektr_ module_drawing.png
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:SSME1.jpg
- http://en.wikipedia.org/wiki/Harmony_(ISS_module)
- http://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station#cite_note-10th-6
- http://en.wikipedia.org/wiki/Parking_orbit
- http://en.wikipedia.org/wiki/Parking_orbitjioujhb
- http://en.wikipedia.org/wiki/Progress_spacecraft
- http://en.wikipedia.org/wiki/Salyut_program#Stations
- http://en.wikipedia.org/wiki/Skylab
- http://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle
- http://en.wikipedia.org/wiki/Tranquility_(ISS_module)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(ISS_module)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Zarya
- http://history.nasa.gov/SP-350/toc.htm
- http://space.skyrocket.de/index_frame.htm?http://space.skyrocket.de/doc_sdat/mir.htm
- http://static.howstuffworks.com/gif/space-station-salyut-4a.jpg
- http://www.nasa.gov/mission_pages/skylab/index.html
- http://www.shuttlepresskit.com/ISS_OVR/assembly2_overview.htm
- http://www2.jpl.nasa.gov/basics

دليـــــــل الكـــــتـــــــاب

أ

أبوللو .....13، 59، 65، 66، 67، 68، 69، 70، 72، 73، 74، 75، 79، 80، 81، 83، 84، 247

أجهزة الرادار 53

آريان 28

طلس..... 26، 118

أقمار سبوت..... 50

أقمار صناعية 211

أقمار طبيعية ..... 252، See

التحكم البيئ..... 61

الإتصال ..... 88، 101

الأحزمة الطيفية..... 39، 54

الإستقبال..... 62

الإشعاع..... 44، 52، 54، 65، 131

الإشعاع الشمسي..... 54

الأشعة الحمراء 56

الأشعة السينية..... 185

الأشعة تحت الحمراء ....55، 56، 106، 139، 140

الالواح الشمسية..... 187، 237، 240، 241

الألواح الشمسية..... 194، 205، 243

الأوج ..... 146، 158، 159

الأيونوسفير 109

البلازما ...97، 99، 119، 125، 128، 134

البيوت الزجاجية 61

التحكم البيئ ..... 203، 245

التوجيه ..... 14، 76، 79

التوصيل الفائق..... 223

الثرموسفير 208

الثور 35

الجاذبية ..... 152، 195، 203، 207، 223، 226، 237، 244

الجيروسكوبات 242

الحزم الطيفية..... 54

الحضيض..... 42، 112، 158، 159، 161، 216

الحمولة 22، 23، 25، 37، 209، 211

الدفع..... 21، 215

الذيل المغناطيسي 129

الرياح الشمسية .....98، 106، 147

الزهرة ... 14، 95، 107، 109، 110، 111، 112، 134، 145

السقوط الحر..... 244

الشحن المزدوج 50

الصواريخ الهجين 21

الغلاف الجوي..... 54، 56، 72، 168، 172، 174، 175، 183، 195، 198، 201، 207، 208، 210، 213، 217، 241، 242، 244، 247

الفضاء البعيد..... 140

القطر الأعظم..... 154

القمر أيرس 53

الكواكب العملاقة .....63، 95، 127

الكويكبات.. 15، 23، 95، 137، 138، 140

الماسح 48

الماسحات..... 39، 46، 47، 48

المجال المغناطيسي..... 67

المحطة الفضائية ..... 171، 172، 174، 181، 182، 189، 191، 198، 203، 205، 207، 208، 209، 218، 219، 220، 221، 224، 225، 226، 228، 230، 231، 234، 237، 242، 243، 244، 245، 246، 247
المحطة الفضائية الدولية ..... 17، 198، 203، 208، 218، 224، 225، 228، 230، 231، 237، 242، 243، 245، 247
المركبة القمرية 64، 65، 67، 68، 72، 73، 74، 75، 78، 79، 80، 81، 82، 88
المركبة المدارية .21، 81، 134، 136، 209، 211
المسابر .....63، 87، 97، 102، 118
المسار الأرضي..... 50
المستشعرات البصرية 53
المستشعرات اللاتصويرية..... 53
المشتري .....14، 15، 63، 99، 117، 118، 119، 120، 123، 125، 127، 128، 129، 130، 131، 134، 137، 139
المكوك الفضائي .....22، 29، 32، 35، 118، 140، 207، 209، 225، 226، 228
الموجات الراديوية 106
المؤكسد..... 280
النظير .....13، 45، 47، 49، 50، 52
النفايات 245
الوقود.....21، 22، 23، 26، 27، 28، 29، 30، 33، 34، 78، 79، 114، 163، 210، 228
انتربريس..... 209
انعدام الوزن..... 244
أوليسيس ..... 14، 99، 100
ايكونوز 42

ب

باثفايندر 103
بايونير..... 14، 64، 97، 110، 111، 113، 118، 119، 121
بحار.....89
بروتون 104، 174، 185، 224، 228
بروجرس..... 16، 177، 178، 181، 185، 192، 197، 198، 199، 200، 244
بريرودا 16، 169، 186، 189، 196، 197
بوران .....186، 193، 196، 200
بيجاسوس .....13، 34، 35
بيرس ..... 17، 230، 232، 242

ت

ترانكويلتي .....227، 228، 234، 236
تيتان.... 25، 119، 120، 134، 135، 136
تيكو 90

ج

جاليليو ..... 15، 30، 62، 125، 127، 128، 129، 130، 131، 132، 133، 136، 139
جانيميد.....120، 122، 129، 133
جوانا 28
جيروسكوبات.....193
جيوتيل 87

ح

حزام الكويكبات .....136، 139

خ

خطوط المسح.....48
خلايا شمسية.....174، 187

د

دائرة الاستواء..... 34
دائرة البروج ..... 99، 123، 144
دوران 33، 34، 35، 62، 111، 125، 129، 241
دوس..169، 172، 173، 179، 182، 183
ديستني.....225، 228، 242، 245
ديسكفرى 100
ديسكفري ..... 99، 209، 225
ديموس ..... 101، 102

ر

راصد المريخ ..... 25، 103، 104
رائد الفضاء ...67، 74، 80، 82، 220
رواد الفضاء ...14، 71، 76، 84، 86، 164، 175، 180، 192، 194، 195، 200، 207، 208، 209، 218، 225، 229، 230
روزيتا.....15، 146، 148
ريدستون 80
رينجر ..... 64، 81

ز

زاريا ...16، 181، 224، 228، 229، 240، 243
زحل.....15، 25، 118، 120، 126، 135
زفيزدا ..16، 181، 225، 228، 230، 244، 245، 281
زوند 87

س

ساتيرن ...24، 65، 72، 78، 80، 81، 205، 206، 207
ساكيجاك..... 145
ساليوت.....15، 16، 18، 169، 171، 172، 173، 174، 175، 176، 177، 178، 179، 181، 182، 183، 192
سبكتر ... 16، 187، 197، 198، 199
ستاردست.....146
سكايلاب ..... 174، 177، 203، 205، 206، 207
سنتوري.....22
سويزي 145
سويوز 172، 173، 175، 177، 185، 190، 193، 194، 195، 196، 198، 200، 207، 225، 228، 230، 234، 242
سي سات.....56
سيرفوير 65

ش

شالنجر.....127، 209

ص

صاروخ الإطلاق.... 22، 37، 38، 65، 72، 80، 81، 174
صاروخ دلتا .....22، 23
صواريخ دافعة.....81

ظ

ظل الأرض.....241

ع

عطارد61، 63، 95، 97، 109، 114، 115، 117، 136

غ

غالق الهواء ... 17، 195، 225، 229، 232

ف

فايكنج 63
فجوات كيركوود.....137
فوبوس ..... 101، 102

فوجيير ...14، 15، 118، 119، 120، 122، 123، 124، 125، 126، 127، 132، 133، 136
فوق البنفسجية 106، 109، 127، 128، 185
فوهة العادم 273
فيجا..... 14، 108، 109، 145
فينيرا 107

ق

قنطورس ..... 119، 134

ك

كاب كانفرال ..... 25، 81
كاسيني ..... 15، 25، 134، 135
كاليستو 119، 120، 122، 129، 134
كاميرا الصور الثابتة .13، 39، 45، 46
كريستال.....169، 186، 187، 188، 195، 200
كفانت .169، 185، 186، 187، 193، 194، 196، 281
كفانت-1..... 185، 186، 193
كفانت-2 16، 185، 187، 194، 196
كندرام 225
كورو 28
كوزموس 42، 169، 174، 179، 182
كولومبس ..... 227، 233
كولومبيا ....69، 82، 84، 209، 218، 226
كويكب سيرس..... 137
كويكبات..... 137
كيبو..... 227، 234، 235

ل

لاندسات ..... 46، 49
لونا64، 86، 87

م

ماجلان ..14، 111، 112، 113، 115
مارينر 101، 107، 109، 111، 114، 118، 146
متجول قمري 68
متيوسات .....43، 48، 49
مدار أرضي ..... 23، 29، 33، 208
مدار الإنتظار.....152
مدار أهليجي.....153، 198
مدار دائري.....157
مدار قطبي.....25
مدار قمري 87
مدار متزامن.....28، 30، 33
مدار هومان ... 15، 149، 154، 156، 157، 163، 164، 165
مذنب هالي.....63، 143
مذنبات .....146، 147
مركبة الخدمة.....67، 69، 80
مركبة القيادة... 14، 65، 67، 68، 69، 72، 75، 78، 80، 81، 84
مركبة الهبوط ..... 14، 71، 77، 109، 128، 129
مركبة هبوط.....72، 127
مركز كيندي الفضائي.....215
مستشعرات الخلايا النشطة.....50
مستكشف المريخ .....104، 105
مطياف ألفا المغناطيسي.....224، 227
معمل الفضاء 174، 177، 203، 205، 235
مقاومة الهواء.....214، 241
مكوك الفضاء ... 16، 56، 185، 186، 188، 196، 200، 203، 207، 208، 211، 212، 213، 214، 215، 217، 218، 225، 230، 240، 242، 244
مناورات 146
مواقع التحام 234
موجات الميكروويف 56
موجات تحت الحمراء.....56

مير .....16، 169، 179، 180، 181،
183، 184، 185، 186، 187،
188، 189، 190، 191، 192،
193، 194، 195، 196، 197،
198، 200، 201
ميل المدار 34

ن

نافذة الإطلاق..... 35
نبتون 125
نظام دعم الحياة..... 17، 246
نووا ..... 42، 43، 49

ه

هارموني.....227، 230، 233
هوائيات.....75

و

وقود صلب .....23، 25

ي

يوربا.....136
يونتي.....228، 242

معجم المصطلحات

أبوللو Apollo : سلسلة مركبات فضائية في برنامج أبوللو أدت إلى وصول الأنسان لأول مرة إلى القمر.

أقمار استكشاف الفضاء space exploration satellite: من الناحية الفنية هو مسبار probe فضائي يرسل لأعماق الفضاء، وليس بالضرورة اتخاذه مدار حول جسم آخر. هذه وهي ليست أقمار صناعي لأن تعريف الأقمار الصناعية هو جسم يدور في مدار حول جسم آخر. ومع ذلك، فأقمار استكشاف الفضاء تشبه الأقمار الصناعية في التصميم والوظيفة. وهي مثل الأقمار الفلكية فهي تدرس الكواكب البعيدة جدا والظواهر النجمية الأخرى.

الإقامة الطويلة في الفضاء LDEF : أطلقت ناسا وحدة الإقامة طويلة المدة في عام 1984 لدراسة تأثير التعرض لوقت طويل لظروف قاسية في الفضاء على المواد المختلفة. ولأكثر من خمس سنوات في المدار، تم أجراءأكثر من 57 تجربة LDEF لأكثر من 200 باحث من الجامعات والشركات الخاصة، ومراكز وكالة ناسا.

الأقمار الصناعية الفلكية astronomy satellite : هي مناظير فضائية تدور حول الأرض. وهذه المناظير لايعيقها سحب مثل سحب الغلاف الجوي للأرض، مثل ما يحدث للمناظير على الأرض. وتدرس المناظير الفضائية الظواهر النجمية مثل الثقوب السوداء وأشباه النجوم والمجرات البعيدة. وهذه المناظير لاتتعارض مع أقمار استكشاف الفضاء، التي تدرس أيضا هذه الظواهر.

الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد remote sensing satellite: نوع من الأقمار الصناعية التي تقوم بالاستشعار عن بعد من الفضاء. أقمار الاستشعار عن بعد ترصد عموما الموارد الهامة بالنسبة للبشر. على سبيل المثال، يمكن استخدامها لتعقب الحيوانات المهاجرة، وتحديد الرواسب المعدنية، وملاحظت المحاصيل الزراعية التي اتلفها الطقس، أو رؤية مدى السرعة التي يتم بها قطع الغابات باستمرار. لأنهم في الفضاء، واقمار الاستشعار عن بعد هي مثالية لرصد المناطق ذات المناخ القاسي أو تضاريس صعبة.

آلة تصوير الأجسام الخافتة Faint Object Camera: آلة بنيت من قبل وكالة الفضاء الأوروبية، تستخدم حاليا على تلسكوب هابل الفضائي.

آلة تصوير الأشعة تحت الحمراء infrared camera: جهاز لقياس الحرارة. تستخدم غالبا آلات تصوير الأشعة تحت الحمراء للكشف عن نماذج الطقس أو erruptions البركانية.

آلة تصوير قرب الأشعة تحت الحمراء ومقياس الطيف المتعدد Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer (NICMOS) : مثال على آلة تصوير الأشعة تحت الحمراء التي تستخدم حاليا على متن تلسكوب الفضاء هابل.

جهاز التأين ionosonde : جهاز يستخدم لقياس لتأين الغازات في الغلاف الجوي لكوكب الأرض أو القمر.

جهاز الشحن المزدوج charge coupled device (CCD) : آلة تصوير حساسة للغاية، وهي تقوم بحساب الفوتونات الضوئية الفردية لتشكيل الصورة. ويمكن أن تظهر صورا مفصلة للغاية لمناطق صغيرة.

جيروسكوب gyroscope: جسم كروي يدور حول نفسه بثبات في المستويات الثلاثة. ويمكن للاقمار الصناعية أن تدور حول نفسها، كجيروسكوب كبير، أو داخلها جيروسكوبات صغيرة التي تعمل كأجهزة استشعار تنذر القمر الصناعي عندما يتغير اتجاهه، وبالتالي فإن القمر الصناعي يمكنه تصحيح الاتجاه باستخدام صواريخه الدافعة. منذ فترة طويلة الجيروسكوبات تستخدم كأداة للحفاظ على استقرار السفن والطائرات. هي أيضا شائعة كلعبة.

الحافلة bus: هي جسم القمر الصناعي. تحمل الحافلة كل من المعدات العلمية وغيرها من المكونات الضرورية للأقمار الصناعية. وتتكون الحافلات من مجموعة متنوعة من المواد التي يتم اختيارها لحماية الأقمار الصناعية من الإرتطامات، الشحنة الكهربائية ودرجات الحرارة القصوى، والإشعاع.

الحمولة payload: هي المعدات التي تنقل إلى الفضاء بواسطة المركبة الفضائية. وحمولة القمر الصناعي تشمل جميع الأجهزة والتجارب العلمية - وأي شيء آخر لايشارك في أداء وظائف القمر الصناعي الأساسية، ولكن يستخدم للمهام العلمية، وجمع البيانات، أو الأجهزة.

الدافع thruster: هي طريقة للسيطرة على موقع القمر. يحتوي الدافع عادة على غاز مضغوط يحرك القمر في الفضاء عندم يخرج من نهاية فوهة الدافع. قوة الغاز المضغوط (كفعل) تؤدي لتحرك القمر الصناعي في الاتجاه المعاكس (كرد فعل). هذا هو قانون نيوتن الثالث للحركة - وهو لكل فعل يوجد رد فعل مساو له في المقدار ومضاد في الاتجاه.

الدوران المستقر spin-stabilized: عملية التحكم في موقع القمر عن طريق دوران القمر بكامله حول محوره. أنها تصبح مستقرة جدا لأن القمر الصناعي ككل يدور كجيروسكوب.

الرادار ذي الفتحة الاصطناعية Synthetic Aperture Radar (SAR): جهاز يستخدم الرادار للرؤية من خلال الظلام، والغيوم والضباب. وهذا النوع من المعدات وضع على متن ثلاثة اقمار صناعية فقط في العالم، بما في ذلك رادارسات Radarsat ولاكروس Lacrosse.

رادارسات Radarsat: قمر صناعي جديد أطلقته وكالة الفضاء الكندية في 4 نوفمبر 1995. هذا القمر الصناعي للاستشعار عن بعد يستخدم الرادار لالتقاط صور مفيدة لأغراض الزراعة، وعلم المحيطات والغابات، والهيدرولوجيا، والجيولوجيا، ورسم الخرائط، والأرصاد الجوية.

راصد المريخ Mars Observer: مجس فضائي space probe تابع لناسا اطلق في سبتمبر عام 1992 لدراسة سطح المريخ.

شبكة الفضاء السحيق Deep Space Network : الجهود في جميع أنحاء العالم، المنسقة من وكالة ناسا، الذي يتصل بالإتصال بالمركبة الفضائية في مدارها حول الأرض في أي في دورتها المدارية. وتحتوي الشبكة على ثلاث محطات أرضية، كل منها في مكان مختلف في العالم حتى يتمكنوا من الإتصال بالمركبة الفضائية عندما تكون فوق مواقع مختلفة على سطح الأرض. تحتوي المحطات الأرضية على أطباق كبيرة جدا أن تعمل كهوائيات لاستقبال وإرسال إشارات إلى المركبة الفضائية. ويوجد أيضا مركز تحكم على الأرض، تديرها وكالة ناسا، التي تنسق جميع الإتصالات.

العازل الحراري thermal blanketing: مثل العازل في المنزل، يغطي القمر الصناعي لتنظيم درجة الحرارة. والمواد المستخدمة عادة للعازل الحراري على القمر الصناعي هو مايلر Mylar.

غالق الهواء Airlock : وحدة ملحقة بمحطة الفضاء الدولية تمكن رواد الفضاء من الخروج من المحطة المكيفة الضغط إلى الفضاء ليقوموا باصلاح اجزاء خارجية منها. وهي تشبه الغرفة التي يتم خروج الغواصيين من الغواصة إلى المحيط.

غرفة الفراغ الحرارية thermal vacuum chamber: هي أقرب شيء للفضاء على الأرض. ففي مختبر ديفيد فلوريدا، يتم اختبار الأقمار الصناعية في هذه الغرفة التي يمكن فيها محاكاة حرارة وفراغ الفضاء لقياس التبريد والتسخين على خصائص قطعة من معدات القمر. وهذا يسمح للمهندسين التنبؤ بكيفية عمل أجهزة القمر الصناعى في ظل الظروف القاسية للفضاء.

غرفة اللاصدي anechoic: وهي غرفة خالية من صدى الصوت. في مختبر ديفيد فلوريدا حيث يتم اختبار الأقمار الصناعية للتأكد من انها سترسل وتستقبل اشارات واضحة. الحجرات اللاصدوية نظير لصمت الفضاء، حيث لا يوجد وسط (مثل الهواء أو الماء) التي تنتقل عن طريقه الموجات الصوتية. وتتكون جدران الحجرات اللاصدوية من أهرامات من المركبات الكربونية التي تمتص أي اشارات راديوية أو ميكروويف ترتطم بها.

الفتحة aperture: والفتحة هي ثقب في الكاميرا تسمح بمرور الضوء ليصل إلى الفيلم. وكمية الضوء التي تدخل من خلال الفتحة تحدد درجة وضوح الصورة سيبدو.

مسبار فوجيير Voyager : أطلقتها ناسا التوأم في عام 1977، لتدرس الكواكب الخارجية قبل الشروع في الذهاب إليها الفضاء السحيق. وأجرت مسابر فوجيير في الفضاء سجل سمى "باصوات الأرض" حيث حملت رسائل وصور من كوكبنا.

قمر البحث والانقاذ الفضائي search and rescue satellite : هونوع من الأقمار الصناعية المستخدمة للمساعدة في تحديد موقع السفين، أو الطائرات، أو الأفراد المفقودين أو في

مشكلة في منطقة نائية. أقمار البحث والانقاذ تستخدم أجهزة مثل الإشارات الراديوية الصادرة من المنارات، تأثير دوبلر، والرادار لحساب المسافة والاتجاه الصادر منها الاستغاثة. عادة، تعمل أقمار البحث والانقاذ في عدة مجموعات من الأقمار الصناعية. بهذه الطريقة، يمكن للأقمار تغطية مساحة واسعة، ويمكنها التواصل مع بعضهم البعض.

القمر البرازيلي Brazilsat : تعاقدت البرازيل مع شركة سبار الكندية الفضائية المحدودة Spar Aerospace Ltd. لبناء القمر البرازيلي برازيل سات-1 Brazilsat 1 و 2. كان المقصود من هذه السلسلة من الاقمار الصناعية منح البرازيل القدرة على الاتصال الداخلي في البلد بأكمله عن طريق الأقمار الصناعية لأول مرة. أطلق برازيل سات-1 Brazilsat 1 في 8 فبراير 1985 على متن صاروخ آريان-3 الفرنسي.

قمر فايكنج السويدي Swedish Viking: أطلق هذا القمر الصناعي العلمي في فبراير 1986. حملت فايكنغ جهاز وكالة الفضاء الكندية لتصوير الشفق القطبي بالأشعة فوق البنفسجية وقدمت معلومات جديدة وهامة حول الشفق القطبي الشمالي.

قمر فايكنغ Viking: مجس فضائي لناسا قدم لنا أول نظرة فاحصة قريبة للمريخ. وكان الفايكنك يتكون من مركبة مدارية ومركبة هابطة، التي أنزلت على المريخ لدراسة تربة المريخ وغلافه الجوي.

قمر ماجلان Magellan: قمر ناسا لاستكشاف للفضاء انطلق من مكوك الفضاء اتلانتيس في مايو 1989. ماجلان صورت سطح الزهرة باستخدام نظام راداري الذي يمكن الرؤية من خلال سحب الزهرة الكثيرة.

قمر يوليسيس Ulysses: مجس فضائي لناسا يدرس الشمس. وعند مروره فوق المناطق القطبية للشمس في عامي 1994 و 1995، اكشفت يوليسيس عن وجود الرياح الشمسية السريعة الآتية من القطبين. وعادت يوليسيس إلى الشمس في عام 2000 بعد ذهابها ودورانها حول كوكب المشتري.

قمر جاليليو Galileo: هو قمر استكشاف الفضاء أطلقته وكالة ناسا الفضائية في 18 أكتوبر 1989. أرسل جاليليو الى كوكب المشتري لدراسة غلافه الجوي، وأقماره، والغلاف المغنطيسي المحيطة به، لمدة عامين بدأت فى ديسمبر عام 1995. وهو اسم لعالم النهضة الإيطالية الذي اكتشف أقمار كوكب المشتري الرئيسية عام 1610 بأول تلسكوب فلكي صنعه.

قمر أوليمبوس Olympus: اطلاق في 12 يوليو 1989، وهو أكبر قمر صناعي للاتصالات المدنية في العالم. وكان أوليمبوس قمر اصطناعي للتجارب تم بناءه لحساب وكالة الفضاء الاوروبية (ايسا) من قبل الطيران البريطاني.

قمر ماكس الشمسي Solar Max: قمر ناسا لاستكشاف الفضاء لدراسة الشمس. وفي عام 1984، عندما فشلت أجهزة القمر، قام رواد الفضاء على متن المكوك بإصلاحها وذلك بعد الامساك به وضعه في المكوك أولا بواسطة ذراع كندارم.

كندارم Canadarm: هو الاسم المستعار لنظام ذراع مناورة مكوك الفضاء عن بعد SRMS. وكان كندارم أول هدية من كندا لبرنامج ناسا مكوك الفضاء؛ وفي وقت لاحق اشترت وكالة ناسا كندرام لتجهيز باقي اسطول المكوك. استخدم كندارم خلال الرحلات المكوكية لوضع الأقمار الصناعية في مداراتها، واستردادها اذا تعطلت، والمساعدة في إصلاحها.

لوحة الطاقة الشمسية solar panel: مصدر الطاقة للأقمار الصناعية، تتألف من العديد من الخلايا الشمسية الفردية، وهي أجهزة لتحويل الطاقة من ضوء الشمس إلى كهرباء.

قمر مارينر-2 Mariner 2: قمر ناسا لاستكشاف الفضاء يقيس درجات حرارة السحب وسطح كوكب الزهرة. وقد تم اطلاقه في 27 أغسطس 1962.

مايلر Mylar: الاسم التجاري للشركة دو بونت لمنتجاتهم تستخدم العازل الحراري. وهو مادة رقيقة جدا لها شكل لامع. وهي كثيرا ما تستخدم بمثابة عازل في الأقمار الصناعية، بالاضافة إلى أشياء على الأرض مثل تغليف علب العصير وبطانيات طوارئ الإسعافات الأولية.

محلل البلازما البارد cold plasma analyzer: جهاز مركب على القمر الصناعي السويدي العلمي فريجا Freja. لتستطيع أجهزة الاستشعار لها مسح البلازما في الفضاء، فإنه يحصل على قياسات للجسيمات المشحونة في طبقة الغلاف الجوي والغلاف المغنطيسي والغلاف الجوي العلوي المتأين، وبالتالي يساعد العلماء على فهم الغلاف الجوي للأرض وكيفية حمايتها من التلوث.

مختبر ديفيد فلوريدا David Florida Laboratory: مختبر كندي في أوتاوا حيث يتم اختبار معدات الأقمار الصناعية قبل إطلاقها للتأكد من أنها تتحمل صدمة الاطلاق والظروف الفضائية القاسية.

مخزن الحمولة Payload Bay: حجرة تخزين في المكوك الفضائي التابع لناسا. خليج الحمولة، يوجد في الجزء العلوي من مكوك الفضاء، وله أبواب كبيرة تفتح في الفضاء. عندما نرسل أقمار صناعية الى الفضاء على متن المكوك الفضائي، فإنها توضع في مخزن الحمولة.

المرسل transponder: أداة تستخدم في اقمار الاتصالات الصناعية تتلقى اشارة من محطة على الأرض فى تردد واحدة، ليتم تكبيرها وتغيير ترددها.

مرشح الموجة wave filter: جهاز يوضح إشارة بترشيحها من الشوشرة المصاحبة. يفيد مرشح الموجة في استقبال الاتصالات من الفضاء السحيق حيث توجد الظواهر النجمية التي تنبعث من النجوم في ترددات أيضا. هذه الترددات اضافية تصبح جزءا من الضوضاء البيضاء الموجودة دائما في الفضاء. ومرشح الموجة يحفظ القمر الصناعي من التأثر بهذا الضجيج الإضافي من الفضاء.

المسار الأرضي Ground Track : هو دائرة على سطح الأرض ناتجة من تقاطع مستوى مدار القمر الصناعي مع الأرض. أو ناتج من مرور القمر فوق هذه الدائرة أثناء الدورة الكاملة.

مسبار الفضاء space probe: قمر صناعي لاستكشاف الفضاء .

مكوك الفضاء Space shuttle : مركبة فضائية يمكن استخدامها مرات متكررة وهي تشبه الطائرة ويمكن منها اطلاق الاقمار الصناعية عندما تكون في المدار المنخفض. وهي تستخدم لنقل رواد الفضاء والأجهزة والتموين إلى المحطة الفضائية الدولية.

المنظار الراديوي radio telescope: جهاز لالتقاط موجات الراديو لتحليلها. المنظار الراديوي يرصد الأشياء البعيدة جدا التي لانراها في الضوء العادي. وغالبا ما تستخدم الأقمار الصناعية أطباق على شكل قطع مكافئ مع المناظير الراديوية.

منظار الفضاء للتصوير الطيفي Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS): مطياف خاص موجود على متن منظار هابل الفضائي.

منظار الفضاء هابل Hubble Space Telescope: قمر صناعي أطلقته وكالة ناسا في ابريل، 1990. وهو أكبر منظار شيد لإطلاقه فى الفضاء. عرف بالمرصد الفلكي - بكل معنى الكلمة منظار هابل غاية في القوة، قادرة على رصد أعماق الكون لدراسة المجرات البعيدة والنجوم.

موضع القمر attitude: هو موقع القمر في الفضاء. ويقاس موضع الأقمار الصناعية بزاوية القمر الصناعي يصنعها مع الجسم السماوي الذي يدور حوله، وبكون عادة الأرض. يحدد الموضع الاتجاه الذي تواجهه اجهزة القمر الصناعي مثل الهوائي أو اجهزة الرصد. ولا بد الحفاظ على ثبات موضع القمر الصناعي باستمرار؛ وهو ما يعرف بالتحكم بالموضع.

منطقة التغطية footprint: هي المنطقة التي يغطيها القمر الصناعي في المدار الثابت بالنسبة للأرض ويوفر فيها الاتصالات. ويمكن لموقع التغطية أن يكون كبير مثل بلد بأكمله، على سبيل المثال، العديد من الأقمار الصناعية الكندية موقع تغطيتها تقريبا هو كامل مساحة كندا، من الساحل الى الساحل.

قمر ميتيوسات Meteosat: قمر صناعي للطقس ثابت بالنسبة للأرض أطلقته وكالة الفضاء الأوروبية (ESA). وتم إطلاق النسخة الأحدث من متيوسات في يونيو 1988. وهو يوفر التصوير الجوي للأرض في كل من موجات الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء.

نافستار Navstar: سلسلة من الأقمار الصناعية الملاحية الأمريكية. أطلق أول قمر صناعي في نظام نافستار عام 1978. يوجد حاليا 24 قمر صناعي نافستار. نظام الاقمار الصناعية الملاحية ثلاثية الأبعاد نافستار تمكن المسافر من معرفة موقعه في أي مكان على كوكب الأرض أو فوقها.

النظام الدولي للوحدات SI (International System of Units) : هذا النظام هو نظام كندا الرسمي للقياس. المتر والهيرتز هما من بين الوحدات المستخدمة في هذا النظام.

نقطة الأوج Apogee: هي النقطة التي يكون فيها القمر الصناعي أو الطبيعي أو أي جسم آخر أبعد ما يمكن من الجسم الرئيسي (الأرض أو الكوكب) الذي يدور حوله.

وحدة الإلتحام Docking unit: وحدة بالمحطة الفضائية تمكن مركبات الفضاء التي تنقل الرواد أو الأجهزة والمعدات من الأرض للمحطة الفضائية من الألتحام بالمحطة وانتقال الرواد أو الأجهزة إليها.

وكالة الفضاء الكندية (CSA) : تكونت الوكالة المركزية عام 1990 للقيام بأنشطة فضائية للحكومة الاتحادية الكندية. و تدير وكالة الفضاء الكندية مشاريع مثل رادارسات، ونظام الخدمات المتنقلة (MSS) (مساهمة كندا في المحطة الفضائية الدولية)، وبرنامج رواد الفضاء، ومختبر ديفيد ولاية فلوريدا، وبرنامج علوم الفضاء، وتعاون كندا مع الشركاء الدوليين مثل ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية إيسا (ESA). وتتولى وكالة الفضاء الكندية تشجيع الاستخدام السلمي للفضاء وتنمية الفضاء من أجل الفائدة الاجتماعية والاقتصادية للكنديين.

وكالة الفضاء الكندية CSA: وكالة الفضاء الكندية.

كتب للمؤلف

- كتاب كيف تكون راصدا فلكيا. قم الإيداع بدار الكتب : 2001/8819.
- إسهامات الحضارة العربية والإسلامية فى علم الفلك. بتكليف من مركز توثيق التراث (مكتبة الإسكندرية) مع آخرين رقم الإيداع : 2005/10488 .
- كتاب الأقمار الصناعية. أكاديمية البحث العلمى رقم 7/9/787- 2007/130/400.
- كتاب مبادئ علم الفلك الحديث (الدار المصرية اللبنانية للكتاب وأعيد طباعته بمكتبة الأسرة) رقم الإيداع 2009/23735.
- كتاب أسرار القمر أكاديمية البحث العلمى رقم 1000/250/2012/6/14/968.