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.

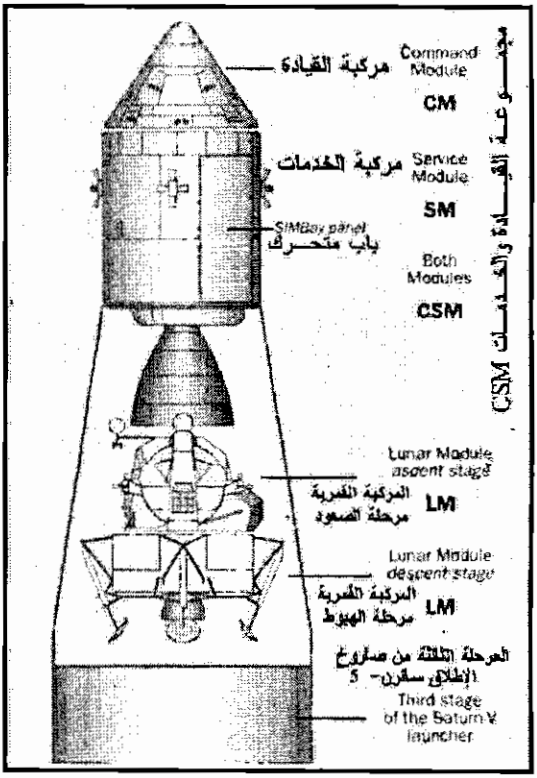
وأثناء هذه الرحلات التمهيدية أعلن الرئيس جون كنيدي عن ارسال مركبات مأهولة في 25 مايو 1961م، والذي تحقق ببرنامج أبوللو Apollo الذي قدمته ناسا في يوليو 1960م شكل (3-1). ولقد اختبرت مركبة القيادة Command Module ومركبة الإطلاق ساتيرن-1 في مدار حول الأرض في 28 مايو 1964م، ولقد ارسلت مجموعة مركبة القيادة ومركبة 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.

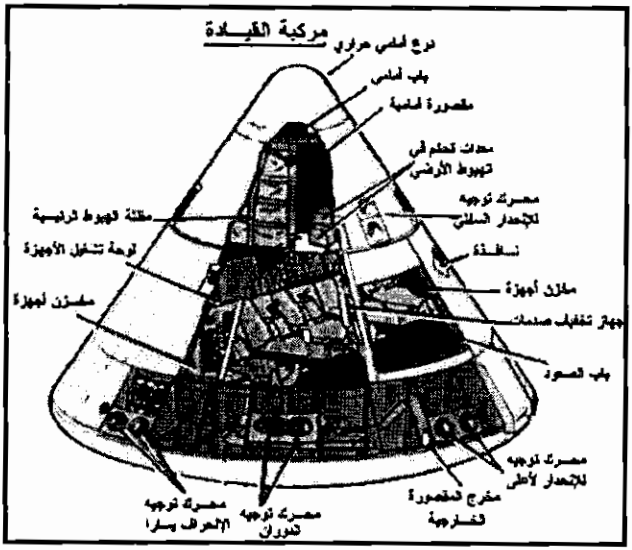
---

[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.

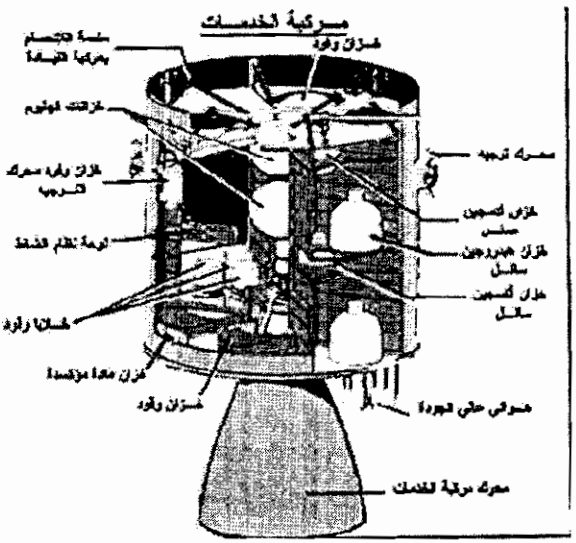
يوضح الشكل (3-2) مركبةَ القيادة المخروطيةَ وقد حُشِرتْ ببعض الأجهزةِ الأكثر تعقيداً لإرسالها إلي الفضاءِ. فقد احيطت مخادع روادَ الفضاء الثلاث بلوحاتِ القياس، أجهزة الملاحةِ، راديوهات، أجهزة إعاشة، ومحرّكات صغيرة لإبْقاء مركبة القيادة في حالة مستقرّة أثناء عودتها للأرض. وطول مخروطِ مركبة القيادة، 3.35 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.

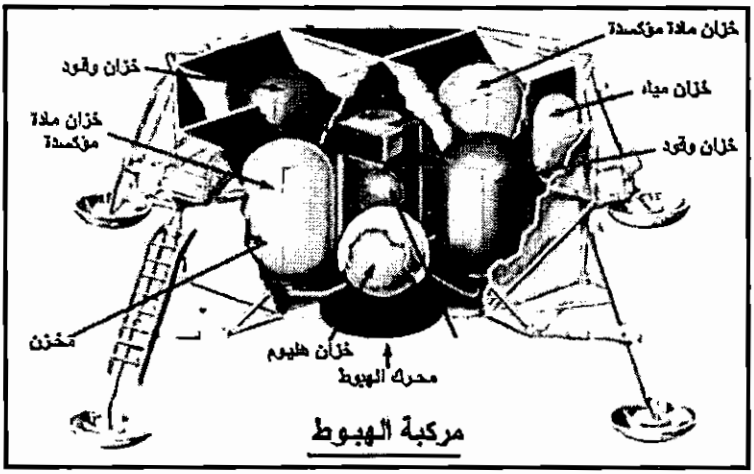


الشكل (3-3) مركبة الخدمات ومحتوياته

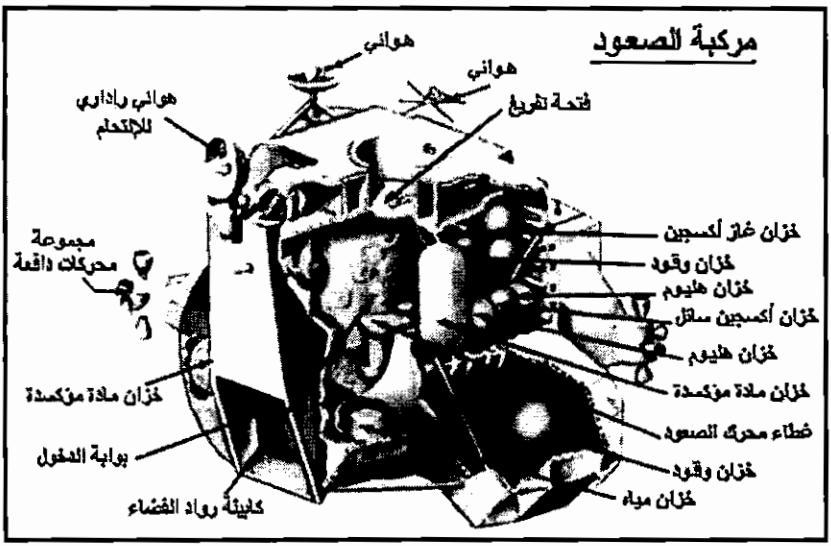
كَانَت المركبة القمرية مشابهه لمركبة القيادةِ في الوظيفةِ إنْ لمْ يكن في الشكل، فهي مجهزة بأجهزة إتِّصال، وملاحةٌ، وإلتحام بمركبة القيادة. لَكنَّها كَانَت معْدَةُ بنظامُ دفعُ خاصُ أيضاً، للإنطلاق مِنْ القمرِ والتوجه نحو مركبةِ القيادة التي تَدُورُ في مدار حول القمر في انتظار عودتها.

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) .



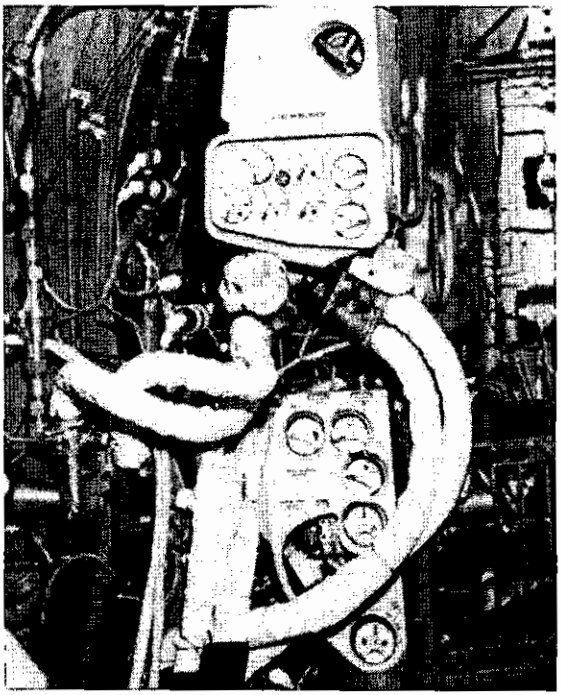
الشكل (3- 4) مركبة الهبوط علي القمر.



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.

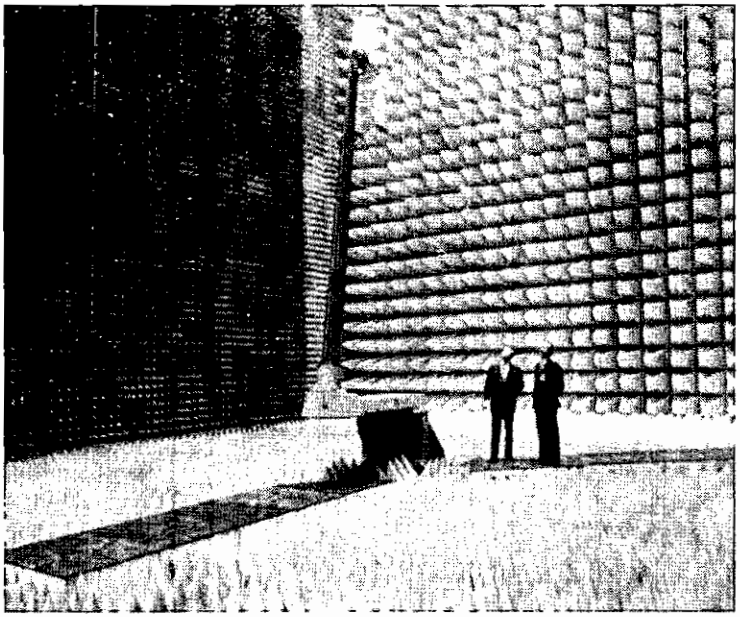


الشكل
(3- 6)
نظام إعاشة رواد الفضاء.

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

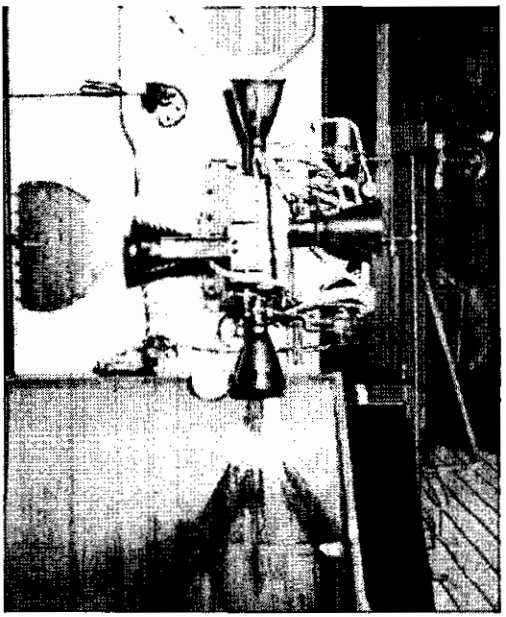


الشكل (3-7) غرفة اختبارات الصوت.

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.

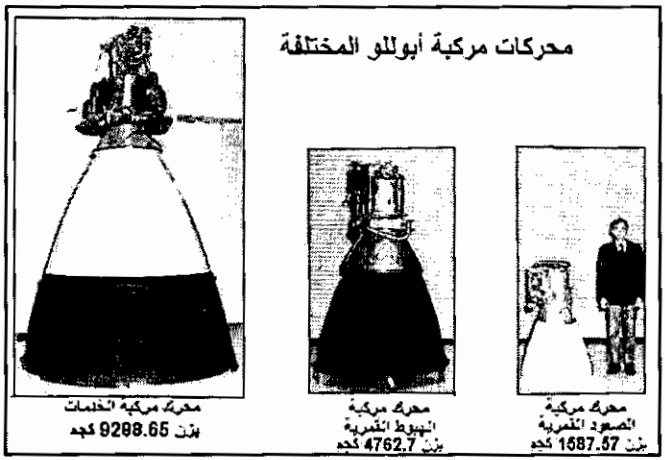
وتم انتقال رائدي الفضاء ارمسترونج والدرين إلي المركبة القمرية وفي 20 يوليو 1969 أي بعد حوالي مائة ساعة من الانطلاق انفصلت المركبة القمرية (إيجل) عِنْ مركبةِ القيادة (كولومبيا). وترك رائد الفضاء كولينز Collins، بمفرده على متن كولومبيا، ليراقبَ المركبة القمرية لضمان عدم إنحرافها أوْ تَلَفْها.

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" .



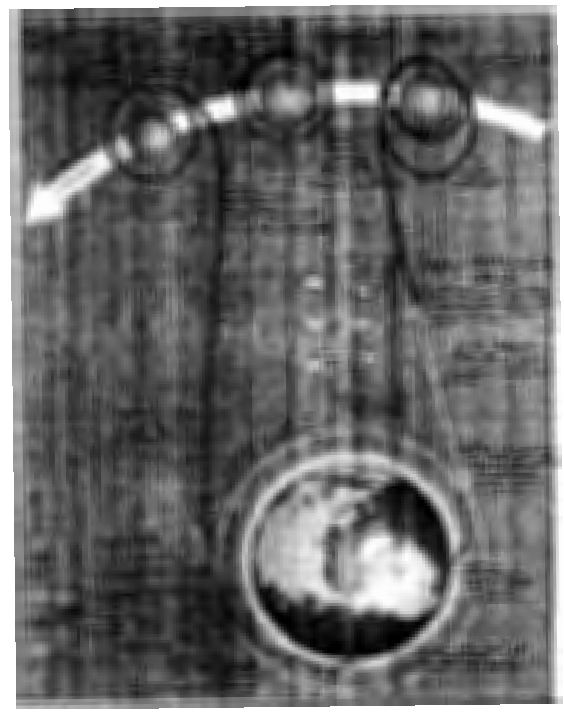
الشكل (3-9) محركات مركبة الخدمات والمركبة القمرية ومركبة الصعود.

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.

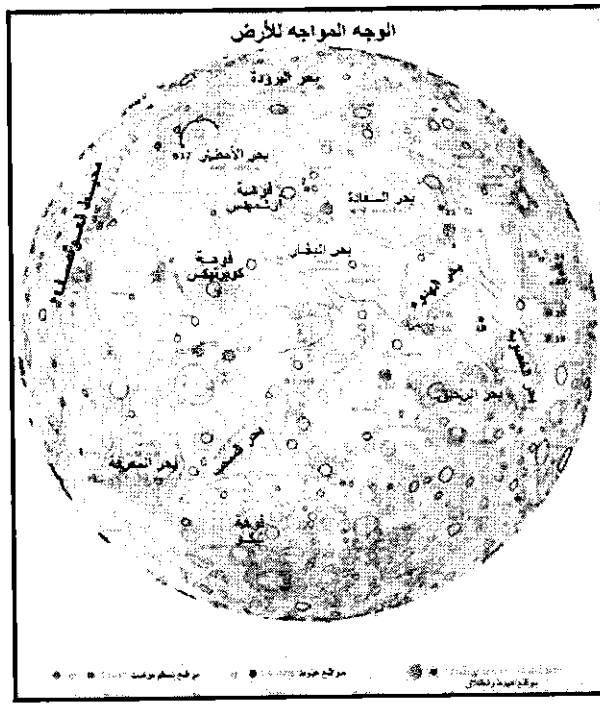
إنّ المناطقَ اللامعة تسمي اليابسة، أَو الهضاب أو المرتفعات. وهي تَغطي 84 % من السطح الكلي وهي من مادّة مختلفة جداً عن التي تتكون منها البحار. والتركيب الجيولوجي، للمرتفعات مكونةُ من أرض مسطحة أو مجموعةِ من عدد عظيم جداً مِنْ الحُفَر. متابعة لنِقاش طويل بالنسبة لأصل النشوء الذاتي أَو الخارجي لهذه الحُفَر، 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.

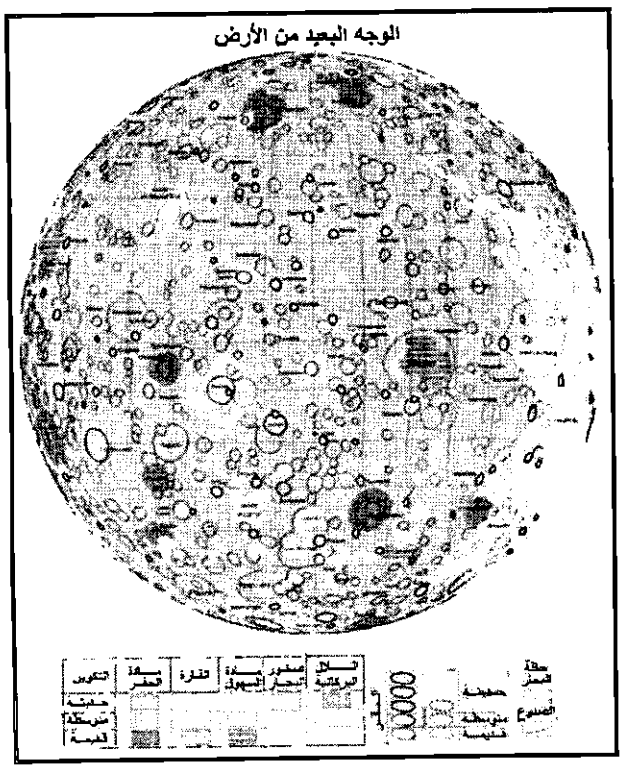
الحُفَر الأكبر،التي تتراوح أقطارهِا بينْ 20 إلي 200 كيلومترِ، أكثر تعقيداً. تظهر قمّة صخرية مركزية فيها مَع شكل مصطبة مركزية شكّلتْ نتيجة الإنهيار في الأرضية علي طول الحائطِ الداخلي للحفرةِ. إنّ الحفرةَ تيكو Tycho، قطرهِا 85 كيلومترَ، مثال جيد علي هذا الصنفِ الثاني، مَع وجود قمّة مركزية ومصاطب.

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.