

تاريخ استكشاف الفضاء



محمد حسام الشّلاتي

# تاريخ استكشاف الفضاء

دراسة

منشورات الهيئة العامة السورية للكتاب

وزارة الثقافة - دمشق ٢٠٢٢م

الآراء والمواقف الواردة في الكتاب هي آراء المؤلف ومواقفه ولا تعبر  
(بالضرورة) عن آراء الهيئة العامة السورية للكتاب ومواقفها.

## مُقَدِّمَةٌ

في مرحلة الطفولة، كان مُعظَمنا يحلم بأن يصبح في المُستقبل رائد فضاء، يَسْبُرُ بنفسه العالم المجهول خارج كوكبنا ويستكشف أسرار الفضاء الخارجي والكواكب الأخرى... لقد كان السَّفر إلى الفضاء مُجرَّد حلم حتَّى جاء ذلك اليوم التاريخي؛ الرَّابع من تشرين الأوَّل من عام ١٩٥٧م، اليوم الذي تحقَّق فيه حلم البشريَّة، عندما قام الاتِّحاد السُّوفيتي<sup>(١)</sup> بإطلاق أوَّل قمر اصطناعي دار حول الأرض، فكان ذلك إيذاناً ببزوغ "عصر استكشاف الفضاء". وقد تمَّ إطلاق عشرات المركبات غير المأهولة إلى الفضاء، تبعته المركبات المأهولة بالبشر؛ ما زاد في فهم البشر للأرض والفضاء. ثمَّ تسنَّى للإنسان زيارة القمر ومُعابنته عن قُرب، فتحقَّق بذلك حلم آخر راود مُخيَّلته منذ الأزل. ولاحقاً، جاءت فكرة بناء محطَّات مداريَّة كمنقطة انطلاق جيدة من الفضاء القريب إلى الفضاء البعيد بمركبات يتم إطلاقها من تلك المحطَّات، وبذلك تتجنَّب تلك المركبات جاذبيَّة الأرض وتتجاوز مُعضلة

---

(١) الاتِّحاد السوفيتي: هو دولة سابقة شملت حدودها أغلب مساحة منطقة "أوراسيا" (قارتي أوروبا وآسيا)، تشكَّلت في عام ١٩٢٢م، وتكوَّنت من ١٥ جمهوريَّة ذات حكم ذاتي. واستمرَّت كذلك حتى نهاية عام ١٩٩١م، عندما تفكَّكت وعادت كل جمهوريَّة فيه لتُصبح دولة مُستقلَّة. وكانت روسيا أكبر دول هذا الاتِّحاد، وهي التي ورثت وتابعت لاحقاً النِّشاطات الفضائيَّة التي كان يقوم بها الاتِّحاد السوفيتي.

استنزافها لوقود صواريخ إطلاق المركبات. والآن تبرز مشاريع ضخمة لاستكشاف -بل استيطان- كواكب أخرى، مثل المريخ، وإعادة استكشاف القمر مُجدِّداً وبناء مُستعمَرات بشريَّة على سطحه، لتتصدَّر تلك المشاريع العناوين الجديدة من "تاريخ استكشاف الفضاء".

ومنذ أن ترك الإنسان الأرض وهزَمَ الجاذبيَّة، ظهرت برامج رُؤاد الفضاء المُستقبليين المُوجَّهة لطلاب المدارس والجامعات، حتَّى أصبحت تستقطب علماء وباحثين في مجالات مُختلفة من العلوم. وما زالت رحلات استكشاف الفضاء مُستمرة، بهدف الكشف عن المزيد من أسرارهِ، وسبر أغوار أسرار الكون الذي وُلِد قبل نحو ١٤ مليار سنة.

يبدو كوكبنا "الأرض" كواحة زرقاء في الفضاء الشاسع، وهو ليس سوى (سفينة فضاء) في هذا الكون الفسيح. فنحن نتواجد على (صخرة) تدور حول نجم "الشَّمس"، وهو واحد من أصل ١٠٠ مليار نجم في مجرَّتنا، لكنَّ هذه المجرَّة "درب التبانة" هي واحدة من أصل ٢٠٠ مليار مجرَّة في الكون المرئي! فهل كوكب الأرض هو الكوكب الوحيد الذي تتوفر فيه الحياة في هذا الكون الهائل، أم أنَّ هناك كواكب أخرى يمكن أن تكون فيها حياة أيضاً؟ وهل نعيش وحدنا في هذا الكون؟ لقد شغلت مسألة البحث عن كواكب شبيهة بالأرض وصالحة للحياة ضمن وخارج المجموعة الشمسيَّة تفكير علماء الفضاء والفلك لفترة طويلة، وأرقت بال الإنسان على مرَّ التاريخ. فمنذ أن وُجِدَ الإنسان على سطح الأرض نظر إلى الأعلى، وتطلَّع إلى السماوات بدهشة! وخيَّل له أنَّ النُّجوم تُمثِّل أشكالاً لحيوانات وآلهة؛ لدرجة أنَّ عبَدَ الشَّمس والقمر والكواكب، وربط كل الإنجازات والأحداث الهامة بالسُّمو والعلو، فربط حياته وما يُحِبُّه له مُستقبله بحركة النُّجوم والكواكب

(الأبراج) والأفلاك (التنجيم)، والتي اتخذها كذلك مقياساً للزمن وأساساً للتقويم، فظهر "علم الفلك". ودعا الفضول البشري لاستكشاف ما يوجد في الفضاء خارج الأرض، وكيفية تكوّن الشمس والكواكب والنجوم، وما إذا كانت هناك حياة في مكان آخر من الكون؟ فبدأ البشر بمراقبة الفضاء من الأرض عبر المناظير المُقَرَّبَة، ثم تطوّرت تلك المراقبة لتُستخدَم فيها المقاريب (التلسكوبات) والمراصد الفلكية الأرضية، إلى أن تمكّن الإنسان من إرسال مركباته -المأهولة وغير المأهولة- إلى الفضاء، والعيش في المحطّات الفضائية لفتراتٍ طويلة، بل زيارة أقرب كوكب لنا (القمر) وإرسال المركبات البشرية إلى كواكب أبعد أيضاً، في كون لا يعرف مداه واتّساعه سوى الله -جلّ اسمه، فكان الاتحاد السوفيتي بدايةً (وروسيا لاحقاً) والولايات المتحدة الأمريكية، بمثابة "المترجم اللامع" لتلك الاكتشافات. واليوم يُشكّل الفضاء واستكشاف أسراره محور اهتمام الباحثين حول العالم (من تلك الدول وغيرها...)، وتقوم وكالات الفضاء العالمية برصد ميزانيات ضخمة، من بناء مركبات وسفن وأقمار اصطناعية ومحطّات ومسابر ومجسّات وعربات فضائية... وتجهيزها وإطلاقها، وتدريب واختبار رُؤاد الفضاء وإرسالهم في بعثات استكشافية، وإقامة المراصد والمعاهد والمراكز الفضائية، واستقطاب العلماء والباحثين... بهدف جمع المعلومات والبيانات وإجراء الأبحاث والتجارب التي تهدف إلى إماطة اللثام عن بعض أسرار وألغاز الفضاء الخارجي والكون، ومدّ نفوذنا الاقتصادي إلى النجوم عبر استخدام الموارد المتوافرة على الكواكب والكويكبات واستخراج الثروات منها، خصوصاً أن للأرض موارد محدودة سوف تنفذ يوماً ما! وفي وسعنا اعتبار هذه أولى الخطوات نحو ثورة صناعية فضائية في المستقبل. ولا ننسى الفوائد التي تُقدّمها الأقمار الاصطناعية، والتي أصبحت من الأهمية بمكان؛ بحيث بات البشر يعجزون عن الحياة

بدونها. وهكذا يمكننا تلخيص العناوين العريضة لاستكشاف الفضاء الخارجي، بالأهداف التالية: تحسين الحياة هنا على كوكب الأرض - انتشار الحياة إلى خارج كوكبنا - ضمان بقاء الجنس البشري وحفظ (أرشيف) حضارتنا واستمرار الحياة في حال وقوع كارثة ما.

هناك أيام في حياتنا لا يُمكن أن ننساها، كيوم ميلادنا مثلاً، وهناك في المقابل أيام أخرى لا تُمحي من ذاكرة التاريخ البشري، من هذا القبيل أيام أسألت الكثير من الحبر ودوّنت بحروفٍ من ذهب في سجل تاريخ استكشاف الفضاء. فمن كان يتخيّل أنّنا حين أطلقنا أول مركبة فضائية يوم ٤ تشرين الأوّل من عام ١٩٥٧م (القمر الاصطناعي السوفيتي "سبوتنك-١")، أو عند وصول أول إنسانٍ إلى الفضاء يوم ١٢ نيسان من عام ١٩٦١م (رائد الفضاء السوفيتي أيضاً "يوري غاغارين")، أنّنا سوف نحطُّ على سطح القمر يوم ٢١ تموز ١٩٦٩م؟ وهو ما تمَّ على يد رائد الفضاء الأمريكي "نيل أرمسترونغ"، عندما خطا "خطوة صغيرة لإنسان، مثلت خطوة عملاقة للإنسانية"، مُظهرًا بذلك نتائج العمل الدؤوب لآلاف العلماء والباحثين والمُخترعين والعمال الذين مهّدوا له طريق تلك الخطوة. وقد غيّر هذا الإنجاز التاريخي الحياة البشريّة تماماً، فالمعرفة الأساسيّة حول وجودنا كبشر؛ من أين جئنا وماهيتنا وحتى ماهية الفضاء حولنا، كان لها أكبر التأثير بكيفية تعاملنا معاً. وإن كان اثنا عشر إنساناً فقط قد حطُّوا على سطح القمر، فقد يكون الشخص الثالث عشر بمثابة رقم الحظ في مُستقبل استكشاف الفضاء؟ وذلك على الرّغم من أنّ هذا الرّقم (١٣) يُعدُّ مصدر تشاوّم في الثقافة الغربية! وقد يسبق ذلك الشخص المحظوظ قريباً له يهبط على المريخ؛ ولكن ربّما تكون رحلته باتجاه واحد (بلا تذكّرة عودة)، ويبقى هناك إلى الأبد!



إذاً، شكَّلت رحلات استكشاف الفضاء في بدايتها ولا زالت، مُحاولَةً لإرواء ظمأ الإنسان وفضوله الفطري في بحثه اللامتناهي عن المجهول واكتشاف ما يوجد هناك؛ في أعماق الفضاء السَّحيق. أمَّا بالنِّسبة لرُؤاد الفضاء الأوائل، فقد مثَّلت تلك الرِّحلات مُغامرة غير معروفة النتائج؛ بل أعظم مُغامرة إنسانية، أو حتَّى عملاً جنونياً! فالكثير من الأشياء التي نقوم بها -كبشر مُتميّزين- تبدو جنونية، وإذا أردنا القيام بشيءٍ رائعٍ فيجب أن يبدو جنونياً، وإلا فإنَّ أحدهم سيسبقنا بالفعل إلى تحقيقه.

واليوم، كثيراً ما يسترعي اهتمامنا استكشاف أسرار الفضاء الخارجي، وإلى أيِّ مدى وصلت المعارف البشريَّة في فكِّ طلاسم هذا الكون بعد أن قام الإنسان بإرسال مئات المركبات -المأهولة وغير المأهولة- إلى الفضاء، وكيفية عمل تلك الآلات البشريَّة وحتَّى البشر -بحدِّ ذاتهم- في ظروف انعدام الجاذبيَّة... وهناك مجموعة كبيرة من الدُّول التي دخلت النادي الفضائي، منها الصِّين والهند وألمانيا وفرنسا وبريطانيا وكندا واليابان والبرازيل وبلدنا الحبيب "سورية"... بالإضافة إلى روسيا والولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. وقد تركت بعض الدُّول العربيَّة الأخرى بصمتها في الفضاء، ولكن بأيادي الآخرين! فالفضاء هو الحدود التي يجب أن تكون مفتوحة للجميع، وإذا امتلك أحدٌ ما الموارد الكافية لاستكشافه، فإنَّه يجب أن يُسمح له بتحقيق ذلك.

غني عن الذكر بأنَّه لولا تحقيق الإنسان حلمه بالتحليق والطَّيران، لما تمكَّن من غزو الفضاء وسبر أغوار الفضاء الخارجي للأرض أو استكشافه؛ ولكن ضمن نطاق المجموعة الشمسيَّة أو مجرَّتنا "درب التبانة". ومن يدري؟ لعلَّ المُستقبل القريب يُجبِّئ لنا استكشاف مجرَّات أو نجومٍ أخرى

من هذا الكون الفسيح. فاليوم، نحن في عصرٍ ذهبيٍّ جديدٍ للاستكشاف،  
والبعض يُؤمن بأنَّ اكتشاف الفضاء الخارجي هو أكثر من مجرد خطوةٍ في  
التاريخ؛ إنَّه خطوةٌ في سياق التطوُّر نفسه. لقد حددت وكالات الفضاء  
العالمية طموحها بجرأة، ألا وهو استكشاف الفضاء العميق، فهي تهدف إلى  
إرسال رُواد فضاءٍ في مهمَّةٍ مُتوجِّهة نحو كوكب المريخ. هكذا يبدو كل  
شيءٍ في مُختبرات تلك الوكالات ومصانعها، التي يتحوَّل فيها الخيال العلمي  
إلى واقعٍ علمي.

سنقوم برفقتكم عبر هذا الكتاب برحلةٍ قصيرة، نتعرَّف فيها عما  
استكشفه الإنسان عبر الرِّحلات الفضائيَّة التي قدَّمت لنا فوائدٍ جليَّة...  
آمل من خلالها رفد المكتبة العربيَّة بكتابٍ يضع لبنةً في سبيل نهل العلم  
وزيادة المعرفة.

فلنبداً العدَّ التنازلي العكسي وننطلق:

٠، ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠

انطلاقاً...

حسام

أيار ٢٠٢١م

# الفصل الأوّل

## الكون والفضاء

الكون، هو الفضاء المكاني والزماني بكل ما يحتويه، بما في ذلك الكواكب والنُّجوم والمجرّات، وجميع أشكال المادّة والطّاقة الأخرى. وبعبارة أخرى، تعني كلمة الكون الوجود المطلق العام، فهي تشمل المكان والزمان كله. والفضاء، هو الفراغ القائم بين الكواكب والنُّجوم والمجرّات. ويقع الحدُّ الفاصل بين غلاف كوكب الأرض الجوّي والفضاء على ارتفاع ١٠٠ كيلومتر فوق سطح كوكبنا.

وُلد الكون أثناء "الانفجار العظيم" قبل نحو ١٤ مليار سنة<sup>(٢)</sup>، وهو ضخّمٌ جداً ويتوسّع باستمرار وبسرعة تزداد باضطراد منذ ذلك الوقت، حيث يضم ٢٠٠ مليار مجرّة تقريباً، ومنها مجرّة "درب التبانة" التي يسكنها مئات المليارات من النُّجوم. ويُعرّف "النظام الشمسي" أو "المجموعة الشمسيّة" أو "المنظومة الشمسيّة"، بأنّه النجم وجميع الأجسام التي تدور حوله من أجرام، مثل الكواكب والأقمار الطّبيعية والكويكبات والمذنبات والنيازك. وليس بالضرورة أن يتكوّن النظام الشمسي -أيّ نظام شمسي- من نجم واحد، فهناك نظام النُّجوم الثنائية الذي يحتوي على نجمين، وهناك

---

(٢) "الانفجار العظيم": هو الانفجار الذي رُبِّها كان الكون قد تشكّل إثر حدوثه في الماضي السّحيق.

أيضاً أنظمة مُتعدّدة النُّجوم، وهي تلك التي تحوي ثلاثة نجوم أو أكثر. وتُصنّف النُّجوم ضمن سياق الكون<sup>(٣)</sup>.



الصورة رقم ١: جزء من الكون

وهناك العديد من الفرضيات حول ما سبق الانفجار العظيم وحول المصير النهائي للكون، حيث شكّك بعض الفيزيائيين والفلاسفة بنظرية الانفجار العظيم، واقترح بعضهم الآخر فرضيات كثيرة حول "الأكوان المتعدّدة"، وبحسب تلك الفرضيات قد يكون كوننا واحداً من بين العديد من الأكوان الموجودة.

وقد عرف أجدادنا النُّجوم وحددوها، فمثلاً نجم "السّمك الأعزل" هو الأبرز في "كوكبة العذراء"، وإسمه يعني "سنبلة القمح"، ولدى ظهوره في الشرق كانوا يعرفون أنّ الوقت قد حان للزّراعة أو الحصاد. لذلك كان من الضّروري، لازدهار زراعتهم، أن يعرفوا متى تبدأ الفصول ومتى تنتهي. وأدرك القدماء أنّ للفصول علاقةً بمواقع الشّمس والنُّجوم، واستطاعوا أن يُحدّدوا هذه المواقع، وأن يُعيّنوا أين تُشرق الشّمس وأين

(٣) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٢٧.

تغيب، وبنوا المعابد طبقاً لذلك، وهكذا تعلّموا أن يقيسوا الزّمن<sup>(٤)</sup>. واليوم، يمكن رصد مجرّة درب التّبّانة عبر المراصد والتّلسكوبات الفلكيّة الأرضيّة، حيث يتسنى بسهولة تحديد مجموعات النّجوم، مثل "الدّبّ الأكبر" و"الدّبّ الأصغر" و"الثّريّا" و"البرج الملتهب" و"برج ذات الكرسي" ونجم "النّسر الواقع" ونجم "ذنب الدجاجة"... كما يمكن رصد جزء صغير من الكون عبر التّلسكوبات الأرضيّة، لكنّ نجوماً كثيرة بعيدة جداً عنّا؛ لدرجة أنّ ضوءها لا يصل إلينا. فمثلاً تحتاج أضواء المجرّة الجارة لنا "أندروميديا" إلى ٢.٥ مليون سنة للوصول إلى الأرض! ولأنّ الكون في توسّع مُستمر، تبتعد الموجات الضّوئية للنّجوم القصيّة أيضاً لتحوّل إلى موجات طويلة لا يمكننا رؤيتها. في المقابل يمكن لتلسكوب "هابل" الفضائي الأمريكي-الأوروبيّ مثلاً، رصد تلك الأضواء من الفضاء؛ بل عرض صور للنّجوم التي تقع خلف سُحب الغبار أيضاً، ذلك أنّ الغبار يمتصّ الضّوء المرئي عند الرّصد من الأرض.

أمّا "الثقب الأسود"، فيُطلق عليه لقب "البالوعة الكونيّة" أو "المكنسة الكهربائية الكونيّة". فبسبب جاذبيته العالية، يجذب وابتلع أيّ جسم يقترب منه، من نجوم وغازات وغبار وكواكب، وذلك في مسارات حلزونية تُشبه دوران المياه المتدفّقة في البالوعة. تبدأ قصة الثقوب السوداء عندما تنتهي حياة النّجوم، حيث تهوي أو تندمج مع بعضها البعض، وهذا ما يُرافقه تحرّر طاقة كبيرة وتشكّل جاذبيّة هائلة تجمع النّجوم في نقطة واحدة، لينشأ ثقبٌ أسود يكون في البداية صغيراً، لكنه قد ينمو ويصبح كبيراً جداً إذا ما جذب وابتلع مادةً من محيطه، مثل الثقب الأسود العملاق

(٤) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٦.

الذي وجدته المراصد الفضائية الكبيرة في مركز مجرتنا "درب التبانة"، فهو أثقل من الشمس بثلاثة ملايين مرة! ويعتقد علماء الفلك أن ثقباً عملاقة مثله توجد لنفسها مكاناً في مركز كل المجرات، فإذا ما اقتربت مجرتان من بعضهما أكثر مما ينبغي، تندمجان سويةً ومعهما الثقوب السوداء أيضاً.

## أولاً - مجرة درب التبانة:

مجرة "درب التبانة"، هي وطننا الكوني الكبير، وواحدة من مجرات لا تُعدُّ ولا تُحصى، وكوكب الأرض هو واحد من بين العديد من الكواكب التي تدور في نظامنا الشمسي، والشمس هي مجرد نجم من بين أكثر من ١٠٠ مليار نجم في مجرة درب التبانة؛ المجرة التي لا تُشكّل سوى واحدة من بين ٢٠٠ مليار مجرة في الكون تقريباً (كما ذكرنا سابقاً). ودرب التبانة هو مجرة حلزونية ضلعية الشكل، يبلغ قطرها حوالي ١٠٠٠٠٠ سنة ضوئية، تكوّنت قبل ١٣ مليار سنة، والعجيب أن تفاصيل تكوينها لا تزال تُمثّل لغزاً حتى الآن!

"درب التبانة" أو "درب اللبنة" أو "طريق اللبنة" أو "الطريق اللبني" أو "طريق الحليب"، كلّها أسماء تُطلق على المجرة التي نعيش فيها، فهي ترمز إلى المجرة التي تنتمي إليها الشمس والكواكب التي تدور حولها، كالأرض وبقية كواكب المجموعة الشمسية، كما تنتشر سحبات هائلة من ذرات التراب والغازات في شتى أطرافها. يعود أصل تسمية درب اللبنة إلى أن جزءاً من المجرة يتمثّل للرّائي في الليالي المظلمة الصافية كطريق أبيض من اللبن، بسبب النور الأبيض الخافت الممتد في السماء على شكل حزمة لبنية عريضة ناتجة عن ضوء ملايين النجوم السماوية المضيئة، والتي تبدو -

رُغم أبعادها الشاسعة - كأثما مُتراصّة ومُتجاوِرة؛ بحيث تُرى كامل المجرّة من مجرّة أخرى على شكل شريط حلبيّ أبيض باهت في السّماء. أمّا تعبير "ككلوس غالاكسياس" في اللّغة الإغريقيّة (اليونانيّة القديمة)، فيعني "الدائرة اللبنيّة"، حيث تقول الأسطورة، إنّ الرضيع "هيراكليس" (وهو الابن غير شرعي لـ "زيوس" زوج الإلهة "هيرا") حاول الرّضاعة من صدر هيرا. وكإشارةٍ إلى ردِّ فعلٍ وخذلانٍ قويّين، انتشر بعض الحليب إلى خارج فم هيراكليس، وعندما أخفق في أن ينهل من هذا الجدول القدسي، حُرِمَ هيراكليس من فرصته في الخلود. أمّا الحليب الذي انسكَبَ وتدفّق إلى السّماء، فقد شكّل "الدرب اللبني"! وأمّا تعبير "درب التّبانة" في اللّغة العربيّة، فقد جاء من تشبيه عربي قديم، حيث رأى العرب أنّ ما يسقط من التّبَن الذي كانت تحمله مواشيهم، كان يظهر أثره على الأرض كأذرع مُلتوية تُشبه "أذرع المجرّة"! ومع المُفكّر والفيلسوف اليوناني "ديموقريطوس" (٤٦٠-٣٧٠ ق.م)، أصبحت النظرة إلى طريق الحليب علميّة، حيث توصل إلى أنّ طريق الحليب يتكوّن من عددٍ كبيرٍ من النُّجوم. واستغرق الأمر أكثر من ألفي سنة إلى أن أصبح بالإمكان رؤية تلك النُّجوم. ففي مطلع القرن السّابع عشر، قام العالم الفلكي والفيزيائي والفيلسوف الإيطالي "غاليليو غاليلي" باستخدام المُنظار المُكبّر الذي طوّره بنفسه، ورأى من خلاله أنّ الطريق اللبني ليس مُجرّد سحابة أو حزمة من الضّوء في السّماء (كما كان يُعتقد من قبل)، وإنّما يتكوّن من عددٍ هائلٍ من النُّجوم المُنفصّلة والسّديم. وفي القرن العشرين، استطاع علماء الفلك النّظر إلى أعماق الكون عبر مناظير أحدث، واكتشفوا تكتّلات نجوم غامضة تُسمّى بـ "المجرات الحلزونية". وهكذا أصبح واضحاً أنّ طريق الحليب ليس سوى مجرّة واحدة من عددٍ لا يُحصى من المجرات في أعماق الكون.



الصورة رقم ٢: مجرّة درب التبانة

يُعرَف الجوّار الحالي للمجموعة الشمسيّة ضمن المجرّة بـ "السحابة بين النجمية المحلية"، وتوجد منطقة في سحابة كثيفة على خلاف المنطقة المنتشرة بجوارها تُدعى "الفقاعة المحلية"، وهي تجويف يُشبه "الساعة الرملية" في الوسط بين النجمي يبعد حوالي ٣٠٠ سنة ضوئية، وتغلّب على الفقاعة درجة حرارة عالية، ليفترض العلماء أنّ هذه الحرارة مُتولّدة عن العديد من المُستعرات العظيمة.

وتوجد بعض النجوم القليلة المتوضّعة حتّى بعد يصل إلى ١٠ سنوات ضوئية عن الشمس. أقرب هذه النجوم هو نجم ثلاثي يُدعى "رجل القنطور" (الظلمان القريب)، الذي يبعد ٤.٤ سنة ضوئية عن الشمس. وثاني أقرب نجم إلى الشمس هو نجم قزم أحمر يُدعى "نجم برنارد" أو "نجم السهم"، ويبعد ٥.٩ سنة ضوئية. يليه "الدّب ٣٥٩"، الذي يتعد مسافة ٧.٨ سنة ضوئية. ومن ثمّ "لالاندا ٢١١٨٥"، ويبعد ٨.٣ سنة ضوئية. أمّا أكبر



نجم ضمن مجال ١٠ سنوات ضوئية، فهو "الشعرى اليمانية"، وهو نجم لامع من النسق الأساسي، ويبعد ٨.٦ سنة ضوئية. يليه نجم ثنائي مؤلف من نجمين قزمين أحمرين، يُدعى الأول منها "لويتن ٧٣٥-٨"، ويبعد ٨.٧ سنة ضوئية، ويُدعى الثاني "روز ١٥٤"، الذي يبعد بدوره ٩.٧ سنة ضوئية. أمّا أقرب نجم مُشابه للشمس، فهو "تاو قيطس"، الذي يبعد ١١.٩ سنة ضوئية عنّا، وتُعادل كتلته ٨٠% من كتلة الشمس، لكنّه يَشعُّ بنسبة ٦٠% فقط من سطوعها. وأمّا أقرب كوكب خارج المجموعة الشمسية معروف حتى الآن، فهو كوكب يدور حول نجم "إبسيلون النهر"، وهو نجمٌ باهت وأكثر حمرة من الشمس، يبعد عنّا حوالي ١٠.٥ سنة ضوئية، حيث تأكّد وجود كوكب تابع له يُدعى "إبسيلون النهر بي"، وتبلغ كتلته ١.٥ ضعف من كتلة المشتري، ويدور حول نجمه كل ٦.٩ سنة.

ويملك العديد من النجوم الأخرى سُحباً حوله على شكل أقراص، تبدو على أنّها أنظمة شمسية في مرحلة التكوّن. وكان تصوير أحد هذه الأقراص حول نجم "النسر الواقع" عام ١٩٨٣م، هو أوّل دليل مباشر على وجود مثل هذه المواد حول أيّ نجم غير الشمس. وفي عام ١٩٩٢م، أحدث اكتشاف أوّل كوكب خارج النظام الشمسي في التاريخ مفاجأة للعديد من الفلكيين، خصوصاً أنّه كان موجوداً حول نجم نباض (يتغيّر لمعانه بسبب سرعة دورانه العالية حول نفسه). وبالرغم من هذا، فقد كانت هناك العديد من الأجرام المرشحة لأن تكون كواكب قبل اكتشاف هذا الكوكب. وقد أثبتت تتابع الاكتشافات بعد ذلك، أنّ النظام الشمسي ليس مُميّزاً كثيراً، وأنّ الأنظمة الشمسية شائعة في المجرة. لكنّ معظم هذه الكواكب كانت عمالقة غازية (مثل المشتري وزحل)، ولا يمكن أن تحتوي

على حياة؛ هذا مع أنّ بعضها يُمكن أن يحتوي أيضاً على كواكب أصغر (مثل الأرض والمريخ).

إنّ الهدف الرئيسي من هذه الأبحاث هو العثور على حياة أخرى، ولذلك فإنّ وكالات الفضاء تُتابع إطلاق المشاريع من أجل العثور على الكواكب الصّخرية الصّغيرة القابلة لوجود الحياة عليها. كما يتم تحليل تركيب الأغلفة الجوّية للكواكب، لمعرفة ما إذا كانت تحتوي على مياه أو أكسجين، والأهم من ذلك هو وجود الكوكب في "المنطقة القابلة للحياة" (حيث تكون الحرارة مُعتدلة ومُناسبة لظهور الحياة). في أواخر عام ٢٠١٠م، تمّ اكتشاف أوّل كوكب في التاريخ يقع في المنطقة القابلة للحياة، وهو كوكب صخري شبيه بالأرض ويملك غلافاً جويّاً، ويمكن أن يحتوي على ماء سائل أيضاً. وقد أُطلق على هذا الكوكب الاسم الفهرسي "غليزا ٥٨١ جي". اليوم وبعد كل المُهمّات التي أُطلقت لاكتشاف الكواكب، أصبحنا نعرف ما يُقارب ٥٠٠ كوكب خارج النّظام الشمسي.

## ثانياً - النّظام الشمسي:

يقع النّظام الشمسي في ذراع حلزونية خارجية من مجرّة درب التّبانة، تُدعى "الذّراع الجبّار". وتبعد الشّمس ما بين ٢٥٠٠٠ إلى ٢٨٠٠٠ سنة ضوئية عن مركز المجرّة، وتصل سرعتها ضمن المجرّة إلى ٢٢٠ كيلومتر في الثانية، وبذلك تُكمل دورة واحدة خلال فترة تتراوح ما بين ٢٢٥ و ٢٥٠ مليون سنة، تُعرف هذه الدورة للنّظام الشمسي بـ "السّنة المجرية". ويُعرف الأوج الشمسي بأنّه اتّجاه مسار الشّمس بين النّجوم، وهو قريب من "كوكبة الجاثي" في الاتّجاه الحالي لنجم "النسر الواقع".



الصورة رقم ٣: النّظام الشّمسّي

نشأ نظامنا الشّمسّي قبل ٤.٦ مليار سنة، من سحابة شمسية دوّارة ضخمة تتكوّن من الغاز والغبار وتُعرّف باسم "السّديم الشّمسّي"، حيث يُعتقَد أنّه عندما بدأ هذا السّديم بالإنهيار على نفسه نتيجةً لجاذبيته التي لم يستطع ضغطه الدّاخلي مُقاومتها، جُذِبَت مُعظم مادة السّديم الشّمسّي إلى مركزه، حيث نَمَت فيه كُرّة نارية ضخمة هي نجمنا "الشّمس". أمّا ما بقي من المادّة من جُسيمات صغيرة، فتراكمت مع بعضها بعد ذلك مُكوّنةً أجساماً أكبر فأكبر، حتّى تحوّلت إلى الكواكب الثمانية، وما بقي منها تحوّل إلى الكواكب القزّمة والكويكبات والمذنبات والنيازك، وجُسيمات عديدة لا حصر لها من (الحُطام)؛ وجميعها يدور حول الشّمس، التي تدور حولها أيضاً -ولكن بشكل غير مُباشر- توابع الكواكب التي تُسمّى "الأقمار الطّبيعية" (أو اختصاراً الأقمار)، ويبلغ عددها أكثر من ٢٣٠ قمراً معروفاً في النّظام الشّمسّي، مُعظمها يدور حول الكواكب العملاقة الغازيّة، واثنين من هذه الأقمار أكبر حجماً من كوكب عطارد. ويشمل النّظام الشّمسّي أيضاً مجموعة

من الجسيمات الجليدية الصغيرة التي تُشكّل بدورها حزاماً يُطلق عليه اسم "حزام كايبر"، والذي يقع فوق مدار كوكب نبتون. ويقع خلف نطاق هذا الحزام ما يُعرف بـ "سحابة أورت"، التي تُحيط بدورها بنظامنا الشمسي الذي يمتدُّ أبعد بكثير من الكواكب التي تدور حول مركزه (الشمس). وتدور كل الكواكب ومُعظم الأجرام حول الشمس مع اتّجاه دوران الشمس حول نفسها (عكس عقارب الساعة)، وهي تدور حولها بمسافات مُختلفة على مدار السنّة، في مداراتٍ على شكل قطع ناقص تشغل الشمس إحدى بُؤرتيه؛ بحيث تدور الكواكب الأقرب إلى الشمس بسرعة أعلى، بسبب تأثرها بجاذبيّة الشمس. وتُدعى النُقطة التي يكون فيها الجُرم أقرب ما يمكن للشمس بـ "الحضيض"، في حين تُدعى النُقطة التي يكون فيها الجُرم أبعد ما يمكن عن الشمس بـ "الأوج". وبسبب اتّساع المجموعة الشمسيّة، فإنَّ بُعد مدار العديد من الأجرام عن الجُرم الذي يليه، يتناسب مع بُعد مدار ذلك الجُرم عن الشمس.

ويبقى أكبر جُرم في النظام الشمسي، وأهم هذه الأجرام طبعاً، هو الشمس؛ النجم الذي يقع في مركز النظام ويُسيطر عليه جاذبياً، فكتلتها تبلغ 99.86% من كتلة النظام بأكمله، بينما تمثّل أكبر أربع أجسام تدور حول الشمس (الكواكب العملاقة) 99% من الكتلة المتبقّية، ويُشكّل كوكبا المشتري وزُحلّ معاً أكثر من 90% من تلك الكتلة المتبقّية، فكوكب المشتري لوحده يأخذ "حصّة الأسد" ممّا لم تأخده الشمس. أمّا الأجسام الأخرى المتبقّية من النظام الشمسي (بما في ذلك الكواكب الأرضيّة الأربعة والكواكب القزّمة والأقمار والكويكبات والمذنبات)، فتُشكّل معاً أقل من 0.002% من الكتلة الكليّة للنظام الشمسي!

تبعد الشمس عن الأرض مسافة وحدة فلكية واحدة<sup>(٥)</sup>، وتستغرق أشعتها أكثر من ثماني دقائق حتى تصل إلى كوكبنا، بيد أنّها لا تصل كلّها إلى سطح الأرض. وتُعتبر أشعة الشمس أساس وجود الحياة، فعبر حرارة الشمس تتبخّر المياه فتنشأ الغيوم ويهطل المطر فنحصل على الماء (العنصر الأساسي للحياة)، ومن خلال تحويل الطاقة الضوئية الشمسية (التركيب الضوئي) تُنتج النباتات الأكسجين الذي نتنفسه، أمّا جسم البشر فيُنتج فيتامين "د" لدى تعرّضه لأشعة الشمس. إذا، فالشمس مصدر الحياة على الأرض، لكنّها في الوقت ذاته كرة نارية مُشعّة بنواة ضخمة، تندمج فيها

---

(٥) الوحدة الفلكية: هي وحدة يُقاس بها بُعد الكواكب عن الشمس، وهي تساوي متوسط المسافة بين الأرض والشمس، أي ما يُعادل تقريباً ١٥٠ مليون كيلومتراً. فوحدات المسافة التي نعتمدها في القياس على الأرض، مثل الكيلومتر والميل تُعتبر صغيرة جداً عندما تنتقل إلى الفضاء، فالقمر يبعد عنّا حوالي ٣٨٤٦٠٠ كيلومتراً، وهو أقرب جرم ساوي إلى الأرض. أمّا الكواكب السّيّارة، ككوكب الزهرة، فهو يبعد عنّا مسافة ٤١ مليون كيلومتراً، والمريخ ٧٨ مليون كيلومتراً وعطارد ٩١ مليون كيلومتراً. أمّا المشتري فيبعد عن الأرض مسافة ٦٣٠ مليون كيلومتراً تقريباً، ويبعد زحل عن الأرض مسافة ١.٢٧٥ مليار كيلومتراً، وأورانوس ٢.٧٢٤ مليار كيلومتراً، ونبوتون ٤.٣٥١ مليار كيلومتراً. أمّا آخر الكواكب في مجموعتنا الشمسية، وهو بلوتو، فيبعد مسافة متراوحه عن الأرض تبلغ وسطياً أكثر من ٥ مليار كيلومتراً. وفيما يخصّ النجوم، فإنّ أقرب نجم لنا بعد الشمس يُسمّى "رِجْل القنطور" (الظلمان القريب)، ويستغرق ضوءه أكثر من أربع سنوات ضوئية للوصول إلينا، ماضياً في سبيله بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية. والسنة الضوئية التي نستخدمها لقياس المسافات بين النجوم في الفضاء تُعادل ٩.٤٦ ترليون كيلومتراً (٩٤٦٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتراً). لذلك يُستخدم مصطلح الوحدة الفلكية لتسهيل قياس بُعد الكواكب عن الشمس، فالمريخ مثلاً، يبعد عنها مسافة ١.٥ وحدة فلكية، ويبعد بلوتو عن الشمس مسافةً تتراوح بين ٣٠ و ٤٩ وحدة فلكية، وهكذا...

ذرات غازي الهيدروجين والهيليوم، لينتج عن ذلك كل من الإشعاع والضوء والحرارة التي تبلغ في الداخل ١٥ مليون درجة مئوية، حيث يمكن تشبيه الشمس بمفاعل نووي عملاق. وتشكل كتلة الشمس ما يقارب ٩٩.٨٦% من الكتلة الكلية لمجموعتنا الشمسية (كما أسلفنا)، ويبلغ قطر الشمس ١.٤ مليون كيلومتر، وبذلك تكون الشمس من أكبر النجوم، إلا أنها ليست الأكبر. وتدور الشمس حول نفسها مرة واحدة كل ٢٥ يوماً أرضياً؛ لكن عند خط الإستواء فقط، أما عند القطبين فيستغرق دورانها حول نفسها ٣٥ يوماً. كما تتحرك الكتل النارية في مواقع مختلفة على سطحها وبسرعات متباينة. أما نواة الشمس فهي ليست ثابتة، بل تتحرك بسرعة أكبر بثلاث أو أربع مرات من سطحها.

تولد كتل الشمس الغازية الدوارة مجالاً مغناطيسياً فوضوياً حولها، وخطوط حقول مغناطيسية فردية تشكل حلقات تمتد لمسافة تصل إلى ٨٠٠٠٠ كيلومتر على سطحها، تحتوي على بلازما وغاز شمسي ساخن. وترسل الشمس رياحها المحملة بملايين الأطنان من غازات الشمس والبلازما إلى الفضاء عبر انفجارات عنيفة مبالغتها، وتلفظ جزيئات مشحونة مع تلك الرياح، وبعد مرور ١٢ عاماً تضرب كوكبنا عاصفة من تلك الجسيمات الكهربائية لتسبب حصول العاصفة الشمسية التي قد تكون خطيرة. في العادة يقوم المجال المغناطيسي للأرض بحماية الكوكب من تلك الجزيئات، لكن العاصفة الشمسية القوية قد تجعل بعض الجزيئات الخطيرة تحترق هذا المجال، وقد تعطل الأقمار الاصطناعية الموجودة في المدار؛ أو حتى تدمرها، وتعرض رواد الفضاء لمخاطر كبيرة في مهماتهم الخارجية. أما على الأرض، فيمكن أن تؤدي إلى انقطاع الكهرباء، وعند حدوث خلل في

الاتصالات (نتيجة تعطل الأقمار الاصطناعية) قد تتضرر البرامج الإذاعية والتلفزيونية وحركة الطيران، وغيرها... ولأن حياتنا تعتمد على الكهرباء والإلكترونيات، فإن حدوث عاصفة شمسية هائلة قد يؤدي إلى مسح ذواكر الكومبيوترات وتعطيلها تماماً أيضاً. أمّا عندما تتوجّه عاصفة الجسيمات هذه إلى المناطق القطبية من الأرض بسبب المجال المغناطيسي لها، حيث يكون درع الحماية أضعف، فتتوهج جزيئات الأكسجين والنيتروجين في الغلاف الجوي لتشكل أضواء مدهشة وغير ضارة هناك، وهي الظاهرة التي يُسمّيها علماء الأرصاد الجوية "الشفق القطبي"<sup>(٦)</sup>.

إنّ الجدل حول تعريف الكوكب لا يزال مُستمرّاً منذ زمن قديم وصولاً إلى أحدث تعريف له وُضع من قبل الاتحاد الفلكي الدولي "IAU" في عام ٢٠٠٦م؛ حيث عرّف الكوكب في النظام الشمسي بأنه جرم سماوي تنطبق عليه ثلاثة شروط، هي:

- أن يدور حول الشمس.

- أن تكون كتلته كافية لتمكين جاذبيته الذاتية من إيجاد "توازن هيدروستاتيكي" (توازن الجاذبية مع الصّغط في الاتجاه المعاكس، لمنع الغلاف الجوي من الإنهيار وصورته طبقة واحدة كثيفة، ومنعه من التبعثر إلى الفضاء الخارجي)، وكافية أيضاً لجعل جاذبية الكوكب قادرة على اتّخاذ شكلاً كروياً أو شبه كروي.

---

(٦) تُسمّى الأضواء التي تُشاهد ليلاً في سماء النّصف الشمالي من الكرة الأرضية بـ "الشفق القطبي" أو "الأضواء الشماليّة"، أمّا الأضواء التي تُشاهد في سماء النّصف الجنوبي فتُسمّى "الشفق الأسترالي" أو "الأضواء الجنوبيّة".

- أن يكون كبيراً بما فيه الكفاية لتمكّن جاذبيته من الحفاظ على مداره حول النجم خالياً من أيّة أجسام أخرى مُماثلة له بالحجم.

وعرّف الاتحاد الفلكي الدولي الكوكب القزم في النّظام الشمسي بأنّه جُرم سماوي، تنطبق عليه أربعة شروط، هي:

- أن يدور حول الشّمس.

- أن تكون كتلته كافية لتمكين جاذبيته الذاتيّة من إيجاد توازن هيدروستاتيكي، وكافية أيضاً لجعل جاذبيّة الكوكب قادرة على اتّخاذه شكلاً كروياً أو شبه كروي.

- عدم قدرته على الحفاظ على مداره خالياً من الأجسام السّماوية الأخرى.

- ألا يكون تابعاً لكوكبٍ آخر.

وعلى الرّغم من وضع هذين التعريفين، إلا أنّ الجدل بين علماء الفلك حول تصنيف الكواكب وإعادة تصنيف "بلوتو" تحديداً ككوكب، لا يزال قائماً؛ بل يزداد أيضاً! وحالياً، توجد خمسة أجرام من المتّفق على تصنيفها ككواكب قزّمة، هي: "سيريس" (في حزام الكويكبات) - "بلوتو" - "هاوميا" - "ماكيك" (في حزام كايبر) - "إيريس" (في القرص المُبعثر)، مع وجود مُرشّحين آخرين من المُمكن أن يُصنّفوا كذلك في حال توفّر معلومات أكثر عنهم.

وأطلق الاتحاد الفلكي الدولي على جميع الأجسام الأخرى التي تدور حول نجم الشّمس مُصطلح "أجرام النّظام الشمسي الصّغيرة"، وتشمل



الكويكبات وأجرام ما وراء نبتون والمذنبات والنيازك وجميع الأجرام الصغيرة الأخرى، باستثناء التّوابع (الأقمار). وهذه الأجرام الصغيرة هي بقايا عملية تكوّن نظامنا الشمسي قبل ٤.٦ مليار سنة، وتُعتبر سجلاً أحفورياً لتطوّر الكواكب والأقمار التي تغيّرت مع مرور آلاف السنين، حيث إنّ هذه الأجسام الصغيرة المكوّنة من الصّخور والمعادن والجليد لم تتغيّر. فالكويكبات هي أجرام في النظام الشمسي، أصغر من الكواكب وأكبر من النيازك، والفرق بينها وبين المذنبات هو أنّ الأخيرة تُظهر ذيولاً خلفها حين تقترب من الشّمس، في حين أنّ الكويكبات ليس لها أيّة ذيول. ويُقدّر عدد الكويكبات المعروفة بـ ٧٨١٦٩٢ كويكباً، والمذنبات بـ ٤٥٩٥ مذنباً معروفاً. وهذه الأعداد، على الرّغم من أنّها كبيرة، لا تُمثّل سوى جزء يسير ممّا يُتمثّل وجوده. أمّا النيازك، فهي أجرام صلبة صغيرة في النظام الشمسي تتحرّك بين الكواكب، وأحجامها أكبر من الذرّات وأصغر من الكويكبات (كما سنرى لاحقاً).

لا يوجد معلّم واضح يُتيح وضع حدود حقيقية للنظام الشمسي، بالرّغم من أنّه توجد بعض العلامات التي يمكن استخدامها كمراجع، فكلّ من الضّوء والمجال الجذبي الصّادريّن من الشّمس لا يتوقّفان مهما ابتعدنا عنها، ومع أنّهما يضعفان كثيراً بعد ابتعادنا لمسافة ما عنها، فإنّ امتداد تأثيرهما لا نهائي (مهما كان قليلاً). لذلك كثيراً ما تُستخدم الرّياح الشمسيّة والفقاعة التي تولّدها حول الشّمس كعلامة لحدود النظام الشمسي، لأنّ تدفقها يتوقّف وتصبح سرعتها صفراً عند منطقة ما هي منطقة "الحدّ الشمسي" (أو "التوقف الشمسي")، وهي الحدود الخارجية لمجال الشّمس المغناطيسي والمنطقة التي يتوقّف عندها تدفق الرّياح الشمسيّة نتيجة

لاصطدامها مع الرياح "البين نجمية". فالرياح الشمسية تندفق دائماً من الشمس إلى الخارج بسرعة فوق صوتية، مُشكِّلةً فقاعة حول النظام الشمسي تقع حدودها عند الحد الشمسي، حيث يُوقف تدفق الرياح البين نجمية تمدد الفقاعة. وبسبب حركة الشمس المستمرة في الفضاء، يُعتقد أن جزءاً من الغلاف الشمسي يمتد إلى ما وراءها، مُشكِّلاً ما هو أشبه بالذيل، لذا فإن الحد الشمسي أبعد عنها في تلك المنطقة.

لكن من جهة أخرى، فإنَّ أبعد مناطق النظام الشمسي التي تُسيطر عليها الشمس جذبياً إلى حدِّ ما هي "سحابة أورت"<sup>(٧)</sup>، التي لا يعود بعدها أيُّ تأثير فيزيائي أو جذبي ملحوظ للشمس، ولا تعود الشمس قادرة على السيطرة على الأجرام الموجودة هناك بجاذبيتها، فكثيراً ما تفلت مُذنبات السحابة من جاذبية الشمس وتنطلق سابحةً في الفضاء عبر الوسط البين نجمي حتَّى يلتقطها نجمٌ آخر.<sup>(٨)</sup>

### ثالثاً - كواكب المجموعة الشمسية:

تدور حول الشمس ثمانية كواكب، هي: "عطارد" - "الزهرة" - "الأرض" - "المريخ" - "المشتري" - "زحل" - "أورانوس" - "نبتون"، بالإضافة إلى الكوكب القزم "بلوتو". وتعود بنية وترتيب الكواكب

---

(٧) "سحابة أورت": هي سحابة كروية تتكوّن من الأجسام الجليدية، توجد على بُعد يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٢٠٠٠٠٠٠ وحدة فلكية عن الشمس، وتمتدُّ من خارج حزام كايبر إلى مُنتصف الطريق لأقرب نجم، لذلك تُشكّل حدودها البعيدة حافة النظام الشمسي.

(٨) كتاب "النظام الشمسي والشمس والقمر وأحدث الآراء الفلكية فيها" / منصور جرداق - المطبعة الأدبية - بيروت ١٩٢٢ م. ص ٢ وما بعدها.

والمجسمات في مجموعتنا الشمسية إلى الطريقة التي نشأ بها نظامنا الشمسي، حيث نجد أنه عندما كان النظام الشمسي حديثاً، كانت المواد الصخرية هي وحدها القادرة على تحمل حرارة الشمس العالية بالقرب منها، لذلك وُجِدَت الكواكب الأربعة الأولى (عُطارد والزهرة والأرض والمريخ)، وهي كواكب أرضية صغيرة الحجم نسبياً ذات أسطح صخرية صلبة، توجد في مداراتٍ أقرب إلى الشمس من الكواكب الأربعة التالية، لذلك تُدعى "الكواكب الداخليّة" أو "النظام الشمسي الداخلي"، بينما استقرت المواد الجليدية والسائلة والغازية في المناطق الخارجية من النظام الشمسي الحديث "النظام الشمسي الخارجي"، وسحبت الجاذبية هذه المواد معاً لتُشكّل الكواكب الخارجية الأربعة العملاقة، التي تتألف من عملاقي الغاز (المُشتري وزُحل) وعملاقي الجليد (أورانوس ونبتون). وتدور جميع كواكب المجموعة الشمسية حول الشمس في مسار شبه دائري، في مستوى يكاد يكون مُسطّحاً، يُسمّى "مسار النظام الشمسي". ويبقى بلوتو، الذي صُنّف ضمن الكواكب التسعة؛ ولكن ككويكب أو كوكب قزم.

### ١ - كوكب عُطارد:

عُطارد، هو أصغر كواكب مجموعتنا الشمسية الثمانية الأساسية وأقربها إلى الشمس، فهو يبعد عنها مسافة ٥٨ مليون كيلومتر، ويدور حولها في مدار إهليجي الشكل (قطع ناقص شبه بيضاوي). يبلغ قطره حوالي ٤٨٨٠ كيلومتر، أي خمسي قطر الأرض، وتُعاَدل كتلته ٠.٠٥٥ من كتلة الأرض، أمّا جاذبيته فهي بمقدار ٠.٣٨٧ من جاذبية الأرض.



الصورة رقم ٤: كوكب عطارد

تعود تسميته باللغة اللاتينية "ميركوري"، نسبةً إلى إله التجارة في الأساطير الرومانية "ميركوري" الذي كانت لديه أجنحةٌ كبيرةٌ تسمحُ له بالطيران بسرعةٍ فائقةٍ من مكانٍ لآخر. وسُمِّي "عطارد" باللغة العربية، لأنَّ موقعه في السماء يتغيَّر بسرعةٍ تفوق سرعة أيِّ كوكبٍ آخر عند دورانه حول الشمس (من ناحية فيزيائيةٍ كُلِّما اقترب الكوكب من الشمس تزداد سرعة دورانه حولها)، فأصل التسمية يعود إلى المصدر طرد، طارد ومُطْرَد، أي المتتابع في سيره وجريانه.

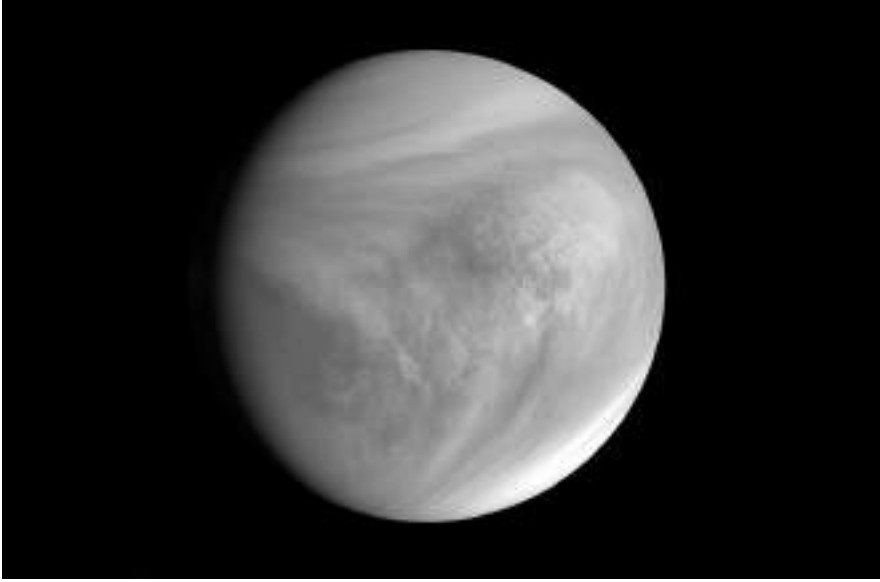
وعطارد هو كوكبٌ صغير، وهو أكبر من قمر الأرض بقليل، ولا توجد أقمار تابعة له. كما أنَّه كوكبٌ غريب الأطوار، يتعرَّض لأشعة الشمس بشكلٍ أقوى بعشر مرَّات من الأرض. ولأنَّه يدور حول نفسه ببطءٍ شديد، فإنَّ درجة الحرارة على الجهة المُقابِلة للشمس من عطارد تصل إلى ٤٢٧ درجة مئوية، وفي الظلِّ تصل إلى ١٨٣ درجة تحت الصُّفر. واليوم الواحد على عطارد يُعادل ١٧٦ يوماً على الأرض، أمَّا السَّنة فتُعادل ٨٧.٩٧ يوماً

أرضياً. وكنتيجة لذلك، فإنَّ سنة واحدة على عطارد تُساوي نصف يومٍ من أيامه، وبعبارةٍ أخرى، فإنَّ اليوم على عطارد يَمُرُّ خِلال سنتين كوكبيتين لِعُطارد! كما أنَّ قُربه من الشَّمس وحرارته الشَّديدة تجعل إِفلات غِلافه الجوّي سريعاً وسهلاً تُبَدِّده الرِّياح الشَّمسيَّة التي تهبُّ عليه، ولذلك فهو يملك غِلافاً خارجياً رقيقاً يتكوَّن من الهيدروجين والهيليوم والأكسجين والصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم، وبعض العناصر الأخرى. وبسبب قُربه من الشَّمس ووهجه القوي، فإنَّ رؤيته من الأرض صعبة بدون استخدام المقاريب، ويمكن رؤيته في أوقات مُحدَّدة من السَّنة فقط، حيث يُرى قريباً من الأفق بعد الغروب أو قبل الشروق مُباشرةً. ويُشابه سطح كوكب عطارد إلى حدِّ كبير سطح القمر من حيث وجود فُوهات البراكين والفُوهات الصَّدمية النَّاتجة عن اصطدام عنيف لكتل صخريَّة، مثل النيَّازك، بسطحه. كما أنَّ له تضاريس مُختلفة من جبال وسهول وأودية وتلال ومُنحدرات. وتُعتبر كثافة كوكب عطارد ثاني أكبر كثافة في المجموعة الشَّمسيَّة، وتقلُّ عن كثافة الأرض بحوالي ٥.٥ غراماً للستيمتر المكعب. ويعتقد العلماء أنَّ باطن كوكب عطارد يتكوَّن في مُعظمه من الحديد.

## ٢- كوكب الزُّهرة:

الزُّهرة، هو ثاني كواكب المجموعة الشَّمسيَّة من حيث المسافة بينه وبين الشَّمس، حيث يبعد عنها نحو ١٠٨ مليون كيلومتر. وهو أكثرها حرارةً، نتيجةً لِعِلافه الجوّي الكثيف؛ الأمر الذي يُمكنه من حبس الحرارة والاحتفاظ بها، حيث يبلغ مُتوسِّط درجة الحرارة على سطحه ٤٦٤ درجة مئوية. وهو كوكب أرضي (صخري) مثل عطارد والأرض والمريخ، شبيه

بكوكب الأرض من حيث الحجم وتركيب كتلته، ويُعتَبَر حجمه أصغر بقليل من حجم الأرض، حيث يبلغ قطره ١٢١٠٤ كيلومتر، كما أنه أقرب الكواكب إليه، لذلك يُطلق عليه أحياناً اسم "الكوكب الشقيق للأرض" أو "توأم الأرض".



الصورة رقم ٥: كوكب الزهرة

وقد سُمِّي "فينوس" نسبةً إلى إله الحب والجمال عند الرومان، أمّا سبب تسميته بالعربيّة "الزهرة"، فيعود إلى سطوع هذا الكوكب النّير وإمكانية رؤيته بوضوح من الكرة الأرضيّة، وذلك لانعكاس كمية كبيرة من ضوء الشّمس منه، بسبب كثافة غلافه الجوّي الكبيرة<sup>(٩)</sup>. وكوكب الزهرة أقرب إلى الشّمس من الأرض، ويرى في نفس النّاحية التي تكون بها الشّمس، ولذلك فإنّ رؤيته من على سطح الأرض ممكنة فقط في الصباح

(٩) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٢.

الباكر قبل شروق الشمس أو في المغرب بعد الغسق مباشرةً، ومن هنا يُطلق عليه أحياناً تسمية "نجمة الصّباح" أو "نجمة المساء". وعند ظهوره خلال تلك الفترة، يكون أسطع جسمٍ مُضيء في السّماء بعد القمر.

يتميّز كوكب الزُّهرة ببطء حركة دورانه حول نفسه، حيث يستغرق ٢٤٣ يوماً أرضياً حتّى يُتم دورةً حول نفسه، ما يجعل يومه أطول الأيّام في المجموعة الشمسيّة؛ بل إنّهُ أطول من سنة كاملة على كوكب الزُّهرة نفسه، حيث يدور الكوكب حول الشمس كل ٢٢٤.٧ يوماً من أيّام الأرض. كما يدور كوكب الزُّهرة حول محوره عكس بقية الكواكب في المجموعة الشمسيّة باستثناء أورانوس، حيث تُشرق الشمس على الزُّهرة من جهة الغرب وتغرب من جهة الشرق. ويُعتبَر مدار الزُّهرة دائرياً نوعاً ما مُقارنةً بقية مدارات الكواكب الأخرى في المجموعة الشمسيّة، البيضاوية الشكل. وليس لدى الزُّهرة أيّة أقمار، وهو يشترك في ذلك فقط مع عطارد من بين الكواكب في المجموعة الشمسيّة. كما يتمتّع بأسمك وأكثف جو من بين الكواكب الأرضيّة الأربعة، يتكوّن في مُعظمه من غاز ثاني أكسيد الكربون، والباقي من حمض الكبريتيك والنيتروجين. ويُعتبَر كوكب الزُّهرة كوكباً عاصفاً ذا رياح شديدة مُرتفعة الحرارة، تكسوه سحابة كثيفة من الغازات السّامة التي تُخفي سطحه عن الرُّؤية، وتحتفظ بكمّيات هائلة من حرارة الشمس وتحوّل دون انبعاثها في الفضاء، وهو ما يُسمّى "الاحتباس الحراري". ونظراً لعدم وجود غلاف مغناطيسي له، فإنّ هذا الكوكب عُرضةً للإشعاعات الكونيّة والرياح الشمسيّة، وهي تيارات من الذرّات المشحونة الصّادرة عن الشمس، تُؤدّي إلى حمل غازات الهيدروجين والهيليوم والأكسجين إلى مسافات بعيدة عن كوكب الزُّهرة؛ وبالتالي ينعدم وجود الماء على سطحه.

توجد على سطح الزهرة بعض الوديان وجبال مُغطّاة بصقيع معدني من الرصاص، تذوب وتتبخّر باستمرار نتيجة الحرارة المرتفعة عليه. كما توجد عليه براكين نشطة، لا تزال تتفجّر بين الحين والآخر. وتبيّن أيضاً أنّ عدد الفوهات الصّدمية قليل نسبياً على سطحه؛ ما يعني أنّ هذا الكوكب ما يزال حديث النشأة، ويُحتمل أنّ عمره يتراوح بين ٣٠٠ و ٦٠٠ مليون سنة.

### ٣- كوكب الأرض:

إنّ كوكبنا الذي نعيش عليه "الأرض"، هو ثالث الكواكب قُرباً من الشّمس، وخامس أكبر كواكب المجموعة الشّمسية، وأكبر الكواكب الدّاخلية حجماً، حيث يتجاوز قطره قطر كوكب الزهرة ببضعة مئات من الكيلومترات، والأهم من هذا وذاك أنّه الجُرم الفلكي الوحيد المعروف الذي وُجِدَت فيه حياة، لأنّه يقع على بُعد مُناسب من الشّمس، ولأنّه يُوجد عليه الماء الضروري لوجود الحياة، حيث يُغطّي الماء مُعظم سطحه، ويعيش عليه ما يُقارب ٨ مليارات إنسان، يعتمدون على المُحيط الحيوي والموارد الطّبيعية والمياه المتوفّرة فيه من أجل بقائهم. كما تُشعّ الشّمس الضّوء والحرارة اللذين يجعلان الحياة على الأرض مُمكنة. وكوكب الأرض هو أكثر كواكب المجموعة الشّمسية كثافةً، والأكبر والأكثر كتلةً من بين الكواكب الأرضية الأربعة. وقد تشكّل كوكب الأرض قبل أكثر من ٤.٥ مليار سنة، ومن المُتوقّع أن تستمر الحياة عليه لمدة ١.٢ مليارات سنة أخرى، يقضي بعدها ضوء الشّمس المُتزايد على الغلاف الحيوي للأرض، حيث يعتقد العلماء بأنّ الشّمس سوف ترتفع درجة حرارتها في المُستقبل، وتتمدّد وتكبر حتّى تصبح عملاقاً أحمر يصل قطره إلى كوكب الزهرة أو حتّى إلى مدار الأرض، على نحو ما يروه من تطوّر للنجوم المُشابهة للشّمس في الكون عند



قُرب انتهاء عمر النّجم ونفاد وقوده من الهيدروجين، وعندئذٍ تُنهي حرارة الشّمس المُرتفعة الحياة على الأرض. هذا إذا لم يحدث للأرض حدث كوني آخر قبل ذلك، كأنفجار نجم قريب يُنهي الحياة عليها.



الصورة رقم ٦: كوكب الأرض

أتى اسم الأرض من الكلمة الجرمانية "إيرث"<sup>(١٠)</sup>، ويعود عمر هذا الاسم إلى ما يُقارب ١٠٠٠ عام. ويُطلق على الأرض أيضاً إسماً "العالم" و"اليابسة".

(١٠) اللغات الجرمانية: هي فرع من عائلة اللغات الهندو-أوروبية، وأصل مُعظم اللغات الأوروبية الشماليّة والغربيّة، كالإنكليزيّة والألمانيّة والهولنديّة، ولغات أمريكا الشماليّة وأوقيانوسيا وجنوب أفريقيا الحاليّة.

يبعد كوكب الأرض عن الشَّمس مسافة ١٥٠ مليون كيلومتر، ويبلغ قطره حوالي ١٢٧٤٢ كيلومتر، ويدور حول نفسه كل ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة و٤ ثوان، ويكمل دورته حول الشَّمس كل ٣٦٥.٢٥ يوماً، ويميل محور دوران الأرض حول الشَّمس بمقدار ٢٣.٤ درجة في مستواه المداري، ويتج عن ذلك تعاقب فصول السَّنة (الفصول الأربعة). وتتفاعل جاذبيَّة الأرض مع الأجسام الأخرى في الفضاء، وخاصَّة الشَّمس والقمر. فللأرض قمر طبيعي واحد يدور حوله، يساهم في تقليل التغيرات المناخية للأرض، ويتسبَّب تفاعل الجاذبيَّة بين الأرض والقمر في حدوث ظاهرتي المدِّ والجَزْر، ويُنْبَت اتِّجاه الأرض على محورها، ويُعطى دورانها تدريجياً. ولا توجد حول الأرض أيَّة حلقات.

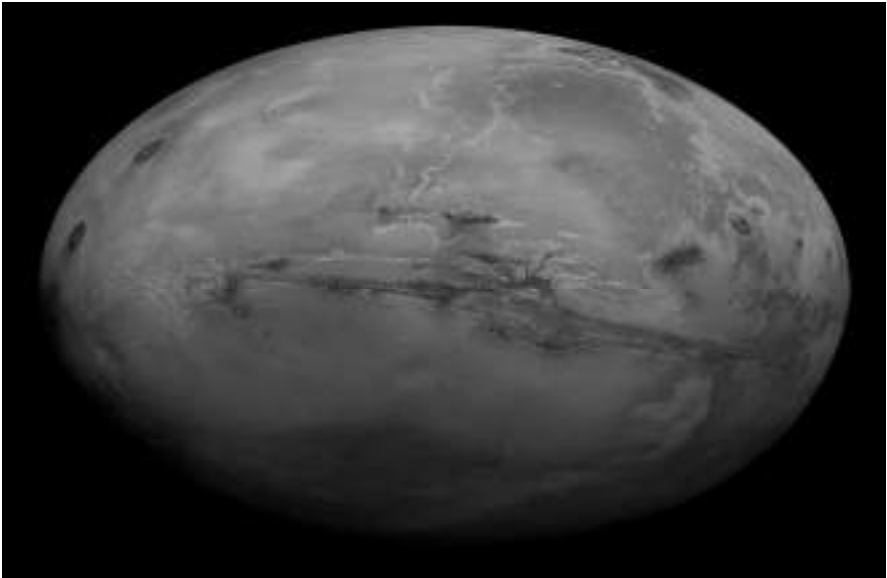
تُغطِّي اليابسة نحو ٢٩% من سطح الأرض، وتتكوَّن من قارَّات وجزُر، بينما يُغطِّي الغلاف المائي للأرض النسبة المتبقِّية البالغة ٧١%، التي تتكوَّن في مُعظمها من مُسطَّحات مائية مالحة، مثل المُحيطات والبحار والخُلجان، وفي بعضها من مياه عذبة، مثل البحيرات والأنهار. كما أنَّ الكثير من المناطق القطبية للأرض مُغطَّاة بالجليد.

أمَّا الغلاف الجوّي للأرض فيتكوَّن في مُعظمه من النيتروجين والأكسجين، وتوجد فيه سُحب ورياح وبرق، إضافة إلى بعض الظواهر الجوّية الأخرى. وتعمل "طبقة الأوزون" مع المجال المغناطيسي للأرض على حجب الرِّيح الشمسيَّة والإشعاعات الكونيَّة الضَّارة، ممَّا يسمح بوجود الحياة على سطح الأرض. وتستقبل المناطق الإستوائية التي تتوسَّط الأرض أفقياً، الكثير من الطَّاقة الشمسيَّة أكثر من المناطق القطبية الشماليَّة والجنوبيَّة، ويُعاد توزيع تلك الطَّاقة عن طريق دوران الغلاف الجوّي والمُحيطات، وتلعب الغازات الدفيئة أيضاً دوراً مُهمّاً في تنظيم درجة حرارة السطح. ولا يتحدَّد مُناخ منطقة ما من

الأرض بخطوط العرض فحسب، بل بارتفاعها أيضاً، وبقرّبتها من المحيطات المُعتدلة. وتوجد على سطح الأرض مظاهر جيولوجية مُختلفة، مثل الحمم البركانية، وحركة الصفائح التكتونية، والتّعرية (عن طريق الرّيح والماء والجليد وغيرها...)، والاصطدامات المُولّدة للفقّوات (التي تُسببها أجرام النّظام الشمسي الصّغيرة).<sup>(١١)</sup>

#### ٤ - كوكب المريخ:

المريخ، هو رابع كواكب مجموعتنا الشمسيّة بعداً عن الشّمس التي يبعد عنها مسافة ١.٥ وحدة فلكيّة، وهو الجار الخارجي للأرض (من النّاحية الأبعد عن الشّمس)، ويُصنّف ضمن مجموعة الكواكب الأرضيّة (الشبيهة بالأرض).



الصورة رقم ٧: كوكب المريخ

---

(١١) كتاب "النّظام الشمسي والشّمس والقمر وأحدث الآراء الفلكيّة فيها" / منصور جرداق - المطبعة الأدبيّة - بيروت ١٩٢٢ م. ص ١٩ وما بعدها.

تمت تسميته بهذا الاسم نسبةً إلى إله الحرب عند الرومان "مارس"، فهو رمزٌ للنَّارِ والدَّم والعُنْفِ والعُدوان. أمَّا اسمه باللغة العربية "المريخ"، فيعود إلى لونه الضَّارِب إلى الحُمْرة أو الإحمرار (لون الدَّم)، وهو مُشتَقٌّ من كلمة "أمرخ"، أي صاحب البُقْع الحمراء. وسبب لونه الأحمر هو نسبة عُبار أكسيد الحديد الثلاثي العالية في تربة وجوّه، ولذلك يُلقَّب بـ "الكوكب الأحمر". ويمكن مشاهدة المريخ بالعين المُجرَّدة من الأرض بسهولة، كما يمكن رؤية لونه المائل إلى الحُمْرة.

وكوكب المريخ هو أكثر الكواكب خارج نطاق الأرض استكشافاً، حيث سُيرت إليه العديد من البعثات الاستكشافية التي أشارت إلى إمكانية كونه ذي غِلاف جويٍّ أَكثَف وأكثر رطوبة ودفئاً قبل مليارات السنين -على نقيض وضعه الحالي، حيث يتَّسم بالبرودة والغِلاف الجويّ الرقيق. فجو المريخ أبرد من جو الأرض، وتبلغ درجة حرارته العُليا ٢٧ درجة مئويَّة والصُّغرى ١٣٣ درجة تحت الصُّفر. كما أنَّ الغِلاف الجويّ له قليل الكثافة ويتكوَّن أساساً من ثاني أكسيد الكربون وكميَّات قليلة من النيتروجين والأرغون وبُخار الماء وغازات أخرى... أمَّا الضَّغط الجويّ على المريخ فهو مُنخفض جداً، ويصل إلى ٠.٧٥% من مُعدَّل الضَّغط الجويّ للأرض، لذا نرى أنَّ المِجسَّات الآليَّة التي تمَّ إرسالها إلى المريخ تُغلَّف بكُرَّة هوائية لإمتصاص الصَّدمة عند الإرتطام بسطحه.

يبلغ قطر كوكب المريخ ما يُقارب ٦٧٨٠ كيلومتر، وهو بذلك مُساوٍ لنصف قطر الأرض، وتُقدَّر مساحته بربع مساحة الأرض، وتُعادل كتلته عُشر كتلة الأرض، فهو يُعتَبَر ثاني أصغر كواكب النُّظام الشمسي الثمانية بعد عطارد. يبعد المريخ عن الشَّمس ما يُقارب ٢٢٨ مليون كيلومتر، أي ما يُعادل مرَّة

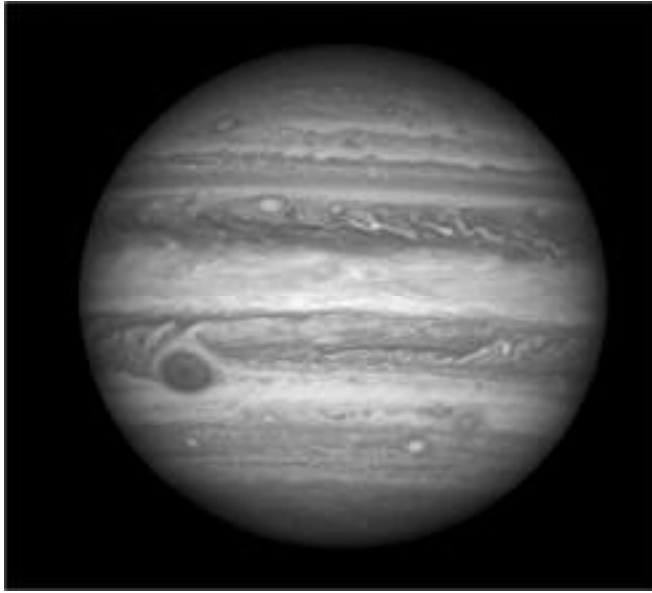
ونصف من المسافة الفاصلة بين الشمس والأرض، وتُعادِل السنّة على المريخ ٦٨٧ يوماً أرضياً، ويميل محور دورانه حول الشمس ٢٥ درجة، ممّا يُكسبه تنوعاً مُناخياً مُميّزاً، فالأيّام وفصول السنّة فيه مُماثلة للفصول الموجودة في الأرض، لأنّ فترة ومحور ميل الدوران مُتشابهان للغاية، ويدعو هذا الشّبّه بالأرض إلى الاعتقاد بوجود حياة على المريخ، وإلى الترويج له على أنّه كوكب المخلوقات الفضائيّة! ويكْمِل دورته حول نفسه كل ٢٣.٩ ساعة من ساعات الأرض. ولكوكب المريخ قمران صغيران هما "فوبوس" (ويعني الخوف)، و"ديموس" (ويعني الذعر)، وقد سُمّيا كذلك نسبةً إلى الشّخصيّتين الأسطوريّتين اليونانيّتين التوأمن اللتين رافقتا إله الحرب اليوناني القديم "آريس" في المعارك. وهما لا يُشبّهان قمر الأرض أبداً، فهما أصغر منه بكثير وغير مُنتظمي الشكل. ولا توجد حلقات حول كوكب المريخ.

توجد على سطح المريخ سهول الحُمم البركانيّة التي يُغطّيها الغبار والرّممل الغني بأكسيد الحديد ذي اللون الأحمر، ومُرتفعات شاهقة تبدو عليها آثار النيّازك والشّهب التي ارتطمت بها، ووديان مُمتدّة، في حين تُغطّي قُطبي المريخ طبقات سميكة من جليد مُكوّن من ثاني أكسيد الكربون والماء المُتجمّد. فعلى المريخ يوجد أكبر بركان وأعلى قمّة جبلية في النّظام الشمسي، هي قمّة "أوليمبوس مونس" (تيمناً بجبل "الأوليمبوس" اليوناني)، والتي يصل ارتفاعها إلى ٢٧ كيلومتر. كما يوجد عليه أكبر أخدود في النّظام الشمسي، حيث يمتدُّ ذلك الأخدود "وادي مارينريس" على مسافة ٤٠٠٠ كيلومتر، بعمق يصل إلى ٧ كيلومترات. ويعتقد العلماء أنّ كوكب المريخ احتوى على الماء قبل ٣.٨ مليار سنة؛ ما يجعل فرضية وجود حياة عليه مُتداولة -نظرياً على الأقل<sup>(١٢)</sup>.

(١٢) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٣.

## ٥- كوكب المشتري:

المُشتري، هو خامس الكواكب بُعداً عن الشَّمس التي يبعد عنها مسافة ٧٧٨ مليون كيلومتر، وأكبر كواكب المجموعة الشَّمسيَّة؛ إنَّه كوكب غازي يُصنَّف ضمن الكواكب العملاقة الأخرى (زُحل وأورانوس ونبتون)، والتي تُدعى "الكواكب الجوفيانية" (أي أشباه المُشتري). تبلغ كتلته واحد في الألف من كتلة الشَّمس، وضعف ونصف كتلة كل الكواكب الأخرى في النُّظام الشَّمسي مُجمعة، حيث يبلغ قطره ١٣٩٨٢٢ كيلومتر، أي ١١ ضعف قطر الأرض وحوالي عُشر قطر الشَّمس. وهو ثالث ألمع جسم طبيعي في سماء الأرض الليلية بعد القمر والزهرة. وقد لوحظ منذ عصور ما قبل التاريخ، وسُمِّي على اسم ملك الآلهة الرُّومانية القديمة، إله السَّماء والبرق "جوبيتر". وسُمِّي بالعربيَّة "المُشتري"، لأنَّه يستشري في سيره، أي يُلجُّ ويمضي ويَجِدُّ في سيره بلا فُتور ولا انكسار.



الصورة رقم ٨: كوكب المُشتري

يدور المُشترى حول نفسه خلال ما يُقارب ١٠ ساعات أرضية، ممّا يجعل يومه أقصر الأيام في مجموعتنا الشمسية، ويدور حول الشمس خلال ٤.٣٣٣ يوماً أرضياً؛ أي ما يقارب ١٢ سنة أرضية، ويميل محور دورانه ٣ درجات فقط؛ ما يعني دوارنه بشكل شبه مستقيم، وهذا يجعله دون مواسم مُناخية بالغة التأثير.

يتكوّن كوكب المُشترى بشكلٍ أساسي من الهيدروجين، بينما يُشكّل الهيليوم ربع كتلته وعُشر حجمه، وهو يفتقر إلى سطح صلب، مثله مثل الكواكب العملاقة الأخرى، وذلك على الرَّغم من أنّه -من المُحتمل- أن يحتوي على نواة صخرية تتكوّن من عناصر أثقل. وبسبب دورانه السريع، فإنّ شكله كروي مُفلطح ذو انتفاخ طفيف وملحوظ حول خط الاستواء. يُحيط بالمُشترى نظام حلقات كوكبية مُكوّنة من الغبار، ممّا يجعلها باهتة جداً، ويتمتّع بأقوى مجال مغناطيسي لكواكب النظام الشمسي، والذي تبلغ قوته ١٢ ضعف قوّة مجال الأرض. وينفصل الغلاف الجوّي الخارجي للمُشترى إلى عدّة نطاقات عند خطوط العرض المُختلفة، ومع الاضطرابات والرياح والعواصف على طول تلك الحدود المُتفاعلة مع بعضها يبرز أحد المعالم المُميّزة للمُشترى "البقعة الحمراء العظيمة"، وهي عاصفة عملاقة مُتنقّلة في جوّه بشكلٍ دائم، معروفة بوجودها منذ القرن السّابع عشر على الأقل، عندما سُوهدت لأوّل مرّة بوساطة تلسكوب أرضي. كما يدور حول المُشترى ما يُقارب ١٠٠ قمر معروف، ورُبّما أكثر من ذلك بكثير، بما في ذلك أقمار "غاليليان" الأربعة الكبيرة التي اكتشفها عالم الفلك الإيطالي "غاليليو غاليلي" في عام ١٦١٠م، وهي "آيو" و"أوروبا" و"غانيميد" و"كاليستو". ويبلغ قطر قمر غانيميد ٥٢٦٨ كيلومتر، أي أكبر من قطر كوكب عطارد، وهو أكبر قمرٍ في النظام الشمسي.

## ٦- كوكب زحل:

زحل، هو سادس الكواكب بُعداً عن الشَّمس التي يبعد عنها مسافة ١.٤ مليار كيلومتر، وهو ثاني أكبر الكواكب في المجموعة الشَّمسيَّة بعد المُشترى، حيث يبلغ مُتوسِّط قطر هذا العملاق الغازي ١١٦٤٦٤ كيلومتر، أي حوالي تسعة أضعاف قطر الأرض. ومع ذلك، لديه فقط ثُمن مُتوسِّط كثافة الأرض، أمَّا كتلته فتتفوق كتلة الأرض بخمس وتسعين مرَّة. ويُصنَّف ضمن الكواكب العملاقة الأربعة. الميزة الأكثر شهرة لكوكب زحل هي حلقاته التسعة البارزة التي تُحيط به وتدور حوله في مستوى واحد، والتي تتكوَّن في مُعظمها من جُزيئات الجليد وبعض الحُطام الصَّخري والغُبَار. ويدور حول زحل أيضاً ٨٢ قمراً على الأقل، تمَّت تسمية ٥٣ منها رسمياً، وهذا لا يشمل مئات الأقمار الصَّغيرة الموجودة في حلقات الكوكب. ويُعدُّ قمر "تيتان" أكبر أقمار زحل، وثاني أكبر قمر في النُّظام الشَّمسي بعد تابع المُشترى غانيميد، فهو أكبر من كوكب عطارد، وهو القمر الوحيد في النُّظام الشَّمسي الذي يتمتَّع بغلاف جوي كبير.



الصورة رقم ٩: كوكب زحل



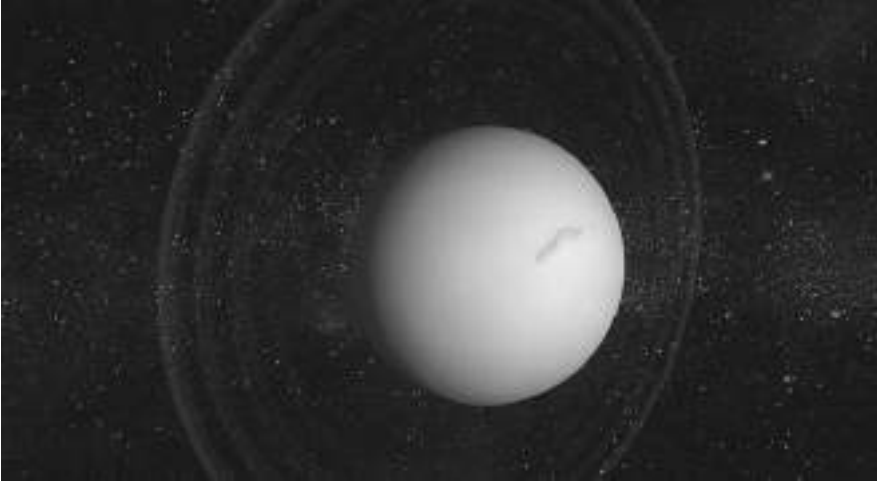
وقد سُمِّي زُحَلُ باللُّغة العربيَّة لبُعده في السَّماء، والاسم مُشتق من الجذر "زَحَلَ"، بمعنى تنَحَّى وتباعد. أمَّا الاسم اللاتيني "ساتورن"، فيُنسب لإله الثَّروة والزَّراعة عند الرُّومان "ساتورن"، وكان يُدعى أيضاً "والد المُشتري"، وقد أُطلق الرُّومان على اليوم السَّابع من الأسبوع (السبت) "يوم زُحَل".

يدور زُحَلُ حول نفسه خلال ما يُقارب ١٠.٣٣ ساعة أرضيَّة (تمت إعادة تحديد مدَّة الدورة في بداية عام ٢٠١٩م)؛ ما يجعل يومه ثاني أقصر الأيام في مجموعتنا الشَّمسيَّة بعد المُشتري، وهو يدور حول الشَّمس خلال ٢٩.٤ سنة أرضيَّة.

يتكوَّن الجزء الدَّاخلي من زُحَل -على الأرجح- من الحديد والنيكل والصُّخور (مُرَكَّبات السيليكون والأكسجين)، وقلبه مُحاط بطبقة عميقة من الهيدروجين المعدني، وطبقة وسيطة من الهيدروجين السَّائل والهيليوم السَّائل، وأخيراً طبقة خارجية غازيَّة. يطغى اللون الأصفر الباهت على زُحَل، بسبب بلُّورات الأمونيا في غِلافه الجوّي العلوي. ويُعتقَد أنَّ التَّيار الكهربائي داخل طبقة الهيدروجين المعدنية يُساهم في زيادة قوَّة وجاذبيَّة المجال المغناطيسي لكوكب زُحَل، وهو أضعف من المجال المغناطيسي للأرض، لكنَّ عزمه المغناطيسي يبلغ ٥٨٠ ضعفاً من عزم الأرض، نظراً لحجم زُحَل الأكبر. وتبلغ قوَّة المجال المغناطيسي لُزُحَل حوالي واحد على عشرين من قوَّة المُشتري. أمَّا الغِلاف الجوّي الخارجي لُزُحَل، فهو لطيف بشكل عام ويفتقر إلى التَّباين. يمكن أن تصل سرعة الرِّياح على زُحَل إلى ١٨٠٠ كيلومتر في السَّاعة، أي أعلى من سرعة الرِّياح على المُشتري، ولكنها ليست بشدَّة رياح كوكب نبتون.

## ٧- كوكب أورانوس:

أورانوس، هو سابع كواكب المجموعة الشمسية بُعداً عن الشمس التي يبعد عنها مسافة ٢.٩ مليار كيلومتر، وهو ثالث أكبر الكواكب في مجموعتنا الشمسية، حيث يبلغ قطره ٥٠٧٢٤ كيلومتر (أكبر من ٤ أضعاف قطر الأرض)، ورابع أكبر كتلة كوكبية فيها. وقد سُمِّي بهذا الاسم نسبةً إلى إله السماء عند اليونانيين "أورانوس"، الذي كان -وفقاً للأساطير الإغريقية- جدُّ "زيوس" (كوكب المشتري) وأبُّ "كرونوس" (كوكب زحل). ولم يتم تمييز كوكب أورانوس من قِبَل الحضارات القديمة على أنه كوكب رُغم أنه مرئي بالعين المُجرّدة، نظراً لبهوته وبطء دورانه في مداره، وهو أبعد كوكب يمكن أن يُرى من الأرض بدون مقراب.



الصورة رقم ١٠: كوكب أورانوس

يدور كوكب أورانوس حول نفسه باتجاه مُعاكس لدوران مُعظم كواكب المجموعة الشمسية (من الشرق إلى الغرب) خلال ١٧ ساعة أرضية، بينما يدور حول الشمس خلال ٨٤ سنة أرضية. ولهذا الكوكب ١٣

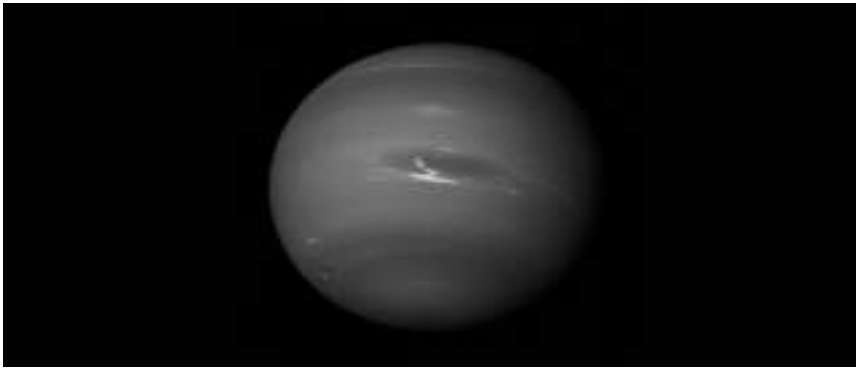
حلقة خافتة، و ٢٧ قمراً صغيراً تدور في مداراتٍ حوله باتجاه دوران عقارب الساعة، أكبرها بقطر ١٥٠ كيلومتراً.

يتشابه أورانوس في تركيبته مع نبتون، وكلاهما له تراكيب كيميائية كبيرة تختلف عن تلك الموجودة في عملاقي الكواكب الغازية (المشتري وزحل)، ولهذا السبب يُصنّف العلماء أورانوس ونبتون على أنّهما "عملاقين جليديين" لتمييزهما عن العملاقين الآخرين (الغازيين). ويتشابه الغلاف الجوي لأورانوس مع جو كوكبي المشتري وزحل في تكوينه الأساسي المكوّن من الهيدروجين والهيليوم، ولكنه يحتوي على جليد أكثر منها مكوّن من الماء والأمونيا والميثان، إلى جانب آثار هيدروكربونية أخرى. كما أنّ أورانوس له بنية سحابية مُعقّدة ذات طبقات من الماء الذي يُعتقد أنّه يُشكّل طبقة الغيوم السفلى، والميثان الذي يُشكّل الطبقة العليا منها، حيث يتألّف جوّه من سُحب زرقاء-خضراء اللون. ويتكوّن الجزء الداخلي من أورانوس بشكلٍ أساسي من الجليد والصخور.

ومثل بقية الكواكب العملاقة الأخرى، يحتوي أورانوس على نظام حلقات ومجال مغناطيسي قوي. و"النظام الأوراني" له تكوين فريد، لأنّ محور دورانه مائل بشكل جانبي في مستوى مداره الشمسي تقريباً، وبالتالي فإنّ قطبي الكوكب، الشمالي والجنوبي، يقعان حيث توجد خطوط الإستواء لمُعظم الكواكب الأخرى. ويشهد مُناخ أورانوس تغييراً موسمياً ونشاطاً جويّاً مُتزايداً مع اقتراب الكوكب من الاعتدال، ولديه أبرد جو كوكبي في النّظام الشمسي، مع درجة حرارة لا تقل عن ٢٢٤ درجة مئويّة تحت الصّفر، ويمكن أن تصل سرعة الرّياح فيه إلى ٩٠٠ كيلومتر في الساعة.

## ٨ - كوكب نبتون:

نبتون، هو ثامن كواكب المجموعة الشمسية بُعداً عن الشمس بمسافة تبلغ ٤.٥ مليار كيلومتر، أي ٣٠ ضعف من بُعد الأرض عنها، ورابع أكبر كوكب من حيث القطر البالغ ٤٩٢٤٤ كيلومتر، أي أكبر من قطر كوكب الأرض بأربع مرّات تقريباً، وثالث أكبر كوكب من حيث الكتلة التي تبلغ ١٧ مرّة من كتلة الأرض، وهو أكبر بقليل من كتلة توأمه القريب كوكب أورانوس، وأكبر كوكب عملاق كثافةً، لأنّ كتلته الكبيرة تُسبّب ضغطاً جاذبياً أكبر في غلافه الجويّ. يدور كوكب نبتون حول نفسه خلال ١٦ ساعة أرضية، ويُكمل دورانه حول الشمس مرّة كل ١٦٤.٨ سنة أرضية، بمحور دوران يميل نحو ٢٨ درجة. ويتبع لنبتون ١٣ قمراً معروفاً، أكبرها قمر "ترايتون"، وقمر آخر غير مُؤكّد وجوده رسمياً. ولديه أيضاً خمس حلقات معروفة خافتة ومُجزّأة، يُعتقد أنّها فتية وقصيرة العمر نسبياً، وتحوي كتلاً غريبة من الغبار تُعرف باسم "الأقواس". كما يحتوي نبتون على "بقعة مُظلمة عظيمة" يمكن مُقارنتها بالبقعة الحمراء العظيمة لكوكب المشتري.



الصورة رقم ١١: كوكب نبتون

وكوكب نبتون غير مرئي بالعين المُجرّدة أو عبر التّلسكوبات الأرضيّة، بسبب بُعده الكبير عن كوكب الأرض. وهو الكوكب الوحيد في النّظام الشّمسي الذي تمّ اكتشافه عبر المُعادلات والتوقُّع الرياضي عام ١٨٤٦م، بدلاً من الرّصد المنتظم والمُلاحظة التجريبية. فالتغيّرات غير المنتظمة في مداره قادت الفلكيّين إلى استنتاج أنّ الاضطراب الجذبي ناتج عن كوكب مجهول يقع خلفه، واكتُشف الكوكب على بُعد درجة واحدة من الموقع المُتوقَّع عبر المُعادلات الرّياضيّة. وقد سُمّي بهذا الاسم نسبةً إلى إله البحر الرُّوماني "نبتون".

يتكوّن الغلاف الجوّي لنبتون بشكلٍ أساسي من الهيدروجين والهيليوم (مثل كوكبي المشتري وزُحل)، مع آثار الهيدروكربونات ورُبّما النيتروجين، كما يحتوي على جليد مُكوّن من الماء والأمونيا والميثان. وعلى غرار أورانوس، يتكوّن الجزء الدّاخلي من نبتون بشكلٍ رئيسي من الصُّخور والجليد، فهو أحد العملاقين الجليديّين. إنّ جُزيئات الميثان في المناطق الخارجيّة من نبتون تُضفي عليه المظهر الأزرق، لذا يُطلق عليه لقب "الكوكب الأزرق"، وذلك على الرّغم من أنّه يُعتقَد أنّ عنصراً غير معروف هو المسؤول عن اللون الأزرق الأعمق لنبتون مُقارنةً بأورانوس. ولغلاف نبتون الجوّي أنماط طقس نشطة ومرئية، مدفوعةً بأقوى رياح دائمة في كواكب النّظام الشّمسي تصل سرعتها إلى ٢١٠٠ كيلومتر في السّاعة. ويُعدُّ الغلاف الجوّي الخارجيّ لنبتون أحد أبرد المناطق في النّظام الشّمسي، نظراً لبُعده الكبير عن الشّمس، حيث تقترب درجة الحرارة عند قممه السّحابية من ٢١٨ درجة مئويّة تحت الصّفر، أمّا في مركز الكوكب فتبلغ درجة الحرارة حوالي ٥١٠٠ درجة مئويّة.

## ٩- كوكب بلوتو:

بلوتو، هو كوكب قزم؛ يُمكننا اعتباره أصغر كواكب المجموعة الشمسية (التسعة)، وأوّل وأكبر جسم فلكي تمّ اكتشافه في "حزام كايبر"؛ بل هو حلقة من الأجسام الفلكية وراء مدار كوكب نبتون. اكتُشف بلوتو في عام ١٩٣٠م، وتمّ اعتباره الكوكب التاسع حول الشمس. وابتداءً من تسعينيات القرن الماضي، تمّ التشكيك في وضعه ككوكب بسبب شدة صغره وعدم انتظام مداره، حيث لم يعتبره العديد من علماء الفلك من الكواكب، بل حاول بعضهم اعتباره تابعاً لكوكب نبتون، وكذلك بعد اكتشاف العديد من الأجسام المماثلة لحجمه في حزام كايبر، بما في ذلك الكوكب القزم "إيريس". وأدّى ذلك إلى قيام الاتحاد الفلكي الدولي في عام ٢٠٠٦م بتعريف مُصطلح "كوكب" رسمياً، فاستثنى بلوتو من اعتباره كوكباً، وأعاد تصنيفه على أنّه كويكب أو كوكب قزم. كان الرومان يعتقدون أنّ الإله "بلوتو" هو إله العالم السفلي، وهو مكافئ للفظ اليوناني "هاديس" والذي يعني "غير معروف المنشأ". كما يُعرف بلوتو باسم "أفلوطن". وفي كلّ من اللغات الصينية واليابانية والكورية، تعني كلمة بلوتو "نجمة ملك الموت"، أو "حارس جهنم" في المعتقدات الهندوسية.

إذاً، بلوتو هو تاسع أكبر كواكب المجموعة الشمسية، وعاشر أكبر جسم معروف يدور حول الشمس مباشرةً؛ إنّهُ أكبر جسم معروف عابر لنبتون من حيث الحجم، ولكنّ كتلته أصغر من كتلة الكوكب القزم "إيريس" (الذي يُعدُّ بمثابة الكوكب العاشر في النظام الشمسي). وعلى

غَرار الأجسام الأخرى في حزام كايبر، يتكوّن بلوتو أساساً من الجليد والصُّخور. وهو كوكب صغير نسبياً، حيث إنّ مساحة دولة روسيا مثلاً أكبر من مساحته، وهو يُعادل سُدس كتلة قمر الأرض وثُلث حجمه. يبلغ قطر بلوتو  $2376.6 \pm 3.2$  كيلومتراً، وتبلغ مساحة سطحه  $1.779 \times 10^7$  كيلومتراً مُربّعاً. ولبلوتو مدارٌ شاذ؛ مُنحرف ومائل، يتراوح بُعده عن الشَّمس بين 4.4 و 7.4 مليار كيلومتر، وهذا يعني أنّ بلوتو يقترب دورياً من الشَّمس أكثر من نبتون، لكنّ الرنين المداري المُستقر لبلوتو مع نبتون يمنعها من الاضطدام. ويستغرق ضوء الشَّمس 5.5 ساعة أرضيّة للوصول إلى بلوتو، في مُتوسّط تلك المسافة. وبسبب صغر حجمه، فإنّ جاذبيّة سطح بلوتو ضعيفة. ويبلغ مُتوسّط درجة حرارته 234 درجة مئويّة تحت الصّفر، وجوّه مُكوّن من غازي الميثان والنيتروجين. ولبلوتو خمسة أقمار معروفة، هي "شارون" (وهو أكبرها بحجمٍ يبلغ ثُلثي حجم بلوتو تقريباً)، و"ستيكس"، و"نيكس"، و"كيربيروس"، و"هيدرا". ويُعتَبَر بلوتو وشارون أحياناً نظاماً ثنائياً، لأنّ المركز الحجري لمداريهما لا يقع داخل أيّ من الجسمين. وفي عام 2016م، أعلن علماء الفلك أنّ الغطاء البني المُحمر للقطب الشّمالي لشارون يتكوّن من "الثولين"، وهي جُزيئات عضوية كبيرة قد تُشكّل مُكوّنات لظهور حياة، وهو (الغطاء) يتتج من غازي الميثان والنيتروجين والغازات الأخرى المُنبعثّة من الغلاف الجوّي لبلوتو، حيث تنتقل مسافة 19000 كيلومتر إلى القمر الذي يدور في مدار بلوتو.



الصورة رقم ١٢: كوكب بلوتو

## رابعاً - أجسام كونية أخرى في النظام الشمسي:

### ١ - القمر:

يُعتَقَدُ أنَّ تابع الأرض الطَّبيعي الوحيد "القمر" -أقرب جيران الأرض في الفضاء ورفيقها الدائم، قد تكوَّن منذ أكثر من ٤.٥ مليار عام، وفي حين أنَّ هناك العديد من النظريات لنشوئه، فإنَّ أكثرها شيوعاً تفترض أنَّ القمر تكوَّن من المقذوفات أو المادَّة التي انطلقت من الأرض نتيجة تصادمها الكبير مع الأجسام المتطايرة في أرجاء الفضاء خلال المراحل المبكِّرة جداً من "السَّديم الشمسي" حين تكوَّنت الشمس والكواكب.





الصورة رقم ١٣ : القمر

يبلغ قطر القمر ربع قطر الأرض، وهو خامس أكبر قمرٍ في المجموعة الشمسية (أكبر من أيِّ كوكب قزم)، وأكبر قمرٍ طبيعيٍّ في المجموعة الشمسية من ناحية نسبة حجمه إلى حجم الكوكب التابع له (الأرض)، وتصل كتلته إلى ١ على ٨١ من كتلة الأرض. يدور القمر حول الأرض على متوسط مسافة تبلغ ٣٨٤٤٠٠ كيلومتر، أي حوالي ٣٠ مرة من قطر الأرض. وعلى الرغم من أن القمر يفتقر إلى أيِّ غلافٍ جويٍّ أو مائيٍّ أو مجال مغناطيسيٍّ، إلا أن هناك تأثير مُتبادلٍ بين الأرض والقمر يعمل بشكلٍ مُتعاكسٍ. فجاذبيته التي تُعادل سُبُع جاذبيّة الأرض، تُؤثّر على كوكب الأرض نفسه وتعمل على استقرار محوره، وتُؤثّر بالتالي على مُناخ الأرض، وبدون جاذبيّة القمر كان كوكبنا سينحرف وينهار، وهي (الجاذبيّة) تتسبّب في حدوث ظاهرتي المدّ والجزر التي تُطيل يوم الأرض قليلاً. كما أن القمر

يُقَلَّل من سرعة دوران الأرض حول نفسها، ولولاه لزدادت سرعتها بمقدار ثلاثة أضعاف، إضافةً إلى عواقب لا تُعدُّ ولا تُحصى على الحياة على الأرض. في المُقابِل، لولا الأرض لكان القمر سيدور حول نفسه بسرعة أكبر، لكنَّ جاذبيَّة الأرض القوية له تمنع ذلك. كما يتسبَّب القمر في حدوث ظاهرة "كسوف الشَّمس"، التي تحدث عندما تكون الشَّمس والأرض والقمر على استقامةٍ واحدة تقريباً، ويعترض القمر في المنتصف بين الشَّمس والأرض؛ ما يُسبِّب اختفاء ضوء الشَّمس. أمَّا ظاهرة "خسوف القمر"، فتحدث عندما يُصادف وجود الأرض بين الشَّمس والقمر، فيحجب ظلُّ الأرض ضوء الشَّمس عن القمر. ويُصنَّف القمر على أنَّه جسمٌ صخري ذو كتلة كوكبية، حيث تبلغ جاذبيَّة سطحه حوالي سدس الجاذبيَّة على سطح الأرض. وهو أكثر جسم لامع في سماء الأرض الليليَّة، وبشكل عام، هو الجسم الأكثر لمعاناً الذي يُشاهد من الأرض بعد الشَّمس. ويُعدُّ القمر الجُرْم السماوي الوحيد الذي هبط عليه البشر بأقدامهم، كما سنرى لاحقاً.

مهما كان شكل القمر، فنحن نرى من الأرض نفس وجهه القريب السَّاطع الذي نُشاهده باستمرار من نفس الجهة دائماً، إلا أنَّ ذلك لا يعني أنَّه ثابت في الفضاء، بل إنَّه يدور حول نفسه وحول الأرض أيضاً. وخلال ٢٧ يوماً وثلاث اليوم يدور القمر دورةً فلكيَّة كاملةً حول الأرض، أي خلال فترة تجميعية تبلغ مدَّتها ٢٩.٥ يوماً؛ تُشكِّل أساس أشهر التَّقويم القمري. وفي نفس الوقت، يدور دورةً كاملةً حول محوره، بالتزامن مع دورانه حول الأرض وخلال نفس المدَّة، لذا فنحن على الأرض نرى وجه القمر ذاته باستمرار.

إنَّ كلَّ تلك الحقائق الكونيَّة لا تمنع النظرة الرُّومانية إلى القمر، فلطالما تغنَّى النَّاس منذ عصور قديمة بكوكب القمر، وشبَّهوا وجوه الفتيات الجميلات بالقمر المُنير؛ بل لا زالوا يُطلقون على بعض المواليد - وخصوصاً البنات - اسم "قمر" تيمُّناً بجماله وسطوع نوره. ولكن، وبعد أن اكتشف الإنسان القمر وهبط على سطحه، وجد أنَّ تضاريسه جرداء مُوحشة وشبيهة - إلى حدِّ ما - بتضاريس الأرض!

وكان بروز القمر في السَّماء المُظلمة ليلاً، ودورته المنتظمة الأطوار (المراحل)، قد جعل له تأثيراً ثقافياً هاماً على جميع الشعوب وعلى مرَّ العصور، وذلك في مجالاتٍ هامة من حياتهم، مثل اللُّغة والتَّقويم والفنون والأساطير القديمة. وحتى بالنسبة لأولئك الذين لا يعتبرون أنَّ القمر مُقدَّس، يعتقدون أنَّ له تأثير على الحياة. وقد زعم الفلاسفة والكهنة فيما مضى أنَّ للقمر علاقة بالميلاد والنمو والموت، وذلك لأنَّه ينمو ويكبر ثمَّ يتناقص ويضمحل! وكان بعض النَّاس يخافون من ظاهرة "خسوف القمر"، لأنَّها تُنبئ بحدوث مجاعة أو حرب أو آيَّة كوارث أخرى. لكنَّ المسلمين يعتقدون أنَّ الشَّمس والقمر آيتان من آيات الله، فإذا رأوا خسوفاً أو خسوفاً فزعوا إلى الصَّلاة عملاً بتوجيه الرسول الكريم محمد - صلى الله عليه وسلَّم. وطبقاً لبعض الخُرافات، فإنَّ النوم في ضوء القمر قد يُؤدِّي إلى الجنون. ويعتقد الكثير من النَّاس، حتَّى في أيَّامنا هذه، أنَّ للقمر أثراً على الطَّقس. ويظن البعض أنَّ البذور تنمو بشكلٍ أفضل إذا زُرعت في الأيام التي يكون فيها القمر في مرحلة النمو. ويُعتبر القمر مُهمّاً في "علم التنجيم"،

وهو شبه علم شعبي كاذب! بينما اعتقد بعض العلماء من عصور مُختلفة، أنّ شكلاً من أشكال الحياة موجود على سطح القمر. ويُقال أنّ المُتَحَابِّين اللذين يتعاهدا على المحبة المُتبادلة في نور البدر المُكتمل، يظلّان معاً إلى الأبد. لكن يُقال - في المُقابِل - إنّ القمر يبعث بالذّئاب والأشّار خارج مراقدهم!<sup>(١٣)</sup>

## ٢- المذنبات:

المُذنب، هو جسم جليدي صغير يدور في النّظام الشّمسّي، ويظهر عندما يمرُّ بالقرب من الشّمس التي تُسخّن نواته، مُحرّرةً الغازات من الجسم السّديمي ومن سحابة الهيدروجين؛ ما ينتج عنه جو مرئي (أو غمامة)، فإذا حدث التّأين (انتزاع إلكترونات من الذرّات) يتبخّر الجليد ويتكوّن ذنبٌ مُتأين للمُذنب الذي يندفع بالاتّجاه المُضاد للشّمس بتأثير الرّيح الشّمسية. وعندما يبتعد المُذنب عن الشّمس بدرجة لا يتبخّر معها الجليد الموجود فيه، يصبح عديم الذّنب، ويتكوّن له ذنبٌ جديد عند اقترابه من الشّمس ثانيةً. يتراوح نطاق نواة المُذنب من بضع مئات من الأمتار إلى عشرات الكيلومترات، وتتكوّن من مجموعات كبيرة من الجليد والغبار والجُسيمات الصّخرية الصّغيرة. وقد يصل قطر المُذنب إلى ١٥ ضعف من قطر الأرض، في حين أنّ الذّنب قد يمتد إلى ما بعد وحدة فلكية واحدة. ويُعدُّ مُذنب "هالي" الذي مرَّ بجانب الأرض عام ١٩٨٦م، وسيظهر مرة أخرى بعد ٧٦ عاماً، يُعدُّ من أشهر المُذنبات.

---

(١٣) كتاب "النّظام الشّمسّي والشّمس والقمر وأحدث الآراء الفلكية فيها" / منصور جرداق - المطبعة الأدبية - بيروت ١٩٢٢م. ص ٣٥ وما بعدها.



الصورة رقم ١٤: أحد المذنبات

تمَّ رصد المذنبات وتسجيلها منذ العصور القديمة من قِبَل العديد من الثقافات، حيث كان النَّاس يخافون من المذنبات قديماً قبل أن يعرفوا ماهيتها! وإذا كانت المذنبات ساطعة بدرجة كافية، فيمكن رؤيتها من الأرض بدون مُساعدة التُّلسكوبات، ويُسمَّى ذلك بـ "ظهور المذنبات".

وعادةً ما يكون للمذنبات مدارات إهليجية شديدة الانحراف، ولها نطاق واسع من الدَّورات المدارية، تتراوح من عدَّة سنوات إلى عدَّة ملايين من السنين. تنشأ المذنبات قصيرة المدى في حزام كايبر أو القرص المتناثر المرتبط به، والذي يقع خارج مدار نبتون. أمَّا المذنبات طويلة الأمد، فيُعتقد أنَّها تنشأ في "سحابة أورت"، وتنطلق منها باتجاه الشَّمس، بسبب اضطرابات الجاذبية التي تُسببها النُّجوم المارة والمُدَّ المجري، وقد تمرَّ عبر النظام الشمسي الدَّاخلي قبل أن تنطلق إلى الفضاء بين النُّجوم.

تتميز المذنبات عن الكويكبات بوجود غلاف جوي مُمتد وغير مُقيَّد بجاذبية نواة المذنب المركزية التي يُحيط بها. ويحتوي هذا الغلاف الجوي على

أجزاء تُدعى "الغمامة" (الجزء المركزي المحيط مباشرة بالنوّة) والذنب (قسم خطّي يتكوّن من الغبار أو الغاز المنفجر من الغمامة بتأثير ضغط ضوء الشمس أو تدفق بلازما الرياح الشمسيّة). إلا أنّ المذنبات المنقرضة التي مرّت بالقرب من الشمس لعدّة مرّات، فقدت كل جليدها المتطاير وغبارها تقريباً، وأصبحت تُشبه الكويكبات الصّغيرة، فللكويكبات أصل مُختلف عن المذنبات، حيث يُعتقد أنّها تشكّلت داخل مدار المشتري وليس في النظام الشمسي الخارجي. أدّى اكتشاف مذنبات حزام الكويكبات والكواكب الصّغيرة النشطة إلى عدم التمييز بين الكويكبات والمذنبات. وفي أوائل القرن الحادي والعشرين الحالي، تمّ اكتشاف بعض الأجسام الصّغيرة ذوات مدارات المذنبات طويلة الأمد، ولكن بخصائص الكويكبات الدّاخلية، أُطلق عليها اسم "مذنبات مانكس"، إلا أنّه لا تزال تُصنّف على أنّها مذنبات، مثل مُذنب "سي/ ٢٠١٤ إس ٣" (بانستارز). وقد تمّ العثور على ٢٧ مُذنب مانكس بين عامي ٢٠١٣ و ٢٠١٧م. وبشكل عام، اكتُشف ٤٥٩٥ مُذنباً معروفاً حتّى شهر نيسان من العام الحالي (٢٠٢١م)، وهو عدد يتزايد باطراد مع اكتشاف المزيد، حيث يُقدّر وجود آلاف الملايين من المذنبات في منظومتنا الشمسيّة، تدور حول الشمس بصفةٍ مُستمرةٍ على مسافات كبيرة. مع ذلك، فإنّ هذا العدد يُمثّل جزءاً صغيراً فقط من إجمالي عدد المذنبات المُحتملة، حيث يُقدّر خزّان الأجسام الشبيهة بالمذنبات في النظام الشمسي الخارجي (في "سحابة أورت") بحوالي تريليون جسماً. ويتم رصد مُذنب واحد مرثي بالعين المُجرّدة من الأرض في السّنة الواحدة، على الرّغم من أنّ العديد منها خافت الصّوء وغير ذي أهمية. أمّا المذنبات السّاطعة فتُدعى "المذنبات العظيمة".

وتُعدُّ المذنبات من أكثر المواضيع إثارةً في استكشاف الفضاء، وتكمن الغاية من دراستها في أتمها وحدات أساسية في بناء النظام الشمسي، ومن خلال دراستها يمكن معرفة العصور الأولى من عمر هذا النظام، وكيف نشأت الكواكب؟ وهل المياه لدينا في المحيطات على كوكب الأرض مثلاً قد جاءت من مذنبات؟ لأنَّ المذنبات تتكوّن إلى حدّ كبير من جليد؛ صحيح أنّ هذا ليس نمطياً بالنسبة لكل المذنبات، لكنّ هذا لا يعني استبعاد أن تكون المذنبات مصدراً للمياه. كما توجد على المذنبات مُركّبات من الكربون والهيدروجين؛ ربّما تكون المُركّبات التي سبقت وجود الجزيئات التي نشأت منها الحياة على الأرض. كذلك يستفيد الباحثون من البيانات التي تجمعها المسابر التي تدرس المذنبات، في مُهمّات أخرى، مثل حماية الأرض عبر تغيير مسار المذنبات التي قد تصطدم بها. وغالباً ما تبدو لنا المذنبات على شكل غيوم صغيرة عندما تدور في نظامنا الشمسي. ويُعدُّ التحليق فوق المذنبات والكويكبات والاقتراب منها والهبوط عليها غاية في الصعوبة، لأنَّ جاذبيتها مُتدنية جداً، ورغم ذلك تمّت زيارة المذنبات بوساطة مجسّات غير مأهولة، مثل مسبار "روزيتا" التابع لـ "وكالة الفضاء الأوروبية" (ESA)، الذي كان أوّل مركبة فضائية تهبط على مُذنب، عام ٢٠٠٤م.

### ٣- حزام الكويكبات:

حزام الكويكبات، هو منطقة في النظام الشمسي على شكل حلقة تقع بين مداري كوكبي المشتري والمريخ، يشغلها آلاف الأجسام الصلبة غير المنتظمة ذوات الأحجام المختلفة، ولكنها أصغر من الكواكب بكثير، تُسمّى الكويكبات أو الكواكب الصغيرة. يُطلق على حزام الكويكبات هذا أيضاً اسم "حزام الكويكبات الرئيسي"، لتمييزه عن مجموعات الكويكبات

الأخرى في النظام الشمسي، مثل الكويكبات القريبة من الأرض و"كويكبات طروادة"<sup>(١٤)</sup>. ويُعتبر هذا الحزام الحدّ الفاصل ما بين القسمين الداخلي والخارجي من النظام الشمسي.

يوجد حوالي نصف كتلة الحزام في أكبر أربعة كويكبات، هي "سيريس" و"فيستا" و"بالاس" و"هيجيا". وتبلغ الكتلة الإجمالية لحزام الكويكبات حوالي ٤% من كتلة قمر الأرض. وسيريس هو الكويكب الوحيد الكبير بما يكفي ليكون كوكباً قزماً في الحزام، حيث يبلغ قطره حوالي ٩٥٠ كيلومتراً، بينما يبلغ متوسط أقطار الكويكبات الثلاثة الأخرى أقل من ٦٠٠ كيلومتر. وتتراوح أقطار الأجسام المتبقية بين ألف كيلومتر وما يصل إلى حجم ذرات الغبار. ومادة الكويكب متوزعة بشكل متفرّق؛ لدرجة أنّ العديد من المركبات الفضائية غير المأهولة قد اجتازتها دون وقوع أية حوادث اصطدام. ومع ذلك، فإنّ الاصطدام بين الكويكبات الكبيرة يحدث بالفعل، ويمكن أن ينتج عن ذلك عائلة كويكبات جديدة يتشابه أعضاؤها في الخصائص المدارية والتركيب. يتم تصنيف الكويكبات الفردية داخل الحزام وفقاً لأطيافها، حيث يقع معظمها في ثلاث مجموعات أساسية: الكربونية (النوع C) والسيليكات (النوع S) والغنية بالمعادن (النوع M).

وقد تشكّل حزام الكويكبات من السديم الشمسي البدائي، كمجموعة من الكواكب الصغيرة التي تُعتبر أسلاف أصغر من الكواكب الأولية. وبين كوكبي المريخ والمشتري، أدت اضطرابات الجاذبية من

---

(١٤) "كويكب طروادة": هو جُرمٌ سماوي صغير يشترك في مدار جُرمٍ آخر أكبر منه، ويبقى في مدارٍ مُستقرّ تقريباً بمقدار ٦٠ درجة أمام أو خلف الجُرم الرئيسي. ويمكن أن تشترك كويكبات طروادة في مدارات الكواكب أو الأقمار الكبيرة.



المُشتري إلى إضفاء الكثير من الطَّاقة المداريَّة على الكواكب الأوَّلية لتتجمَّع في كوكب. ثمَّ أصبحت التَّصادمات عنيفة للغاية، وبدلاً من الاندماج معاً، تحطَّمت الكواكب الصَّغيرة ومُعظم الكواكب الأوَّلية. ونتيجةً لذلك، فُقِدَ ٩٩.٩% من الكتلة الأصليَّة لحزام الكويكبات في أوَّل ١٠٠ مليون سنة من تاريخ النِّظام الشَّمسي، ووجدت بعض الشظايا طريقها في النِّهاية إلى النِّظام الشَّمسي الدَّاخلي، ممَّا أدَّى إلى اصطدام نيزكي بالكواكب الدَّاخلية. تستمر مدارات الكويكبات في الاضطراب بشكلٍ ملحوظ كلِّما شكَّلت فترة دورانها حول الشَّمس رنيناً مدارياً مع كوكب المُشتري، وفي هذه المسافات المداريَّة، تتشكَّل "فجوة كيركوود"<sup>(١٥)</sup>، عندما تنجرف في مدارات أخرى.



الصورة رقم ١٥: حزام الكويكبات

(١٥) "فجوة كيركوود": هي فجوة أو تراجع في توزيع المحاور شبه الرئيسيَّة لمدارات كويكبات حزام الكويكبات، تتطابق مع مواقع الرنين المداري لكوكب المُشتري.

وتوجد أجسام صغيرة مُشابهة لأجسام حزام الكويكبات في مناطق أخرى من النُّظام الشمسي، مثل الأجسام القريبة من الأرض، وأجسام "حزام كايبر"، وأجسام "القرص المبعثر"، و"السيدنويدات"<sup>(١٦)</sup>، وأجسام "سحابة أورت".

#### ٤ - القناطير:

القناطير، هي نوع من الكواكب الجليديَّة الصَّغيرة التي تدور في مدارات غير مُستقرَّة بين مداري كوكبي المُشتري ونبتون، لها خصائص كل من الكويكبات والمذنبات (من دون ذيول). وبما أنَّ مدارات القناطير غير مُستقرَّة، فإنَّ جاذبيَّة الكواكب بين المُشتري ونبتون ستسبِّب خلال بضعة ملايين من السنين بقذفها إلى حافة النُّظام الشمسي أو بجذبها إلى النُّظام الشمسي الداخلي. وقد سُمِّيت هذه الأجرام نسبةً إلى مخلوق "كايرون" في الأساطير اليونانيَّة، الذي يُعتقد أنَّه خليط بين البشر والخيول!



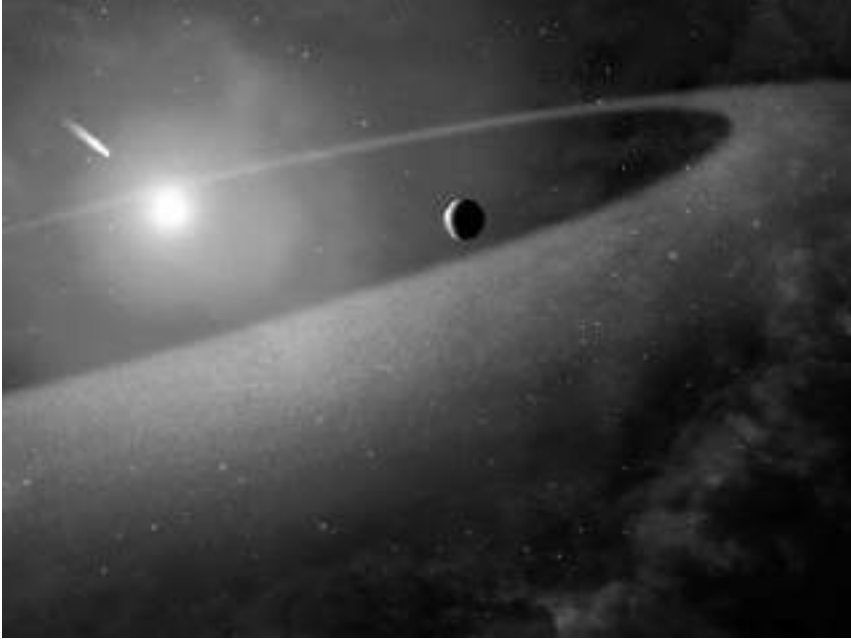
الصورة رقم ١٦: القناطير

(١٦) "السيدنويدات": هي ثلاثة مدارات معروفة ضمن مدار نبتون الدائري وراء حزام كايبر، تبعد عن الشمس أكثر من ٦٤ وحدة فلكيَّة، ويُشتبه في وجود المزيد منها.

يقع أقرب القناطير إلى الشَّمس على بُعد ٩ وحدات فلكيَّة، وأبعدها على مسافة ٣٠ وحدة فلكيَّة. ويصنّف بعض علماء الفلك القناطير على أنّها أجرامٌ مُبعثرة من حزام كايبر الذي يقع بعد كوكب نبتون.

## ٥ - حزام كايبر:

حزام كايبر، هو قرص نجمي على شكل حلقة في النظام الشمسي الخارجي يقع في "المنطقة وراء النبتونية"، ويمتدُّ من مدار كوكب نبتون عند ٣٠ وحدة فلكيَّة إلى حوالي ٥٠ وحدة فلكيَّة بُعداً عن الشَّمس. وهو مُشابه لحزام الكويكبات، لكنّه أكبر بكثير، حيث يبلغ عرضه ٢٠ مرّة وكتلته من ٢٠ إلى ٢٠٠ مرّة من حزام الكويكبات. يتألّف الحزام أساساً من أجسامٍ صغيرة أو بقايا من عصر تشكُّل النظام الشمسي، تتكوّن بدورها من مواد جليديَّة مُتطايرة، مثل الميثان والأمونيا والماء. ويُعدُّ حزام كايبر موطناً لثلاثة كواكب قزمة مُعترف بها رسمياً، هي "بلوتو" و"هاوميا" و"ماكيك". ولبعض هذه الأجرام -مثل بلوتو وهاوميا وغيرهما- أقماراً تدور حولها. وقد تكون بعض أقمار النظام الشمسي، مثل قمر "ترايتون" التابع لكوكب نبتون و"فويب" التابع لكوكب زُحل، قد نشأت في حزام كايبر. كما يُعتقَد بوجود أكثر من ١٠٠٠٠٠٠ جسمٍ في الحزام يزيد قطرها عن ١٠٠ كيلومتر، لم يُعثر إلا على القليل منها حتّى الآن. وكان يُعتقَد أنّ حزام كايبر هو المستودع الرّئيسي للمُذنبات الدّوريَّة (قصيرة الدّورة)، التي تدوم مداراتها أقل من ٢٠٠ عام، ثمّ أظهرت الدّراسات منذ مُنتصف التسعينيات أنّ الحزام مُستقرٌ ديناميكياً، وأنّ المنشأ الحقيقي للمُذنبات هو القرص المُبعثر.

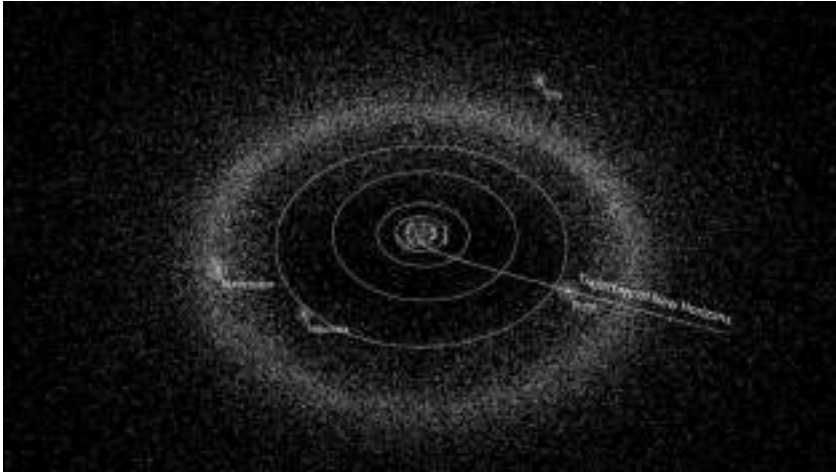


الصورة رقم ١٧: حزام كايبر

## ٦- القرص المبعثر:

القرص المبعثر، عبارة عن قرص غير منتظم من أجرام جليدية صغيرة في النظام الشمسي، كانت في الماضي ضمن حزام كايبر، قبل أن تضرب مداراتها بسبب تشتت جاذبية كوكب نبتون، وتتبعثر عبر النظام الشمسي الخارجي، وهي لا تزال عرضة للاضطرابات التي يسببها نبتون. وعلى الرغم من أن أقرب أجسام القرص المبعثر تقترب من الشمس بحوالي ٣٠ إلى ٣٥ وحدة فلكية، إلا أن مداراتها يمكن أن تمتد إلى ما بعد ١٠٠ وحدة فلكية عن الشمس، وهذا ما يجعل الأجسام متناثرة بين أبرد وأبعد الأجسام في النظام الشمسي. يتداخل الجزء الأعمق من القرص المبعثر مع حزام كايبر، لكن حدوده الخارجية تمتد بعيداً عن الشمس؛ أعلى وأسفل مسار حزام كايبر، وأبعد منه. ونظراً لطبيعته غير المستقرة، يعتبر علماء الفلك أن

القرص المبعثر والقناطير هما المكانان الأصليان لمُعظم المذنبات الدورية في النظام الشمسي، لكون القناطير هي المرحلة المتوسطة في هجرة الأجسام المنفصلة من القرص إلى النظام الشمسي الداخلي. وفي نهاية المطاف، تُرسل اضطرابات الكواكب العملاقة مثل هذه الأجسام نحو الشمس، فتبدأ قشرتها الجليدية بالذوبان مُخلِّفةً وراءها ذنباً، وتحوّل إلى مذنبات دورية؛ لا تختلف بشكل كبير عن أجسام القرص المبعثر. كما يُعتقد أنّ العديد من أجسام سحابة أورت قد نشأت في القرص المبعثر. وقد يتم أحياناً إدراج بعض الأجسام في هذه المجموعة، مثل "٩٠٣٧٧ سيدنا"، وهو كوكب كبير في الروافد الخارجية للنظام الشمسي، يقع على بُعد ٨٥ وحدة فلكية من الشمس.

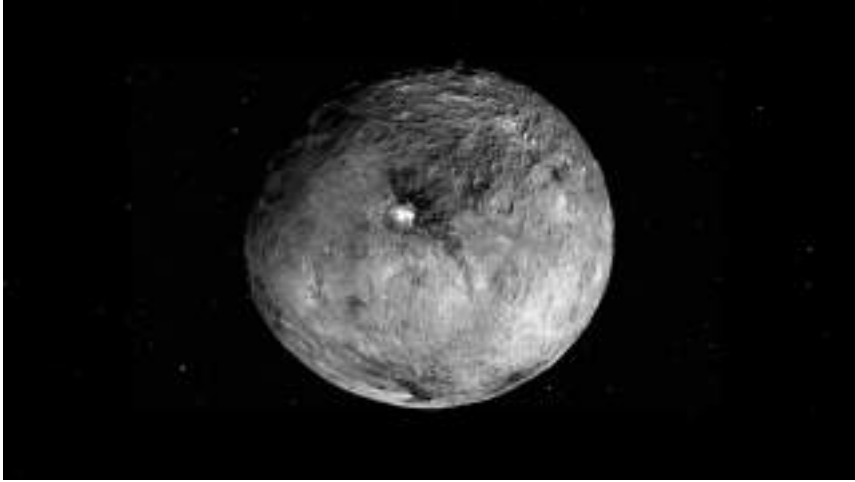


الصورة رقم ١٨: القرص المبعثر

٧- كويكب سيريس:

سيريس، هو أصغر كوكب قزم معروف، وأقرب كوكب قزم إلى الشمس، وأكبر جسم في حزام الكويكبات الرئيسي الذي يقع بين مداري المريخ والمشتري. يبلغ قطر سيريس ٩٤٠ كيلومتراً، وهو أكبر الكويكبات

والكوكب القزم الوحيد المُعترف به داخل مدار نبتون، والجسم رقم ٣٣ في ترتيب الأجرام الأضخم الموجودة في النظام الشمسي. يتكوّن سيريس من صخور جليديّة وقشرة أقل كثافةً من نفس التركيب، وسطحه عبارة عن خليط من جليد الماء والعديد من المعادن المائية، مثل الكربونات ومعادن الصّلب. ويقع سيريس في مدارٍ مُقابل للأرض مرّة كل ١٥ أو ١٦ شهراً، لذلك يبدو كجُرم خافت جداً عند رصده من الأرض؛ بحيث لا يمكن رؤيته بالعين المُجرّدة -حتّى في أوج لمعانه، إلا في بعض الحالات الاستثنائية تحت سماء مُظلمة للغاية.



الصورة رقم ١٩: كويكب سيريس

## ٨- النيازك والشهب:

النيازك، هي أجسام صخرية أو معدنية صغيرة تطوف في الفضاء الخارجي، يتراوح حجمها من حبيباتٍ صغيرة إلى أجسامٍ بعرض مترٍ واحد، فهي أصغر بكثير من الكويكبات. وقد يصل وزن بعضها إلى ١٠٠ كيلوغرام، بحجم صخرة كبيرة. وتُصنّف الأجسام الأصغر من ذلك على أنّها نيازك دقيقة

أو غبار فضائي أو شظايا، يعود أصل معظمها إلى مُذنبات أو كويكبات، في حين أنّ البعض الآخر عبارة عن حُطام ناتج عن اصطدام أجسام بالقمر أو المريخ. ويُعتَقَد أنّ النيازك تأتي من مجموعة من الكويكبات الموجودة بين كوكبي المريخ والمشتري، وتتكوّن عند اصطدام هذه الكويكبات ببعضها، فتتَشظَّى إلى كتل أصغر حجماً. وكلمة "نيزك" باللغة الإنكليزية مُشتَقَّة من كلمة "ميتيوروس" اليونانية التي تعني "مُرتفع في الهواء".

وعند دخول نيزك أو مُذنب أو كويكب ما الغلاف الجوّي للأرض (أو لكوكب آخر، كالمريخ مثلاً)، بسرعة تزيد عن ٢٠ كيلومتر في الثانية (٧٢٠٠٠ كيلومتراً في الساعة)، فإنّه يحترق مُشكِّلاً كُرَّةً مُتلهِبة من النَّار وخطّاً من الجسيمات المُتوهّجة النَّاتجة عن التسخين الديناميكي الهوائي لهذا الجسم واحتكاكه بجزيئات الغلاف الجوّي؛ بحيث يُمكن مشاهدتها في السَّماء بالعين المُجرّدة، ويُطلَق عليها حينها اسم "الشُّهُب". أمّا في حال عدم احتراقها وتمكُّنها من الوصول إلى سطح الأرض وارتطامها به لتُحدِث فُوهةً أو حُفرةً تصادمية، فعندها يُطلَق عليها اسم "أحجار نيزكية". أي أنّ النيازك الموجودة في الفضاء الخارجي إمّا أن تدخل جو الأرض وتحترق مُكوّنةً الشُّهُب، أو تبقى نيازك وترتطم بالأرض من دون احتراقها. وتُسمّى سلسلة النيازك التي تظهر بشكل مُتلاحق خلال ثوانٍ أو دقائق، والتي يبدو أنّها تنشأ من نفس النُقطة الثابتة في السَّماء، باسم "زخّات الشُّهُب". وهناك ما يُقدَّر بنحو ٢٥ مليون نيزك أو نيزك دقيق أو غيرها من الحُطام الفضائي (مثل بقايا المركبات الفضائية والأقمار الاصطناعية)، تدخل الغلاف الجوّي للأرض كل يوم، ما يُؤدِّي إلى دخول نحو ١٥٠٠٠ طنّاً من هذه المواد إلى الغلاف الجوّي كل عام.



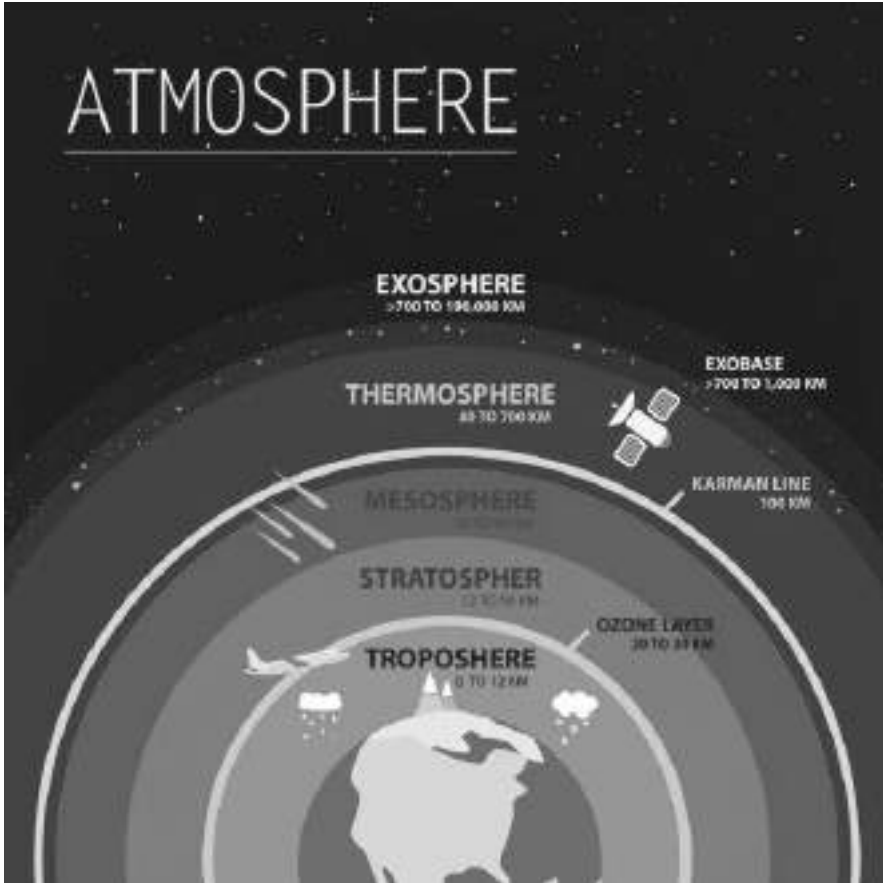
الصورة رقم ٢٠: النيازك والشهب

### خامساً - طبقات الغلاف الجوي للأرض وحدود الفضاء:

الغلاف الجوي للأرض، هو طبقة الغازات المعروفة بالطبقة الهوائية، التي تحتفظ بها الجاذبية الأرضية، وتُحيط بكوكب الأرض. يحمي الغلاف الجوي للأرض الحياة على الأرض من خلال الضغط الجوي الذي يسمح بوجود الماء السائل على سطح الأرض، ويمتص الغلاف الجوي الأشعة الشمسية فوق البنفسجية، ويسخن سطح الأرض من خلال الاحتفاظ بالحرارة، ويُقلل من تباين درجات الحرارة بين النهار والليل. ويُعتبر الغلاف الجوي مستودعاً كبيراً للمياه ويُستخدم لتدويرها حول الأرض، إذ يصل حجم الماء الموجود في الغلاف الجوي إلى حوالي ١٢٩٠٠ كيلومتر مكعب، يتساقط معظمها على شكل أمطار تتوزع على المحيطات والبحار واليابسة؛ بحيث إنه إذا حدث وسقطت كل المياه الموجودة في الغلاف الجوي في آن واحد



على الأرض كأمطار، فإنّها ستُغطّي الكُرة الأرضيّة بعمقٍ يصل إلى ٢.٥ سنتيمتر. ويُقدَّر ثقل السُّحُب التي يحتويها بألاف المليارات من الأطنان.



الصورة رقم ٢١: طبقات الغلاف الجوّي للأرض

يحتوي الهواء الجاف على ٧٨.٠٩% نيتروجين، و ٢٠.٩٥% أكسجين، و ٠.٩٣% أرغون، و ٠.٠٤% ثاني أكسيد الكربون، وكمّيات صغيرة من الغازات الأخرى. يحتوي الهواء أيضاً على كمية مُتغيّرة من بخار الماء، تبلغ في المُتوسّط حوالي ١% عند مستوى سطح البحر، و ٠.٤% فوق باقي الغلاف الجوّي. ويختلف تكوين الهواء ودرجة الحرارة والصدّغ الجوّي باختلاف

الارتفاع، والهواء المناسب للاستخدام في عملية التمثيل الضوئي من قبل النباتات الأرضية وتنفس الحيوانات الأرضية، موجود فقط في الطبقة الأولى من الغلاف "التروبوسفير".

لقد تعيّر الغلاف الجوي للأرض كثيراً منذ تكوينه بدايةً كغلاف جوي هيدروجيني، لتحدث الأكسدة العظيمة قبل ٢.٤ مليار سنة، والتي أدت إلى زيادة كبيرة بنسبة الأكسجين في الغلاف الجوي. وساهم البشر أيضاً في حدوث تغييرات كبيرة في تكوين الغلاف الجوي، من خلال تلويث الهواء، خاصةً منذ بداية عصر التصنيع، ممّا أدّى إلى تغييرات بيئية سريعة، مثل "استنفاد طبقة الأوزون" (ثقب الأوزون) و"الاحتباس الحراري العالمي".

تبلغ كتلة الغلاف الجوي حوالي ٥.١٥ × ١٠١٨ كيلوغراماً، تقع ثلاثة أرباعها في نطاق ١١ كيلومتر من سطح الأرض، ثمّ يصبح الغلاف الجوي أرق مع زيادة الارتفاع، مع عدم وجود حدود مُحَدَّدة بين الغلاف الجوي والفضاء الخارجي. وغالباً ما يُستخدم "خط كارمان"، الذي يقع على ارتفاع ١٠٠ كيلومتر عن سطح البحر، كحدّ بين الغلاف الجوي والفضاء الخارجي؛ بحيث تبدأ ملاحظة التأثيرات الجوية الأرضية عند عودة المركبات الفضائية إلى الأرض ودخولها الغلاف الجوي على ارتفاع حوالي ١٢٠ كيلومتر. ويمكن تمييز عدّة طبقات في الغلاف الجوي، بناءً على خصائص مُعيّنة، مثل درجة الحرارة والتركيب:

#### ١ - طبقة التروبوسفير:

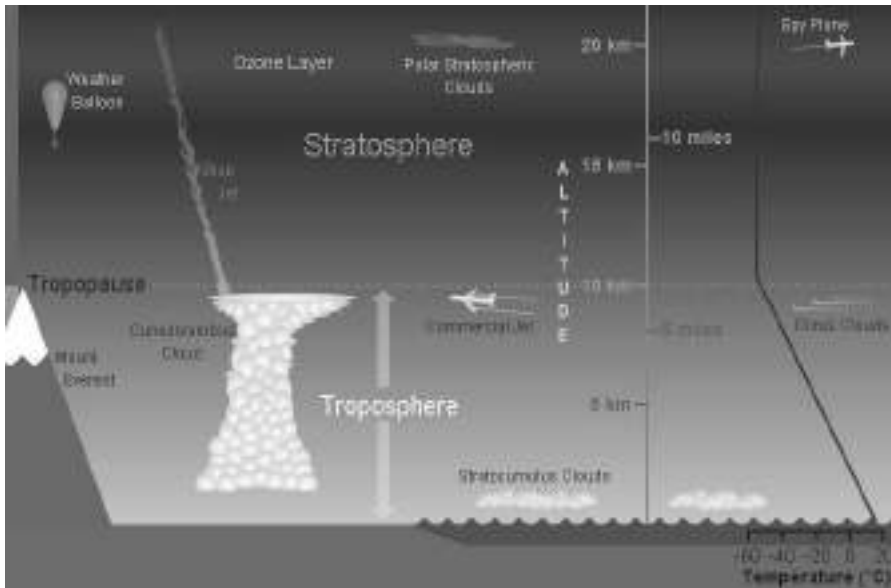
طبقة "التروبوسفير" (المُتكوّر الدوّار)، هي الطبقة الرئيسيّة الدُّنيا من الغلاف الجوي للأرض، أي الطبقة الملاصقة لسطح الأرض، التي نعيش فيها. وهي تمتدّ من سطح الأرض إلى مُتوسّط ارتفاع يبلغ نحو ١٢ كيلومتراً

فوق مستوى سطح البحر، وذلك على الرَّغم من أنَّ هذا الارتفاع يتراوح من ٩ كيلومتر في القطبين الشَّمالِي والجنوبي إلى ١٧ كيلومتر تقريباً عند خط الإستواء، مع بعض الاختلاف بسبب الطَّقس. يحدُّ طبقة التروبوسفير من أعلاها نطاق إنتقالي يُسمَّى "التروبوبوز"، وهو منطقة في الغلاف الجوّي تُشكِّل الحدَّ الفاصل بين الطبقة الأولى "التروبوسفير" والطبقة الثَّانية "الستراتوسفير"، ويُعرَف بأنَّه النُّقطة التي يتوقَّف فيها تبرُّد الهواء مع الارتفاع، ويصبح الهواء جافاً بشكلٍ كُليّ. ويتنوّع ارتفاع نطاق التروبوبوز تبعاً لارتفاع طبقة التروبوسفير، لذلك يُشار إليه بمرجعية نطاق التروبوبوز القطبية والإستوائية.

وعادةً ما تنخفض درجة الحرارة مع زيادة الارتفاع في طبقة التروبوسفير، حيث تتناقص فيها بمعدَّل ٦.٥ درجة مئويّة كلّما ارتفعنا ١٠٠٠ متراً، لأنَّها تسخن في الغالب من خلال نقل الطَّاقة من السَّطح، وبالتالي فإنَّ الجزء الأدنى من طبقة التروبوسفير (أي سطح الأرض) هو الجزء الأكثر دفئاً فيها، وهذا يُعزِّز الاختلاط الهوائي العمودي (ومن هنا جاء أصل كلمة "تروبوس" اليونانيّة التي تعني "التحوُّل"). وفي بعض الأحيان، وخاصّة خلال الليل أثناء فصل الشتاء، يكون الهواء المُلامس للسَّطح أبرد من الهواء الذي يعلوه، وهي حالة شاذّة تُسمَّى "الإنقلاب الحراري". وتظهر أسوأ حالات التلوُّث الجوّي أثناء حدوث هذه الظَّاهرة، لأنَّ الهواء البارد القريب من سطح الأرض يحتجز الملوِّثات ويمنعها من الانتشار أو الصُّعود إلى أعلى. وتدوم حالة الإنقلاب الحراري حتَّى تقضي الأمطار أو الرِّياح على هذه الطبقة الهوائية. وتحتوي طبقة التروبوسفير على ما يقرب من ٨٠% من كتلة الغلاف الجوّي للأرض، وهي تُعتبر أكثر كثافةً

من جميع طبقات الغلاف الجوي التي تعلوها لأنَّ وزن الغلاف الجويّ الأكبر يقع على قمة طبقة التروبوسفير ويُسبب انضغاطه بشدّة. ويقع ٥٠% من إجمالي كتلة الغلاف الجويّ في الجزء السفلي من طبقة التروبوسفير، عند ارتفاع ٥.٦ كيلومتراً.

تحتوي طبقة التروبوسفير على مُعظم بخار الماء والأكسجين وثنائي أكسيد الكربون، لذلك فهي الطبقة التي يحدث فيها مُعظم طقس الأرض، وهي تحتوي على جميع أنواع السُحب الناتجة عن دوران الرّياح النشط، إلا أنَّ السُحب الرعدية الطويلة جداً يمكن أن تَحترق نطاق التروبوبوز من الأسفل وترتفع إلى الجزء السفلي من الستراتوسفير. وتحصل مُعظم أنشطة الطّيران التقليدية في طبقة التروبوسفير، وهي الطبقة الوحيدة التي يمكن الطّيران فيها بواسطة الطّائرات التي تعمل بالمحرّكات المروحية.



الصورة رقم ٢٢: طبقتا التروبوسفير والستراتوسفير

## ٢ - طبقة الستراتوسفير:

طبقة "الستراتوسفير" (المتكور الطبقي)، هي الطبقة الرئيسيّة الثانية من طبقات الغلاف الجوّي للأرض. تقع فوق طبقة التروبوسفير، ويفصلها عنها نطاق التروبوبوز. وتمتدُّ هذه الطبقة من قمة طبقة التروبوسفير على ارتفاع ١٢ كيلومتر تقريباً فوق سطح الأرض إلى النطاق الإنتقالي "الستراتوبوز" (المتفرّع عن طبقة الستراتوسفير)، على ارتفاع يتراوح بين ٥٠ و٥٥ كيلومتراً فوق مستوى سطح البحر.

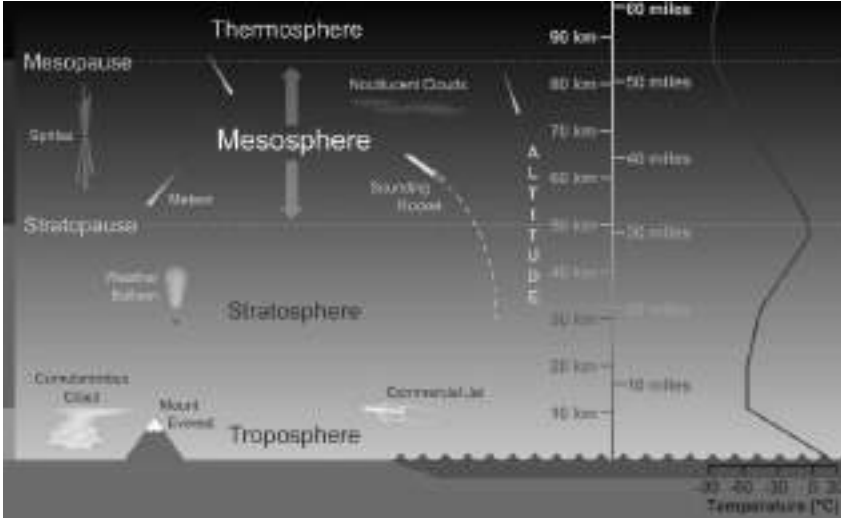
والستراتوسفير هي طبقة من الهواء الرقيق، الجاف والصّافي، يبلغ الضّغط الجوّي في الجزء العلوي منها حوالي ١/١٠٠٠ من الضّغط عند مستوى سطح البحر. وهي تحتوي على طبقة الأوزون التي يبلغ سمكها حوالي ٣٠ كيلومتراً، والتي تمتصُّ الأشعّة الشمسيّة فوق البنفسجيّة ذات الطّاقة العالية وتحوّلها إلى حرارة، فتحمي سطح الأرض من مخاطرها، ولهذا تزداد درجات الحرارة كلّما ارتفعنا في طبقة الستراتوسفير، حيث توجد تركيزات عالية من هذا الغاز فيها. وعلى الرّغم من أنّ درجة الحرارة قد تبلغ ٦٠ درجة مئويّة تحت الصّفر في نطاق التروبوبوز، إلا أنّ الجزء العلوي من طبقة الستراتوسفير يكون أكثر دفئاً، وقد تتراوح درجة الحرارة فيه حول درجة الصّفر المئويّة. ويُسبب ذلك ظروفاً جوية مُستقرّة للغاية، لذا فإنّ طبقة الستراتوسفير تفتقر إلى اضطراب الهواء الناتج عن الطّقس السائد في طبقة التروبوسفير، وبالتالي فهي تكاد تكون خالية من السّحب وأشكال الطّقس الأخرى. ومع ذلك، تظهر السّحب القطبية الستراتوسفيريّة أو الصّديّة أحياناً في الجزء السّفلي من هذه الطبقة، حيث يكون الهواء أبرد. وطبقة الستراتوسفير هي أعلى طبقة يمكن الوصول إليها بواسطة الطّائرات

التي تعمل بالطاقة النَّفاثة، ويُفضَّل طيارو الخطوط الجويَّة الطَّيران خلال هذه الطبقة تجنُّباً لتقلُّبات الطَّقس التي يُواجهونها في طبقة التروبوسفير.

### ٣- طبقة الميزوسفير:

طبقة "الميزوسفير" (المُتكوِّر الأوسط)، هي الطبقة الرَّئيسيَّة الثالثة من الغلاف الجوّي للأرض، وتحتل المنطقة فوق طبقة الستراتوسفير وتحت طبقة "الثرموسفير"، حيث تمتدُّ من نطاق الستراتوبوز على ارتفاع حوالي ٥٠ كيلومتر إلى النُّطاق الإنتقالي "الميزوبوز" (الذي يُمثِّل الجزء العلوي من طبقة الميزوسفير)، والذي يقع على ارتفاع يتراوح بين ٨٠ و ٨٥ كيلومتراً فوق مستوى سطح البحر.

تنخفض درجات الحرارة مع زيادة الارتفاع في الميزوبوز، فهو أبرد مكان في كوكب الأرض، حيث يبلغ مُتوسِّط درجة الحرارة فيه حوالي ٨٥ درجة مئويَّة تحت الصُّفر. والهواء بارداً جداً تحت الميزوبوز مباشرةً؛ لدرجة أنَّه حتَّى بُخار الماء النَّادر جداً عند هذا الارتفاع يمكن أن يتصاعد إلى الغيوم الليلية، القطبيَّة- الميزوسفيريَّة، وهي أعلى غيوم في الغلاف الجوّي، وقد تكون مرئية للعين المُجرِّدة إذا انعكس عليها ضوء الشَّمس بعد حوالي ساعة أو ساعتين من غروب الشَّمس أو ما شابه ذلك قبل شروق الشَّمس، وتكون أكثر وضوحاً عندما تكون الشَّمس تحت الأفق بحوالي ٤ إلى ١٦ درجة. وطبقة الميزوسفير هي أيضاً الطبقة التي تَحترق فيها مُعظم النيازك عند دخولها الغلاف الجوّي. وهي كذلك مُرتفعة جداً فوق سطح الأرض؛ بحيث لا يمكن الوصول إليها بوساطة الطَّائرات التي تعمل بالطاقة النَّفاثة والمناطيد، بل عن طريق الصَّواريخ والطَّائرات التي تعمل بالطاقة الصَّاروخية. وهي من ناحيةٍ أُخرى مُنخفضة جداً؛ لدرجةٍ لا تسمح لها بأن تكون مداراً للمركبات الفضائيَّة.



الصورة رقم ٢٣: طبقات التروبوسفير والستراتوسفير والميزوسفير

#### ٤ - طبقة الترموسفير:

طبقة "الترموسفير" (المُتكوّر الحراري)، هي الطبقة الرَّابِعة من الغلاف الجوّي للأرض وثاني أعلى طبقة فيه. وهي تمتدُّ من نطاق الميزوبوز (الذي يفصلها عن الميزوسفير) على ارتفاع نحو ٨٠ كيلومتر وحتى النُّطاق الإنتقالي "الترموبوز" الذي يقع على ارتفاع يتراوح بين ٥٠٠ كيلومتر فوق مستوى سطح البحر (عندما تكون الشمس نشطة) و ١٠٠٠ كيلومتر (عندما تكون الشمس هادئة)، حيث يختلف ارتفاع نطاق الترموبوز بشكل كبير بسبب التغيّرات في النّشاط الشمسي، نظراً لأنّه يقع عند الحدِّ السُّفلي من الغلاف الخارجي للأرض، لذلك اشتقَّ اسمه من كلمة "ترمو" (الحارّ) الإغريقية للدلالة على شدّة الحرارة فيه، كما يُشار إليه أيضاً باسم "إكسوبيز" (أي الغلاف الخارجي). ويحتوي الجزء السُّفلي من الترموسفير على النُّطاق الإنتقالي "الأيونوسفير"، الذي يقع على ارتفاع يتراوح بين ٨٠ و ٥٥٠ كيلومتر فوق سطح الأرض.

وتزداد درجة حرارة الترموسفير تدريجياً مع الارتفاع، ويمكن أن ترتفع حتى ١٥٠٠ درجة مئوية، ولو أنّ جزيئات الغاز مُتباعدة جداً؛ لدرجة أنّ درجة حرارتها ليست ذات مغزى كبير - بالمعنى المعتاد. والهواء مُخلخل للغاية؛ لدرجة أنّ جزيء فردي (من الأكسجين، على سبيل المثال) ينتقل بمعدّل كيلومتر واحد بين الاصطدامات مع الجزيئات الأخرى، لذلك تُدعى الترموسفير "الطبقة المتأينة". وعلى الرّغم من أنّها تحتوي على نسبة عالية من الجزيئات ذوات الطّاقة العالية، إلا أنّ الإنسان لن يشعر بالحرارة عند الاتّصال المباشر بها، لأنّ كثافتها مُنخفضة جداً؛ بحيث لا يمكن توصيل كمية كبيرة من الطّاقة من وإلى الجلد.

وهذه الطبقة خالية من بخار الماء، وبالتالي فهي خالية تماماً من الغيوم. ومع ذلك، فإنّ الظواهر الجويّة غير المائية، مثل "الشفق القطبي" (الشّمالي) و"الشفق الأسترالي" (الجنوبي)، تظهر أحياناً في الترموسفير. وتدور محطة الفضاء الدوليّة في هذه الطبقة على ارتفاع يتراوح بين ٣٥٠ و٤٢٠ كيلومتراً، كما يوجد في هذه الطبقة العديد من الأقمار الاصطناعيّة التي تدور حول الأرض.

#### ٥ - طبقة الإكسوسفير:

طبقة "الإكسوسفير" (المتكوّر الخارجي)، هي الطبقة الأخيرة والخارجية من الغلاف الجوّي للأرض (أي الحدّ الأعلى للغلاف الجوّي). وهي تمتدُّ من نطاق الترموبوز على ارتفاع نحو ٧٠٠ كيلومتراً إلى حوالي ١٠٠٠٠ كيلومتر فوق مستوى سطح البحر، حيث تندمج في الرّياح الشمسيّة، لتصل درجة الحرارة فيها حتى ٢٠٠٠ درجة مئوية.



وتتكوّن هذه الطّبقة بشكل أساسي من كثافات مُنخفضة للغاية من الهيدروجين والهيليوم والعديد من الجزيئات الثقيلة، بما في ذلك النيتروجين والأكسجين وثنائي أكسيد الكربون. وتكون الذرّات والجزيئات فيها مُتباعدة للغاية؛ بحيث يمكنها التنقّل مئات الكيلومترات دون الاصطدام ببعضها بعضاً، وهكذا تهرب الجُسيمات من الإكسوسفير باستمرار إلى الفضاء، حيث تتبع هذه الجُسيمات الحرّة الحركة المسارات الباليستية (المنحنية أو شبه المدارية)، وقد تُهاجر داخل وخارج الغلاف المغناطيسي للأرض وتنطلق إلى الفضاء الخارجي.

وتقع طبقة الإكسوسفير فوق الأرض؛ بعيداً جداً عن إمكانية حدوث أيّة ظواهر أرساد جوّية. ومع ذلك، يحدث الشفق القطبي والشفق الأسترالي أحياناً في الجزء السفلي من هذه الطّبقة، حيث يتداخلان في طبقة الثرموسفير. وتحتوي طبقة الإكسوسفير على العديد من الأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض، حيث لا تجد فيها مقاومة تُذكر.



## الفصل الثاني

### رحلات استكشاف الفضاء

استكشاف الفضاء، هو استخدام علم الفلك وتقنيات الفضاء الحديثة لاستكشاف الفضاء الخارجي. وتتم عملية استكشاف الفضاء عن طريق كل من الرحلات الآلية والرحلات المأهولة. واستكشاف الفضاء حالة جديدة لم يعهدها الإنسان قبل عصر الفضاء، أي في النصف الثاني من القرن العشرين، حيث كانت دراسة السماء تتم من الأرض، ولذلك ظهرت مصطلحات جديدة تتعلق بالفضاء، مثل "غزو الفضاء" و"ريادة الفضاء" و"ملاحة الفضاء" و"السفر في الفضاء".

لقد رآود حلم استكشاف الفضاء الإنسان منذ القدم، لكن ذلك بقي ضمن إطار الخيال وقصص الكُتّاب، ولم يتجاوز عملياً حدود المراقبة من خلال المناظير ثم التلسكوبات الأرضية. وإذا ذهبنا إلى التاريخ الأعمق، سنجد أنّ فكرة ارتياد الفضاء تعود إلى القرن الثاني للميلاد وتُسجّل لعالم سوري، حيث أكّد الكاتب البريطاني "مات ستيفن" أنّ "لوقيانوس السُميساطي" (السوري) هو أول من كتب قصة خيال علمي طرح فيها فكرة ارتياد الفضاء. وكان لوقيانوس السوري (أو "لوسيان") وأصله من بلدة "سُميساط" على نهر الفرات في سورية وعاش في روما خلال القرن

الثاني للميلاد، خطيباً مُتجولاً ومُحامياً قام بتأليف كتابٍ أُطلق عليه اسم "قصة حقيقية"، ويُعتَبَرُ أوَّل من كتب قصة في التاريخ تطرح فكرة السَّفَر إلى القمر بوساطة المركبات الفضائيَّة. وبذلك سَبَقَ لوقيانوس السوري الكاتب الألماني "يوهانس كيلر" الذي أَلَف قصة "سومينيون" في القرن السَّابع عشر الميلادي، كما سَبَقَ الكاتب الفرنسي "جول فيرن" الذي كتب قصة "من الأرض إلى القمر" في القرن التَّاسع عشر، والكاتب الإنكليزي "هربرت جورج ويلز" في القرنين التَّاسع عشر والعشرين، وغيرهم من كُتَّاب الخيال العلمي الذين طرحوا فكرة السَّفَر إلى الفضاء...<sup>(١٧)</sup>

ولم يتحوَّل حلم استكشاف الفضاء إلى حقيقة إلا بعد اختراع الصَّواريخ وتطويرها وتوافر أجهزة علميَّة وتكنولوجيَّة مُناسبة، مكَّنت العلماء من إطلاق أوَّل جهاز حقيقي إلى الفضاء. ففي عام ١٩٢٦م، تمَّ إطلاق أوَّل صاروخ يعتمد على الوقود السَّائل. وحصل التقدُّم الكبير في اختراع الصَّاروخ على يد الفيزيائي الأمريكي "روبيرت غودارد"، في ثلاثينيَّات القرن العشرين. وخلال نفس الفترة، طوَّر الألمان صاروخاً عسكرياً ناجحاً (قذيفة باليستية) على يد العالم "فرنر فون براون"، يُدعى صاروخ "في-٢"، الذي أمكن توجيهه خلال الحرب العالميَّة الثانية (١٩٣٩-١٩٤٥م) لقصف مدينة لندن -مراراً وتكراراً. وبعد هزيمة ألمانيا لتلك الحرب، كان ذلك المصمِّم في عِداد العلماء الألمان الذين هاجروا إلى الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة، حيث أصبح فيما بعد من الاختصاصيِّين

---

(١٧) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٢٨.

القلائل بتكنولوجيا علم الصّواريخ، وساهم في تصميم الصّاروخ "ساترون ٧" الذي حمل أوّل إنسان إلى سطح القمر<sup>(١٨)</sup>.

فقد شهدت بدايات القرن العشرين تصوّرات مُهمّة للإطلاق نحو الفضاء من قبل الاتّحاد السّوفيتي (روسيا حالياً) والولايات المتّحدة الأمريكيّة وألمانيا، وبدأت التّجارب العلميّة في تصنيع الصّواريخ خلال ثلاثينيّات القرن المنصرم، كما ذكرنا، إلى أن جاء يوم الرّابع من تشرين الأوّل من عام ١٩٥٧م الذي قام فيه الاتّحاد السّوفيتي (السّابق) بإطلاق القمر الاصطناعي "سبوتنك-١" الذي كان أوّل جهاز فضائي يُحقّق فكرة استكشاف الفضاء ويخترق سكونه، ليدور حول الأرض لمدة ٩٦ دقيقة، فكان ذلك تدشيناً لبدء العصر الفعلي في استكشاف الفضاء الخارجي. ثمّ توالى الإطلاقات الفضائيّة وتنوّعت، فأطلق السّوفيت أيضاً القمر الاصطناعي "سبوتنك-٢" في الثّالث من تشرين الثّاني من عام ١٩٥٧م، حاملاً كلبة التّجارب "لايكا"، وذلك لدراسة تأثير التحليق في الفضاء على أجسام الكائنات الحيّة، ثمّ أطلق الأمريكيّون قمرهم الاصطناعي الأوّل "إكسبلورر-١" في ٣١ كانون الأوّل من عام ١٩٥٨م. وزادت المركبات غير المأهولة "المجسّات الفضائيّة" من معرفتنا بالفضاء الخارجي والكواكب والنّجوم. ففي عام ١٩٥٩م، مرّ مجسّ فضائي بالقرب من القمر، وارتطم

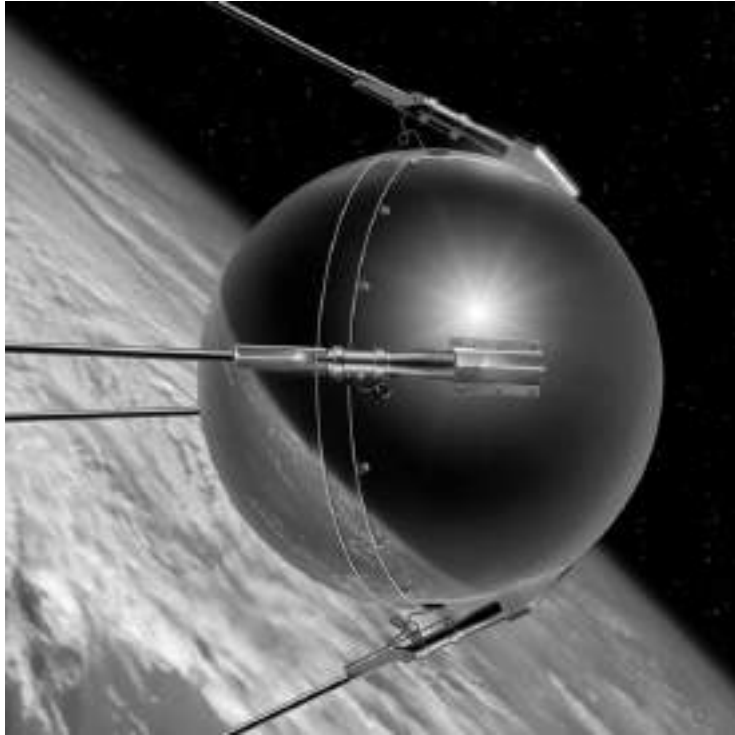
---

(١٨) - كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٢٩.

- كتاب "سلسلة تبسيط العلوم - ١- الصّواريخ والأقمار الصّنعيّة" / تأليف: وجيه السّمان - وزارة الثّقافة والإرشاد القومي - دمشق ١٩٦٢م. ص ١٠-١١-١٢-١٣-١٤-١٥-١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠.

- كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠م. ص ٢٤٠-٢٤١.

مَجَسَّ آخر به. وفي عام ١٩٦٢م، حلَّق مَجَسَّ أمريكي بالقرب من كوكب  
الزُّهرة. وهكذا بدأ سِباق استكشاف وغزو الفضاء بين السُّوفيت  
والأمريكيين...



الصورة رقم ٢٤: القمر الاصطناعي السوفيتي سبوتنك-١

وكانت أوَّل رحلة طيران فضائيَّة مأهولة تلك التي تمَّت يوم ١٢  
نيسان من عام ١٩٦١م، حين دار رائد الفضاء السُّوفيتي "يوري غاغارين"  
دورة كاملة حول الأرض في السَّفينة الفضائيَّة "فوستوك-١"، ليكون بذلك  
أوَّل إنسان يزور الفضاء<sup>(١٩)</sup>.

---

(١٩) كتاب "سلسلة أعلام للنَّاشئة-٢٦" - أعلامٌ في ريادةِ الفضاء" / تأليف: محمد حسام  
الشالاتي - الهيئة العامَّة السوريَّة للكتاب - دمشق ٢٠١٤م. ص ١٠-١١.



الصورة رقم ٢٥: رائد الفضاء السوفيتي يوري غاغارين  
وفي عام ١٩٦٣م، انطلقت أول امرأة إلى الفضاء، وهي "فالتينا  
تريشكوفا" السوفيتية أيضاً، بمركبتها الفضائية "فوستوك-٦" (٢٠).



الصورة رقم ٢٦: رائدة الفضاء السوفيتية فالتينا تريشكوفا  
وشهدَ عام ١٩٦٨م بداية الرّحلات المأهولة إلى القمر، ففي الحادي  
والعشرين من كانون الأول من ذلك العام، أطلقت الولايات المتّحدة  
الأمريكية المركبة الفضائية "أبولو-٨" التي دارت حول القمر ثماني مرّات، ثمّ

---

(٢٠) المرجع السابق. ص ٢٤-٢٥.

عادت برؤاها سالمين إلى الأرض. وفي ٢١ تموز من عام ١٩٦٩م، هبط رائدا الفضاء الأمريكيان "نيل أرمسترونغ" و"إدوين ألدرين" بمركبتهما الفضائية "أبولو-١١" على سطح القمر، فأصبح أرمسترونغ أول إنسان تطأ قدمه سطح القمر. بعد ذلك، قام رؤاد الفضاء الأمريكيون بخمس عمليات هبوط أخرى على سطح القمر، قبل إنهاء "برنامج أبولو القمري" عام ١٩٧٢م.

وخلال عامي ١٩٧٤ و١٩٧٦م، أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية مجسّين فضائيين ألمانيين إلى مدار كوكب "عطارد" القريب من الشمس. وفي عام ١٩٧٦م، هبط مجسّان أمريكيان على سطح كوكب "المريخ". وقد عملت هذه المجسّات على دراسة كل كواكب المجموعة الشمسية التسعة وأقمارها عدا كوكب "بلوتو" (الأبعد عن الشمس)، كما أنّها استكشفت الكويكبات وحزام الكويكبات والمذنبات...

وخلال سبعينيات القرن العشرين أيضاً، طوّر رؤاد الفضاء مهارات مختلفة للعيش في الفضاء على متن محطتي الفضاء "سكايلاب" الأمريكية و"ساليوت" السوفيتية. وخلال عامي ١٩٨٧ و١٩٨٨م، دار رائدا فضاء سوفيتيان لمدة ٣٦٦ يوماً مُتتابعاً على متن مركبة في الفضاء.

وفي الثاني عشر من نيسان من عام ١٩٨١م، انطلق مكوك الفضاء الأمريكي "كولومبيا"، وكان هذا المكوك أول مركبة فضائية قابلة لإعادة الاستخدام، وأول مركبة فضائية تستطيع الهبوط في المطارات التقليدية عند عودتها إلى الأرض. وشهد يوم ٢٨ كانون الثاني من عام ١٩٨٦م مأساة مروعة؛ إذ انفجر مكوك الفضاء "تشالنجر" وقُتل جميع أعضاء طاقمه السبعة. وقد أدّى ذلك الحادث إلى إعادة دراسة تصميم مكوك الفضاء وإجراء فحوصات فنية وتعديلات وتطويرات عليه، حيث شمل ذلك تطوير المحركات الرئيسية



وتزويدها بنظام نجاة للرؤاد في حالات الطوارئ، واستأنف المكوك رحلاته عام ١٩٨٨م، إلى أن توقفت رحلاته نهائياً عام ٢٠١١م<sup>(٢١)</sup>.

وأضحى النجاح في ميدان الفضاء مقياساً لتفوق الأمم وريادتها في العلوم والهندسة والدفاع الوطني، مما أدخل الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي في تنافس محموم فيما عُرِفَ بـ "الحرب الباردة"<sup>(٢٢)</sup> و "حرب النجوم"<sup>(٢٣)</sup>.

(٢١) كتاب "وسائل النقل في المستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ١٠.

(٢٢) الحرب الباردة: هو مصطلح يُستخدم لوصف حالة التوتر الأيديولوجي والجيو سياسي (تأثير السياسة على الجغرافيا) بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي (السابق) وحلفائهما (الكتلة الغربية الرأسمالية والكتلة الشرقية الاشتراكية)، التي سادت بعد الحرب العالمية الثانية، خلال الفترة بين عامي ١٩٤٧ و ١٩٩١م. ويُستخدم مصطلح "باردة" لأنه لم يكن هناك قتال مباشر بين القوتين العظميين، لكن كليهما أنفقنا أموالاً ضخمة على تطوير أنظمتها الدفاعية وترسانتها النووية وانتشارهما العسكري حول العالم، ودعم الصراعات الإقليمية الكبرى المعروفة باسم "الحروب بالوكالة" أو "الحروب غير المباشرة". حيث كان الصراع قائماً على النفوذ العالمي من قبل القوتين، بعد تحالفها المؤقت وانتصارها على ألمانيا النازية في عام ١٩٤٥م، والهيمنة من خلال وسائل غير مباشرة، مثل التحالفات العسكرية، والحرب النفسية، والحملات الدعائية، والتجسس، والحصار بعيد المدى، والتقدم الصناعي، والتنافس في الأحداث الرياضية والمسابقات التكنولوجية، كسباق الفضاء.

(٢٣) "مبادرة الدفاع الاستراتيجي" المعروفة بـ "حرب النجوم": هي الخطة التي أعلنتها الولايات المتحدة الأمريكية وهددت بها الاتحاد السوفيتي عام ١٩٨٣م. وهي عبارة عن نظام دفاعي صاروخي أو درع واقٍ مقترح، يعتمد على الأسلحة الأرضية والنظم الفضائية، ويهدف إلى حماية الولايات المتحدة من هجوم بالأسلحة النووية الاستراتيجية الباليستية (صواريخ باليستية عابرة للقارات وصواريخ باليستية تُطلق من الغواصات). حيث تمت دراسة مجموعة واسعة من مفاهيم الأسلحة المتطورة، بما فيها الأسلحة الليزرية، والأسلحة الإشعاعية، وأنظمة الصواريخ الأرضية والفضائية، جنباً إلى جنب مع أجهزة الاستشعار المختلفة، وأجهزة القيادة والتحكم، وأنظمة الكمبيوتر عالية الأداء، للسيطرة على نظام يتكوّن من مئات المراكز القتالية والأقمار الاصطناعية التي تُغطي الكرة الأرضية بأكملها. وقد تمّ التخلي عن هذه المبادرة في عام ١٩٩٣م.

ونتيجةً لذلك، تنافست الدولتان في تطوير برامجها المتعلقة بالفضاء، وقاد "سباق الفضاء" هذا في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي، الدولتين إلى إنجازات استكشافية هائلة. وبحلول نهاية السبعينيات، قلَّ إيقاع هذا السباق عندما عملت الدولتان على تحقيق أهداف مُستقلة في الفضاء. أمّا اليوم، فتتميز البرامج الفضائية بخطواتها الثابتة والرّاسخة في ظلّ التعاون الدوليّ.

لقد منَحَ الفيزيائي البريطاني الرّاحل الشهير "ستيفن هوكينغ" البشريّة مئة عام فقط للعيش على كوكب الأرض! بسبب التلوّث البيئي والتضخّم السكّاني والتحوّل المناخي على سطحه... وهذا يعني ضرورة العثور على كوكبٍ بديلٍ يصلح للحياة. وقد جرى في ألمانيا استطلاع للرأي عن أفضل الكواكب للعيش؟ وكانت الأجوبة مُتباينة، فبعض من شملهم الإستبيان أجابوا أنّهم يُفضّلون العيش في وسط مجرّة "أبيل ٢٠٢٩"، حيث سيكونوا على بُعد ١.٠٧ مليار سنة ضوئية عن الأرض! بينما أجاب آخرون بأنّهم يرغبون بالإقامة على كوكب صالح للعيش في مجرّة "مسيير ١٣"! في حين، اعتبر الكثير منهم أنّ الأرض هي موطنهم الدائم، ووجودها يعني وجودهم أيضاً.

وقد صاحب تطوّر البرامج الفضائية خلاف حاد حول التوازن الأمثل بين الاستكشاف بوساطة مركبات مأهولة أو مجسّات غير مأهولة. فكان بعض خبراء الفضاء يُفضّلون المجسّات غير المأهولة لأنّها أرخص وأكثر أماناً، كما أنّها أسرع من المركبات المأهولة، وتستطيع القيام برحلات خطيرة قد لا يُطيقها البشر. ولكن، من جهة أخرى، لا تستطيع المجسّات التفاعل مع الأحداث غير المتوقّعة وحالات الطوارئ. أمّا اليوم، فإنّ مُخطّطي البرامج الفضائية يُفضّلون اتّباع استراتيجية متوازنة تجمع بين

المجسّات غير المأهولة والمركبات المأهولة، ففي بعض الحالات لا بُدَّ للعلماء من أن يعتمدوا على المجسّات، وأن يستعينوا بحسّ الكائن البشري ومرونته وشجاعته في استكشاف أسرار الكون.

### أولاً - رحلات الفضاء غير المأهولة (رحلات الفضاء الآليّة):

قبل أن يقوم الإنسان برحلة إلى الكواكب الأخرى بمركبات فضائيّة، لا بدَّ له من أن يُمهّد الطريق لذلك أولاً بإرسال مركبات فضائيّة بغير رُؤاد، وهذه المركبات الآليّة تُطلقها الصّواريخ إلى أهدافها في الفضاء، وهناك تُزوّد -بين الحين والآخر- بأوامر من المراكز الفضائيّة في الأرض، فتدفعها صواريخها الصّغيرة إلى التحرك بغيّة تصحيح مسارها في الفضاء. وعندما تصل تلك المركبات إلى أهدافها، تلتقط الصّور وتُجري القياسات المُتنوّعة خلال مسيرها الفضائي. وقد تُطلق بعض المسابر والمجسّات لوضعها في مدارٍ حول الكوكب، حيث تقوم بمراقبته لبضعة أسابيع أو أشهر، أو حتّى سنوات. وتستطيع بعض المسابر والمجسّات الهبوط على سطح الكوكب، لتبدأ بإرسال الصّور والمعلومات منه إلى الأرض عبر الإشارات اللاسلكيّة<sup>(٢٤)</sup>.

وكما ذكرنا سابقاً، كانت رحلة القمر الاصطناعي السوفيتي "سبوتنك-١" يوم الرّابع من تشرين الأوّل من عام ١٩٥٧م، فاتحة رحلات الفضاء غير المأهولة. ونظراً لقربه من الأرض، كان كوكب الزهرة هدفاً رئيسياً للاستكشاف المبكّر من بين كل الكواكب، فكان أوّل كوكب خارج الأرض تزور مداره مركبة فضائيّة هي مسبار "مارينر-٢" الأمريكي في عام ١٩٦٢م، الذي اكتشف أنّ الحرارة على سطحه مُرتفعة جداً (٤٦٤ درجة

---

(٢٤) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٢.

مئويّة)، وأنَّ جوّه يخلو من الماء. كما كان الزُّهرة أوَّل كوكب تهبط عليه مركبة فضائيّة هي مسبار "فينيرا-٧" السُّوفيتي في عام ١٩٧٠م<sup>(٢٥)</sup>.

في الواقع، تستطيع المِجسّات الوصول إلى المناطق المجهولة في الفضاء أو الأماكن المعروفة التي توجد المعلومات المطلوب جمعها عنها في حدود ما هو مُتوقَّع. وقد قامت مِجسّات فضائيّة صغيرة الحجم -لا يزيد حجم بعضها عن حجم علبة الأحذية- بزيارة كل كوكب في النُّظام السُّمسي باستثناء كوكب "بلوتو"، وقام بعضها بمُغادرة النُّظام السُّمسي تماماً. فمثلاً، كان أبعد جسم يسبح في الفضاء بعيداً عن الأرض صنعه البشر هو المِجسّ الفضائي الأمريكي "بايونير-١٠" الذي تمَّ إطلاقه في عام ١٩٧٢م (قبل أن يتخطَّاه المسبار الأمريكي أيضاً "فويجر-١" بعد ذلك في عام ١٩٧٧م)، وكان يزن ٢٥٨.٨ كيلوغراماً. وقد رَحَلَ بايونير-١٠ منذ إطلاقه مسافة ٨٠ وحدة فلكيّة تقريباً من الأرض، ولن يصل إلى نجمة أخرى قبل ثمانية ملايين سنة! وآخر اتّصال به كان في كانون الثَّاني من عام ٢٠٠٣م، عندما وصلت منه إشارة ضعيفة جداً وغير واضحة.

وقد جاءت مرحلة دراسة الكواكب البعيدة في بداية سبعينيّات القرن الفائت، عندما تمَّ إرسال مسابِر "بايونير" و"فويجر-١" و"فويجر-٢" الأمريكيّة لدراسة كواكب "المُشتري" و"زُحل" و"أورانوس" و"نبتون" وبعض أقمارها، لتُقدِّم معلومات وصوراً لم يحلم بها الإنسان من قبل لتلك الكواكب التي تنتظم في صفٍّ مُستقيم كل ١٧٥ سنة. ففي عام ١٩٧٧م، تمَّ إطلاق المركبتين "فويجر-١" و"فويجر-٢". وبيّنت معلومات فويجر-١ أنَّ لكوكب زُحل آلاف الحلقات الثلجيّة والصّخريّة

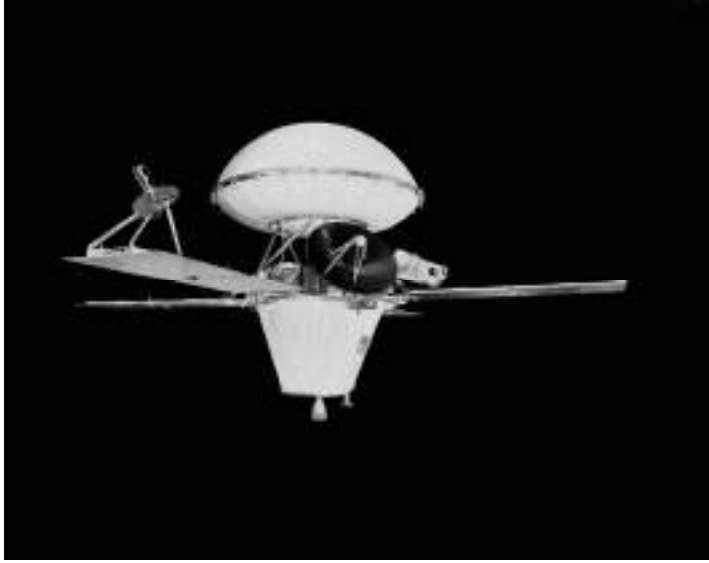
---

(٢٥) كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠م. ص ٢٤١.

التي تدور حوله، وليس ٤ أو ٥ حلقات كما كان مُعتقداً، وأن تلك الحلقات تدور حوله بسرعاتٍ مُتباينة، وأن قطرهما يصل إلى ٣٠٠٠٠٠٠ كيلومتر، بثخانة كيلومترٍ واحد. وفي عام ١٩٩٢م، كانت فويجر-٢ قد قطعت ١٢ مليار كيلومتراً وأصبحت خارج المجموعة الشمسية. وكان قد تمّ وضع أسطوانة من الذهب في المركبة، توجد فيها خمسة أصوات للغات المُعترف بها من قِبَل الأمم المُتحدة، بالإضافة إلى صوت الدلافين وصوت الأمين العام للأمم المُتحدة في عام ١٩٧٦م (النمساوي "كورت فالدهايم") وصوت رجل وامرأة وإشارات تدلّ على مكان خروج المركبة، وذلك لتدلّ الحضارات الأخرى علينا في حال عثورهم على المركبة. كما كانت فويجر-٢ قد أظهرت من خلال الصُّور المأخوذة بها في عام ١٩٨٦م، أن أورانوس هو كوكب عديم الملامح تقريباً في الصَّوء المرئي، بدون أيّة تأثيرات لحزم السُّحب أو العواصف المُرتبطة بالكواكب العملاقة الأخرى، كما أشارت إلى احتمال وجود مُحيطات فيها ماء بحالة غليان على سطح أورانوس. وأظهرت تلك الصُّور أيضاً وجود ١٠ أقمار جديدة لم تكن معروفة من قبل، بالإضافة إلى حلقتين إضافيتين حول الكوكب. وقامت المركبة كذلك بدراسة الغلاف الجوّي البارد لأورانوس وتصوير أكبر خمسة أقمار تابعة له، كاشفةً بذلك طبيعة سطحها المُغطّى بالفُوهات الصّدمية والوديان العظيمة. واكتشفت أن مدّة يوم أورانوس تبلغ ١٧ ساعة و ٢٤ دقيقة، وأنّ سرعة الرِّياح على سطحه يمكن أن تصل إلى ٢٥٠ متراً في الثانية (٩٠٠ كيلومتر في السّاعة). كما اكتشفت وجود عاصفة كبيرة مُظلمة تشدّد فيها الرِّياح على كوكب نبتون، لتُشكّل أسرع رياح في المجموعة الشمسية، وأنّ لديه خمس حلقات و ١٣ قمراً على الأقل. ولا تزال فويجر-٢ هي المركبة الفضائية الوحيدة التي زارت كوكبي أورانوس ونبتون.

ودار مسبار الفضاء الأمريكي "مارينر-٩" حول كوكب المريخ عام ١٩٧١م، وتمكّن من رسم خريطة كاملة لسطح لكوكب، ونقل صوراً مُفصّلة لبراكينه وقمره "فوبوس" و"ديموس"، وكشف عن وجود رياح فيه. بينما زار مسبار "مارينر-١٠" كوكبي "الزهرة" و"عطارد" عامي ١٩٧٤ و١٩٧٥م، والتقطت كاميراته سلسلة من الصور المتنوعة التي جرى توليفها لتعطي منظراً شاملاً لهذين الكوكبين. كما أظهرت بياناته التّباين الشّديد في درجة حرارة عطارد بين الجهة المُقابلة للشمس والظلّ.

وحطّت اثنتان من سُفن "فايكنغ" الفضائيّة الأمريكيّة على سطح كوكب المريخ عام ١٩٧٦م، وقامت بدراسة تركيب تربته وجوّه، إلا أنّهما لم تعثرا على علامات لأيّ شكل من أشكال الحياة عليه.<sup>(٢٦)</sup>



الصورة رقم ٢٧: مسبار فايكنغ-١ الأمريكي

(٢٦) - كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٣.

- كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠م. ص ٢٣٨.

ثم أُطلقت أنواعٌ مُختلفة من الأجهزة الفضائية، فأرسل المسبار الأوروبي "جيو توبو" عام ١٩٨٥م، ليقترّب من نواة "مذنب هالي" خلال ظهوره الأخير في مطلع عام ١٩٨٦م. وأطلقت مسابر أخرى لدراسة أنواع الإشعاعات القادمة من المجرات وأعماق الكون. وقام مجس الفضاء الأمريكي "ماجلان" بزيارة كوكب الزهرة عام ١٩٩٠م، حيث نقل معلومات إلى الأرض مكّنت العلماء من وضع خريطة لسطح ذلك الكوكب. وقدم القمر الاصطناعي الأمريكي "كوبي" الذي أُطلق في عام ١٩٩٠م، معلومات هامة عن الإشعاع الذي نشأ بمولد الكون، كما قدّم تلسكوب الفضاء الأمريكي-الأوروبي "هابل" عام ١٩٩٠م أيضاً، معلومات رائعة عن حالات ولادة نجمية وأرقاماً مذهلة عن أعماق الكون. واقتحم مجس الفضاء الأمريكي "غاليليو" الغازات المحيطة بكوكب المشتري عام ١٩٩٥م، مُرسلاً معلومات عنه إلى الأرض، منها أنّ سطحه مُغطّى بالآلاف البراكين، واستطاع تصوير بعض الكويكبات وهي تتساقط عليه.

في عام ١٩٩٥م، أطلقت وكالتا الفضاء الأمريكية "NASA" والأوروبية "ESA" القمر الاصطناعي "سوهو" (مسبار رصد الشمس وغلافها)، فقام خلال الـ ١٦ سنة اللاحقة بقياس كيفية تشوّه سطح الشمس بطريقة إيقاعية وكيفية تعدّل اهتزازاتها، وأثبت دوران نواتها السريع. وقامت الوكالتان المذكورتان بإطلاق مسبار "كاسيني-هويغنز" في عام ١٩٩٧م، حيث دار مرتين حول الشمس والزهرة، لمنحه الدفعة المقلاعية اللازمة عبر جاذبيتهما، وكانت الدفعة الأولى في نيسان من عام ١٩٩٨م والثانية في حزيران من عام ١٩٩٩م، فتابع مساره ومَرَّ قرب كوكب الأرض ثم كوكب المشتري في عام ٢٠٠٠م، ووصل إلى كوكب زحل في عام ٢٠٠٤م، لينفصل كاسيني عن

هويغنز ويهبط لوحده على أكبر قمر تابع لكوكب زُحَل "تيتان"، يوم ٢١ كانون الأوّل من عام ٢٠٠٤م. وقد قام كاسيني بتزويد العلماء على الأرض بصورٍ عالية الوضوح للمُشتري وزُحَل وأقمارهما، ثمّ للقمر تيتان بشكلٍ خاص في عام ٢٠٠٩م، بيّنت مُعطياتها أنّ سطح قمر المُشتري "أيو" بركاني، وأنّ قمر تيتان يجوي العناصر الضرورية لتطوّر الحياة من تضاريس جبلية ووديان رملية والعديد من البحيرات ورُبّما براكين، وهي في مجموعها تجعله قريب الشبّه جداً من كوكب الأرض؛ ما جعل العلماء يعتبرونه بمثابة مرصد طبيعي قد يُمكنهم من معرفة كيف وُلدت الحياة على الأرض. كما اكتشف كاسيني في عام ٢٠٠٦م، حلقة جديدة لكوكب زُحَل لم تكن مُكتشفة من قبل، وتقع خارج حدود الحلقات الرّئيسيّة البرّاقة. وفي عام ٢٠٠٧م، زار مسبار "نيو هورايزنز" الأمريكي كوكب المُشتري، واستعان بجاذبيته لزيادة سرعته وتحويل مساره في طريقه إلى بلوتو. ودخل آخر مسبار يزور كوكب المُشتري، وهو مسبار "جونو" الأمريكي، في مدار حوله خلال شهر تموز من عام ٢٠١٦م، وقد تُساهم بياناته في معرفة بدايات تشكّل المجموعة الشمسيّة؟

في ربيع عام ٢٠١٥م، انتهت رحلة مسبار الفضاء "ماسنجر" التّابع لـ "وكالة الفضاء الأمريكيّة" (ناسا)، والذي تمّ إطلاقه في عام ٢٠٠٤م، عندما ارتطم بسرعة ١٤٠٠٠ كيلومتر في السّاعة بسطح كوكب عطارد بعد أن نفذ منه الوقود، مُنهياً بذلك رحلة قطع خلالها أكثر من ثمانية مليارات كيلومتر، ودار فيها ١٥ مرّة حول الشّمس. واستغرقت تلك الرّحلة أحد عشر سنة قضى أربع منها في مدار كوكب عطارد ومرّ على بُعد ٢٤١ كيلومتر منه، زوّد العلماء خلالها بمعلوماتٍ قيّمة وآلاف الصّور المُذهلة عن الكوكب الأصغر في المجموعة الشمسيّة وأقربها للشّمس، حيث يبعد عنها أقل بثلاث مرّات من



بُعد الأرض عنها. فالمسبار السابق مارينر-١٠ لم يتمكن من رصد سوى ٤٥% من عطارد، بينما أضاف ماسنجر حوالي ٣٠% من خرائط الكوكب، والتقط صوراً لحوضٍ على سطحه يُدعى "كالوريس"، وهي من أهم الصور التي التقطها ماسنجر للحوض الذي ظهر كاملاً للمرة الأولى، والذي تشكل بسبب اصطدام كبير، وهو يمتدُّ على مسافة ١٢٨٧ كيلومتر تقريباً ويُحيط به جبال يصل ارتفاعها إلى ٢١٣٣ متراً. وقد تمَّت تسميته "كالوريس" (أي حرارة باللاتينية)، لأنَّ الشَّمس غالباً ما تصبُّ أشعتها عليه مباشرة، وذلك بسبب قربه الشديد منها، حيث يمكن أن تصل درجة حرارته إلى ٤٣٠ درجة مئوية. وقد بلغت تكلفة إطلاق المسبار نحو ٤٢٧ مليون دولار.

وفي شهر تشرين الأوَّل من عام ٢٠١٨م، انطلقت مُهمَّة أخرى من الأرض لزيارة كوكب عطارد، وهو مسبار الفضاء "بيبي كولومبو" الذي انطلق في مُهمَّة يابانية-أوروبيةٍ مُشتركة تمتدُّ لسبع سنوات وتهدف إلى مُراقبة عطارد وكشف المزيد من أسراره باستخدام قمرين اصطناعيين للأبحاث يحملهما المسبار وسيضعهما في مدار عطارد عند وصوله إلى هناك بعد سبع سنوات من إطلاقه؛ أحدهما تابع لوكالة الفضاء الأوروبية والآخر لمنظمة استكشاف الفضاء اليابانية (وكالة الفضاء اليابانية) "JAXA". وقد دار المسبار دورةً واحدة حول الأرض وأخرى حول الزهرة خلال العام الماضي (٢٠٢٠م)، وسيدور دورة ثانية حول الزهرة خلال شهر آب القادم، كما سيدور لاحقاً ست دورات حول عطارد نفسه، ليصل إلى مدار عطارد في نهاية عام ٢٠٢٥م. وبالإضافة إلى استعانته بالدَّفْع الشمسي الكهربي (الدَّفْع الأيوني)، تُساعد جاذبيَّة تلك الكواكب على دفعه إلى مداره، حيث سيبدأ هناك بمُراقبة عطارد ودراسة مجاله

المغناطيسي وغلافه الجوي وكتلته الداخليّة والسّطحيّة. وبذلك يُتابع مسبار بيبي كولومبو عمل مسبار ماسنجر في استكشاف عطارد.

لقد تمّ إرسال ما يقرب من ١٢ مركبة فضائيّة إلى المريخ من قبل الولايات المتّحدة والاتّحاد السّوفيتي وأوروبا واليابان، إلا أنّ قرابة ثلثي تلك المركبات فشلت في مهمتها إمّا على الأرض، أو خلال رحلتها أو عند هبوطها على سطح الكوكب الأحمر. وكانت رحلات المسابر الأمريكيّة "مارينر-٤" و"فايكنغ-١" و"فايكنغ-٢" و"سيرفيور-٣" و"مارس باثفايندر" و"مارس أوديسي" و"كوريوسيتي"، من أنجح الرّحلات إلى كوكب المريخ. ففي عام ١٩٧٦م، بحث علماء البيولوجيا الفلكيّة لأوّل مرّة عن الحياة على سطح المريخ عن طريق بعثة "فايكنغ"، التي بحثت عن آثار لكائنات حيّة تتنفس الأكسجين كالحوانات والميكروبات، أو تقوم بعملية تركيب ضوئي كالنباتات، إلا أنّها لم تجد أيّة حياة هناك. وقامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "سيرفيور" التي أُطلقت عام ١٩٩٦م، بالتقاط صور لسطح الكوكب؛ الأمر الذي أعطى العلماء تصوّراً عن وجود ماء، إمّا على سطح الكوكب الأحمر أو تحته بقليل. أمّا مركبة "أوديسي" التي أُطلقت في بداية الألفية الجديدة، فقد أرسلت معلومات قيّمة إلى العلماء على الأرض، مكّنتهم من استنتاج وجود ماء مُتجمّد تحت سطح الكوكب في المنطقة الواقعة عند ٦٠ درجة جنوب القطب الجنوبي للمريخ. وفي عام ٢٠٠٣م، قامت وكالة الفضاء الأوروبيّة بإرسال مركبة مداريّة وسيّارة تعمل عن طريق التحكّم عن بُعد، فقامت الأولى بتأكيد المعلومة المتعلّقة بوجود ماء جليدي وغاز ثاني أكسيد الكربون المُتجمّد في منطقة القطب الجنوبي للكوكب. وباءت مُحاولات الوكالة في الاتّصال بالسيّارة المصاحبة للمركبة الفضائيّة بالفشل، وأعلنت فقدانها

للسيّارة الآليّة رسمياً في شباط من نفس العام. ولحقت وكالة الفضاء الأمريكية الرّكب بإرسالها مركبتين فضائيتين، وكان فرق الوقت بين المركبة الأولى والثانية ثلاثة أسابيع، وتمكّنت السيّارات الآليّة الأمريكيّة من إرسال صور مذهلة لسطح الكوكب ومعلومات إلى العلماء على الأرض تُفيد - بل تؤكّد - على تواجد الماء على سطح الكوكب الأحمر في الماضي.

في عام ٢٠٠٤م، أرسلت وكالة الفضاء الأوروبيّة مسبار "روزيتا" إلى مُذنب "تشوري" الذي تمّ اكتشافه عام ١٩٦٩م، واكتشف المسبار أنّ المادّة التي يتكوّن منها المُذنب تشوري عبارة عن غاز وغبّار، وهي تفوق في قِدَمها النّظام الشمسي، وألحق المسبار بالمُذنب مركبة صغيرة تُدعى "فيله"، استطاعت أن تنقل إلى الأرض بياناتٍ علمية هامة للغاية عن ذلك المُذنب<sup>(٢٧)</sup>. أمّا مسبار "ديب إمباكت"، فقد أرسلته وكالة ناسا لاستكشاف مُذنب "تنبل-١" في عام ٢٠٠٥م، حيث ارتطم بالمُذنب عن قصد ليُشكّل حفرة لدراسة باطنه.

وعلى الرّغم من أنّ تقنية مسبار كريوسيتي كانت الأكثر تعقيداً، إلا أنّ أهداف العلماء تواضعت هذه المرّة، فاقترحت تلك المُهمّة على دراسة ما إذا كان المريخ قابلاً للسّكن، ولم يبحثوا عن الحياة نفسها أو عن آثارها، فهذا البحث أكثر تعقيداً ممّا كان مُعتقداً. لكنّ الباحثين لن يتخلّوا عن حلمهم بالعثور على حياة خارج كوكب الأرض.

في عام ٢٠٠٥م، أطلقت وكالة الفضاء الأوروبيّة المُجسّ الفضائي "فينوس إكسبريس" لاستكشاف كوكب الزّهرة، فقام بالدوران حوله

---

(٢٧) كتاب "وسائل النّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٢٣.

وتصويره، حيث استنتج العلماء من تلك الصور أنّ الزهرة لا تزال عليه براكين نشطة، وأنّه ربّما كان في مرحلة ما مماثلاً للأرض، ثمّ تطوّر بطريقة أخرى بعد تأثره بالإحتباس الحراري؛ ما نجم عنه رفع درجة حرارة الكوكب.

وفي عام ٢٠٠٩م، أطلقت وكالة ناسا مسبار "كيبler" العملاق بهدف سبر أغوار الفضاء ومعرفة ما إذا كنّا نعيش لوحدها في هذا الكون؟ وقبل تعطله خلال عام ٢٠١٣م، تمكّن المسبار من بثّ بياناتٍ حلّل الباحثون جزءاً صغيراً منها حتّى الآن، مُظهرةً نتائج تُشير إلى أنّ مجرّتنا "درب التبانة" تُعجُّ بكواكب أخرى بحجم كوكبنا الأرض. تلك الاكتشافات حثّت الباحثين على تكثيف جهودهم لكشف المزيد من أسرار الفضاء.

أمّا في عام ٢٠١٣م، فقد أطلقت وكالة الفضاء الأوروبيّة المرصد الفضائي المُخصّص للقياسات الفلكيّة "غايا"، بهدف حلّ بعض ألغاز مجرّتنا "درب التبانة"، فنجح في رسم خريطة ثلاثية الأبعاد لهذه المجرة الكونيّة الخارقة لأول مرّة وفي قياس نحو مليار نجم، وذلك عبر بياناتٍ لا يزال ذلك التلسكوب يجمعها ويرسلها إلى الأرض لدراستها وتحليلها.

إنّ صفة "الكوكب القزم" التي أطلقها الاتحاد الفلكي الدولي على كوكب بلوتو، لا تعني أنّه يقلُّ أهمية عن كواكب المجموعة الشمسيّة الأخرى، بل على العكس تماماً. فقد قامت وكالة ناسا بإرسال مسبار "نيو هورايزنز" لاستكشاف هذا الكوكب وأقماره الخمسة، وهو المسبار الذي يُعتبر المركبة الفضائيّة الأولى - والوحيدة حتّى الآن - التي تدرس هذا العالم البعيد، والذي نجح في إرسال بيانات تفصيلية إلى الأرض تكشف عن بعض أسرار هذا الكوكب الغامض وأقماره. وقد استغرقت رحلة المسبار إلى هناك ما يُقارب عشرة أعوام، لأنّ مدار بلوتو حول الشمس هو الأبعد في النّظام الشمسي. وحتّى باستخدام تلسكوب

"هابل" الفضائي، كان يصعب التعرف على معاني سطح بلوتو، فبيانات هابل لم تُظهر سوى بُقع مُتَشَرَّة فوقه، بينما أدهشت الصُّور الحديثة التي التقطها المسبار نيو هورايزنز، عندما حلَّق خلال صيف عام ٢٠١٥م بالقرب من الكوكب القزم، أدهشت الباحثين لأنَّ بلوتو كوكب صغير في الواقع (كويكب)، ولكن تظهر على سطحه جبال يصل ارتفاعها إلى ثلاثة كيلومترات ونصف، ويُفترض أنَّها تتكوَّن من مياه مُتجمِّدة، إلا أنَّ العلماء يجهلون حتَّى الآن فيما إذا كانت هناك صخور على سطح بلوتو. أمَّا المناطق التي تُظهرها الصُّور كَبُقع ملساء على سطح الكوكب فلا يزال الغموض يكتنفها، ويتوقَّع العلماء أن تكون قد نشأت قبل بضعة ملايين من السنين لأنَّها لا تحتوي على أيَّة فُوهاتٍ بركانية. كما أنَّ بلوتو ليس جُرمًا سماويًا مِيتًا، فالغلاف الجوي للكوكب أكثر تعقيدًا ممَّا كان مُتوقَّعًا، وهو يتكوَّن من طبقات ضباب توجد فيها مُركَّبات تسبق وجود الجزيئات التي تنشأ منها الحياة.

وفي عام ٢٠١٥م أيضًا، دخلت مركبة الفضاء الروبوتية "داون" التابعة لوكالة ناسا، في مدار حول الكوكب القزم "سيريس".

تحقَّق أوَّل التحام بين مركبتين في الفضاء عام ١٩٦٦م، عندما التقت المركبة الأمريكيَّة المأهولة "جيمني-٨" بقيادة رائد الفضاء "نيل أرمسترونغ"، بمركبة "أجينا تارغت" غير المأهولة، والتحمت معها. وفي عام ١٩٦٧م، جرى أوَّل التحام بين مركبتين غير مأهولتين في الفضاء، هما المركبتان السوفيتيتان "كوزموس-١٨٦" و"كوزموس-١٨٨". وجرى أوَّل التحام فضائي مُتعدِّد (بين عدَّة مركبات) خلال عام ١٩٧٨م، عندما التحمت كل من المركبتين السوفيتيتين "سويوز-٢٦" و"سويوز-٢٧" مع المحطَّة الفضائيَّة السوفيتيَّة "ساليوت-٦".

## ثانياً - رحلات الفضاء المأهولة (سفر البشر إلى الفضاء):

رحلة الفضاء المأهولة (أو رحلة الفضاء البشرية)، هي رحلة مع طاقم أو رُكَّاب بشريين على متن مركبة فضائية يتم تشغيلها مباشرةً من قِبَل الطاقم على متنها، أو عن بُعد من محطات أرضية، أو بشكل آلي مُستقل دون أيّ تدخل بشري مباشر. ويُطلق اسم رُواد الفضاء على الأشخاص الذين خضعوا لبرامج تدريب على رحلات فضائية، بينما يُشار إلى الأشخاص غير المُتخصِّصين بالمُشاركين في رحلات الفضاء. أي أنه يوجد شخص أو عدَّة أشخاص في المركبة المأهولة المُنطلِقة إلى الفضاء. كان هذا النوع من الرِّحلات الفضائية قصيرة المدَّة في البداية، حيث كان رُواد الفضاء يجلسون داخل مركبة ضيقة، ثمَّ أصبحت مدَّة الرِّحلات المأهولة أطول، ومن المُمكن حالياً أن تتجاوز سنة كاملة؛ ولكن داخل محطة مدارية واسعة.

وتتطلب الرِّحلة المأهولة مهارات عالية جداً وتجهيزات مُعقَّدة من أجل تأمين أفضل شروط السَّلامة للرُّواد، فالإنسان يحتاج إلى عناية أكبر من العناية التي تتطلبها المركبات الآليَّة<sup>(٢٨)</sup>. لذلك يقوم المُصمِّمون بتجهيز المركبة الفضائية بمنظومات دفع إضافية، ومقصورات خاصَّة لعودة الطاقم إلى الأرض عند حدوث أمرٍ طارئٍ. وقد كان كل مكوك فضاء أمريكي مُجهَّزاً بأجهزة كومبيوتر لإنجاز عملياتٍ حسابية تُجنِّب الطاقم أدنى خطأ. وتزوَّد المركبة كذلك بكل ما يحتاجه الطاقم للعيش في الفضاء، من ماءٍ وطعام وأكسجين للتنفُّس وأدوية وثياب وبذلات فضائية خاصَّة. ويخضع رُواد الفضاء لتدريباتٍ يومية دقيقة على متن محطة الفضاء؛ خصوصاً إذا كانوا

---

(٢٨) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٤.

مُكَلَّفِين بالخروج من المحطَّة إلى الفضاء الخارجي خلال بعض مراحل المهمة (كما سنرى لاحقاً).

لقد بدأت رحلات الفضاء استجابةً للفضول البشري في سبر أغوار الأرض والقمر والكواكب والشَّمس، وغيرها من النُّجوم والمجرات... حيث تجوب المركبات المأهولة خارج حدود الأرض، لجمع المعلومات القيِّمة عن الأرض والكون. فقد زار الإنسان القمر، وعاش في المحطَّات الفضائيَّة لفتراتٍ طويلة. وهكذا ساعدنا استكشاف الفضاء في معرفة ماهية العلاقة الحقيقية بين الأرض وبقية الكون، فهو يُجيبنا عن كيفية تكوُّن الشَّمس والكواكب والنُّجوم، وما إذا كانت هناك حياة في مكانٍ آخر من الكون؟

كما ذكرنا سابقاً، كان أوَّل إنسان ينطلق إلى الفضاء هو رائد الفضاء السُّوفيتي "يوري غاغارين" على متن المركبة الفضائيَّة "فوستوك-١" في ١٢ نيسان من عام ١٩٦١م، ليدور دورة كاملة حول الأرض بسفينته الفضائيَّة، في رحلةٍ استغرقت ١٠٨ دقائق. ثمَّ أطلق الأمريكيان رائداهم "ألان شيبيرد" في ٥ أيار من عام ١٩٦١م، لكنَّ رحلته كانت قصيرة جداً؛ بحيث استغرقت ١٥ دقيقة فقط، عندما قاد المركبة الفضائيَّة "فريدوم-٧" بشكلٍ عمودي واخترقت الغلاف الجوّي للأرض على ارتفاع حوالي ١٠٠ كيلومتر، ومن ثمَّ عادت إلى الأرض ليهبط شيبيرد بوساطة مظلة<sup>(٢٩)</sup>. وفي عام ١٩٦٣م، انطلقت السُّوفيتيَّة "فالتينا تريشكوف" بمركبتها الفضائيَّة "فوستوك-٦"، لتصبح أوَّل امرأة تزور الفضاء، حيث مكثت فيه لأكثر من

---

(٢٩) كتاب "سلسلة أعلام للنَّاشئة-٢٦" - أعلامٌ في ريادةِ الفضاء" / تأليف: محمد حسام

الشالاتي - الهيئة العامَّة السوريَّة للكتاب - دمشق ٢٠١٤م. ص ١٧-١٨.

ثلاثة أيام. وتوالى إرسال الأقمار الاصطناعية والمركبات الفضائية ضمن برنامج الفضاء الأمريكي "ميركوري" و"جيمني" و"أبولو"، وبرنامج الفضاء السوفيتي "فوسخود" و"سويوز" و"لونا"، وغيرها...<sup>(٣٠)</sup>

وفي عام ١٩٦٥م، أصبح رائد الفضاء السوفيتي "الْكسي ليونوف" أول إنسان يخرج للعوام في الفضاء، عندما تمكّن من الخروج من سفينته الفضائية "فوسخود-٢" إلى الفضاء الخارجي لمدة عشر دقائق، بعد ارتدائه بذلة فضائية خاصة، وذلك ليفحص المركبة من الخارج ويأخذ بعض الصور، بينما قام زميله "بافيل بلياييف" بالتحكم بالسفينة التي تتسع لرائدين.

وكانت قمة البرامج الفضائية "مشروع أبولو" الأمريكي الذي نجح في إنزال أول إنسان على سطح القمر، وهو "نيل أرمسترونغ" في ٢١ تموز من عام ١٩٦٩م، لتليه بعدها إنزالات قمرية متعددة وجلب نحو ٣٨٢ كيلو غرام من تربة القمر.

وحتى الآن، تُعدُّ روسيا والولايات المتحدة الأمريكية والصين، الدول الوحيدة التي لديها برامج عامة أو تجارية قادرة على تنفيذ رحلات فضائية بشرية. وتعمل شركات الرحلات الفضائية غير الحكومية على تطوير برامج فضاء بشرية خاصة بها، للسياحة الفضائية أو للأبحاث التجارية في الفضاء، على سبيل المثال. كانت أول رحلة فضائية بشرية خاصة هي رحلة شبه مدارية على متن المركبة الأمريكية "سبيس شيب ون" في عام ٢٠٠٤م. وتمَّ إطلاق أول طاقم مداري تجاري بوساطة طائرة فضائية

(٣٠) - كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٤.

- كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠م. ص ٢٤٣.



خاصّة هي "دراغون-٢" المصنّعة من قِبَل شركة "سبيس إكس" الأمريكيّة الخاصّة، في رحلة "كريو دراغون ديمو-٢" التي تمّ فيها نقل رائدي فضاء إلى محطة الفضاء الدُوليّة، في شهر أيار من عام ٢٠٢٠م.

## ١ - الإنطلاق:

عندما يقترب موعد إطلاق الصّاروخ إلى الفضاء وينتهي العدّ التنازلي إلى الصّففر، يندلع اللّهب ويعلو هدير المحرّكات، ويمكن رؤية وهج الغازات المحترقة تحت الصّاروخ. يبدأ الصّاروخ التحرك ببطء ويُتزعّج من قاعدة الإطلاق نزعاً ثمّ تزداد سرعته، ولا يمضي وقت قصير حتّى يعود لا يرى منه سوى وهجه الأزرق في السّماء مُتّجهاً إلى السّماء والنّجوم.

يُعرّف اتحاد الطّيران الدّولي "FAI" رحلة الفضاء، بأنّها أيّة رحلة طيران يزيد ارتفاع التحليق فيها عن ١٠٠ كيلومتراً (خط كارمان)، أمّا التعريف الأمريكي، فحدّد ذلك الارتفاع بما يفوق ٨٠ كيلومتراً. ويطلق مركبة الفضاء المأهولة "كرو-٢" التّابعة لشركة "سبيس إكس" الأمريكيّة الخاصّة يوم ٢٣ نيسان من العام الحالي (٢٠٢١م)، والتي نقلت أربعة رُؤاد إلى محطة الفضاء الدّوليّة، أصبحت مُحاولات إطلاق رحلات فضائيّة بشريّة تبلغ ٣٤٥ مُحاولّة، لم تتخطّ مهمّتان منها خط كارمان أو تعريف الولايات المتّحدة للفضاء؛ وبالتالي لا يمكن اعتبارهما رحلات فضائيّة، في حين عبّرت بعثتان أُخريتان التعريفين المذكورين، ثمّ تمّ إجهاضهما. ونجحت أربع بعثات في تحقيق رحلات فضائيّة بشريّة، لكنّها انتهت بفشلٍ فادح، حيث مات طاقمها أثناء العودة إلى الأرض. ووصلت ١٤ رحلة من هذه الرّحلات إلى أوج ارتفاعها فوق ٨٠ كيلومتر، لكنّها فشلت في تجاوز خط الـ ١٠٠ كيلومتر، لذلك لا تُعتبّر رحلات فضائيّة بموجب تعريف اتحاد الطّيران الدّولي.

ونظراً لاحتمالية إنفجار الصّواريخ الحاملة للمركبات الفضائية المأهولة أثناء الإنطلاق نحو الفضاء، فإنّ الكبسولات الفضائية تستخدم نوعاً من نظام الهروب من الإطلاق، والذي يتكوّن إمّا من صاروخ يعمل بالوقود الصّلب مُثبّت على برج الصّاروخ، لحمل الكبسولة بسرعة بعيداً عن مركبة الإطلاق، أو من مقاعد طرد لقذف رُؤاد الفضاء خارج الكبسولة بعيداً عنها، ثمّ قيامهم (الرُّؤاد) بتنفيذ هبوطٍ إفرادي بالمظلات. ويتم التخلُّص من برج الهروب المذكور في مرحلة ما بعد الإطلاق. وقد تجنّبت رحلتان من مركبات برنامج "فوسخود" الرُّوسي حادثتي إطلاق في عامي ١٩٦٤ و ١٩٦٥م، كانت تحمل كل مركبة منهما رائد فضاء واحد. ولا يكون نظام الهروب من الإطلاق عملياً دائماً للمركبات مُتعدّدة أفراد الطّاقم (وخاصّة الطّائرات الفضائية)، وذلك بسبب موقع فتحة (أو فتحات) الخروج في المركبة. وحمل مكوك الفضاء مقاعد طرد و منافذ هروب للطّيّار ومُساعده في الرّحلات المُبكّرة من برنامج المكوك، ونظراً لعدم إمكانية استخدامها من قِبَل المُسافرين الذين كانوا يجلسون أسفل سطح الطّائرة (المركبة المداريّة)، فقد تمّ إيقاف استخدام مقاعد الطرد و منافذ الهروب في رحلات المكوك اللاحقة. ولم يتم اللّجوء إلى نظام الهروب من الإطلاق في مركبات مُتعدّدة أفراد الطّاقم سوى في عمليّتي إطلاق؛ حدث الإجهاض الأوّل منهما مع إطلاق مركبة "سويوز-١٨ إيه" السّوفيتيّة في عام ١٩٧٥م، عندما فشلت المرحلة الثّانية لصاروخ الإطلاق في الانفصال قبل اشتعال المرحلة الثّالثة على ارتفاع ١٤٥ كيلومتر، فانحرفت المركبة عن مسارها، إلا أنّ الطّاقم تمكّن أخيراً من فصل المركبة الفضائيّة، وإطلاق مُحركاتها لسحبها بعيداً عن الصّاروخ الضّال، وهبط كلا الرّائدين بأمان. وحدث الإجهاض الثّاني مع إطلاق مركبة "سويوز إم إس-١٠" السّوفيتيّة أيضاً في عام ٢٠١٨م، بسبب الاصطدام

الذي حدث أثناء الفصل بين المرحلتين الأولى والثانية من الصّاروخ الحامل على ارتفاع ٥٠ كيلومتر تقريباً. ومرّة أخرى، نجا كلا الرّائدَيْن. وفي أوّل استخدام لنظام الهروب من الإطلاق حصل على منصّة الإطلاق، أي قبل بدء الرّحلة، حدث أثناء إطلاق مركبة "سويوز تي-١٠إيه" السّوفيتيّة أيضاً في عام ١٩٨٣م، والذي تمّ إحباطه قبل ٩٠ ثانية من الإقلاع بسبب حريق في مركبة الإطلاق، وهبط رائدا الفضاء اللذان كانا على متنها بسلام. وحدثت حالات وفاة الطّاقم الوحيدة أثناء الإطلاق في عام ١٩٨٦م، عندما تحطّم مكوك الفضاء "تشالنجر" بعد ٧٣ ثانية من الإقلاع على ارتفاع ١٣ كيلومتر، بسبب الطّقس السيّء وانخفاض درجات الحرارة قبل الإطلاق إلى ما دون الصّفر، والتي أدّت إلى انفصال الحلقات المطاطية التي تربط القسم السّفلي من مُعزّز الصّاروخ الصّلب الأيمن بالمكوك؛ فأحدثت الغازات الملتهبة ثقباً في خزّان الوقود الخارجيّ، ممّا أدّى إلى انفجار وقود الخزّان وانفصال الصّاروخين المُعزّزين، حيث قُتل جميع أفراد الطّاقم السّبعة.



الصورة رقم ٢٨: الإنطلاق نحو الفضاء

## ٢ - في المدار:

تدوم الرّحلات الفضائيّة المأهولة بالرّوّاد لساعات أو أيّام أو حتّى أشهر (في حالة الإقامة في محطة فضائيّة)، قبل عودتهم إلى الأرض. كل ذلك يتم بحسب ما هو مُخطّط له في مهمّة البعثة.

وخلال البعثة، يقوم الرّوّاد في الفضاء بمهمّات متعدّدة، منها قيادة سفينة الفضاء، وإجراء عمليّة التحامها مع سفينة أخرى أو مع محطة فضائيّة، وإجراء التّجارب والأبحاث العلميّة، وإصلاح أقمار اصطناعيّة أو سُفن فضائيّة أخرى... وقد تتضمّن المهمّة تنفيذ نشاطات خارج المركبة. وعلى الرّغم من المخاطر الكبيرة المتعلّقة بالفشل الميكانيكي أثناء خروج الرّائد من مركبته للعمل في الفضاء المفتوح، لم يُفقد أيُّ رائدٍ سبوح في الفضاء على الإطلاق. وهناك حاجة للرّوّاد الذين يسبحون في الفضاء لاستخدام الحبال، وأحياناً المراسي الإضافية، وإذا فشل ذلك، فمن المرجّح أن يطفو الرّائد ويسبح في الفضاء بعيداً عن المركبة؛ مدفوعاً بالقوى التي كانت تدفعه عند انقطاع الحبال أو انفصاله عن المراسي الإضافية. وقد يدخل رائد الفضاء الغلاف الجوّي للأرض مرّةً أخرى، ويحترق. وتوجد بروتوكولات محدّدة لمثل هذه المواقف، فرائد الفضاء يرتدي حقيبة طوارئ نفاثة على ظهره قبل خروجه من مركبته، ومن شأن تلك الحقيبة الظّهريّة أن تصدّ تلقائياً حركة ابتعاده عن المركبة. وتنصّ الخطة أيضاً على أنّه يجب على رائد الفضاء بعد ذلك القيام بالتحكّم اليدوي بالحقيبة الظّهريّة، والعودة إلى برّ الأمان (المركبة). مع ذلك، إذا نفذ وقود الحقيبة الظّهريّة البالغ وزنه ١.٤ كيلوغراماً، ولم يكن على مقربةٍ منه رائد فضاء آخر لمساعدته، أو إذا كان خرطوم الهواء قد تعرّض لأضرار لا يمكن إصلاحها في الحال، فإنّ السّيعة ستكون قاتلة بالتأكيد! وفي الوقت الحالي، لا توجد بعد مركبة فضائيّة لإنقاذ رائد عائم في

الفضاء، حيث إنَّ المركبة الوحيدة التي كانت لديها مقصورة مُؤمَّنة للهواء  
وجاهزة للإنقاذ (مكوك الفضاء الأمريكي) قد تقاعدت قبل ١٠ سنوات تقريباً.  
ويتوفَّر للرَّائد ما يُقارب لتر من الماء يستطيع شربه عبر قشَّة (قصبَة) في خوذته.  
وسيتنظر الرَّائد حوالي ٧.٥ ساعات حتَّى يَنفُذ الهواء القابل للتَّنفس قبل أن  
يموت بسبب الاختناق!



الصورة رقم ٢٩: رائد فضاء يسبح خارج محطة الفضاء الدوليَّة باستخدام ذراع آليَّة

أما بالنسبة لالتحام مركبتين مأهولتين في الفضاء، فقد جرى أول التحام من هذا القبيل في عام ١٩٦٩م، حين التحمت المركبتان السوفيتيتان "سويوز-٤" و"سويوز-٥"، وتبادلتا فردين من أفراد الطاقم. وجرى الالتقاء الأول الناجح بين مركبتين فضائيتين من دولتين مختلفتين في عام ١٩٧٥م، حين التحمت مركبة "أبولو" الأمريكية مع مركبة "سويوز" السوفيتية، كجزء من مشروع "أبولو-سويوز" التجريبي<sup>(٣١)</sup>.

### ٣- العودة إلى الأرض:

ليس ثمة سبب يمنع سفينة الفضاء التي تدور في مدار حول الأرض من أن تستمر في دورانها زمناً طويلاً ما دام لا يوجد هناك ما يُجَلُّ بتوازن القوى التي تتحكّم بوضعها. ولكن، نظراً لأن رائد الفضاء المُحتبس داخل القمرة أو الكبسولة لديه مقدار مُحدّد من الهواء والماء والغذاء، فإنّه لن يستطيع البقاء في الفضاء على قيد الحياة لمدة طويلة، فضلاً عن الإجهاد النفسي والعقلي الذي يتعرّض له في الفضاء الواسع والموحش، ولذلك لا بُدّ له من العودة إلى الأرض، ولو بعد حين. وتبقى مشاكل العودة والهبوط، التي تتلخّص في إنقاص سرعة الفضاء والخضوع لجاذبيّة الأرض ثمّ دخول الغلاف الجوّي ومواجهة سرعة سقوط الكبسولة عبر الهواء، والتي سوف تسخن نتيجة الاحتكاك وتحترق كالشّهْب النيزكيّة... لذلك تتخذ سفينة الفضاء مساراً حلزونياً نحو الأرض، عبر تشغيل الصّواريخ الكابحة المُخفّفة للسرعة. وبعد دخول السفينة إلى جو الأرض، وعلى ارتفاع مُعيّن، تنطلق منها مظلة واقية كبيرة تُمكن الكبسولة (ورائد الفضاء) من الهبوط

---

(٣١) كتاب "الموسوعة" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف - سويسرا ١٩٨٥م. ص ٥٠٤.

بسلام. وتلتقط طائرات عمودية (هيليكوبتر) رائد الفضاء من مكان هبوطه على اليابسة أو سطح الماء، لتحمله بسلام إلى وطنه. أمّا مكوك الفضاء، فكان يتم هبوطه على مدرج المطار الفضائي كما تهبط الطائرة العادية، لذلك كان يُعدُّ أكثر أماناً من كبسولة الفضاء.



الصورة رقم ٣٠: هبوط كبسولة فضائية إلى الأرض بالمظلات

في عام ١٩٦٧م، تعطلت مظلات هبوط كبسولة الفضاء الروسية "سويوز-١" أثناء هبوطها الاضطراري، ممّا أدّى إلى تحطّمها ومقتل الرائد الوحيد على متنها "فلاديمير كوماروف". وفي عام ٢٠٠٣م، قُتِل طاقم مكوك الفضاء الأمريكي "كولومبيا" المكوّن من سبعة أفراد عند عودتهم إلى الأرض، بعد إكمال مهمّة ناجحة في الفضاء. فقد تضرّرت الحافّة الأمامية من درع توجيه المركبة المدارية (القسم الوحيد من المكوك الذي يعود إلى الأرض)، المصنوعة من الكربون، بسبب قطعة رغوّة مجمّدة عازلة للخزّان الخارجي، كانت قد انفصلت واصطدمت بالجنّاح أثناء رحلة الإطلاق إلى

الفضاء؛ والتي تسببت بدورها في دخول الغازات الساخنة العائدة إلى الجناح وتدمير هيكله، ممّا أدّى إلى تحطّم المركبة المداريّة. (٣٢)

### ثالثاً - الهبوط على القمر:

بعد تحقيق عدد من المركبات غير المأهولة التابعة لبرنامج "لونا" الفضائي السوفيتي حول القمر بدءاً من عام ١٩٥٩م، نجحت المركبة الفضائيّة السوفيتيّة غير المأهولة "لونا-٩" بالهبوط على سطح القمر، في ٣١ كانون الثاني من عام ١٩٦٦م، فكانت أوّل مركبة فضائيّة غير مأهولة تحطّ على القمر. ثمّ تابعت عدّة رحلات من لونا في الهبوط على القمر، أنزلت اثنتان منها عربتين قمريّتين (سيارتين قمريّتين)، هما "لونوخود-١" عام ١٩٧٠م (التي كانت أوّل مركبة فضائيّة تستكشف سطح عالم يقع ما وراء الأرض)، و"لونوخود-٢" عام ١٩٧٣م (٣٣).

أمّا على الجانب الأمريكي، ففي ذروة "الحرب الباردة" بين الاتّحاد السوفيتي والولايات المتّحدة الأمريكيّة خلال أواخر خمسينيّات القرن الماضي، قام الجيش الأمريكي بدراسة جدوى اقتراح بناء موقع عسكري للبحث العلمي على القمر يعمل فيه بشر، بهدف قصف الأرض بالسلاح النووي! وتضمّنت الدّراسة أيضاً إمكانيّة إجراء تجارب نوويّة على القمر. كما طوّرت القوّات الجويّة الأمريكيّة، التي كانت في منافسة مع الجيش لأخذ الدور القيادي في برنامج الفضاء، خطتها المأثلة "لونكس". إلاّ أنّه في نهاية

---

(٣٢) كتاب "سلسلة تبسيط العلوم - ١- الصّواريخ والأقمار الصّنعيّة" / تأليف: وجيه السّمان - وزارة الثّقافة والإرشاد القومي - دمشق ١٩٦٢م.

(٣٣) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٢.



المطاف تمَّ إهمال كل هذه المقترحات، بسبب نقل "برنامج الفضاء" من الجيش إلى الوكالة المدنية "ناسا".

في عام ١٩٦١م، أعلن الرئيس الأمريكي الأسبق "جون كينيدي" بأنّه "على أمريكا خلال هذا العقد إرسال إنسان إلى القمر، على أن يعود سالمًا إلى الأرض"، وعندها بدأت المنافسة بين الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة الأمريكية للإنطلاق نحو الفضاء الخارجي والوصول إلى القمر. وفي عام ١٩٦٩م، وفي الأمريكيون بوعدهم قبل نهاية الموعد بسنة، عندما أرسلوا أوّل إنسان إلى سطح القمر هو "نيل أرمسترونغ"، وعاد مع فريقه إلى الأرض سالمين، ولو تأخر الأمريكيون قليلاً لاستطاع السوفيت أن يهبوا على سطح القمر قبلهم. فعندما وصل الأمريكيون إلى القمر، ألغى منافسهم السوفيت رحلتهم إلى القمر بسبب ارتفاع تكلفتها، وآثروا الاكتفاء بإرسال مركبة "لونا" لجلب عينات من سطح القمر والعودة بها إلى الأرض. فالغاية الأساسية لم تكن سوى منافسة قومية بين الأمريكيين والسوفيت. (٣٤)

واستعداداً للبعثات البشرية إلى سطح القمر، أرسلت ناسا عدّة مهمّات غير مأهولة إلى مدار القمر ضمن برامج "رانجر" و"المركبة المدارية القمرية" و"أبولو"، التقطت عشرات الآلاف من الصّور عن القمر، وأرسلت معلومات عن تكوينه. وأدّت مركبة "أبولو-٨" أوّل مهمّة مأهولة إلى مدار القمر في عام ١٩٦٨م، حيث كان على متنها رواد الفضاء "فرانك بورمان" و"جيم لوفل" و"وليام أندرز".

---

(٣٤) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٦.

بدأت الرحلة البشرية الأولى للهبوط على سطح القمر بإقلاع الصَّاروخ "ساتورن-٥" حاملاً السفينة الفضائية "أبولو-١١" وعلى متنها الرُّوَّاد الأمريكيَّين "نيل أرمسترونغ" (قائد المهمَّة) و"إدوين ألدرين" (المعروف باسم "باز ألدرين") و"مايك كولنز" (توفِّي خلال إعداد هذا الكتاب، يوم ٢٨ نيسان من عام ٢٠٢١)، من مُجمَع الإِطلاق في "مركز جون إف كينيدي الفضائي" بولاية "فلوريدا"، عند السَّاعة ٩.٣٢ صباحاً بالتوقيت الصَّيفي الشَّرقي للولايات المُتَّحدة من يوم ١٦ تموز من عام ١٩٦٩م، في رحلةٍ تاريخية هي الأولى لإنسان إلى كوكب، ووصلت سفينة الفضاء إلى مدار موقف الأرض بعد ١١ دقيقة، ثم بدأ رُوَّاد الفضاء رحلتهم نحو القمر. ويوم ٢١ تموز من عام ١٩٦٩م، وصل رُوَّاد فضاء مركبة أبولو إلى مدار القمر، بعد رحلة استغرقت مدَّة خمسة أيَّام، ثمَّ ولج الرائدان أرمسترونغ وألدرين إلى المركبة القمرية المُسمَّاة "إيغل" (النَّسر) التي انفصلت عن سفينة الفضاء، بينما بقى الرائد الثالث كولنز يدور حول القمر في السفينة. وعندما وصلت إيغل إلى ارتفاع ١١٢ كيلومتر من سطح القمر، قام أرمسترونغ بتشغيل المُحرِّك الصَّاروخي الكابح لتخفيف سرعة الهبوط، فهبطت المركبة القمرية بسلام في مكانٍ لا يبعد سوى ٦.٤ كيلومتر عن الموقع المُقرَّر للهبوط عليه، حيث كان موقع الإنزال في القسم الجنوبي الغربي من منطقة تُدعى "بحر الهدوء" على سطح القمر. وعند السَّاعة ١٠.٥٦ مساءً بالتوقيت الصَّيفي الشَّرقي للولايات المُتَّحدة من يوم ٢١ تموز ١٩٦٩م، أصبح نيل أرمسترونغ الإنسان الأوَّل الذي يزور القمر، بعدما فتح باب المركبة ونزل على السَّلْم باحتراس ووطأت قدماه سطح القمر، حيث شاهده أكثر من ٦٠٠ مليون مُشاهد على الأرض في نقلٍ تلفزيوني مُباشر من سطح القمر، واستمعوا له وهو يقول جملة الشهيرة في وصف

ذلك الإنجاز الهائل: "إنَّها خطوة صغيرة للإنسان، لكنَّها قفزة كبيرة للبشريَّة". ثمَّ انضم إدوين ألدرين إلى أرمسترونغ على سطح القمر بعد أقل من عشرين دقيقة، وأمضيا على سطحه في المُجمَل مدَّة ٢١ ساعة و٣٦ دقيقة و٤٦ ثانية. وخلال تلك السَّاعات القليلة التي أمضياها هناك، كان لديهما وقتٌ قصير لإجراء بعض التَّجارب العِلْمِيَّة، حيث قاما بجولة لمدَّة ساعتين و٣١ دقيقة لمسافة ٢٥٠ مترٍ، وجمعا عيَّناَت من تربة القمر. وقد ثبتَّ رائدا الفضاء علم بلدهما على سطح القمر، كما وضعَا هناك لوحة معدنية كُتِب عليها "هنا حطَّت أقدام رجلين من كوكب الأرض في تموز من عام ١٩٦٩ بعد الميلاد، لقد جننا بسلام باسم البشريَّة". وكان رُوَاد الفضاء الثلاثة قد قاموا بالتوقيع على اللوحة، كما وقَّعها الرئيس الأمريكي آنذاك "ريتشارد نيكسون". ثمَّ قام الرائدان بتثبيت أجهزة لقياس اهتزازات سطح القمر وظروفه المُنَاخيَّة، وبتركيب ثلاثة عواكس لقياس حركة الأرض والقمر بدقَّة كبيرة. بعد ذلك، عادا إلى المركبة إيغل وأدارا مُحركاتها الصَّاروخية، فصعدت برفق حتَّى التحمت مرَّةً أخرى بمركبة القيادة في مدار القمر الذي غادرته لتصل إلى مدار الأرض، وبدأت بالهبوط إلى أن اكتملت المرحلة النَّهائية (لتحدِّي كينيدي) عند السَّاعة ١٧.٥١ مساءً بالتوقيت الصَّيفي الشَّرقي للولايات المتَّحدة من يوم ٢٤ تموز من عام ١٩٦٩م، عندما هبطت المركبة في المُحيط الهادي على بُعد حوالي ١٥٠٠ كيلومتر جنوبي غربي "جزر هاواي"، حيث التقتهم السَّفينة البحريَّة "هورنيت" التي كان على متنها في استقبالهم الرئيس نيكسون بعد ارتدائهم ملابس وقائيَّة، قبل عزلهم لمدَّة ٢١ يوماً داخل مقصورة حجر صحي أُعدَّت خصَّيصاً لهم، خوفاً من أن يكونوا قد جلبوا معهم بكتريا أو أوبئة قمرية غير معروفة للإنسان على الأرض!<sup>(٣٥)</sup>

(٣٥) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٦.



الصورة رقم ٣١: رائد الفضاء الأمريكي نيل أرمسترونغ

وهكذا، عاد رُوَاد الفضاء الثلاثة سالمين إلى الأرض، بعدما أمضوا في الفضاء ١٩٥ ساعة و١٨ دقيقة و٢١ ثانية. وقد حملت أبولو-١١ العينات الجيولوجية الأولى من القمر إلى الأرض، حيث جَمَعَ رائدا الفضاء بالمُجْمَل مواد بلغ وزنها ٢١.٧ كيلوغراماً، من ضمنها ٥٠ قطعة من الصُّخور القمرية، وعيّنات صافية من التُّربة القمرية.<sup>(٣٦)</sup>

---

(٣٦) كتاب "سلسلة أعلام للنَّشئة-٢٦" - أعلامٌ في ريادةِ الفضاء" / تأليف: محمد حسام الشلاتي - الهيئة العامة السورية للكتاب - دمشق ٢٠١٤م. ص ٤١-٤٢-٤٣-٤٤-٥١-٥٢.

جدير بالذكر أنه عند انتهاء مُهمّة أرمسترونغ وألدرين على سطح القمر وعودتهما إلى مركبة الهبوط القمرية، واجهتهما صعوبة في تشغيل المركبة كان قد تسبّب بها ألدرين بشكل عرضي أثناء تحرّكه داخل المقصورة لتجهيز التّجارب خارج المركبة، عندما اكتشف أنه أتلف بالحقيبة الكبيرة التي يُعلّقها على ظهره - من دون قصد - مفتاح الدّارة الكهربائيّة اللازم لتشغيل المُحرّك الرئيسيّ؛ والذي يجب تشغيله لمدة ساعة قبل الإقلاع من سطح القمر! في ذلك الوقت، وأثناء بحث الرّائدَيْن عن حلّ للمشكلة، كان هناك على الأرض قلقٌ من أنّ تلك المُشكلة قد تمنع إطلاق المُحرّك، ممّا يؤدّي إلى تقطّع السّبُل بالرّائدَيْن على سطح القمر؛ لدرجة أنّ كاتب الخطاب الرّئاسي "ويليام سافير" أعدّ خطاباً عن حدوث كارثة على القمر ليُلقيه الرّئيس نيكسون على الأمة في حالة التّأكّد من حدوث الكارثة - لا محالة! كما اقترح سافير بروتوكولاً قد تتبّعه الإدارة ردّاً على مثل هذه الكارثة. فوفقاً للخطة، يقوم مركز إدارة المُهمّة الفضائيّة الأرضي بإغلاق الاتّصالات مع مركبة الهبوط القمرية، ويقوم رجل دين بالصّلاة لأجل رُوحِي الرّائدَيْن؛ في طقوس عامة تُشبه مراسم الدّفن في البحر. وهذا يُذكّرنا بأنّه لا يمكن تحقيق الإنجازات التاريخيّة، من دون أن يُشكّل الخطر جزءاً من الصّفقة! وأنّ حدوث الأمور الطّارئة شرٌّ لا بُدّ منه! لكن، وحسّن الحظ، كان بحوزة ألدرين "قلم فلوماستر" لتدوين الملاحظات، وذلك من ضمن الأدوات التي كانت مع الرّائدَيْن (المتّقاة بدقّة منعاً لزيادة الوزن)، حيث لجأ إليه ليحلّ محلّ مفتاح التّشغيل، فكان كافياً لتنشيط المُحرّك. ولو لم تخطر على باله تلك الفكرة، لما عاد الرّائدان ليرويا قصتهما التي ستبقى عبرةً للأجيال اللاحقة، بل كان الآخرون سيروونها عنها!



الصورة رقم ٣٢: رائد الفضاء الأمريكي إدوين ألدرين

إذا، ما حلّم به لوقيانوس السوري في القرن الثّاني للميلاد، والكاتب العلمي الفرنسي "جول فيرن" في القرن الثّاسع عشر، وكاتب الخيال العلمي الإنكليزي "هربرت جورج ويلز" في القرنين الثّاسع عشر والعشرين، وغيرهم... وأحد أكبر أحلام البشريّة في تاريخها؛ ألا وهو "الصّعود إلى القمر"، تحقّق في عام ١٩٦٩م<sup>(٣٧)</sup>. وتوالى بعد ذلك رحلات أبولو الأمريكيّة التي مكّنت رُواد الفضاء من الهبوط على سطح القمر

---

(٣٧) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٢٨.

خمس مرّات أخرى، فهبطت عليه مركبة "أبولو-١٢" في عام ١٩٦٩ م أيضاً، تبعها مركبتا "أبولو-١٤" و"أبولو-١٥" عام ١٩٧١ م، ثمّ "أبولو-١٦" عام ١٩٧٢ م، وأخيراً "أبولو-١٧" التي توقّف معها استكشاف القمر بمركبات مأهولة في ١٧ كانون الأوّل من عام ١٩٧٢ م. وبالنتيجة سافر أربعة وعشرون رائد فضاء إلى القمر حتّى الآن، تمكّن اثنا عشر رائد منهم فقط (كلهم أمريكيّون) من الهبوط على سطحه، خلال الفترة بين عامي ١٩٦٩ و ١٩٧٢ م، قاموا بإجراء تجارب علميّة كثيرة أثناء وجودهم هناك، وتركوا أجهزةً علميّةً جيوفيزيائيّةً طويلة العمر لقياس الحرارة والزلازل والجاذبيّة القمرية (بعضها يعمل حتّى الآن)<sup>(٣٨)</sup>، وقاموا بتصوير الأرض والنجوم الساخنة لأوّل مرّة بالضوء فوق البنفسجي، وبحثوا في "الرياح الشمسيّة" (وهي جزيئات مشحونة بالكهرباء تندفع من الشّمس؛ لا وجود لها على سطح الأرض)، و جلبوا معهم كمّياتٍ من التّربة والحجارة القمرية تزن نحو ٣٨٢ كيلوغراماً، تراوحت بين الغبار الناعم وكتلٍ بحجم كرة القدم، استخرجوا بعضها عبر حفر التّربة لعدّة أمتار، مثل "حجر بيغ مولالي" ورمال من مادة "الريغوليث"، وذلك لدراستها في المختبرات العلميّة الأرضيّة، حيث لا تزال تُضيف إلى قطاع العلوم معلوماتٍ قيّمة كل يوم، ولم يُسمح لأيّ منهم بالاحتفاظ بأيّ جزءٍ منها كتذكّار. وكانت تلك العينات القمرية بمثابة كنزٍ حقيقي، حيث يُدين علماء الكواكب لهذه الصّخور بالفضل في معرفتهم، فهي صخور قادمة من جسمٍ

---

(٣٨) كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠ م. ص ٢٤٥.

سهاويٍ آخر، وقد أوضحت لنا كيف تطوّر القمر خلال الأربعة مليارات ونصف سنة الأخيرة. معلومات كهذه لم تكن مُتوفّرة هنا على الأرض، لأنّ الأرض تُعيد تدوير صخورها، فمن خلال الصفائح التكتونية تتحرّك الصُّخور باتجاه قاع الأرض وتنصهر وتقذفها البراكين مرّةً أخرى، لذلك انمحت آثار الفترات المبكّرة للأرض. في المُقابل، يُعتبر القمر بمثابة "الأرشيف" لنا، حيث ظلّت آثار مراحل تطوّره باقية حتّى اليوم.



الصورة رقم ٣٣: أوّل خطوة بشرية على سطح القمر

لقد كانت كل سفينة فضائيّة من طراز "أبولو" تتكوّن من ثلاثة أجزاء، هي: مركبة الهبوط القمرية (الوحدة القمرية)، وهي الجزء الوحيد من السفينة الذي يحطّ على القمر، وتحوي رائدي فضاء فقط، حيث كانت



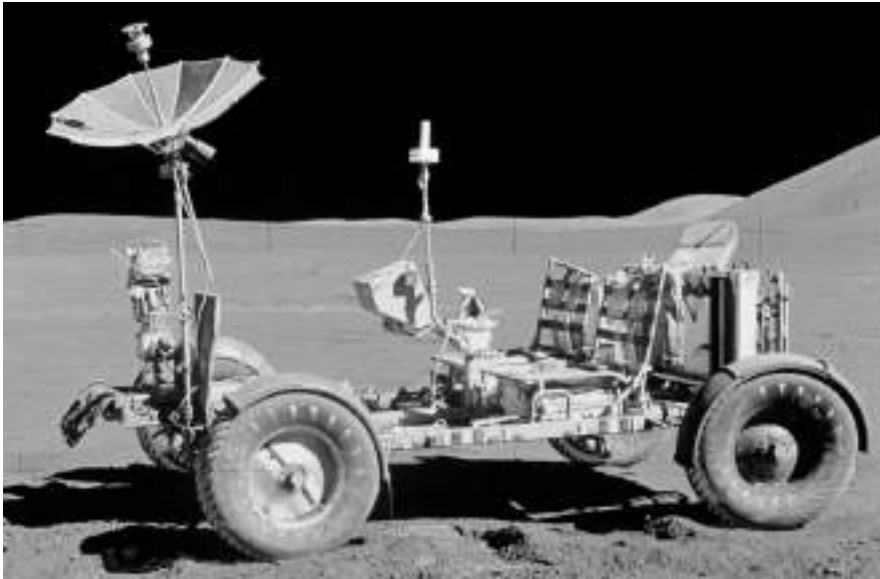
تهبط بهما من مركبة القيادة في مدارها حول القمر إلى سطحه، ثم تُعيدهما إلى المدار عند انتهاء زيارتهما للقمر (في نهاية المهمة على سطح القمر تنقسم المركبة القمرية إلى جزأين، فينطلق النصف الأعلى الذي يحمل الرائدتين إلى مركبة القيادة، مُستخدماً النصف الأسفل الذي يبقى على سطح القمر كمنصة إطلاق، وبعد مُعاودة النصف الأعلى الإلتحام بمركبة القيادة في مدار القمر وولوج الرُواد منه إلى مركبة القيادة، يتم فصله عن مركبة القيادة بسبب عدم الحاجة إليه، ليسقط على سطح القمر)، كما تُستخدم مركبة الهبوط كقاعدة ثابتة للمركبة الجوّالة على السطح. ثم هناك مركبة القيادة (وحدة القيادة)، وهي عبارة عن كبسولة تتسع لثلاثة رُواد فضاء، حيث كانوا يستقلونها في طريقهم إلى القمر، وكذلك في طريق عودتهم إلى الأرض، فهي الجزء الوحيد الذي يعود إلى الأرض. وهناك أيضاً "العربة الجوّالة القمرية" (السيارة القمرية) التي تم استخدامها في آخر ثلاث بعثات من برنامج أبولو (١٥ - ١٦ - ١٧)، خلال عامي ١٩٧١م و١٩٧٢م، والتي صُنعت بحيث يمكن طيها لتتسع في مساحة التخزين الخاصة بالوحدة القمرية<sup>(٣٩)</sup>. وقد بقيت تلك العربات الثلاثة بعد استخدامها على سطح القمر. أضف إلى ذلك الصّاروخ "ساتورن-٥" الذي كان يُوصّل السفينة ككل بدايةً إلى الفضاء. وأخيراً هناك مركبة الخدمة التي تحمل كل ما يحتاجه رُواد الفضاء في مهمّتهم بما في ذلك الهواء الذي يحتاجونه للتنفّس (قبل مُعاودة دخول السفينة الغلاف الجوّي للأرض، تنفصل مركبة الخدمة عنها وتصبح السفينة مؤلّفة من مركبة القيادة الحاملة للرُواد فقط).<sup>(٤٠)</sup>

(٣٩) المرجع السابق. ص ٢٤٥.

(٤٠) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٦.



الصورة رقم ٣٤: مركبة الهبوط القمرية التابعة لرحلة أبولو-١١ على سطح القمر



الصورة رقم ٣٥: العربة الجوالة القمرية التابعة لرحلة أبولو-١٥ على سطح القمر

وقد نتج عن برنامج أبولو ما مجموعه ١١ رحلة فضائية، اختبرت الرحلات الأربع الأولى منها (٧-٨-٩-١٠) المعدات المستخدمة في البرنامج، وهبطت ست من الرحلات السبع الأخرى على سطح القمر، وهي الرحلات من ١١ إلى ١٧ باستثناء الرحلة ١٣ التي دارت حول القمر من دون الهبوط على سطحه بسبب مشكلة واجهتها، ثم عادت بالرواد إلى الأرض بأعجوبة! وجرت أول رحلة فضائية لبرنامج أبولو في عام ١٩٦٨ م.

ومنذ ذلك الوقت، سرّت شائعات تقول إن هبوط مركبات أبولو المتتابع على سطح القمر كان قصة ملفقة، حيث يقول مُروّجو تلك الشائعات إن رائد الفضاء أرمسترونغ لم يُحقّق تلك الففزة الهائلة للبشرية؛ بل يُصرّون أيضاً على أن تلك المهمة القمرية عام ١٩٦٩ م كانت خدعة لتبرهن الولايات المتحدة أنها ربحت السباق نحو الفضاء. النقطة الهامة في المؤامرة الكبرى جاءت في ١٥ شباط من عام ٢٠٠١ م، عندما قدّمت شبكة "فوكس" التلفزيونية الأمريكية الشهيرة برنامجاً بعنوان "هل هبطنا على القمر؟"، حيث افترض البرنامج أن كامل قصة الهبوط كانت قد مُثّلت داخل استديو أفلام "هوليوودية" في قاعدة عسكرية أمريكية تقع في مكان ما من صحراء "موهافي" بولاية "نيفادا"؛ في المكان الشهير باسم "المنطقة ٥١". وقد ادّعى البرنامج أن:

١- العَلَم الأمريكي الذي كان على سطح القمر بدا أنه يُرفرف، بيد أنه لا يوجد رياح أو حتّى نسيم من أيّ نوعٍ على القمر، فالقمر خالٍ من المناخ، وبالتالي فهو خالٍ من الرياح.

٢- الصُّور الفوتوغرافية التي التقطها رُواد الفضاء لا تتضمّن أيّة نجوم، في الوقت الذي كان من المُفترض فيه هناك خارج

الغلاف الجوّي للأرض ظهور منظر مُذهل للنجوم. وبدلاً من ذلك ظهرت خلفية سوداء خاصّة، وذلك من أجل إخفاء الكابلات التي يُعلّقون بها الرّائدِين بشكلٍ كامل.

٣- الظلال الموجودة في الصُّور يظهر بأنّها قادمة من عدّة زوايا - وهو ما ليس مُفترَضاً على القمر، حيث لا يوجد إلا مصدر واحد للضوء هو الشَّمس، ولكنّ الأكثر افتراضاً هو أنّ ذلك كان داخل استديو أفلام، ومنابع الضّوء فيه كانت عبارة عن أجهزة إضاءة "بروجكتورات" مُتوضّعة على الأرض بارتفاعٍ قليل. فظلال الأشياء في الصُّور يُفترَض أن تكون مُتوازية، بينما ظهرت الظلال في الصُّور التي عرضتها ناسا لجميع الرّحلات إلى القمر وقد انحرفت عن بعضها، أي أنّها كانت غير مُتناسِقة (غير مُتوازية)، وهو ما يُسمّى "انفراج الظل"، ولا يمكن أن تصدر الظلال المنفِرجة إلا من مصدر ضوئي قريب، أمّا الشَّمس - وهي المصدر الوحيد للضوء على القمر - فهي بعيدة جداً ولا يمكن أن تصنع مثل هذا الانفراج في الظل؛ ما يعني أنّ الصُّور مُلفّقة أو أنّ هناك أكثر من مصدر ضوئي أثناء التقاط تلك الصُّور. ثمّ هناك الشُّطوع الغريب للأجسام، والذي ينبغي أن يكون مخفياً وراء الظلال، وهذه تبدو مثل نتائج إضافة "الوميض" (الFLASH) من قبل مُصوّر في الاستديو.

٤- علّم أحد الحجارة القمرية التي جلبها رُوّاد الفضاء معهم بحرف "سي" واضح، ويُفترَض أنّ تلك العلامة ليست بفعل كائنات

حيّة أخرى في الفضاء، بل هي دعامة للفيلم، وعلى الأغلب تمّ وضعها أثناء تجهيز الاستوديو للتصوير وتجهيز المشاهد وإعدادها.

٥- إنَّ مُستويات الإشعاعات الفضائيّة المُنبعثَة من الكون هي إشعاعات قاتلة، والغلاف الجوّي يحمينا منها على الأرض وإلى أفق مُحدّد من الفضاء، وهو الأفق الذي لا يجب أن يتعدّاه رُوّاد الفضاء في جميع رحلاتهم. ويحتاج البشر إلى عازل يتكوّن من عدّة طبقات (درع) من مادة الرّصاص ومن مواد أخرى بسماكة ٢ متر على الأقل، ولم يكن هناك أيُّ تغليف في مركبات برنامج أبولو، كما لا يمكن أن تُؤمّن ألبسة الرُوّاد الرقيقة المُكوّنة من عدّة رقائق من الألمنيوم ومواد أخرى حماية كافية لهم، فكيف تمكّن رُوّاد الفضاء من الحياة في رحلة تستغرق أيّاماً إلى ومن القمر؟

٦- إشارات الصليب (+) التي تُحدّد مركز التّصوير في الصُّور، ظهرت في بعض الصُّور وقد اختفى بعض من أجزائها خلف بعض الأشياء، وهي هفوات حدثت رُبّما بسبب السّرعة أو الملل الذي أصاب أعضاء طاقم التصوير (المُفترض).

٧- الصّوء كان مُسلّطاً على البقعة من القمر التي توجد فيها المركبة ونقاط أخرى مُحدّدة، في حين أنّ الظلام كان مُحيماً خارج مُحيط المركبة. وكما ذكرنا فإنّ مصدر الصّوء الوحيد على القمر هو الشّمس، فكيف يُجرب عن منطقة ما ويظهر في منطقة المركبة؟

٨- ظهر وجه جسم رائد الفضاء مُضاءً، في الوقت الذي كانت فيه الشّمس خلفه!

٩- تمّ التقاط صور للمركبة وهي تهبط على القمر، فمن الذي قام بالتقاطها؟ وما دام أرمسترونغ أوّل إنسان يضع قدمه على القمر، فمن الذي صوّره لحظة هبوطه هناك؟

١٠- يبلغ وزن مركبة الهبوط القمرية ١٧ طناً، وظهر في الصور تأثير أقدام رجال الفضاء على التربة واضحاً، في الوقت الذي لم تظهر فيه أية آثار على أرض القمر تُبيّن أنّ مركبة بهذا الوزن قد هبطت على هذا السطح!

١١- تبيّن فيما بعد أنّ الوقت الذي ذهبت فيه تلك المركبة إلى القمر كان من المستحيل فيه الهبوط هناك بسبب الرياح الشمسية الشديدة حينها.

١٢- عندما هبطت المركبة القمرية على القمر لم تُثير عاصفة أترية شديدة، وكان من المفترض نشوب عاصفة هناك، وأن تظلّ مُستمرة لعدة أيام! كذلك لم تُحدث أية فجوة تحتها!

١٣- عند هبوط مركبة الهبوط القمرية على القمر وكذلك عند مُغادرتها له، نسي فريق الإعداد أصوات هدير نفّاثات المحرّك الصّاروخي التي تُنتج خمسة أطنان من قوّة الدّفع، واكتفوا بأصوات رُوّاد الفضاء!

١٤- في الجزء المُظلم من القمر تنخفض درجة الحرارة إلى ٢٥٠ درجة مئوية تحت الصّفر، وفي الجزء المُضيء منه ترتفع الحرارة إلى ٢٥٠ درجة مئوية، وسُترات رُوّاد الفضاء لا يوجد فيها تبريد يُعادل درجات حرارة مثل ٢٥٠ درجة، فكيف سار الرُوّاد في الجزء المُضيء من القمر؟

١٥- تعليق الكاميرا بالسُّترة كان صعباً للغاية؛ إذ تمَّ تثبيتها على الصَّدر، وعلى الرَّغم من ذلك نجد آلاف اللقَّطات الممتازة المأخوذة بمهارة عالية، وكأَنَّها مُلتقطة بالفعل داخل استوديو.

١٦- نلاحظ من صور الفيديو أنَّ رُوَّاد الفضاء يهبطون على القمر ويسرون على أقدامهم وبالعربة السَّيَّارة القمرية (في رحلات أبولو ١٥ - ١٦ - ١٧)، وذلك بمُنتهى الوضوح، في حين أنَّ أغلب البثِّ التِّلْفزيوني من الفضاء كان وقتئذٍ مُشوَّش وضعيف ومُتقطع بسبب تقنيات ذلك العصر.

١٧- لماذا لم تُظهر الصُّور الملتقطة للإقلاع المُفترض للمركبة القمرية من سطح القمر أيَّ لهبٍ أو غازٍ عادم؟

١٨- لماذا مُنع رُوَّاد "أبولو-١١" من لقاء أيِّ شخصٍ لمدة شهر بعد الرِّحلة؟

١٩- ولماذا استقال مدير وكالة ناسا في ذلك الوقت قبل الرِّحلة بوقتٍ قصير؟

٢٠- كما أنَّ عَلم الولايات المتَّحدة الذي قام رائدا "أبولو-١١" بوضعه على القمر والقواعد الستَّة لمركبات الهبوط القمرية المتروكة هناك لم تتم مُشاهدتها من الأرض حتَّى وقتنا الحالي؛ حتَّى عبَّر أكبر التِّلْسكوبات وأكثرها تطوُّراً.

٢١- ولماذا تمَّ اغتيال المُحقِّق المسؤول الذي كان سيعلن فشل مُهمَّة البعثة الأولى (رُبَّما "أبولو-٩") برُوَّادها، قبل أن يبرح قاعدته.

بعد ذلك البرنامج امتلأت شبكة الإنترنت بشكل جنوني بنظريات مؤيدة ومُضادة. وعلى كل حال، أجمع العلماء الذين رفضوا نظرية المؤامرة على أن أصحابها تجاهلوا حقائق كثيرة. فالعديد من الأشياء حول مُهَمَّات أبولو لم يكن هناك مجال لاختلافها، بدءاً من إشارات الراديو التي سُمِعَت في العديد من المحطّات الأرضية حول العالم، إلى الصُّخور القمرية التي أُخِضَت لإعادة تحليل جيولوجية وظهر أن تاريخها يعود إلى عدّة ألفيات سابقة، كما أن أكثر من ٦٠٠ مليون إنسان من ٥٩ بلداً، راقبوا نيل أرمسترونغ وهو يمشي بقدميه سطح القمر، على الهواء مباشرةً.

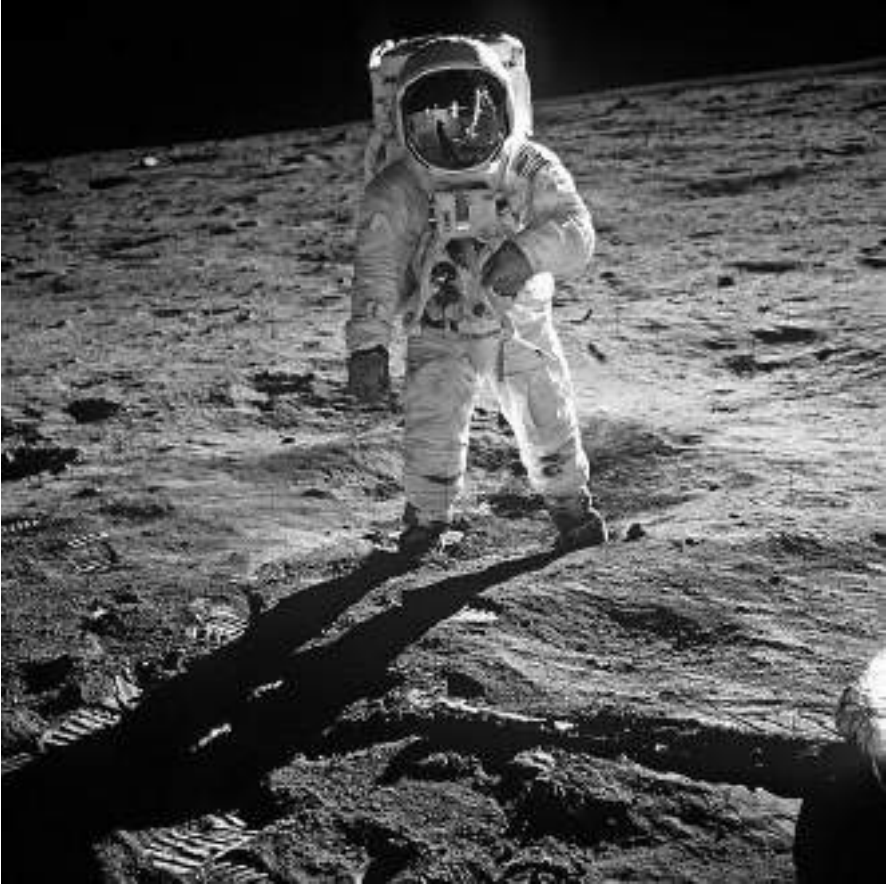
وقد قام علماء وكالة ناسا المؤيدين للهبوط على القمر بردودٍ غير مُقنعة على بعض نقاط التشكيك، في حين لم يُجيبوا على مُعظم النُّقاط الأخرى.

كان الردُّ على الظلال المنفرجة بأنّه عندما يتم النُّظر إلى صورة، فإنّها تبدو كمنظر ثلاثي الأبعاد تمَّ اسقاطه على بُعدين هما بُعدا الصُّورة، وعندما تدنو الشمس من الأفق يصبح الظلُّ أطول، وتصبح الأشياء المُختلفة البعيدة عن بعضها ذوات ظلال تبدو غير مُتوازية. وتمَّ الرد على ذلك بأنّ الأشياء التي ظهرت في الصُّور كانت قريبة من بعضها وغير مُتباعدة!

إذا ما استثنينا الصُّخور والتُّربة التي ادَّعت ناسا بأنّها أحضرتها من القمر، والتي يمكن تصنيعها في معامل خاصّة، وبالتُّركيبة المطلوبة، فإنّه لا يوجد لدى ناسا من أدلّة على وصول رُوادها إلى سطح القمر سوى بعض الصُّور والأفلام. وقد تمَّ توزيع بضعة غرامات من تلك التُّربة (القمرية) على عدّة جامعات حول العالم لتحليلها، ومن الممكن أن تعود تلك العينات إلى عينات التُّربة التي جلبها السُّوفيت (الرُّوس)، الذين أنزلوا بالفعل مركبات غير مأهولة على سطح القمر وجلبوا ما مجموعه ٣٠٠ غراماً من التُّربة القمرية.



كذلك هناك مُعضلات الصُّحون الطَّائرة المجهولة، فالرُّوَّاد ذهبوا إلى القمر ولم يجدوا كمِّيَّات كبيرة من الحجارة فقط، بل عثروا أيضاً على قرينة قوية تدلُّ على وجود حضارة خارجية قديمة تَمثَّل بمقابلتهم لأجسام غريبة طائرة قبل وصولهم لمدار القمر، وهو الاكتشاف الكبير الذي سَعَت ناسا - بصورةٍ يائسة - لإخفائه عن الجمهور منذ ذلك الوقت. فقد أُشيع أن أرمسترونغ شاهد أثناء وجوده على سطح القمر مركباتٍ فضائيةٍ أخرى وأطفالاً ضخمي الحجم، مُصطَفَّين على الجانب البعيد من حافة الفُوَّهة التي هبط عليها هو وزميله ألدرين، وكانت تلك (المخلوقات) تقوم بمُراقبتها. كما ادَّعى زميلها الآخر "إدغار ميتشيل"، الذي هبط على سطح القمر في رحلة "أبولو-١٤"، وجود كائنات أخرى في الفضاء. وكانت الحكومة الأمريكية تُعطي منذ عام ١٩٤٧م، على ما يُعرَف بـ "حادثة روزويل"، التي تتلخَّص في سقوط بالون مُراقبة عسكري تابع للقوَّات الجويَّة، يقوم بالتجسُّس على التَّجارب النوويَّة التي يقوم بها الاتِّحاد السوفيتي، وتحطُّمه في مزرعة مواشي بالقرب من مدينة "روزويل" في ولاية "نيو مكسيكو"، فأعلَنَ الجيش الأمريكي أن الحادث كان لبالون طقس تقليدي، بينما زعم مُدَّعو نظريات المؤامرة بأنَّ سفينة فضائيةٍ واحدة أو أكثر من خارج كوكب الأرض قد تحطَّمت هناك، وأنَّ مخلوقات من خارج الأرض عثُرَ عليها في مكان الحادث، وأنَّ الجيش قام بالتَّسُّرُّ على الموضوع! في حين يُؤمن البعض بأنَّ الحكومة الأمريكيَّة تقوم بإخفاء كائنات فضائية في القاعدة السريَّة "المنطقة ٥١" الموجودة بولاية نيفادا، حيث أبلغ سكَان محلِّيون وزائرون للمنطقة في عام ٢٠١٩م، عن رؤيتهم لأجسام غريبة تطير داخل الموقع، إلا أن هذه الأجسام رُبَّما تكون في الحقيقة طائرات تجسُّس حديثة تعمل الولايات المتَّحدة على تطويرها منذ سنوات؟



الصورة رقم ٣٦: رائد الفضاء الأمريكي نيل أرمسترونغ على سطح القمر

مهما يكن من أمر، فإنَّ الحقيقة الثابتة حالياً هي صحة هبوط البشر على القمر، خصوصاً في ظلِّ المراقبة الحثيثة من قِبَل الاتحاد السُوفيتي لأنشطة المنافس اللدود (الولايات المتَّحدة) على القمر، وعدم اعتراضه على صحة هبوط الأمريكان عليه، وعدم تشكيكه هو ووريثته (روسيا) بحقيقة وجود آثار الإنزالات الأمريكيَّة عليه حتَّى الوقت الرَّاهِن.

وكان السُوفيت هم أوَّل من قام باستكشاف الجانب المُظلم من القمر (أي الوجه المخفي الذي لا يمكن رؤيته من الأرض) عبر المركبة الفضائيَّة

"لونا-٢"، عندما قامت بجولات مدارية حول القمر في ١٢ أيلول من عام ١٩٥٩م، إلا أن أول من حطّ قدمه على سطح القمر هو الأمريكي "نيل ارمسترونغ"، كما ذكرنا. وقد أدّى "سباق الفضاء" المُستوحى من الحرب الباردة بين الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة الأمريكية التي كانت في أوجها، إلى تسريع الاهتمام باستكشاف القمر. لقد كان السوفيت الأرنب المغرور في هذا السباق، بينما بات الأمريكيون السُلحفاء التي ربحت. وما زاد من وقع (الفوز) الأمريكي تحطُّم المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-١٥" التي كانت ستقوم بجمع عينات من القمر في اليوم نفسه الذي ثبت فيه الأمريكيون علمهم عليه (٢١ تموز من عام ١٩٦٩م)، عندما ارتطمت بسطحه.

وبعد بضعة أعوام من توقُّف رحلات أبولو الأمريكية المأهولة إلى سطح القمر، اختتم السوفيت أيضاً مشروع لونا للمركبات القمرية غير المأهولة إليه في عام ١٩٧٦م، فكانت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢٤" آخر مركبة تحطَّت على القمر وتجمع عينات من سطحه. حيث توقَّف السباق نحو القمر، وتحوَّل تركيز استكشاف الفضاء في النصف الثاني من سبعينيات القرن الماضي إلى إرسال مجسَّات مثل مركبات برنامجي "بايونير" و"فويجر" الأمريكيين لاستكشاف النظام الشمسي الخارجي. تَبَعَ ذلك سنوات من الهدوء في الفضاء القريب من القمر، لم يكسرهما سوى البدء في "تدويل الفضاء والقمر" والتفاوض على "مُعاهدة القمر"، وهي اتفاقية تُنظِّم أنشطة الدُّول السَّلمية على القمر والأجرام السَّماوية الأخرى، وتحدِّد الولاية القضائية لجميع الأجرام السَّماوية (بما في ذلك المدارات حول هذه الأجرام) إلى الدُّول المشاركة، وبالتالي فإنَّ جميع الأنشطة ستكون مُتوافقة مع القانون الدولي، بما في ذلك ميثاق الأمم المتحدة. ومنذ إنشائها في عام ١٩٧٩م

وحَتَّى الآن، أصبحت ١٨ دولة أطرافاً في المعاهدة ليست من ضمنها أية دولة أرسلت رحلات فضائية (مأهولة أو غير مأهولة) إلى القمر أو لديها خطط للقيام بذلك، وهي الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا والصين! وبالتالي ليس لها صلة تُذكر بالقانون الدولي.

وبقي القمر غائباً عن النشاطات الفضائية البشرية حتى عام ١٩٩٠م، عندما أصبحت اليابان ثالث دولة تضع مركبة فضائية في مدار حول القمر، ووضعت تلك المركبة "هايتن" مسباراً صغيراً يُدعى "هاغورومو" في مدار حول القمر، لكنَّ جهاز الإرسال فشل ممَّا منع المزيد من الاستكشاف العلمي للبعثة. بعد تلك المهمة، اقتصر استكشاف القمر على بعض الرحلات غير المأهولة التي وصلت إلى مدار القمر، مثل المركبات الأمريكية "كليمنتين" و"غريل" و"مسبار" الليدي" وبعثة "مستكشف القمر المداري" (قمر اصطناعي لقياس ومراقبة القمر) مع مركبة "إلكروس" (لاستطلاع مدار القمر واستشعار فوهة على سطحه)، و"مسبار" سيلين كاغويا" الياباني، وبرنامج مركبات "تشانجي" الصيني، ومركبة "سمارت-١" الأوروبية، ومهمات "تشانديريان" الهندية... وذلك حتى ١٤ كانون الأوّل من عام ٢٠١٣م، عندما هبطت مركبة الهبوط القمرية التابعة للمركبة الفضائية الصينية "تشانجي-٣" على سطح القمر، والتي نشرت بدورها عربتها القمرية، لتصبح الصين ثالث دولة تنجح في الهبوط على سطح القمر بمركبات غير مأهولة، بعد الاتحاد السوفياتي والولايات المتحدة الأمريكية. وكان ذلك أوّل هبوطٍ على سطح القمر منذ هبوط المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢٤" عام ١٩٧٦م، وأوّل مهمةٍ لعربة قمرية منذ مهمة العربة السوفيتية "لونوخود-٢" عام ١٩٧٣م. وفي ٣ كانون الثاني من عام

٢٠١٩م، حققت الصّين أوّل هبوطٍ في التاريخ على الجانب المُظلم من القمر، عبر المركبة الفضائيّة "تشانجي-٤". أمّا في ١ كانون الأوّل من عام ٢٠٢٠م، فقد أنجز المسبار الفضائي الصّيني "تشانجي-٥" هبوطه على سطح القمر، وغرس العلم الصّيني عليه وجمع حوالي ١٧٣١ جراماً من عيّنات القمر وحملها إلى الأرض.<sup>(٤١)</sup>

في عام ٢٠٠٧م، أنتجت شركة الإنترنت العملاقة الأمريكيّة الشهيرة "غوغل" فيلماً عن إتمام رحلة مأهولة ناجحة إلى القمر، تحقّق فيه حلم البشريّة في العودة إليه. إلا أنّ هذا لم يكن سوى فيلماً دعائياً للمسابقة التي أطلقتها تلك الشركة بالتعاون مع "مؤسسة إكس برايز" الأمريكيّة أيضاً، وتُدعى "جائزة إكس برايز القمريّة"، لتشجيع المساعي التجاريّة من القطاع الخاص والهيئات غير الحكوميّة من جميع أنحاء العالم على استكشاف القمر. وكان من المقرّر منح جائزة قدرها ٢٠ مليون دولار لأوّل مشروع يصل روبوته إلى القمر بمركبة هبوط آليّة غير مأهولة، والتجوّل به لمسافة ٥٠٠ متر على سطح القمر، وإرسال مقاطع فيديو وصور عالية الدقّة إلى الأرض، وذلك بحلول نهاية عام ٢٠١٢م (تمّ تمديد الموعد عدّة مرّات حتّى أصبح الموعد النهائي في شهر آذار من عام ٢٠١٨م)، ويتلقّى الفريق الفائز بالمركز الثّاني جائزة بقيمة ٥ ملايين دولار، مع جوائز إضافية بقيمة ٥ ملايين دولار أخرى كعلاوات لتحقيق المزيد من الإنجازات والأحداث الهامة، مثل العثور على تذكارات متروكة من زيارات مركبات الفضاء الأميركيّة "أبولو" المتعدّدة إلى سطح القمر، أو من رحلات استكشاف القمر الرّوسيّة التي تمّت في عهد

---

(٤١) لمراجعة الملحق رقم "٢" المتضمّن تاريخ استكشاف القمر بالمركبات الفضائيّة المأهولة وغير المأهولة.

الاتحاد السوفيتي، أو معاينة المواد المختلفة من تلك المركبات عند بقائها في الفضاء لأكثر من خمسين عاماً، بما في ذلك تطور حالة الأحزمة الجليدية والمقاعد البلاستيكية وغيرها من المواد... أو في حالة اكتشاف ماء مُجمد على القمر، أو إبقاء المركبة الفضائية في حالة نشاط على سطح القمر طوال الليل. حيث شارك ٢٤ فريقاً في المنافسة التي انحصرت أخيراً بين خمسة فرق لم يستطع أيٌّ منها الفوز بالجائزة لأنهم لم يتمكنوا من إجراء محاولة الإطلاق بحلول الموعد النهائي، إلا أن مؤسسة إكس برايز قامت بمنح جوائز جزئية (مليون دولار وما دون) للفرق التي حاولت إطلاق مركباتها ولم تنجح في الهبوط على القمر أو اصطدمت به وتحطمت. وما زالت الشركتان تتعهدان بمنح هذه الجوائز (العلاوات) حتى يومنا هذا.

#### رابعاً - الهبوط على المريخ:

يُشكّل البحث عن الحياة على كوكب آخر لغزاً لا يزال يشغل بال علماء الفضاء، وعندما نتحدّث عن الحياة خارج الأرض، فغالباً ما نقصد كوكب المريخ الذي يُعدُّ من أكثر الكواكب التي تُثير فضول الباحثين ووكالات الفضاء العالمية حالياً، فهو أكثر كوكب يُحتمل وجود حياة فيه. ومنذ أكثر من قرن من الزمان، لاحظ العالم الفلكي الإيطالي "جيوفاني تشابارييلي" خطوطاً غير اعتيادية على سطح ذلك الكوكب الأحمر، وحنَّ أنها قنوات ضخمة بناها سُكَّان المريخ، لكننا الآن ندرك أن تشابارييلي لم يرَ قنوات، بل كانت تلك شوائب في مقرابه. ومنذ ذلك الحين بدأ التفكير في أننا لسنا الوحيدين في هذا الكون. ثم انتشرت في ثلاثينيات القرن الماضي شائعات مفادها أن على المريخ مخلوقات صغيرة خضراء اللون تستعد لغزو الأرض، وسبب تقرير كاذب حول هبوط سُكَّان المريخ على الأرض رُعباً في الولايات المتحدة الأمريكية،

لا سيَّما بعد تمثيل رواية "حرب العوالم" للكاتب الإنكليزي "هربرت ويلز" عبر "هيئة الإذاعة البريطانية" (بي بي سي) في عام ٢٠١٩م؛ ما عزَّز الاعتقاد بوجود حياة أخرى على غير كوكب الأرض!



الصورة رقم ٣٧: مارس إكسبرس الأوروبّيّة في مدار المريخ

وقد تمَّ حتّى الآن إرسال أكثر من ٣٠ مسباراً فضائياً إلى هذا الكوكب الأحمر لكشف أسراره. وفي الوقت الذي باءت فيه محاولات كثيرة للهبوط عليه بالفشل، مثل محاولة مركبة "مارس-٣" السوفيتيّة التي فقدت الاتصال بها بعد ثوانٍ من هبوطها السلس على المريخ في كانون الأوّل من عام ١٩٧١م، نجحت محاولات أخرى في إرسال بيانات وصور مهمّة إلى الأرض. ومن هذه المحاولات النّاجحة عربة وكالة الفضاء الأوروبّيّة "مارس إكسبرس"، التي تُرسل بياناتٍ وصوراً مُذهلة حقاً عن هذا الكوكب الأحمر منذ عام ٢٠٠٣م، ومِسبار وكالة الفضاء الأمريكيّة "كريوسيتي روفر"، الذي يجمع عينات من تربة وصخور المريخ منذ عام ٢٠١٢م. وفي ٢٤ أيلول من عام ٢٠١٤م، أصبحت الهند رابع دولة تزور المريخ، عندما وصلت المركبة الفضائيّة "مارس أوربيتر" إلى مداره، في أوّل

مُهَمَّةٌ لِلهِنْدِ تَتَضَمَّنُ السَّفْرَ بَيْنَ الكَوَاكِبِ. أَمَّا فِي العَامِ الحَالِي (٢٠٢١م)، وِيَوْمِ ٩ شَبَاطٍ مِنْه بِالتَّحْدِيدِ، فَقدِ أَصْبَحَتِ الإِمَارَاتُ العَرَبِيَّةَ المُتَّحِدَةَ خَامِسَ دَوْلَةٍ تَقُومُ بِمُهَمَّةٍ نَاجِحَةٍ إِلَى المَرِيخِ، بَعْدَ أَنْ أَدخَلَتِ مَرَكَبَةَ مَدَارِيَّةً إِلَى العِلافِ الجَوِّيِّ لِلْمَرِيخِ. وَهَبَطَتِ العَرَبَةُ الجَوَّالَةَ "بِرِسْفِيرِنْسِ رُوْفَر" التَّابِعَةَ لوكَالَةِ نَاسَا عَلَى سَطْحِ المَرِيخِ بِنَجَاحٍ يَوْمَ ١٨ شَبَاطٍ مِنَ العَامِ الحَالِي أَيْضاً، مَصْحُوبَةً بِطَائِرَةٍ عَمُودِيَّةٍ (هِيلِيكُوبْتِر) صَغِيرَةٍ تُدْعَى "إِنجِينُوتِي"، المُصَمَّمَةَ لِإِخْتِبَارِ الثَّبَاتِ أَثْنَاءِ الطَّيْرَانِ فِي جَوِّ المَرِيخِ المُخْلَخِلِ، وَالتِّي سَتُسَاعِدُ العَرَبَةَ عَلَى كَشْفِ أَفْضَلِ مَسَارٍ لَهَا عِنْدَ اسْتِكْشَافِ بَعْضِ المَوَاقِعِ هُنَاكَ وَدِرَاسَتِهَا. وِيَوْمِ السَّبْتِ المُوَافِقِ لـ ١٥ أَيَّارِ الحَالِي، نَجَحَتِ الصِّينُ فِي إِنْزَالِ رُوبُوتِ صَغِيرٍ يُدْعَى "تَشُورُونغ" التَّابِعِ لِمْسَابَرِ "تِيَانُونِ-١" عَلَى سَطْحِ المَرِيخِ، حَيْثُ هَبَطَ بِوَسَاطَةِ مَرَكَبَةٍ هَبُوطٍ مِنَ الْمِسَابَرِ الَّتِي كَانَتْ قَدْ وَصَلَتْ إِلَى مَدَارِ المَرِيخِ يَوْمَ ١٠ شَبَاطِ المَاضِي، وَالتَّقَطَّ صُوراً لِلْكَوْكَبِ الأَحْمَرِ. وَيَزِنُ الرُّوبُوتُ تَشُورُونغَ أَكْثَرَ مِنْ ٢٠٠ كِيلُوغْرَامٍ، وَهُوَ مُزَوَّدٌ بِأَرْبَعَةِ أَلْوَاحِ شَمْسِيَّةٍ لِإِمْدَادِ الطَّاقَةِ، وَبِكَامِيرَاتٍ وَرَادَارٍ وَأَجْهَازَةَ لِيْزِرِيَّةٍ، مِمَّا سَيَسْمَحُ لَهُ بِدِرَاسَةِ بِيئَةِ المَرِيخِ وَتَحْلِيلِ تَكْوِينِ صَخُورِ الكَوْكَبِ. وَيَتِمُّ التَّحَكُّمُ بِالرُّوبُوتِ عَن بُعْدٍ، وَيُفْتَرَضُ أَنْ يَعْجَلُ لِمُدَّةِ ثَلَاثَةِ أَشْهُرٍ، بِخِلَافِ الْمِسَابَرِ الَّتِي سَيُظَلُّ يَعْجَلُ لِفَتْرَةٍ أَطْوَلَ. وَبِالمُحْصَلَةِ، يَسْتَضِيفُ المَرِيخُ اليَوْمَ ١٢ مَرَكَبَةً فِضَائِيَّةً عَامِلَةً، ثَمَانِيَةً مِنْهَا فِي مَدَارِهِ، هِيَ "٢٠٠١ مَارِسِ أُوْدِيْسِي" وَ"مَارِسِ رِيكُونَايسَانْسِ أُوْرِيْبِيْتِر" وَ"مَافِين" الأَمْرِيكِيَّةَ، وَ"مَارِسِ إِكْسَبِرْس" الأُوْرُوْبِيَّةَ، وَ"إِكْسُومَارِسِ تَرِيْسِ غَازِ أُوْرِيْبِيْتِر" الأُوْرُوْبِيَّةَ-الرُّوسِيَّةَ، وَ"مَارِسِ أُوْرِيْبِيْتِر" الهِنْدِيَّةَ، وَمِسَابَرِ "الأَمَل" الإِمَارَاتِيَّ، وَمِسَابَرِ "تِيَانُونِ-١" الصِّينِيَّ. وَأَرْبَعٌ مِنْهَا عَلَى سَطْحِ الكَوْكَبِ، هِيَ "كْرِيُوسِيْتِي" وَ"إِنْسَايْت" وَ"بِرِسْفِيرِنْسِ رُوْفَر" الأَمْرِيكِيَّةَ، وَرُوبُوتِ "تَشُورُونغ"



الصَّيْنِي. كُلُّهَا تَهْدَفُ لِدِرَاسَةِ سَطْحِ الْمَرِّيخِ وَمُنَاخِهِ وَجِيُولُوجِيَّتِهِ، وَالبَحْثِ  
عَنْ وَجُودِ حَيَاةٍ فِيهِ، وَدِرَاسَةِ إِمكَانِيَّةِ حَيَاةِ البَشَرِ عَلَيْهِ؟

إِنَّ اِخْتِلَافَ تَرَكِييبَةِ كَوَكَبِ الأَرْضِ عَنْ سَائِرِ الكَوَاكِبِ الأُخْرَى الَّتِي  
تُمَثِّلُ المَجْمُوعَةَ الشَّمْسِيَّةَ، جَعَلَ العُلَمَاءَ يَفْتَرِضُونَ وَجُودَ كَوَكَبٍ بَيْنَ سَائِرِ  
الكَوَاكِبِ المُنْتَشِرَةِ فِي الكَوْنِ يُشْبِهُ كَوَكَبَنَا الَّذِي نَعِيشُ عَلَيْهِ. وَيُعَدُّ الْمَرِّيخُ  
أَفْضَلَ مُرْشِحٍ فِي النِّظَامِ الشَّمْسِيِّ لِلْبَحْثِ عَنْ وَجُودِ حَيَاةٍ أُخْرَى خَارِجَ  
كَوَكَبِ الأَرْضِ؛ صَحِيحٌ أَنَّ هُنَاكَ كَوَاكِبَ أُخْرَى مُرْشِحَةٌ، كَقَمَرِ "أُورُوبَا"  
(سَادِسُ أَقْرَبِ قَمَرٍ لِلْمُشْتَرِيِّ) أَوْ قَمَرِ "تَيْتَان" (أَكْبَرُ أَقْمَارِ زُحَلِ)، لَكِنَّ  
الْمَرِّيخَ أَقْرَبَهُمْ إِلَى الأَرْضِ، وَالْوَصُولُ إِلَيْهِ أَسْهَلُ.

يَشَعُّ الْمَرِّيخُ فِي السَّمَاءِ كَنَقْطَةِ حَمْرَاءٍ تَبْدُو بَعِيدَةً عَنَّا، مَعَ أَنَّهُ جَارٌ مُبَاشِرٌ  
لَنَا. وَلِفْتَرَةٍ طَوِيلَةٍ، لَمْ يَكُنْ لَدَى عُلَمَاءِ الكَوَاكِبِ سِوَى صُورَةٍ غَامِضَةٍ عَنْهُ.  
تَكشِفُ لَنَا المَسَابِرَ الَّتِي تَدُورُ حَوْلَهُ عَنْ عَالَمٍ بَارِدٍ وَمُقْفَرٍ، كُلُّ هَذَا ذَكَرَ عُلَمَاءُ  
الكَوَاكِبِ لِفْتَرَةٍ طَوِيلَةٍ بِهَا وَجُدُوهُ عَلَى سَطْحِ القَمَرِ؛ مِنْ حَصَى وَرَمَالٍ  
وَصَحْرَاءٍ! لَكِنَّ الْمَرِّيخَ يَمْتَلِكُ سِرًّا لَمْ يُكْتَشَفْ إِلَّا فِي السَّنَاتِ الأَخِيرَةِ، وَرُبَّمَا  
يُخْبِرُنَا شَيْئًا عَنْ مَصِيرِ الأَرْضِ؛ إِنَّهَا حَفْرٌ كَبِيرٌ تُغْطِي سَطْحَهُ، وَهِيَ أَكْبَرُ  
بَعِشْرِ مَرَّاتٍ مِمَّا هِيَ عَلَى الأَرْضِ. فَاليَوْمِ اكْتَشَفَ العُلَمَاءُ أَنَّ الرِّيَّاحَ عَلَى الْمَرِّيخِ  
تَدْفَعُ الكُثْبَانَ المُتَحَرِّكَ مَسَافَةً سِتَّةَ أَمْتَارٍ فِي السَّنَةِ. وَحَتَّى الآنَ، لَا يَزَالُ  
الإِعْتِقَادُ بِأَنَّ العِلاَفَ الجَوِّيَّ لِلْمَرِّيخِ أَرْقُ مِنْ أَنْ يُسَبِّبَ العَوَاصِفَ، لَكِنَّ  
الصُّورَ الجَدِيدَةَ تُظْهِرُ بوضوحٍ أَنَّ مَنَاطِرَ طَبِيعِيَّةِ حَيَّةٍ وَجَمِيلَةٍ تَتَشَكَّلُ تَبَعًا  
لِأَتْجَاهِ الرِّيحِ، وَالمُكُونُ الأَسَاسِي عَلَى سَطْحِهِ هُوَ الصُّخُورُ وَالعُبَارُ المَجْهَرِي  
الدَّقِيقُ. إِذَا، كَانَ الْمَرِّيخُ نَشِيطًا كَمَا هِيَ عَلَيْهِ الأَرْضُ اليَوْمِ. وَهُنَاكَ بَرَاكِينُ  
مُماثِلَةٌ لِبَرَاكِينِ الأَرْضِ، مِثْلُ بَرَكَانِ "أُولْمَبُوسِ مُونِس" الَّذِي يُعَدُّ الأَعْلَى فِي

المجموعة الشمسية، بارتفاع قمته البالغة ٢٦ كيلومتراً. أمّا حفرة "فليس مارينيريس"، وهي الندبة الكبيرة في وجه الكوكب الأحمر، فإنّها لم تنشأ كما كان مُعتقداً حتّى سبعينيّات القرن الماضي بسبب أحد النيازك، وإنّما بسبب احتراق كتل هائلة من الحُمم لقشرة المريخ. وللمُقارنة، فإنّ "الأخدود العظيم" في الولايات المتّحدة الأمريكيّة أصغر من أيّ من الوديان الفرعية الكثيرة على المريخ. ولدى مُعاينة صور المريخ، تبدو هناك أرضيّة مُسطّحة، ثمّ تظهر شقوق صخرية ضخمة بعلو ٧ كيلومترات، ولا بُدّ من أنّ شيئاً يخبئ هناك كان علماء الكواكب يعتقدون سابقاً بأنّ وجوده غير مُمكن. ففي عام ٢٠٠٨م، عثروا على آثارٍ تُشبه بعض أنواع السّلاسل الجبلية الموجودة هنا على الأرض، التي تُعرّف باسم "الجلادات"، أو بتعبير أدق تضاريس صخرية شكّلتها الكتل الجليدية في العصر الجليدي. وبتدقيق صور الأقمار الاصطناعية اكتشفوا شيئاً أعجب لا يتناسب مع صورة الكوكب الصحراوي؛ آثار واضحة بأنّ شيئاً ما كان يتدفّق في هذه الشقوق، إنّهُ ماء كان يندفع من الوديان بطاقة كبيرة وبكميّات ضخمة! تُثبت الصّور اليوم بأنّ المريخ شهد فترات دافئة، ولا بُدّ خلالها من وجود ماءٍ سائل عليه، ولكن أين اختفى هذا الماء؟ إنّ الشّيء الرّابض على قطبي المريخ ليس جليد الماء، وإنّما جليدٌ جاف من ثاني أكسيد الكربون تبلغ سماكته ٥ كيلومترات، والحرارة هناك تنخفض إلى ١٣٠ درجة مئويّة تحت الصّفر. لكن في عام ٢٠٠٩م، اكتشف العلماء جليد ماء، تمثّل في البقع البيضاء الدّقيقة على سطح القطب الجنوبي للمريخ. كذلك اكتشفوا أنّه في حال ذوبان جليد الماء بالكامل سينغمر المريخ كله بماءٍ يصل ارتفاعه إلى ١١ متراً، لكنّ البرودة الشّديدة والضغط الجوّي المنخفض يحولان دون ذلك. لقد كانت لحظة

فريدة عندما تمّ اكتشاف جبال مُتطاولة عند القطب الجنوبي؛ هضاب بطول مئات الأمتار، وماء مُتجمّد على السّطح بسماكة بضعة سنتيمترات.

لقد شهّد المريخ تغييرات مُناخية كبيرة، لكنّ ذلك كان قبل زمنٍ طويلٍ جداً، حيث تحوّل المُناخ فيه من مُناخ يتّسم بالدّفء والرّطوبة إلى مُناخٍ جافٍ وبارد كما هو الحال هناك اليوم. وهناك نظريّة تقول إنّ المريخ كان مُحاطاً بحقلٍ مغناطيسي كما هي عليه الأرض اليوم، وهذا الحقل المغناطيسي كان يحمي الجوّ المُحيط بالكوكب من الإشعاعات الكونيّة المُحمّلة بالطّاقة، ويحمي الكوكب أيضاً من الرّياح الشّمسية المُحمّلة بالجزيئات، المُحمّلة بدورها بالطّاقة، والتي تُمزّق الجوّ المُحيط بالكوكب فتتطاير جزيئات الغاز في الفضاء، ومن المُحتمل أنّه في نفس الوقت الذي انهار فيه المُناخ على المريخ، توقّف الحقل المغناطيسي عن العمل.

وبالنظر إلى بُعد كوكب المريخ عن الشّمس، فإنّه لم يكن شبيهاً بالأرض في الماضي لأنّه ببساطة يحتاج إلى شروطٍ أخرى، وذلك على الرّغم من وجود وجوه شَبّه مع الأرض، مثل وجود الماء على سطحه في الماضي، وكما نعرف فإنّ الماء هو أساس الحياة، ولكننا لا نعرف إذا كانت هناك حياة على سطح المريخ؟! إلا أنّ المعلومات التي تجمعها المسابر الفضائيّة عن كوكب المريخ تُساعدنا في معرفة المزيد عن كوكب الأرض، فهي تُمكننا من إلقاء نظرة على ماضي ذلك الكوكب من خلال إلقاء نظرة على العمليات الجيولوجية التي تجمّدت هناك، ونحن اليوم نُشاهد على سطحه أشياء قديمة جداً يصل عمرها إلى حوالي ٤٠٠٠٠٠٠٠ سنة، وهو شيء لا يمكن مُشاهدته على سطح الأرض، أي أنّنا نتعلّم من كوكب المريخ الكثير حول ما حصل على كوكب الأرض في العصور القديمة. وقد تمّ اختيار المكان

المُناسب لمِسبار كُريوسيتي الأُمريكي لجمع العيّنات، وهذا المكان كان مُجمّعاً للمياه ورُبّما بُحيرة، وفيها تجمّعت الكثير من التّرُسبات، وهناك يقوم المِسبار بالحفر وتجميع العيّنات وتحليلها. وقد أظهرت أولى العيّنات بأنّها أحجار مُترسّبة في قاع البُحيرة التي قد تكون مياهها شبيهة بمياه الشُّرب الموجودة على سطح الأرض، أي غير حمضيّة ولا قلوّيّة، وتتكوّن من نفس العناصر الكيميائيّة اللازمة لمياه الشُّرب.



الصورة رقم ٣٨: عربة مِسبار الفضاء الأُمريكي كُريوسيتي

في الواقع اكتشف الباحثون صخوراً على هذا الكوكب تُشبه الحُمم البركانيّة، ووجدوا دلائل تُشير إلى وجود أنهار ورُبّما مُحيطات. والآن تعقد مراكز الفضاء في العالم، ومنها المركز الألماني للملاحة الجوّيّة والفضائيّة "DLR"، آمالاً كبيرة على مِسبار كُريوسيتي الذي يستكشف المريخ ويفحص عيّنات من تُربته لمعرفة ما إذا كانت هناك في الماضي كائنات حيّة تعيش على هذا الكوكب الأحمر؟

يتعرّض المريخ (الحالي) لتأثير الأشعة الكونية باستمرار، وتبلغ قيمة الضَّغَطِ الجَوِّيِّ عليه ٧ ميلليبار فقط<sup>(٤٢)</sup>، فالجو هناك باردٌ جداً وجاف، فهل يا تُرى توجد حياة عليه؟ يرى العلماء أن هذا الأمر مُمكن لأن الكائنات المجهرية والميكروبات لها قدرة تحمُّل عالية، ورُبَّما يُمكنها العيش والتطوُّر على المريخ. إلا أن العلماء يُريدون أن يعرفوا فيما إذا كانت الحياة قد نشأت على الأرض فقط أم على المريخ أيضاً؟ فمن المُمكن أن تكون الحياة قد انتقلت من كوكبٍ إلى آخر عبر النيازك. ونظراً لوجود نيازك على الأرض مصدرها من المريخ، لذا قد تكون الحياة قد نشأت على المريخ وانتقلت إلى الأرض، ولكن من المُمكن أيضاً أن تكون قد نشأت بشكلٍ مُستقلٍّ على كِلا الكوكبين. في عام ١٩٧٦م، بحث علماء البيولوجيا الفلكية لأول مرة عن الحياة على سطح المريخ، فبعثة "فايكنغ" الأمريكية بحثت عن آثار لكائنات حيّة تنفّس الأكسجين كالحوانات والميكروبات، أو تقوم بعملية تركيب ضوئي كالنباتات. وجرى البحث أولاً عن أدلّة واضحة عن وجود حياة، ومن ثمّ كان البحث عن نواتج عملية التمثيل الغذائي لإثبات وجود حياة نشطة، لذا كان إجراء هذه التجربة أمراً منطقيّاً ومفهوماً. في البداية أشارت إحدى التجارب إلى وجود حياة، ولكن -لخيبة أمل الباحثين- كان الاستنتاج خاطئاً، لأن "فايكنغ" لم تجد أيّة حياة!

في المقابل، كانت أبحاثهم على الأرض مُشجّعة، فوجدوا خلال السَّنوات التالية أشكال حياة مُتطرّفة جداً في أماكن تسود فيها ظروف قاسية جداً؛ في الينابيع الحارّة أو في أعماق البحار المُظلمة، لذا قد تكون هناك حياة

(٤٢) البار: هو وحدة قياس للضَّغَط لا تتبع النِّظام الدُّولي للوحدات، وتُعادل تقريباً مقدار الضَّغَطِ الجَوِّيِّ العادي على ارتفاع ١١١ متر عن سطح البحر عند درجة حرارة ١٥ درجة مئويّة، وتساوي ١٠٠٠ ميلليبار أو ١٠٠ كيلوباسكال.

خارج الأرض، لكنَّ كشفها وتحديدُها بوضوح مُهمّةٌ شائكةٌ جداً. فمن المُفترَض اختيار التَّجارب بحيث تكون شاملة وأن نكون مُتأكِّدين بأنَّ ما نراه هو حياة بالفعل وليس مُجرَّد مظهر مُصطنع أو رابطة كيميائيّة تبدو كأنَّها حياة. فنحن نبحث عن الحياة التي تعتمد في عملها على المواد الكربونيّة والماء السَّائل، ونحن غير قادرين حالياً على تخيُّل حياة أخرى لأننا ببساطة لا نعرفها. لهذا السبب لم يقم العُلماء في بعثات المريخ اللاحقة بالبحث عن الحياة مُباشرةً، وإنَّما عن أحد أهمِّ شروطها؛ وهو الماء. لقد أظهرت مركبتا "سبريت" و"بورتونيتي" الأمريكيتين على سطح المريخ والمركبات في مداره، وجود حياة على المريخ، وذلك على شكل جليد؛ ما يعني أنَّ الماء السَّائل سيكون في عمق التُّربة في حالة وجوده، لذا تمَّ إرسال مسبار "فينيكس" الأمريكي إلى القطب الشَّامي للمريخ في عام ٢٠٠٨م، للبحث عن آثار حياةٍ سابقةٍ في تلك الأرض المُتجمّدة<sup>(٤٣)</sup>. كما حاول العُلماء البحث عن آثار مكروبات مبيّنة رُبَّما تعود إلى فترة كان فيها سطح المريخ لا يزال مُواتياً للحياة، لكنَّهم لم يجدوا أيّة آثار من هذا القبيل في هذه المرّة أيضاً! لقد كان نصف قطر مسبار فينيكس صغيراً جداً ولم يتمكّن من الحفر عميقاً، ولذلك كان عدد العيّنات التي جمعها قليلاً، وبالنتيجة لم يكن قادراً على إثبات وجود حياة على المريخ.

إذاً، كان في المريخ الكثير من الماء وغلّاف جوي أدفأ وأعلى كثافةً من الوقت الحالي، إلاَّ أنّه ليس من المُؤكَّد وجود أشكال أخرى من الحياة تختلف

---

(٤٣) كتاب "وسائل النّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ١٦.

عن تلك التي نعرفها على سطح الأرض. ولكن يمكن تصوّر حياة ما هناك بشكلٍ مُخْتَلِفٍ، كأن يتم الاعتماد على الهيدروكربون بدلاً من الماء السائل، أو يتم الاستغناء عن الكربون واستبداله بالسيليبيوم، فهذه عناصر وأنواع بسيطة نشأت من خلالها أشكال الحياة على الأرض كما نعرفها اليوم، ومن الممكن تصوّر نشوء هذه الحياة في ظروف أخرى، لكنّ ما لا نعرفه حتّى الآن هو ما إذا كانت هناك حياة على سطح المريخ أم لا؟ ولا نعرف كيف تتفاعل عناصر الحياة فيما بينها إن كانت هناك حياة أصلاً؟ وإذا كانت هناك حياة على كوكب المريخ، فما مدى تأثير ذلك على كوكبنا؟





## الفصل الثالث

### مركبات استكشاف الفضاء

يتطلب استكشاف الفضاء وجود مركبات مُحصَّصة للمُهَمَّة التي صُمِّمت للقيام بها. وتقوم وكالات الفضاء العالمية بإطلاق مركباتها المُصنَّعة من قِبَلِها أو لحسابها في شركات جو-فضائية تقوم بتصنيع صواريخ الإِطلاق أيضاً. وقد تُطلق وكالات الفضاء بصواريخها مركبات غيرها من الوكالات أو الدُّول الأخرى، فمُعظم الرِّحلات إلى محطة الفضاء الدُّوليَّة يتم في الوقت الحالي عبر سُفن "سويوز" الرُّوسية، بما في ذلك الرِّحلات الأمريكيَّة إلى المحطَّة. أمَّا الأقمار الاصطناعيَّة ومُعَدَّات وأجهزة التَّجارب والمُهَمَّات، فتقوم بتصنيعها شركات في الدُّول التي تتبع لها تلك الأقمار أو التَّجارب أو المُهَمَّات.

وتعود بعض مركبات الفضاء إلى الأرض بعد انتهاء مهمتها، بينما تبقى مركبات أخرى هائمة في الفضاء. فسُفن الفضاء المأهولة تعود منها الكبسولة الحاملة للرُّواد فقط، في حين كانت المركبة المداريَّة من مكوك الفضاء (السَّابق) تعود إلى الأرض، لتهبط كالتَّائرة في المطار الفضائي. أمَّا مركبات الفضاء غير المأهولة، كالمسابر والمجسَّات والمقارِب... فقد تعود إلى الأرض أو تبقى في الفضاء، حتَّى بعد انتهاء مُهمَّاتها.

يُتحفنا العلماء والمخترعون كل فترة بمركباتٍ وأجهزة جديدة لاستكشاف الفضاء، وفي هذا الفصل من الكتاب سنلقي الضوء على أهم المركبات المُستنبطة المُستخدمة في استكشاف الفضاء حتّى الآن.

## أولاً - الصّواريخ الفضائيّة:

عندما أراد البشر إطلاق الآلات إلى الفضاء، كان عليهم ابتكار الصّواريخ لحملها إلى هناك، فالصّواريخ وحدها هي التي تمتلك القوّة الكافية للهروب من قوّة الجاذبيّة الأرضيّة.

تُعتبر الأرض بمثابة مغناطيس كبير يجذب الأشياء إليه، وهذا المغناطيس يقبع في باطن الأرض على عمق ٦٤٠٠ كيلومتر تحت أقدامنا. ويعتمد شدُّ الجاذبيّة الأرضيّة للأجسام على الكتلة؛ أي على كمية المادّة الموجودة بالجسم، وكلّما بعدَّ الجسم عن الأرض كلّما ضعف تأثير جاذبيتها عليه، ولكي نتخلّص من الجاذبيّة الأرضيّة لا بُدَّ من أن نقفز في الفضاء بسرعة لا تقلّ عن ١١.٢ كيلومتر في الثّانية تُسمّى "سرعة الإفلات"، ومن خلال قوّة دفع سريعة وفائقة، وذلك ارتكازاً على نظريّة العالم الكبير "إسحاق نيوتن"، القائلة: "لكلّ فعل ردّ فعلٍ مُساوٍ له في المقدار ومُضاد له في الاتّجاه"، فعندما تنطلق الرّصاصة من البندقية، فإنّها ليست هي الوحيدة التي تندفع، بل إنّ البندقية ترتدُّ أيضاً إلى الوراء فتصدم أكتافنا، لذلك كان الفكّاك إلى الفضاء لن يتمّ إلا عن طريق الدّفع الصّاروخي.

يبدأ الصّاروخ في الاندفاع رأسياً برّد الفعل الناتج عن انبثاق الغازات السّاخنة المولّدة في حُجرة الاحتراق، وعندما تبلغ سرعته ٤٠٠٠٠ كيلو متر في السّاعة، ينفلت الصّاروخ من الجاذبيّة الأرضيّة خارج الغلاف

الجوِّي، حاملاً مركبة الفضاء أو القمر الاصطناعي<sup>(٤٤)</sup>. ولتسهيل عملية القذف، تمَّ صنع الصَّاروخ بحيث لا ينفلت كُلياً من جاذبيَّة الأرض، بل يوضع في أعلى الصَّاروخ صاروخ آخر أصغر، ثمَّ صاروخ ثالث؛ بحيث يشتغل كل واحد منهم في مرحلة. وبهذه الكيفيَّة يتكوَّن الصَّاروخ من ثلاث مُحركَّات صاروخيَّة تُمثل ثلاث مراحل. وليتم الدفع الصَّاروخي، فإنَّ ذلك الأمر يحتاج لوجود شيئين: الأوَّل الوقود، والثَّاني الأكسجين الذي يُساعد على الاشتعال، والذي ينعدم في الفضاء. وعند احتراق وقود المُحرك الصَّاروخي الأوَّل انفصل ويسقط إلى الأرض، ويترك عبء دفع الصَّاروخ المُنتقل بسرعة والذي يصبح أخفَّ وزناً (بسبب التخلِّي عن المرحلة الأولى منه)، يترك عبء الدَّفْع على مُحركَّ المرحلتين الثَّانية والثَّالثة اللذين يعتمدان على الوقود السَّائل، مثل الكحول والهيدروجين السَّائل اللازم<sup>(٤٥)</sup>.

إنَّ كل وسائل النقل التي تتحرَّك يوجد فيها جهازان، أحدهما لدفع المركبة للحركة، والآخر لكبح سرعتها وإيقافها. وبينما يعتمد الكبح على الأرض على زيادة الاحتكاك بين العجلات أو جسم المركبة وبين الأرض أو الماء أو الهواء، فيؤدِّي ذلك إلى تقليل السُّرعة حتَّى تمام وقوف المركبة، نجد أنَّ الأمر مُختلف في الفضاء، حيث لا توجد أرض ولا ماء ولا حتَّى هواء، فمتى سار الصَّاروخ لن يقف حتَّى يتواجد هناك عامل آخر يشدّه بالاتِّجاه العكسي أو يجرّه إلى الوراء، لذلك كان لا بُدَّ من أن يُقذف الصَّاروخ من

(٤٤) كتاب "موسوعة كنوز المعرفة" / تأليف: مجموعة من المؤلِّفين - دار نظير عبود - بيروت ١٩٩٨م. المُجلد الأوَّل - الجزء ١٣ - ص ٥٩.

(٤٥) كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠م. ص ٢٣٨-٢٣٩.

البداية في مسار مضبوط، لأنَّ الخطأ الصَّغير في البداية يتسبَّب بخطأ كبير في النهاية. على أنَّه يمكن التحكُّم في الصَّاروخ بعد إطلاقه عن طريق منافث نافوريَّة من الغاز تنطلق باتجاه السَّير، وهي عبارة عن أوعية مُعبَّأة بغاز مضغوط يُطلق منه مقدار قليل في كل مرَّة فيعمل عمل الفرامل، وتكفي دفعة خفيفة منه لتقليل السَّرعة، حيث لا جاذبيَّة هناك. أمَّا توجيه الصَّاروخ في الفضاء فيتم بوساطة ريشة توجيه (قطعة معدنية في المؤخِّرة) تعمل عمل دفَّة السَّفينة، حيث تندفع الغازات فتضغط على تلك القطعة المعدنية لتوجِّه حركة الصَّاروخ عن طريق حُجيرات احتراق صغيرة عديدة السيقان، لتُعطي دفعا في الاتجاه المطلوب إمَّا جانبيًّا أو إلى الأعلى أو إلى الأسفل.

يبلغ وزن الصَّاروخ عادةً نحو ١٢٠٠٠٠٠ كيلوغراماً، ويبلغ ارتفاعه ٢٤٢ متراً، وتوجد في قمَّة الصَّاروخ كبسولة (قُمرة) يجلس فيها رائد الفضاء مُحاطاً بالأجهزة الدَّقيقة وأجهزة الكمبيوتر والرَّاديو ومُعَدَّات الأكسجين والسَّلامة. وتُشكِّل الكبسولة جزءاً صغيراً من وزن الصَّاروخ لا يتعدَّى ١٥٢٤ كيلوغراماً، أمَّا باقى وزن الصَّاروخ فيشغله الوقود. يحترق القسم الأعظم من الوقود في المرحلة الأولى، عندما تكون جاذبيَّة الأرض أشد ما يكون. ويوضع الوقود في خزَّانٍ كبير، وعند استنفاده من كل الصَّاروخ يتم التخلُّص من الخزَّان الفارع.

لقد كانت الصَّواريخ الأولى صغيرة الحجم، حيث كان باستطاعتها حمل وزنٍ قليل فقط، لذا كانت السُّفن الفضائيَّة والأقمار الاصطناعيَّة في حينه صغيرة الحجم أيضاً. ومع مرور الوقت، أصبحت الصَّواريخ أكبر وأكثر قوَّة، وقادرة على إطلاق سُفن فضائيَّة أكبر. فمثلاً، استخدَم برنامج

"أبولو" الأمريكي نوعين من الصّواريخ، إذ استخدّمت الرّحلات الأولى من البرنامج صاروخ "ساتورن-آي بي" لاختبار كبسولة أبولو الجديدة في مدار الأرض، حيث كان ارتفاعه يصل إلى ٦٨ متراً (يُعادل ارتفاع ٢٢ طابقاً تقريباً)، وتضمّن مرحلتين (جزأين)، فعند نفاد الوقود من المرحلة الأولى، تنفصل عن الصّاروخ وتحترق في غلاف الأرض الجوّي، بينما تُتبع المرحلة الثانية الارتفاع نحو الفضاء. واستخدّمت الرّحلات الأخرى من البرنامج صاروخ "ساتورن-٥" المكوّن من ثلاث مراحل، حيث كانت المرحلتان الأوّليّتان تُستخدّمان للوصول إلى المدار حول الأرض، بينما كانت المرحلة الثالثة تُستخدّم لإيصال السّفينة الفضائيّة إلى مدار القمر. ويُعتبر ساتورن-٥، بطوله الذي يصل إلى ١١١ متراً (يُعادل ارتفاع نحو ٣٦ طابقاً أو طول ٢٤ عربة قطار) ووزنه البالغ ٣٠٠ طناً، أكبر وأقوى صاروخ تمّ بناؤه على الإطلاق<sup>(٤٦)</sup>. وقد قام بحمل سُفن أبولو ورؤاد الفضاء إلى القمر برحلات مُتسلسلة بين عامي ١٩٦٩ و ١٩٧٢ م. وللمُقارنة، فإنّ الصّاروخ السّوفيتي "إي-كلاس" الذي حمّل أوّل قمر اصطناعي سوفيّتي ثمّ أوّل كائن حي (الكلبة "لايكا") إلى الفضاء عام ١٩٥٧ م؛ والذي حمّل كذلك أوّل إنسان إلى الفضاء (السّوفيتي "يوري غاغارين")، كان يبلغ طوله ٣٤ متراً فقط.<sup>(٤٧)</sup>

(٤٦) كتاب "الموسوعة" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف - سويسرا ١٩٨٥ م. ص ٢٦-٢٧ - ٢٨-٢٩، ٥٠٤.

(٤٧) كتاب "سلسلة تبسيط العلوم - ١ - الصّواريخ والأقمار الصّنعيّة" / تأليف: وجيه السّهان - وزارة الثّقافة والإرشاد القومي - دمشق ١٩٦٢ م.



الصورة رقم ٣٩: إطلاق الصّاروخ الأمريكي ساتورن-٥ حاملاً مركبة فضائية

## ثانياً - السُّفن الفضائية:

تنطلق رحلات الفضاء من المطارات الفضائية (الموانئ الفضائية)، وهي مواقع مُخصّصة لإطلاق المركبات الفضائية، ولاستقبالها أحياناً. وأهم المطارات الفضائية "قاعدة بايكونور الفضائية" في كازاخستان المُخصّصة لإطلاق المركبات الفضائية السوفيتية (سابقاً) والرّوسية (حالياً)، وكذلك من "محطة كيب كاناڤيرال الفضائية" و"مركز جون إف كينيدي الفضائي" في ولاية "فلوريدا" الأمريكية، و"مركز جيوثشيوان لإطلاق الأقمار الاصطناعية" الصيني، و"قاعدة كورو الفضائية الأوروبية" في "غويانا الفرنسية" على ساحل المُحيط الأطلسي بأمريكا الجنوبية، وغيرها... وبعد إطلاق سُفن الفضاء المأهولة وتخلّصها من صواريخها الدافعة وإنجاز مهمّاتها في الفضاء، تعود منها فقط كبسولة الفضاء الحاملة للرّواد، لتهبط بوساطة المِظلات إمّا في مطار فضائي أو في المُحيط أو في مناطق مُسطّحة، مثل الصّحاري أو الحقول الزراعية. وكان يتم إطلاق مكوكات الفضاء مع صواريخها المعزّزة بشكل

عمودي من مركز جون إف كينيدي الفضائي المذكور، وعند عودتها تهبط مثل الطائرة فيه أو في "قاعدة إدواردز الجويّة" في ولاية "كاليفورنيا" (كما سنبين لاحقاً). وهناك أيضاً مطاران فضائيان أمريكيان في ولاية "كاليفورنيا"، مُخصَّصان لإقلاع وهبوط الطائرات الفضائيّة، هما "قاعدة إدواردز الجويّة" و"ميناء موهافي الجويّ والفضائي" في ولاية كاليفورنيا. وتصلح مدارج المطار الفضائي لاستخدام الطائرات العادية، كما قد يشتمل المطار أيضاً على مدارج لإقلاع وهبوط الطائرات التي تدعم عملياته.

وكما ذكرنا سابقاً، ينطلق الصّاروخ من منصّة إطلاقه ليُحلّق في السّماء، وهو يتكوّن من عدّة أجزاء (مراحل)، وعندما يستنفد كل جزء وقوده يفصل عن الصّاروخ لتقليل الوزن، ومن ثمّ يستمرُّ باقي الصّاروخ والسّفينة الفضائيّة في مسيرتها الفضائيّة. ويمكن إضافة "صواريخ مُعزّزة" إلى الصّاروخ بهدف زيادة قوته. وكلّما ازداد الصّاروخ بالارتفاع تصبح طبقة الهواء المحيطة به أقلّ كثافةً إلى أن تختفي تماماً، وعندها يكون الصّاروخ قد وصل إلى الفضاء. بعد ذلك يفتح الجزء الأخير أعلى الصّاروخ لتنتقل سفينة الفضاء.

تدور السّفن الفضائيّة المأهولة وغير المأهولة حول الأرض على ارتفاع حوالي ٤٠٠ كيلومتر، وذلك للبقاء ضمن المجال المغناطيسي للأرض الذي يُحفّف من الأشعّة الشمسيّة والكونيّة الضّارة بالإنسان، في حين تقوم صواريخ أقوى بحمل سّفن أخرى غير مأهولة إلى أعماق الفضاء الخارجي.

ويتم التخلّص من قسم المُحرّكات الصّغيرة التي تُوجّه المركبة في الفضاء قبل مُعاودة دخول الغلاف الجويّ مباشرةً، حيث تعود إلى الأرض الكبسولة الصّغيرة فقط حاملةً رُواد الفضاء.

تُعَدُّ سُنُن "سويوز" الروسية من أهم السُنُن الفضائية، وهي سلسلة من المركبات الفضائية المُصمَّمة لبرنامج الفضاء السوفيتي في ستينيات القرن الماضي، لا تزال في الخدمة حتى اليوم، بعد أن حققت أكثر من ١٤٠ رحلة فضائية. وكانت المركبة الفضائية سويوز قد خلفت مركبة فوسخود الفضائية السوفيتية، وتمّ بناؤها في الأصل كجزء من برامج رحلات القمر السوفيتية المأهولة. وبعد تقاعد مكوك الفضاء في عام ٢٠١١، كانت سويوز هي الوسيلة الوحيدة للقيام برحلات فضائية مأهولة والوسيلة الوحيدة أيضاً للوصول إلى محطة الفضاء الدولية حتى تاريخ ٣٠ أيار من عام ٢٠٢٠م، عندما انطلق الصَّاروخ "فالكون-٩" حاملاً الطائرة الفضائية "دراغون-٢" المُصنَّعة من قِبَل شركة "سبيس إكس" الأمريكية، في رحلة فضائية مأهولة تُدعى "كريبو دراغون ديمو-٢"، التي تمّ فيها نقل رائدي الفضاء "دوغلاس هيرلي" و"روبرت بنكن" إلى محطة الفضاء الدولية لينضمَّا إلى الطاقم المقيم فيها المؤلَّف من ثلاثة رُواد فضاء، حيث مكثا فيها نحو ٦٢ يوماً، أُجريا خلالها بعض التجارب والعمليات، مثل استبدال البطاريات التي كانت قد جلبتها مركبة شحن يابانية، وعادا إلى الأرض يوم ٢ آب من العام نفسه على متن الكبسولة "إنديفور" (الجزء الوحيد من الطائرة الفضائية الذي يعود إلى الأرض لاستخدامه ثانية)، التي هبطت بهما في المحيط الأطلسي؛ في أوَّل هبوطٍ مائي لرواد الفضاء منذ عام ١٩٧٥م. وإن كانت شركة سبيس إكس قد أرسلت قبل ذلك عشرين مركبة شحن غير مأهولة إلى محطة الفضاء الدولية، ابتداءً من عام ٢٠١٢م. ولا تزال سويوز تُستخدم بكثافة في برنامج محطة الفضاء الدولية.





الصورة رقم ٤٠: إحدى سفن سويوز الروسية في الفضاء

### ثالثاً - مكوكات الفضاء:

كان استكشاف الفضاء يتم فقط عن طريق سفينة محمولة على الصّاروخ ثلاثي المراحل، كما سبق الحديث عنه، ثمّ حصل تطوّر في طريقة السّفر إلى الفضاء، فأصبح لاحقاً يتم عن طريق السّفن الفضائيّة ومكوك الفضاء الذي أُخذ اسمه من إمكانية السّفر والعودة المتكرّرين.

مكوك الفضاء هو مركبة جوية فضائيّة شبيهة بالطائرة يمكن استخدامها مرّات عديدة، مُصمّمة لتأمين الخدمات للمحطّات الفضائيّة التي من الممكن تواجدها في المدارات المنخفضة حول الأرض، وكذلك لتنفيذ مهمّات أخرى، مثل إطلاق الأقمار الاصطناعيّة وإصلاحها في الفضاء. وأحياناً، كان المكوك يقوم باسترجاع بعض الأقمار الاصطناعيّة إلى الأرض لإصلاحها، وفي بعض المهمّات الأخرى كان يقوم بحمل "مُختَبَر الفضاء" الذي يستخدمه العلماء لإجراء تجاربهم في الفضاء. فالمكوك كان

ينطلق إلى الفضاء كالصّاروخ، ويتحرّك في المدار الأرضي كما تتحرّك المركبات الفضائيّة الأخرى، ويهبط مثلما تهبط الطّائرة على الأرض؛ على مدرج بطول ٥ كيلومترات. وهناك مطار فضائي (قاعدة جوية) خاص لإطلاق وهبوط المكوكات الأمريكيّة، هو مركز جون إف كينيدي الفضائي في ولاية فلوريدا. وقد بدأ عصر المكوكات الفضائيّة الأمريكيّة مع إطلاق المكوك "كولومبيا" إلى الفضاء، عام ١٩٨١م.

كان المكوك يستطيع أن ينقل رُواد الفضاء إلى الفضاء الخارجي ويُعيدهم إلى الأرض، وكانت حمولته تصل إلى ٣٢ طناً من الأقمار الاصطناعيّة والبشر والمعدّات. والعنصر الرّئيسي في برنامج مكوك الفضاء هو "المختبر الفضائي" المدعوم في المقام الأوّل من قِبَل مجموعة من الدُول الأوروبيّة، والذي يُدار جنباً إلى جنب مع الولايات المتّحدة الأمريكيّة والشركاء الدُوليين. ويمكن لمكوك الفضاء حمل عددٍ يتراوح بين ٧ و ٩ أشخاص: الأمر المسؤول عن المكوك ويجلس على اليسار في قُمرة القيادة، والطيار الذي يُساعد الأمر ويجلس على اليمين في قُمرة القيادة، وأخصائيو المُهمّة الذين يتم تدريبهم للقيام بعمل مُحدّد في المُهمّة، مثل إطلاق قمر اصطناعي. إنّ الأمر والطيار وأخصائيي المُهمّة هم رُواد فضاء، أمّا باقي أعضاء الفريق -أي أخصائيو الحمولة- فلم يتم تدريبهم على أنّهم رُواد فضاء، وقد يكونوا علماء أو أطباء يقومون بإجراء تجارب في مُختبر الفضاء أو مُهندسين لتشغيل مُعدّات خاصّة. ويبلغ وزن منظومة المكوك بكاملها عند الإطلاق ٢٠٢٠ طناً.<sup>(٤٨)</sup>

(٤٨) كتاب "الموسوعة" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف - سويسرا ١٩٨٥م. ص ٥٠٦-٥٠٧.

يتكوّن مكوك الفضاء عند إطلاقه من ثلاثة أجزاء رئيسية، هي:

## ١ - المركبة المدارية:

وهي عبارة عن سفينة فضائية (تشبه الطائرة)، ذات جناحين على شكل حرف دلتا باللغة اليونانية "Δ"، وذيل، ومقدمة انسيابية لتقاوم احتكاك الهواء خلال عمليتي صعود وهبوط المكوك. يبلغ طول المركبة المدارية ٣٧.٢ متراً، وباع جناحها ٢٣.٧ متراً، وارتفاعها ١٧.٤ متراً، ويبلغ وزنها فارغة ٦٨.٦ طناً. وهي تُمثل الجزء الرئيسي من مكوك الفضاء، وتتكوّن من الجسم الأمامي الذي يحتوي على حجرة القيادة ومضاجع نوم رواد الفضاء وخزائنها وأجهزة تمارين الحركة والمطبخ والمرحاض، والجسم الأوسط الذي يتضمّن حجرة الحمولة، وله بابان يُفتحان لإخراج حمولة المكوك، مثل الأقمار الاصطناعية، وإطلاقها إلى الفضاء. والقسم الأخير هو الجسم الخلفي في مؤخرة المركبة، الذي يتألّف من زُعفة الذيل والدفة ومجموعة المحركات الثلاثة الرئيسية (المحركات الأساسية الدافعة للمركبة) ومحركات المناورة المدارية والدافعات وخزانات وقود كل هذه المحركات. وقد تمّ تزويد جميع المركبات المدارية للمكوكات لاحقاً بالمعدات الضرورية للالتحام مع المحطة الفضائية الدولية. كما أنّ كل مركبة مدارية تعود إلى الأرض ليتمّ استخدامها في رحلات جديدة، حيث تصبح جاهزة للإنطلاق مجدداً بعد حوالي أسبوعين.

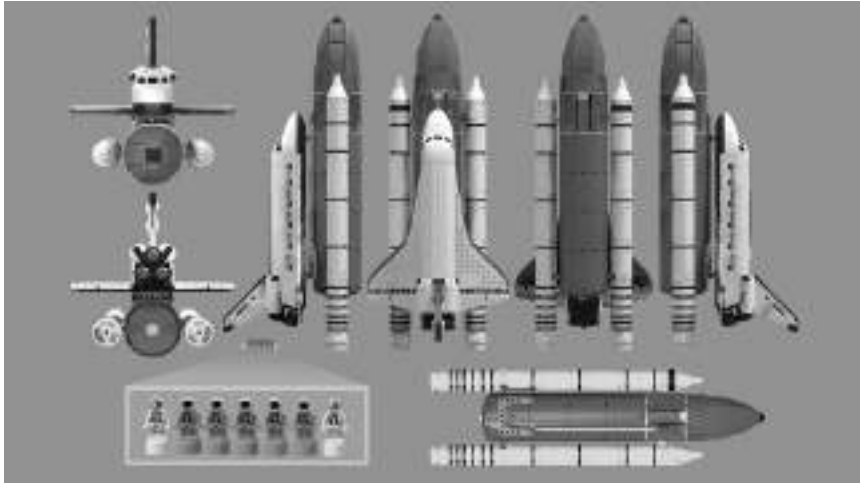
## ٢ - خزّان الوقود:

وهو خزّان خارجي كبير ذو لون برتقالي قاتم، يبلغ طوله ٤٦.٩ متراً، وقطره ٨.٤ أمتار، ووزنه الإجمالي عند الإطلاق ٧٦٠٠٠٠ كيلوغراماً، حيث يشتمل على خزّان يحتوي على الأكسجين السائل موجود في المقدمة، وخزّان

يحتوي على الهيدروجين السائل موجود في المؤخرة، ويربط بينهما خزان يضم مُعدّات القياس والمعالجة. ويبلغ حجم خزان الهيدروجين مرتين ونصف من حجم خزان الأكسجين، إلا أن وزنه لا يتعدى ثلث وزن الأخير، إذ أن الأكسجين السائل أثقل بست عشرة مرة من الهيدروجين السائل. يُستخدم خزان الوقود كصاروخ للدفع بعد استنفاد الصاروخين الداعمين لوقودهما وانفصالهما عن المنظومة، ويُستخدم كذلك لتغذية مجموعة من خمسة مُحركات موجودة في مؤخرة المركبة المدارية بالوقود السائل.

### ٣- الصاروخان الداعمان:

وهما صاروخان مُعزّزان أبيض اللون ويعملان بالوقود الصلب (فوق كلورات الأمونيوم المُركّب)، يبلغ طول كل واحد منهما ٤٥ متراً وقطره ٣.٧ أمتار. وهما يُؤمّنان ٨٠% من الدفع اللازم للتغلب على الجاذبية الأرضية والانطلاق إلى الفضاء.



الصورة رقم ٤١: أجزاء منظومة مكوك الفضاء الأمريكي

ينطلق المكوك إلى الفضاء عند اشتعال المحركات الثلاثة الرئيسية التي تقع في مؤخرة المركبة المدارية وصاروخي الدعم، وذلك لتأمين القوة الكافية للإطلاق من خلال الجاذبية الأرضية، حيث يتحرك المكوك في هذه المرحلة بسرعة ٤٨٠٠ كيلومتراً في الساعة. وبعد مرور حوالي دقيقتين من الإطلاق، وعلى ارتفاع نحو ٤٣ كيلومتراً فوق سطح الأرض، يستنفد صاروخا الدعم آخر أوقية من وقودهما وينفصلا عن المكوك بوساطة مسامير مُتفجرة تُحرّرها من خزان الوقود، فيهبطان في المحيط بوساطة ثلاث مظلات خاصة كبيرة لكل صاروخ من أجل تخفيف حدة السقوط، حيث يُرسلا إشارات لاسلكية لتحديد مكانيهما، ثم يتم التقاطهما بوساطة سفينتين مُصممتين خصيصاً للاستعادة، ليُستخدما في رحلات أخرى للمكوك. ثم يبدأ اشتعال الوقود في خزان الوقود الخارجي، فيُعطي قوة دفع جديدة للمكوك. ويُسبب فقدان وزن الصاروخين الداعمين زيادة تسارع المكوك، حتى تصل سرعته إلى ٥٠٠٠ كيلومتر في الساعة تقريباً، فيضطر طاقمه إلى تخفيفها إلى ٦٥% من مجمل القوة، لمنع المكوك من الطيران بسرعة أكبر من المطلوب. وقبل أن يصل المكوك إلى مداره بوقت قصير، وعلى ارتفاع ١٠٠ كيلومتر، ينفذ وقود خزان الوقود الخارجي أيضاً، ويُطرح عن المكوك بوساطة مسامير مُتفجرة تُثبتها بالمركبة المدارية، ثم يحترق أثناء اختراقه الغلاف الجوي للأرض وتهبط بقاياها في المحيط، فهو أحد أجزاء المكوك التي لا تُستخدم مرةً أخرى. كما يتم إطفاء المحركات الثلاثة الرئيسية. وتستمر المركبة المدارية في الطيران باستخدام مُحركين صغيرين يُطلق عليهما اسم "المحركين المداريين"، لوضعها في مدارها الذي يرتفع حوالي ٢٧٠ كيلومتراً عن سطح الأرض.



الصورة رقم ٤٢: إطلاق مكوك الفضاء الأمريكي

وفي مدارها في الفضاء الخارجي، تُجري المركبة المدارية عدّة دورات حول الكرة الأرضية، ويقوم رواد الفضاء ببعض التجارب، مثل إطلاق أقمار اصطناعية إلى مداراتها. وهي تتحرّك مثلما تتحرّك المركبات الفضائية الأخرى عبر مُحركّات صاروخية صغيرة تُدعى "مُحرّكات نظام المناورة المدارية" وعدد من الدافعات النفاثة الصغيرة، وتتخذ وضعاً مقلوباً وأبوابها مفتوحة باتجاه الأرض إذا كانت ستُطلق قمراً اصطناعياً.

تبدأ رحلة عودة المركبة المدارية إلى الأرض باستخدام مُحركّاتها الصاروخية الصغيرة لتدخل الغلاف الجوي للأرض بزوايا صغيرة؛ في محاولةٍ لتخفيف قوّة الجاذبية الناتجة عن السقوط الحر والتخفيف من احتكاكها بالهواء. وأثناء اختراقها الغلاف الجوي، تتلوّن بعض أجزائها باللون الأحمر، نظراً لارتفاع درجة حرارتها الناجم عن سرعتها الهائلة البالغة أكثر من ٢٨٠٠٠ كيلومتر في الساعة واصطدامها بجزيئات الهواء. وقد تصل درجة حرارتها في بعض المواقع إلى ١٣٠٠ درجة مئوية، ولذلك يُغطّى جسم المركبة المدارية بمواد شديدة المقاومة للحرارة بغرض حمايتها، تتكوّن من أكثر من ٣٢٠٠ بلاطة تمّ تصنيعها من الآجر. وبعد عودة دخول المركبة في جوّ الأرض، وأثناء انزلاقها في طريق العودة إلى قاعدتها، تتحكّم في طيرانها الدفّة والجنيّحات، ممّا يعطيها القدرة على القيام بمناوراتٍ واسعة عديدة "الترّجّح" و"التموّج" و"الانعراج"؛ تماماً كما لو كانت طائرةٍ شراعيةٍ عادية. وهذه المناورات تُجرى على شكل حرف "S" اللاتيني لتُساعد على إبطاء حركتها، ويتمّ التحكّم بها وبزاوية الهبوط بوساطة أجهزة الكمبيوتر الآلية الموجودة فيها، ثمّ تبرز عجلات الهبوط، لتلامس أرض المطار الفضائي (مركز جون إف كينيدي الفضائي أو قاعدة إدواردز الجوية) بسرعة ٣٥٠ كيلومتر في الساعة تقريباً، ويتمّ كبح تلك السرعة بعد التصاق العجلات بالأرض عن

طريق مكابح تُخفّف سرعتها ومظلات تُفتح لتقليل مسافة التوقّف. فالمركبة المداريّة للمكوك كما ذكرنا، يُمكنها السير في الفضاء كالمركبات الفضائيّة الأخرى والتحليق في أجواء الأرض كالطائرة، وهي تُوفّر على رُواد الفضاء عند الهبوط تحاشي الصّدمة العنيفة بسطح الأرض، بعكس الكبسولات الفضائيّة. وإذا هبطت المركبة المداريّة في قاعدة إدواردز الجويّة، كانت تتم إعادتها إلى مركز جون إف كينيدي الفضائي على متن "الطائرة النّاقلة للمكوك"، وهي طائرة من طراز "بوينغ-٧٤٧"، مُعدّلة خصيصاً لحمل المركبة المداريّة. وهي الطائرة نفسها التي خضع بوساطتها مكوك الفضاء الأوّل التجريبي "إنتربرايس" لاختبار الطيران، بعد تركيبه عليها.<sup>(٤٩)</sup>



الصورة رقم ٤٣: هبوط المركبة المداريّة لمكوك الفضاء الأمريكي

(٤٩) - كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م.  
ص ٤٠-٤١.

- كتاب "موسوعة قصة العِلم - ٢٩ - مكوك الفضاء" / تأليف: أحمد نجيب - دار الفكر العربي - القاهرة ٢٠٠٢م.





الصورة رقم ٤٤: مكوك الفضاء الأمريكي محمولاً  
على طائرة بوينغ-٧٤٧ (المعدلة)

ويوم ٢١ تموز من عام ٢٠١١م، وبسبب عدم توفر التمويل الكافي  
لمتابعة برنامج المكوك الفضائي وإدخال التقنيات الجديدة إليه، انتهى عصر  
المكوكات الفضائية، عندما أنجز مكوك الفضاء "أتلانتس" مهمته الأخيرة  
في الفضاء، ليلتحق بشقيقه الباقيين "ديسكفري" و"إنديفور" اللذين سبقاه  
للعرض في ردهات المتاحف، وذلك بعد أن أنجزت كل المكوكات  
("كولومبيا"، "تشالنجر"، "ديسكفري"، "أتلانتس" و"إنديفور") أكثر  
من ١٣٥ رحلة إلى الفضاء بين عامي ١٩٨١ و٢٠١١م، اجتازت تلك  
المكوكات خلالها مسافة ٨٧٠ مليون كيلومتراً في الفضاء، وسافر على متنها  
٣٥٥ شخصاً (٣٠٧ رجال و٤٨ امرأة) تُوفي ١٤ منهم خلال المهمات التي  
أطلقت المكوكات خلالها الأقمار الاصطناعية والمسابر، وقامت بتخديم محطة  
الفضاء الدولية، وبتشغيل مختبر فضائي. يُذكر أن المكوك تشالنجر انفجر

أثناء إقلاعه عام ١٩٨٦م، وكان على متنه سبعة من أفراد الطاقم ماتوا جميعاً. كما أنّ المكوك كولومبيا انفجر خلال عودته إلى الغلاف الجوي عام ٢٠٠٣م، وكان على متنه سبعة رواد ماتوا جميعاً أيضاً. وفي المجمل، بلغ مجموع كلفة هذه العمليات ١٩٦ مليار دولار.

حين أطلق الرئيس الأمريكي الأسبق "ريتشارد نيكسون" مشروع مكوك الفضاء رسمياً عام ١٩٧٢م، أسهبت وكالة ناسا في شرح الفوائد المترتبة عليه، مثل تموين المحطّات الفضائيّة المداريّة، واستعادة الأقمار الاصطناعيّة المعطوبة أو التّائّهة، وإنقاذ رواد الفضاء الذين تتعطل سفنهم الفضائيّة. بيد أنّ المكوك لم يُحقّق كل المتوقّع منه رغم نجاحاته المتعدّدة، ولم يجعل السّفن إلى مدار الأرض روتينياً بحثاً وبشمنٍ بخس، لأنّه كان يُطلق على متن صاروخ ضخّم يتطلّب إعداده عدّة أسابيع ويتم تأجيل إطلاقه أحياناً؛ بحيث إنّ خطة استخدامه كمركبة طوارئ لإنقاذ الرّواد إذا ما تعرّضت محطّاتهم لعطلٍ طارئٍ مُدْمِرٍ قد (سُحِبَت من التّداول)! كذلك بقيت كلفة إطلاق الأقمار الاصطناعيّة بوساطة مكوكات الفضاء باهظة الثمن؛ لدرجة أنّ مُعظم إطلاقات الأقمار الاصطناعيّة إلى مداراتها كانت تتم بوساطة السفن الفضائيّة، حتّى عندما كان المكوك موجوداً في الخدمة!

وقد بنى السّوفيت أيضاً مكوكاً مُشابهاً للمكوك الأمريكي، أطلقوا عليه اسم "بوران" (العاصفة الثلجيّة)، وأطلقوه مرّة واحدة فقط في عام ١٩٨٨م من دون رواد على سبيل التّجربة. وصنعوا عدّة مكوكات مُشابهة له أيضاً، قبل انهيار اقتصادهم وتفكك الاتحاد السّوفيتي عام ١٩٩١م.



الصورة رقم ٤٥: مكوك الفضاء السوفيتي بوران

#### رابعاً - الأقمار الاصطناعية:

تُعتبر الأقمار الاصطناعية جزءاً مهماً من حياتنا المعاصرة التي نعيشها، حيث نستخدمها كل يوم من دون أن نلاحظ ذلك؛ حالة الجو غداً، أخبار الساعة حول العالم، المكالمات الهاتفية الدولية واتصالات الفاكس والإنترنت، النقل التلفزيوني المباشر... كلها تُرسل عن طريق الأقمار الاصطناعية التي تدور بهدوءٍ في الفضاء الخارجي حول الأرض الذي يَعُجُّ بالآلاف منها لتؤمن لنا المتطلبات الملحة لحياتنا اليومية، والتي أصبحت من الأهمية بمكان؛ بحيث يصعب أن نتخيل عالمنا بدونها!

والقمر هو كائن (طبيعي أو اصطناعي) يدور حول شيء آخر. فعلى سبيل المثال، جُرم القمر هو تابع طبيعي لكوكب لأرض. ولكن، عندما نتحدث عن الأقمار الاصطناعية، فإننا نعني عادةً التوابع الاصطناعية

التي صنعها الإنسان، والتي قام بإطلاقها إلى الفضاء لتدور حول الأرض بنفس سرعة دوران الأرض حول نفسها. ويرتفع كل قمر اصطناعي في الفضاء الهادئ المظلم مئات الكيلومترات فوقنا. إلا أن القمر الاصطناعي ليس ساكناً، فهو يستقبل في كل ثانية آلاف الإشارات اللاسلكية من الأرض، كما يُعيد إليها آلاف أخرى في نفس الوقت. وعندما نُطلق الأقمار الاصطناعية إلى كواكب وأقمار أخرى غير الأرض، فتُسمى عندها "مسابر"، حيث يوجد حالياً العديد منها؛ يدور حول القمر (الطبيعي) ويجمع البيانات عنه، مثل المسبار الأمريكي "أرتيميس-بي 1". كما تُعتبر المحطّات والتلسكوبات والمركبات الفضائية الموجودة في مدارٍ حول الأرض، بمثابة أقمار اصطناعية. ولا ننسى أن محطة الفضاء الدولية تُعتبر بحدّ ذاتها أكبر قمر اصطناعي تمّ إطلاقه على الإطلاق.

يُمثّل مدار القمر الاصطناعي إتزاناً دقيقاً بين القصور الذاتي والجاذبية الأرضية، فبسبب القصور الذاتي يتجول أي جسم في المدار بخطّ مُستقيم ما لم تُؤثر عليه قوّة ما، مثل الجاذبية. ويُحاول القمر الاصطناعي السير بخطّ مُستقيم، إلا أن الجاذبية الأرضية تسحبه نحو الأسفل فيسقط باتجاه الأرض، ولكنه لا يصلها أبداً بسبب انحناء سطح الأرض وبعده عن القمر الاصطناعي، ولهذا يتبع القمر الاصطناعي الانحناء فيستمرّ بالدوران حول الأرض. وليحدث الإتزان بين القصور الذاتي والجاذبية، يجب أن يتحرّك القمر الاصطناعي بسرعة مُناسبة (وهي سرعة الهروب)، لأنّه لو تحرّك بسرعة كبيرة لتغلّب القصور الذاتي على الجاذبية وخرج القمر من المدار الأرضي مُطلقاً في الفضاء، أمّا إذا كانت سرعته أبطأ من اللازم فإنّ الجاذبية تكسب المعركة ويندفع القمر الاصطناعي نحو الأرض، وهذا ما حدث

لمحطّة الفضاء الأمريكيّة "سكايلاب" عام ١٩٧٩م، حين بدأت تُبطئ سرعتها نتيجة مقاومة الطبقات الخارجية للغلاف الجوي للأرض، فاندفعت سكايلاب نحو الأرض وتحطّمت على سطحها.

وتتواجد مُعظم أقمار الاتّصالات في المدار الثّابت أو المُتزامن، وتصل سرعتها إلى ١١٧٠٠ كيلو متر في السّاعة، إلا أنّها تبدو ثابتة دائماً في السّماء كالنّجوم عند مُشاهدتها من الأرض، لأنّها تدور حول الأرض بنفس سرعة دوران الأرض حول نفسها، لذا فإنّها تُغطّي دوماً نفس الجزء من الأرض. وتعمل تلك الأقمار طيلة الوقت، ويمكن ترك الأطباق الهوائية مُتّجهة نحوها.<sup>(٥٠)</sup>

لقد غيّرت الأقمار الاصطناعيّة نظرة البشريّة إلى الكون وإلى الأرض نفسها بصورة جذريّة، منذ أن أطلق الاتّحاد السّوفيتي القمر الاصطناعي "سبوتنك-١" يوم الرّابع من تشرين الأوّل من عام ١٩٥٧م، الذي دشّن عصر الأقمار الاصطناعيّة، ليتوالى بعده إطلاق آلاف الأقمار التي تدور في مداراتٍ في الفضاء الخارجيّ خارج غلاف الكُرة الأرضيّة. كان سبوتنك-١ عبارة عن كُرة معدنية بعرض ٥٨ سنتيمتراً، ووزن ٨٤ كيلوغراماً فقط. وكان يدور حول الأرض كل ٩٠ دقيقة، بارتفاعاتٍ تتراوح بين ٢٢٠ و١٠٠٠ كيلومتر. وقد احتوى على جهاز إرسال راديوي صغير وترموتر لقياس درجة الحرارة في الفضاء. وهو يبدو بسيطاً في يومنا هذا، إلا أنّه أثار عَجَبَ العالم في حينه. فقد أعاد إشارات راديويّة إلى الأرض، ولكنّه سَقَطَ

---

(٥٠) كتاب "سلسلة عالم الاتّصالات والأجهزة الإلكترونيّة - ٢ - الاتّصالات عبر الأقمار الصّناعيّة" / تأليف: فاروق حسين - دار الرّاتب الجامعيّة - بيروت ١٩٩٠م.

بعد ٩٠ يوماً فقط، عائداً إلى الغلاف الجوي المحيط بالأرض، واحترق عند اختراقه جو الأرض كشهاب.<sup>(٥١)</sup>



الصورة رقم ٤٦: أقمار اصطناعية في مدارات حول الأرض

ويُعتبر القمر الاصطناعي أحد أغلى الآلات في العالم، ويدأب العلماء باستمرار على جعل أجزائه أصغر وأخف وزناً للتقليل من كلفة إطلاقه. ويجب أن يصمد القمر الاصطناعي بدرجات الحرارة المنخفضة جداً عندما يكون في ظل الأرض، والمُرتفعة جداً عندما يكون تحت أشعة الشمس.

(٥١) - كتاب "سلسلة تبسيط العلوم -١- الصّواريخ والأقمار الصّنعية" / تأليف: وجيه

السّمّان - وزارة الثقافة والإرشاد القومي - دمشق ١٩٦٢م.

- كتاب "المعرفة (١٩٥٨-١٩٧١)" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف-سويسرا

١٩٧١م. ص ١٠٣٠-١٠٣١.

- كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف "نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٠.

وحاليًا، هناك تصميمان رئيسيان للقمر الاصطناعي، الأول هو الأسطواناني، ويتراوح طوله من مترٍ واحدٍ إلى خمسة أمتار، وتُغطِّي غِلافه من الخارج ألواح شمسيّة لامعة تقوم بتحويل ضوء الشّمس إلى كهرباء. أمّا التصميم المُكعّب فله ألواح شمسيّة على كلّ جهة، ويبلغ الحجم القياسي للقمر المُكعّب ١.٨ مترًا مُكعّبًا، إلا أنّ حجم بعض الأقمار الأكبر قد يبلغ حجم سيّارة عائليّة.

تُطلق الأقمار الاصطناعيّة إلى مداراتها بواسطة صواريخ فضائيّة مثل "أطلس" و"دلتا" و"تايتان" الأمريكيّة، و"بروتون" و"أنرجيا" و"سويوز" الرّوسيّة، و"أريان" الأوروبيّة، و"لونج مارتش" الصّينيّة، و"إتش-١" و"إتش-٢" اليابانيّة. وعلى الرّغم من أنّ تكلفة صنع الصّواريخ باهظة جدًّا، إلا أنّها تنتهي كفضلات فضائيّة أو تحترق أو تنجرف بعيداً في الفضاء بعد انتهاء مهمّتها في وضع القمر الاصطناعي بمداره، والإطلاقات الوحيدة التي كان يمكن أن يُعاد استخدامها كما ذكرنا سابقًا، هي مكوكات الفضاء الأمريكيّة التي تقاعدت عن العمل الآن. لذلك يحتفظ مُشغلو الأقمار الاصطناعيّة الحديثة ببعض وقود الدّفع فيها، من أجل توجيهها نحو الغلاف الجوّي للأرض عند انتهاء مهمّاتها، لتحترق أثناء عبورها الغلاف الجوّي.

والأقمار الاصطناعيّة هي العين السّحريّة للإنسان في الفضاء الخارجيّ، ترصد كل ما يدبُّ على سطح الأرض سواء في الليل أو في النّهار، وبفضلها أصبحت الكُرّة الأرضيّة مثل "قاعة منظورة"، وأصبح الفضاء الخارجيّ مسرحاً لكلّ العمليات التي تجري على سطح الأرض.



الصورة رقم ٤٧: قمر اصطناعي للاتصالات

وحول العالم، تتبادل الشركات والمؤسسات الدولية (كالبنوك والمراكز الإدارية) بلايين وحدات المعلومات في كل ثانية، وتتم تلك العمليات عبر أقمار الاتصالات التجارية التي كانت قد دخلت الخدمة منذ عام ١٩٦٥م. وتتمكّن أقمار المراقبة والتجسس من تصوير قواعد القوّات العسكرية ورصد حركة فرق الجيوش والقواعد الصّاروخية في كل ركنٍ من أركان الكرة الأرضية. وتحمل الأقمار الاصطناعية العسكرية كاميرات قويّة مذهشة، وأجهزة استشعار تعمل بالأشعة تحت الحمراء أو أجهزة استشعار حرارية، وأجهزة كشف الحركة، وغيرها من المعدادات لتحديد مواقع الدبابات والصّواريخ والطائرات المقاتلة والسفن الحربية. كما أنّها ترصد أيضاً الرسائل اللاسلكية والميكروويفية من أعداء محتملين. وقد تُستخدم الأقمار الاصطناعية في يوم ما كأسلحة لتدمير بعضها أو لإصابة أهداف أخرى على الأرض، وذلك على غرار خطة "مبادرة الدفاع الاستراتيجي" المعروفة باسم "حرب



النُجوم"، التي أعلنتها الولايات المتّحدة الأمريكيّة عام ١٩٨٣م، والتي كانت ستعتمد على إطلاق حوالي ٤٠٠٠ قمر اصطناعي مُزوّدة بأسلحة كالمُسدّسات الإشعاعيّة والقنابل التدميريّة، فالقمر الاصطناعي يستطيع أن يُدمّر هدفه خلال دقائق قليلة، بينما تستغرق الصُّوراخ بالستيّة عدّة ساعات للوصول إلى أهدافها، وبالتالي يمكن كشفها وتدميرها على المشارف البعيدة للدولة المُستهدفة<sup>(٥٢)</sup>. أمّا أقمار المسح فترسم خريطة لليابسة، ليقوم العلماء بعدها بدراسة استخدامها في مجالات عديدة، مثل الزراعة والبناء والتحطّيب... وحتىّ زراعة الألغام. وتُساعد أقمار المِلاحة المُستكشِفين والبحّارة والطّيّارين والرّحالة... وحتىّ سائقي السيّارات الحديثة المزوّدة بنظام تحديد المواقع العالمي "GPS"، فتُساعدهم على إيجاد طريقهم. وتُستخدَم الأقمار الاصطناعيّة كذلك في الاتّصالات الهاتفية والرّاديوية والتّلفزيونية، فهي تُوفّر المُكالمات الهاتفية البعيدة والاتّصالات اللاسلكيّة الدّوليّة، وتُؤمن بثّ الرّاديو إلى أيّ مكانٍ ناءٍ. وفي كلّ يوم، يشتري آلاف النّاس أطباق استقبال إشارات الأقمار الاصطناعيّة، لمشاهدة القنوات الفضائيّة عبر شاشات التّلفزيون في المنازل. وحتىّ أجهزة التّلفزة المنزلية الأخرى التي تتلقّى إشارات البث من الكابل الأرضي أو عبر البثّ الأرضي، لا تستطيع تزويدنا بالصّورة قبل أن تمرّ تلك الإشارات عبر قمرٍ اصطناعي. وتُفيد أقمار الاتّصالات الدّول الكبيرة المساحة بشكلٍ خاص، أو تلك الدّول التي يتضمّن امتداد أراضيها الواسع مناطق نائية بعيدة وجبالاً أو جُزراً مُتفرّقة؛ بحيث تُصعّب هذه التّضاريس عمليّة إرسال الإشارات بالطريقة الاعتياديّة، أي عبر أسلاك الكابل أو عبر موجات الرّاديو الأرضيّة

(٥٢) كتاب "وسائل النّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ١٢.

(التي تسير فوق سطح الأرض مباشرةً عبر موجات قصيرة أو مُتوسّطة أو عالية المدى). ويستطيع قمر اتّصالات حديث واحد مُعالجة وإدارة ٣٠٠٠٠٠ مكالمة هاتفية وخمس قنوات تلفزيونية مُلوّنة في الوقت ذاته. كذلك تُستخدم مئات الأقمار الاصطناعية في الفضاء لأغراض الأبحاث العلمية، مثل اكتشاف أشعة "غاما"، ومجمّعات النجوم الصغيرة المُتشكّلة من غيوم هائلة من الغبار في الفضاء، واكتشاف أشباه النجوم والأشعة تحت الحمراء، ودراسة الشمس وثورانها، واكتشاف كواكب المجموعة الشمسية، ورصد النجوم والمجرات والبحث عن حياة أخرى في الفضاء عبر كشف الأشعة والإشارات القادمة من أعماق الفضاء السحيق، وتزويدنا بصورٍ وقياسات عن العوالم الغريبة المُحيطة بالكواكب المجهولة، ودراسة النيازك والشهب التي تُشكل خطراً على الأرض والتي يمكن أن تُؤدّي إلى دمارها، ومراقبة المُذنبات، مثل "مُذنب هالي" الذي أرسلت إليه خمسة أقمار اصطناعية عندما اقترب من الأرض في عام ١٩٨٦م، واقترب أحدها من نواة المُذنب لدراسته... وتُستخدم الأقمار الاصطناعية كذلك في المراقبة الفلكية وقياس التغيّرات المناخية والبيئية، ومراقبة التلوث والتصحر، ومراقبة الاحتباس الحراري وثقب الأوزون وذوبان جليد القطبين الشمالي والجنوبي (الغطاء الثلجي) ورسم خرائط الجليد، ومراقبة الشفق القطبي، ورصد سُحب الرّماد الناجم عن البراكين، ورصد الثروات الباطنية، واكتشاف المياه الجوفية للأرض، ومراقبة البحار والمحيطات، والاستشعار عن بُعد، وفي المسح الجغرافي والجيولوجي وحماية الغابات ومراقبة حرائقها ومراقبة الحياة البرية، والقبض على المجرمين، ومُحاربة تهريب المُخدّرات، وفي إجراء العمليات الجراحية والتعليم عن بُعد ونشر الثقافة العالمية، وكذلك في أسواق المال "البورصة". أمّا أقمار الطّقس والأرصاد الجوية، فتقيس درجة

حرارة اليابسة والبحر، وتراقب حركة الرياح وارتفاع الأمواج والعواصف الرملية والتربة، وتنبت بحالة الجو والغيوم واقتراب الأعاصير والفيضانات. وتساعدنا الأقمار الاصطناعية حتى إبان وقوع الكوارث، ففي هذه الحالة أيضاً يحتاج نظام الحماية من الكوارث لصورٍ من الأقمار الاصطناعية، لتأمين معلوماتٍ عن المناطق التي تحتاج للمساعدة، وسبل تأمين المساعدات للمحتاجين إليها<sup>(٥٣)</sup>.

إنَّ الغاية الأساسية من إرسال الأقمار أو المسابر إلى كواكب المجموعة الشمسية، هو الاستفادة من موارد تلك الأجرام السماوية في المستقبل، إذ يُقال بأنَّ الحديد الموجود على سطح كوكب المريخ يكفي لتغطية سطح الكرة الأرضية بسماكة ١٩ كيلومتراً! كما أنَّ الهيدروجين الموجود في الغلاف الجوي لكوكب زحل يكفي لتأمين حاجة الأرض من الطاقة لمدة ٤٥٠ مليون سنة! فهو بديل لأهم وقود أحفوري في الأرض (النفط)؛ حتى أنَّ أحد علماء الفضاء قال: "ما بال الأغبياء يتطاحنون على نפט الشرق الأوسط؟! ليذهبوا إلى زحل". كما اكتشف العلماء على سطح القمر عُقد من الهيدروجين، يمكن في المستقبل جلبها وجعلها طاقة بديلة.

وقد تمَّ في عام ١٩٩٠م، إطلاق أحد أكبر الأقمار الاصطناعية، وهو تلسكوب "هابل" الأمريكي - الأوروبي، الذي يبلغ طوله ١٣.٢ متراً وعرضه ٤.٣ متراً ووزنه ١١ طناً، ويدور على ارتفاع ٦١٣ كيلومتر من الأرض؛ مُنجزاً دورة كاملة في مداره حولها كل ١٠٠ دقيقة، والذي قام بإرسال آلاف الصور الرائعة للكواكب والمجرات، فهو يتمتع بميزة رؤية

---

(٥٣) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٠-٣١.

وتتميز النجوم ذوات الإضاءة الضعيفة بشكل أفضل بكثير من رصدها من الأرض، وذلك عبر موقعه في الفضاء حيث لا يوجد جوٌّ أو تلوثٌ جويٌّ أو تيارات تلوي ضوء تلك النجوم. كما يُعدُّ القمر الاصطناعي "تليستار-١" الذي تمَّ إطلاقه عام ١٩٦٢م، أوَّل قمر للاتِّصالات المدنيَّة، وتمَّ بوساطته تحقيق أوَّل نقل تلفزيونيٍّ مباشر بين أوروبا والولايات المتَّحدة الأمريكيَّة<sup>(٥٤)</sup>. وحتى الآن، تمَّ إطلاق أكثر من ٦٦٠٠ قمر اصطناعي إلى الفضاء، إلا أنَّ أكثر من نصفها لا يُستخدم الآن، حيث انجرف البعض منها بعيداً في الفضاء أو سقط عائداً إلى الأرض واحترق، وما يزال البعض منها في المدار إلا أنَّه توقَّف عن العمل. وقد أُطلقت مُعظم تلك الأقمار من قِبَل الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة، بينما تحتل الصِّين المرتبة الثَّانية بعدما تفوَّقت على روسيا، ووصل عدد الدُّول التي أطلقت أقماراً اصطناعيَّة إلى أكثر من ٤٠ دولة. ففي عام ٢٠٢٠م، كان هناك ٢٦٦٦ قمراً اصطناعيًّا نشطاً يدور حول الأرض؛ ١٣٢٧ منها تابع للولايات المتَّحدة و٣٦٣ للصِّين. وفي يومنا هذا، يتم إطلاق قمر اصطناعي واحد على الأقل كل أسبوع. وتُخطِّط شركات الفضاء العالميَّة لإطلاق آلاف الأقمار الاصطناعيَّة خلال العقد الحالي، ليصل عددها إلى ٤٠٠٠٠ قمراً؛ ما سيزيد من اكتظاظ الفضاء بها!

ويقع العديد من هذه الأقمار الاصطناعيَّة في مدارٍ ثابت بالنسبة للأرض على ارتفاع ٣٥٧٨٥ كيلومتر فوق خط الإستواء، بحيث يظهر القمر الاصطناعي ثابتاً عند نفس النُقطة في السَّماء. يمكن أيضاً أن تكون أقمار الاتِّصالات في مدارٍ أرضيٍّ مُتوسِّط (تُعرَف باسم أقمار المدار الأرضي

(٥٤) كتاب "موسوعة كنوز المعرفة" / تأليف: مجموعة من المؤلِّفين - دار نظير عبود - بيروت ١٩٩٨م. المُجلَّد الأوَّل - الجزء ١٣ - ص ٢٠.

المتوسّط "ميو")؛ على ارتفاع مداري يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٣٥٠٠٠ كيلومتر فوق الأرض، أو في مدار أرضي مُنخَفِض (تُعرَف باسم أقمار المدار الأرضي المُنخَفِض "ليو") على ارتفاع مداري يتراوح بين ١٦٠ و ٢٠٠٠ كيلومتر فوق الأرض. ولأنّ مدارات "ليو" و"ميو" أقرب إلى سطح الأرض، فإنّه يلزم وجود عدد أكبر من الأقمار الاصطناعيّة في مثل هذه الكوكبة لتوفير اتّصالات مُستمرّة. فالأقمار الاصطناعيّة تُعتبر أجهزة حيويّة لتوفير الاتّصالات للمناطق النائيّة والسُّفُن.<sup>(٥٥)</sup>

وعلى الرّغم من أنّ الفضاء الخارجي حول الأرض يُعجُّ بأكثر من ٦٦٠٠ قمر اصطناعي، أقل من نصفها لا يزال قيد التّشغيل، إلا أنّ اصطدامها ببعضها نادر الحدوث لأنّ كلاً منها يدور على ارتفاع مُختلف في مداره الخاص به، وإن كان قد حدث مثل ذلك التّصادم بالفعل مرّة واحدة على الأقل، في شباط من عام ٢٠٠٩م، عندما اصطدم قمر اصطناعي أمريكي بآخر روسي.

وعندما تنتهي مهمّة قمرٍ اصطناعي ما، قد يتمّ الدّفع به إلى أحد المدارات المُخصّصة كمقبرة للأقمار الاصطناعيّة، والتي تبعد بين ٢٠٠ و ٣٠٠ كيلومتر عن مساره الأصلي، وذلك كأحد حلول مُعالجة مُشكلة ازدياد النفايات الفضائيّة، حيث تراكمت عبر عشرات السّنين من استكشاف الفضاء أعدادٌ كبيرة من الأقمار الاصطناعيّة المنتهية الصّلاحية أو بقاياها ومُخلّفات المركبات الفضائيّة، كخردة أو نفايات فضائيّة، وباتت

---

(٥٥) كتاب "سلسلة عالم الاتّصالات والأجهزة الإلكترونيّة - ٢ - الاتّصالات عبر الأقمار الصّناعيّة" / تأليف: فاروق حسين - دار الرّاتب الجامعيّة - بيروت ١٩٩٠م.

تُشكّل خطراً على المركبات الفضائية الأخرى (العاملة)، بما فيها محطة الفضاء الدولية التي تسبح في مدارٍ مُنخفض على ارتفاع ٣٩٠ كيلومتر عن سطح الأرض، خصوصاً إذا علمنا أنّ شظية واحدة تسير في الفضاء بسرعة ٢٨٠٠٠ كيلومتر في الساعة كقذيفة مدفعية، تُعادل قوّة اصطدامها قوّة انفجار قبلة يدويّة! لذا تضطر محطة الفضاء الدولية إلى التحرك كل عام لتجنّب الاصطدام بجسم فضائي، أو حتّى يتمّ إخراجها من رُواد الفضاء في بعض الأحيان، كما حدث يوم ١٢ آذار من عام ٢٠٠٩م، عندما كادت قطعة حُطام بطول ١٠ سنتيمترات (يُعتقد بأنّها من مُخلفات القمر الاصطناعي الروسي "كوزموس ١٢٧٥")، كادت أن تضرب المحطة. حتّى أنّ تلك النفايات باتت تُشكّل خطراً على الإنسان على الأرض، إذا دخلت الغلاف الجوّي للأرض ولم تحترق بكاملها وسقطت على سطحها؛ وهو احتمال نادر الحدوث نسبياً، ولكنه حصل بالفعل! فمثلاً، في عام ١٩٦٩م، أُصيب خمسة بحّارة على متن سفينة يابانيّة بقطع حُطام سقطت من الفضاء. وفي عام ١٩٧٨م، سقط قمر التّجسس الاصطناعي الروسي "كوزموس-٩٥٤" في كندا. وفي عام ١٩٩٧م، أُصيبت امرأة في ولاية "أوكلاهوما" الأمريكيّة بجروح في كتفها جرّاء سقوط قطعة تبلغ أبعادها ١٠ × ١٣ سنتيمتراً من مادة معدنية منسوجة سوداء عليها، تمّ تأكيد أنّها جزء من خزّان وقود صاروخ الإطلاق الفضائي الأمريكي "دلتا-٢"، الذي كان قد أطلق قمراً اصطناعياً للقوّة الجوّية الأمريكيّة في العام السّابق للحادثة.

لذا يُحاول العلماء إيجاد حلّ سريع لمُشكلة هذه الحُرّدة التي تتكاثر باستمرار نظراً لاصطدامها ببعضها وتشظّيها إلى قطع أصغر! حيث يُقدّر عدد قطع الحُرّدة الهائمة في الفضاء بأكثر من نصف مليون قطعة (ما يعادل حوالي

٦٠٠٠ طن وزناً). ومن بين الحلول الأخرى المقترحة لهذه المشكلة المستفحلة، القيام بحرف مسار هذه النفايات باتجاه الغلاف الجوي للأرض، حيث تنفك أو تنصهر، وذلك عبر حملها بالذراع الروبوتية لإحدى المركبات إلى الغلاف الجوي أو تثبيت محرك بهذه القطع الكبيرة نفسها ليقودها إلى الغلاف الجوي. وهناك فكرة تتمثل في إيجاد خدمة سحب الأقمار الاصطناعية المعطوبة أو المنتهية المدّة عبر "أقمار السحب أو القطر"، وفكرة إطلاق "قمر اصطناعي قمام" مزود بذراع آلية، مهمته القبض على قمر اصطناعي آخر وجلبه إلى محطة حماية الأقمار الاصطناعية في القمر القمام، ثمّ يناور الأخير للدخول إلى الغلاف الجوي للأرض، حيث ينصهر القمران معاً. وهناك أيضاً "خطة الحربة الشائكة المركبة على مركبة فضائية" لاصطياد المخلفات الفضائية وسحبها نحو الغلاف الجوي، حيث تحترق بأمان عند إعادة إدخالها المجال الجوي. فضلاً عن أفكار أخرى تتمثل في استعادة الأقمار الاصطناعية إلى الأرض أو إصلاحها في الفضاء، أو تزويد المركبات الفضائية والأقمار الاصطناعية بدروع حماية؛ وإن كانت جميع تلك الأفكار مكلفة من الناحية المادية.



الصورة رقم ٤٨: النفايات الفضائية

وتوجد مقبرة أرضية كبيرة لمئات المركبات الفضائية المحطّمة، تقع في أعماق جنوب المحيط الهادي ضمن المنطقة الأبعد عن الحضارة الإنسانية "نقطة نيمو"، حيث دفنت وكالة ناسا وغيرها من وكالات الفضاء العالمية ما لا يقل عن ٣٠٠ مركبة فضائية وأقمار اصطناعية انتهى مصيرها في تلك المقبرة، منذ استخدامها لأول مرة في عام ١٩٧١م، مثل محطة "مير" الفضائية الروسية، وصاروخ "سيسيس إكس"، وه سُنْفَن شحن تابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، و٦ مركبات شحن يابانية، وبقايا محطة الفضاء الصينية "تيانقونغ-١"، بالإضافة إلى أكثر من ١٤٠ مركبة إمداد روسية. ويُعتَقَد أنَّ نهاية المحطّة الفضائية الدوليّة في عام ٢٠٢٤م أو بعد ذلك التاريخ (إذا تمّ تمديد خدمتها)، ستكون في هذه المقبرة الفضائية (الأرضية) التي تبلغ مساحتها ١٥٠٠ كيلومتراً مُربَّعاً. وتقع نقطة نيمو بين أستراليا ونيوزيلندا وأمريكا الجنوبية، تماماً في قلب مُثلث مُتساوي الأضلاع، تُشكِّله سواحل ثلاث جُزر نائية، تبعد النقطة عن كلِّ منها أكثر من ٢٥٧٥ كيلومتر. ولا يعيش بشرٌ بالقرب منها ولا يزورها أحد، اللهم إلا من يُشاركون في سباق القوارب الشراعية "فيندي غلوب" الذي يطوف العالم بين الحين والآخر، كما أنّها خالية أكثر من غيرها من طرق الملاحه البحرية؛ ما يجعلها "المكب" الأرضي المثالي للنفايات الفضائية، حيث تخضع هذه المنطقة النائية لوكالات الفضاء عند هبوط المركبات الفضائية، بغية التأكد من أنّها ستهبط فيها. ومن فرط بُعد هذه النقطة الكبير عن آية يابسة، غالباً ما يُشكِّل رُود الفضاء (عندما يكونون في الفضاء) أقرب تجمُّع بشري لها، فالبشر الأقرب إليهم شاغلو محطة الفضاء الدوليّة التي تدور في مدارٍ على ارتفاع ٣٩٠ كيلومتر فوق سطح الكرة الأرضية تقريباً! بينما يقع أقرب موقع مأهول على البرّ لها على بُعد يفوق ٢٧٠٠ كيلومتراً. وتُساعد هذه البقعة على منع تراكم خردة الفضاء المدارية الخطيرة، التي يمكن أن تصطدم بالأقمار الاصطناعية المستقبلية وتُعيق إطلاق الصّواريخ. وتنفّت المركبات الفضائية التي خرجت من الخدمة أثناء دخولها الغلاف الجوّي



للأرض، ما يعني أنّها تهبط كآلاف القطع الصّغيرة في مقبرة جنوب المحيط الهادي. فالأقمار الاصطناعيّة الصّغيرة ستحترق، ولكنّ أجزاء الأقمار الأكبر حجماً ستظلّ كما هي تقريباً حتّى وصولها إلى سطح الأرض. ولتجنّب الاصطدام بمنطقة مأهولة بالسكّان، يجري إسقاطها عادةً إلى المحيط؛ في أبعـد بقعة عن اليابسة على كوكب الأرض التي يُطلَق عليها اسم "قطب المحيط المتعدّر الوصول إليه".

على كلّ حال، وفي سبيل الحيلولة دون تفاقم مشكلة النفايات الفضائيّة، يحتفظ مُشغلو الأقمار الاصطناعيّة الحديثة ببعض وقود الدّفع فيها، من أجل توجيهها نحو الغلاف الجوّي للأرض عند انتهاء مهمّاتها، لتحترق أثناء عبورها الغلاف الجوّي، بدلاً من أن تُترك في المدار (كما ذكرنا)؛ ما يُساعد على إبقاء المساحة المدارية حول الأرض نظيفة، ولا يُساهم في تفاقم مشكلة تراكم النفايات الفضائيّة، لتكون الأقمار بذلك بمثابة ضيوف جيّدين في الفضاء.



الصورة رقم ٤٩: قمر اصطناعي لتوفير خدمة الإنترنت

كما حذّر بعض علماء الفلك مؤخراً، من تداعيات غزارة إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى الفضاء؛ إذ أنّها ربّما تصبح في نهاية المطاف أكثر من النجوم التي يمكن مُشاهدتها في الليل. فمثلاً، أطلقت شركة "سبيس إكس" الأمريكية خلال شهر نيسان من العام الحالي (٢٠٢١م)، صاروخ النّقل "فالكون-٩" وعلى متنه ٦٠ قمراً اصطناعياً من نوع "ستارلينك" إلى الفضاء، ضمن مشروع يسعى لتوفير خدمة إنترنت رخيصة موثوقة في كل أنحاء العالم. ورصد الفلكيون بعد أيّام من إطلاق تلك الأقمار تحليقتها في مداراتٍ مُحيطة بالأرض، حيث إنّها عكست أشعة الشمس على أسطحها المعدنية اللامعة. ورصد مقطع فيديو الأقمار وهي تسير في صفٍّ واحد، فبدت وكأنّها عربات قطار تخرق الفضاء! وسارع بعض الأشخاص غير الملمين بعلوم الفلك إلى الإبلاغ عن وجود أجسام فضائية غريبة في السّماء، عندما شاهدوا الأقمار الاصطناعية أثناء تحركها في الليل! وبهذا بلغ عدد أقمار ستارلينك الاصطناعية في الفضاء ١٤٤٥ قمراً، منها ١٣٠٠ قمراً تُواصل العمل في المدار، حيث ستكوّن شبكة ستارلينك في النهاية من كوكبة ضخمة تضم ١٢٠٠٠ قمر اصطناعي من أجل توفير تغطية الإنترنت في كافة أرجاء الكرة الأرضية. وما يُبرز خطورة الأمر، هو أنّ "سبيس إكس" ليست الشركة الوحيدة التي تنهض بتنفيذ ذلك، إذ تسعى شركات أخرى من أجل إطلاق أقمار اصطناعية، حتّى تُوفّر خدمة إنترنت رخيصة لسكّان الأرض. فقد قامت شركة "ون ويب" البريطانية للأقمار الاصطناعية بإطلاق ما مجموعه ٢١٨ قمراً حتى شهر أيار الحالي (٢٠٢١م)، من أصل ٦٤٨ قمر اصطناعي مُخصّص لتوفير خدمة الإنترنت الفضائي العالي السرعة للعالم، بدأت بإطلاقها في شهر شباط من عام ٢٠١٩م، وستُغطّي جميع أرجاء العالم عند

إتمام إطلاقها خلال العام القادم (٢٠٢٢م). ويُقدَّر أن عدد الأقمار الاصطناعية الخاصة بالإنترنت والتابعة لاثنتي عشرة شركة، سيصل في نهاية المطاف إلى عشرات الآلاف خلال السنوات المقبلة؛ ما يعني أنها ستكون أكثر من النجوم التي يمكن مُشاهدتها في السماء الليلية، وقد يضرُّ ذلك بعلم الفلك بسبب التشويش على عمل أجهزة الرصد الفضائي الناجم عن الضوء المنبعث والمنعكس من هذه الأجهزة!

### خامساً - محطات الفضاء (السكن في الفضاء):

إنَّ استعداد رُواد الفضاء لرحلات طويلة المدى -مثل الذهاب إلى المريخ- يتطلَّب بقاءهم مدَّة طويلة في حالة انعدام الوزن، كما أنَّ قيامهم بإجراء تجارب وأبحاث علمية أكثر تطوُّراً في البيئة الفضائية، قد يتطلَّب مُكوّنهم في الفضاء لفتراتٍ طويلة، ولذلك ظهرت "المحطات الفضائية".

إذاً، إنَّ الفكرة الأساسية لمحطَّة الفضاء هي بقاؤها في الفضاء بشكل دائم وسكن بعض رُواد الفضاء فيها لفتراتٍ طويلة قد تستمر أعواماً بدلاً من أيام أو أسابيع، ودراسة تأثير الرِّحلات الفضائية الطويلة جداً عليهم. وكما أنَّ حاملة الطائرات تُعتبر مطار عائِم يُقدِّم للطائرات المُقاتلة كل ما تحتاج له، تحتاج المركبات الفضائية لشيء كهذا يُزوِّدها بالوقود، لتمضي في رحلة سفرها الطَّويل دون الحاجة للعودة إلى الأرض، على أن يكون لمحطَّات الفضاء استخدامات أخرى، ولذلك تزور سُفن فضائية محطَّة الفضاء بشكل دوري لتزويدها بالمؤن والأجهزة والمراصد، ولأخذ الفضلات والمُعَدَّات القديمة منها، ولتوصيل بعض رُواد الفضاء إليها وإرجاع بعضهم الآخر منها إلى الأرض... ففي العادة، يقود السفينة

الفضائية طاقم ما لتلتحم بالمحطة الفضائية التي يعيش فيها طاقم آخر كان قد أقام على متنها لفترة ما، ثم تنفصل السفينة عن المحطة ليعود بها الطاقم القديم إلى الأرض.

فقد كانت الانطلاقة الأولى إلى الفضاء الخارجي بسُنِّ فضاءية مثل "فوستوك"، وفيما بعد بسُنِّ "سويوز"، السوفيتيتين. في تلك السُنِّ، كان الرائد ينحصر في حيز ضيق لا يُتيح له مجالاً للحركة وإجراء التجارب العلمية الواسعة، حتى أن رائد الفضاء كان يحتاج عند عودته إلى الأرض إلى علاج فيزيائي ليعود إلى وضعه الطبيعي. لذلك فكّر العلماء بإطلاق محطات كبيرة إلى الفضاء الخارجي، على أن تبقى هناك بشكل دائم، وبحيث ينتقل الإنسان بسفينة فضائية من الأرض إلى الفضاء ثم تلتحم مع المحطة، لكن هذا الالتحام يحتاج إلى مُغامرة خطيرة! وقد رفض ٦٠% من العلماء الروس هذا الالتحام، لأنَّ الجسمين اللذين سيلتحم ببعضهما ليسا ثابتين وإنما يسيرا بسرعة ٢٨٠٠٠ كيلو متر في الساعة. كما أن هناك مُعطيات مؤثرة أخرى، مثل جاذبية الأرض التي يمكن أن تُؤثر على المركبة وتجعلها تقترب من الأرض رويداً رويداً، ولذلك يقوم الرواد بتشغيل المحركات للمناورة أثناء الالتحام. وبعد آلاف التجارب من الالتحام التي جرى إجراؤها على الأرض، تمَّ التحام أول جسمين في الفضاء في عام ١٩٦٧م.

في ١٩ نيسان من عام ١٩٧١م، وضع السوفيت المحطة الفضائية "ساليوت-١" في مدار الأرض، وهي أول محطة فضاء مأهولة تدور حول الأرض، والتحمت بها السفينة "سويوز-١١" يوم ٧ حزيران من عام ١٩٧١م حاملةً ثلاثة رواد مكثوا في المحطة الفضائية لمدة تُقارب ثلاثة أسابيع، ليُحقِّقوا رقماً قياسياً في مدة البقاء في الفضاء حتى ذلك الوقت.

وعند عودتهم إلى الأرض، هبطت كبسولتهم الفضائية برفق بوساطة المِظَلَّات، إلا أنَّ الرُّوَّاد كانوا جثثاً هامدة، وظنَّ العلماء أنَّ سبب موتهم هو أنَّ قلوبهم لم تتحمَّل الجاذبيَّة الأرضيَّة بعد بقائهم ثلاثة أسابيع في حالة انعدام الوزن في الفضاء! إلاَّ أنَّه تبيَّن لاحقاً أنَّ سبب الوفاة ناجم عن فقدان الضَّغط فجأةً داخل الكبسولة نتيجة انفتاح كُوَّة غير مُحكَّمة الإغلاق، ما أدَّى إلى تحوُّل الدَّم في عروقهم إلى غاز وتوفُّوا خلال لحظاتٍ قليلة!



الصورة رقم ٥٠: المحطَّة الفضائيَّة السوفييتيَّة ساليوت-١

وبعد نكسةٍ أخرى تعرَّض لها برنامج محطَّات الفضاء السوفييتيَّة، تمثَّلت بانفجار المحطَّة "ساليوت-٢" غير المأهولة في المدار عام ١٩٧٢م، استأنف السوفييت إطلاق محطَّات ساليوت بعد إجراء تحسينات في وحدات محرَّكاتها ومنظومات توجيهها والتحكُّم بها وفي مصادر الطَّاقة وضمان مُقوِّمات الحياة فيها.

خلال ذلك الوقت، أكمل الأمريكيون استعداداتهم وأطلقوا محطّتهم الفضائيّة "سكايلاب" (مُختَبَر الفضاء)، التي دارت حول الأرض خلال الفترة بين عامي ١٩٧٣ و ١٩٧٩م، حيث زارتها ثلاثة طواقم من الرُّوَاد خلال عامي ١٩٧٣ و ١٩٧٤م، أمضوا على متنها ١٧٠ يوماً من العمل النَّاشِط والفعَّال. وقد أُطلِقَت سكايلاب إلى مدار الأرض في ١٤ أيار من عام ١٩٧٣م بواسطة الصَّاروخ الجبَّار "ساتورن-٥"، وكانت تدور حول الأرض مرّة كل ٩٣ دقيقة، أي ١٥ دورة ونصف في اليوم تقريباً، على ارتفاع ٤٣٥ كيلومتر. وكانت أكبر مركبة فضائيّة تُطلَق حتّى ذلك التاريخ، حيث كانت بطول ٢٥ متراً وعرض ٦.٥ متراً وبوزن ٨٩ طناً، وفيها فُسحة داخلية للسُّكن تبلغ مساحتها ٣٢٢ متراً مُكعَّباً، أي بمقدار ما يتوفَّر في مسكن مُؤلَّف من سبع إلى ثمانِ عُرْف؛ ضُمَّت حُجرات مُستقلّة للنوم ومطبخاً ومرافق صحيّة ومياهاً للاستحمام والإغتسال، كما احتوت على قسم للترفيه والتسلية مع مكتبة صغيرة وألعاب وموسيقى مُسجَّلة، وتكوّنت الأقسام الأخرى من المحطّة من مقصورة الخروج إلى الفضاء وتلسكوب لمراقبة الشَّمس والنُّجوم ووحدة التحام أمامية بين المحطّة والسّفينة الزائرة "أبولو".<sup>(٥٦)</sup>

بعد ذلك، وُضِعَت خطط لإطلاق محطّة "سكايلاب-٢" بين عامي ١٩٧٤ و ١٩٧٥م، على أن يستوطنها ثلاثة رُوَاد باستمرار لمدة سنة ونصف. كما وُضِعَت تصاميم أوليّة لمحطّة فضائيّة في مدار الأرض، تتَّسع لمئة رائد

(٥٦) - كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م.

ص ٣٨-٣٩.

- كتاب "الموسوعة" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف-سويسرا ١٩٨٥م. ص ٥٠٤.

وَتُؤمِّنُ الأموالَ اللازمةَ لإدارتها عبر إنتاجها مواد أوليةً ثمينةَ يسمحُ انعدامُ الجاذبيةَ بخلوّها من الشوائب والترسّبات. لكنَّ هذه الخطة لم تُنفذ.

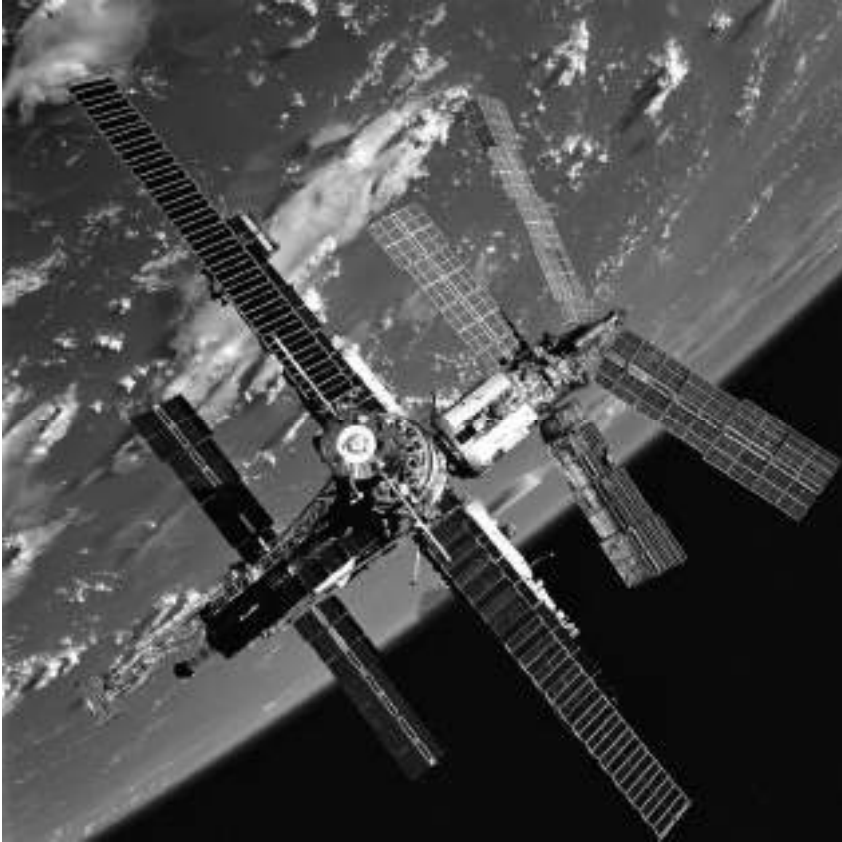
وفيما بعد، تراجعت الجهود الأمريكية لاستكشاف الفضاء، وضاعف السوفيت العمل، فأطلقوا عدّة محطات فضائية مأهولة على التوالي من طراز "ساليوت" وواحدة من طراز "مير"؛ سمحت لروادهم بالبقاء فيها لسنة كاملة وهي تدور حول الأرض. فقد أطلق السوفيت "ساليوت-٣" و"ساليوت-٤" عام ١٩٧٤م، و"ساليوت-٥" عام ١٩٧٦م، و"ساليوت-٦" عام ١٩٧٧م، وأخيراً "ساليوت-٧" عام ١٩٨٢م التي أُخرِجت من مدارها في السّابع من شباط من عام ١٩٩١م بسبب انتهاء مدّة عملها. وكانت محطّات ساليوت ٢ و٣ و٥ في واقع الأمر نماذج بالغة السريّة من المحطّة الفضائية العسكريّة "ألماز". وفي المُجمل، حقّقت سلسلة محطّات ساليوت المأهولة المُكوّنة من ستّة نماذج نجاحاً جيداً من حيث الإطلاق والمهمّات والاختبارات العلميّة وتجارب الالتحام.

وقد ساعد برنامج ساليوت المهندسين على تطوير التّقنيّات اللازمة لبناء المحطّة المداريّة السوفيتيّة "مير" (ويعني اسمها "السّلام" أو "العالم")، التي تمّ إطلاق أولى مُكوّناتها ("الوحدة الرّئيسيّة" أو "الكتلة الأساسيّة") يوم ١٩ شباط من عام ١٩٨٦م، تبعثها ٦ وحدات أخرى حتّى اكتمل بناؤها بالكامل وتجميعها في المدار الذي استغرق قُرابة عشر سنوات (من سنة ١٩٨٦ إلى سنة ١٩٩٦م). وقد تمّ إطلاق تلك المُكوّنات باستخدام صواريخ "بروتون" السوفيتيّة، باستثناء "وحدة الإرساء"، التي تمّ تركيبها بواسطة مكوك الفضاء الأمريكي "أتلانتس" في عام ١٩٩٥م. وعند اكتمالها، كانت المحطّة تتكوّن من سبع وحدات مضغوطة وعدّة مُكوّنات

غير مضغوطة، بكتلة إجمالية بلغ وزنها ١٢٩٧٠٠ كيلوغراماً، وطولها ١٩ متراً، وعرضها ٣١ متراً، وارتفاعها ٢٧.٥ متر. وتمّ توفير الطّاقة اللازمة للمحطّة من خلال العديد من صفوف الألواح الكهروضويّة المتّصلة مباشرةً بوحدات المحطّة. كما تمّ الحفاظ على المحطّة في مدارٍ أرضيٍّ مُنخفض يقع على ارتفاع بين ٢٩٦ و٤٢١ كيلومتر، وكانت تسير في الفضاء بمُتوسّط سرعة بلغ ٢٧٧٠٠ كيلومتر في السّاعة، فكانت تدور دورة كاملة حول الأرض كل ٩١.٩ دقيقةً، بمُعدّل ١٥.٧ دورة يومياً. ودامت فترة حياتها في المدار حوالي ١٥ سنة (من سنة ١٩٨٦ إلى سنة ٢٠٠١م)، أو ٥٥١٠ يوماً. وكانت كتلتها أكبر من أيّة مركبة فضائيّة سابقة، فهي أكبر قمر اصطناعي في المدار حتّى ذلك الوقت. وكانت بمثابة مُختبرٍ أبحاثٍ للجاذبيّة الصّغرى، حيث أجرت الطواقم التي تعاقبت على زيارتها والإقامة فيها طُوال ما يربو على ١٢ عاماً من المُهمّات الفضائيّة (من سنة ١٩٨٦ إلى سنة ١٩٩٨م)، تجارب بالغة الأهميّة في اكتشاف الفضاء القريب وعِلْم الأحياء وعِلْم الأحياء البشري والفيزياء وعِلْم الفلك والأرصاد الجويّة وأنظمة المركبات الفضائيّة. وسمحت تلك التّجارب بتطوير تقنيّات دعم للرحلات طويلة الأمد، وهيّأت لتطوير المحطّة الفضائيّة الدّوليّة (فيما بعد). وكانت مير أوّل محطّة أبحاثٍ طويلة المدى مأهولة باستمرار في المدار، لديها القدرة على دعم طاقم مُقيم مُكوّن من ثلاثة رُؤاد فضاء، أو طاقم أكبر أحياناً (للزيارات القصيرة). وحقّقت الرّقم القياسي لأطول تواجد بشريٍّ مُستمر في الفضاء، بلغ مجموعه ٣٦٤٤ يوماً، حتّى تجاوزتها في ذلك محطّة الفضاء الدّوليّة في ٢٣ تشرين الأوّل من عام ٢٠١٠م، وهي تحمل كذلك الرّقم القياسي لأطول رحلة فضاء بشريّة لرائد واحد، كما سنرى لاحقاً. وسجّل السّوفيت سبقاً تاريخياً في أيار من عام ١٩٨٦م، تمثّل في تنفيذهم عمليّة فريدة من نوعها في



مدار الأرض. فقد دخل رائدان سوفيتيان إلى سفينتهما الفضائية "سويوز ت-١٥" من المحطة الفضائية مير الملتحمة بها، وانفصلا بالسفينة عن مير ليلتقيا في اليوم التالي - بعد مطاردة شاقة في المدار - بالمحطة "ساليوت-٧" ويلتحما بها ويدخلا إليها ويُعيدا تشغيل أنظمتها المتوقفة منذ عدة أشهر، حيث وَصَفَ أحد خُبراء الفضاء البريطانيين ما حَصَلَ بِأَنَّهُ "مثل انتقال عائلة من منزلها الشتوي إلى منزلها الصيفي". وهكذا، كانت مير أول محطة أبحاث فضائية طويلة الأمد ومأهولة تدور حول الأرض، وهي تُعتبر تمهيداً لمستعمرة فضائية.



الصورة رقم ٥١: محطة الفضاء السوفيتية (الرُوسية) مير

لقد تمَّ إطلاق محطة مير كجزءٍ من برنامج رحلات الفضاء المأهولة السوفيتي، للحفاظ على موقع بحثي طويل المدى في الفضاء. وبعد انهيار الاتحاد السوفيتي، تمَّ تشغيلها من قِبَل "وكالة الفضاء الروسية" (Roscosmos). ونتيجةً لذلك، كان معظم زوّار المحطة من السوفيت. ومن خلال التعاون الدولي، أصبحت المحطة مٌتاحة لرواد فضاء من العديد من الدول الآسيوية والأوروبية ودول أمريكا الشمالية؛ من ضمنهم رائد فضاء سوري. وعندما عجزت وكالة الفضاء الروسية عن تحمُّل تكاليف المحافظة عليها، قرّرت بالاشتراك مع وكالة الفضاء الأمريكية التخلُّص من محطة مير الفضائية بغير تركيز الجهود على المحطة الفضائية الدولية، وذلك على الرَّغم من تحويل ملكيتها إلى القطاع الخاص، حيث قُدّرت تكلفة برنامج محطة مير على مدار حياتها بمبلغ ٤.٢ مليار دولار (بها في ذلك التطوير والتجميع والتشغيل المداري)، فجرى في شباط من عام ٢٠٠١م تشغيل المحرّكات الصّاروخية على متنها لإبطاء حركتها، لتدخل بعد ذلك الغلاف الجوّي للأرض وتحترق ككرة من اللهب وتتفكّك<sup>(٥٧)</sup>، فسقطت بعض أجزائها جنوبي المحيط الهادي، في "نقطة نيمو" التي ذكرناها سابقاً، لتطوى صفحة من صفحات إحدى أهم مركبات استكشاف الفضاء يوم ٢٣ آذار من عام ٢٠٠١م.<sup>(٥٨)</sup>

تُعتبر محطة الفضاء الدولية "ISS" أكبر قمر اصطناعي تمَّ إطلاقه حتّى الآن؛ بل حتّى أكبر شيء بناه الإنسان في الفضاء، فهي أكبر من محطة "ساليوت-٣" السوفيتية بعشرين مرّة، وتُغطّي ما مساحته ١٤ ملعب تنس

(٥٧) كتاب "وسائل النقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد

الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٨.

(٥٨) كتاب "الموسوعة العلمية الشاملة" / مكتبة لبنان - بيروت ١٩٩٨م. ص ٣٠٤.

أو حجم ملعب كرة قدم، وتمّ وضعها في مدارها بعد إطلاقها على مراحل باستخدام ٤٥ صاروخ. يبلغ أقصى طول لها ٧٣ متراً، وأقصى عرض ١٠٩ أمتار، وارتفاعها ٣٠ متراً، ووزنها ٤٢٠ طناً. وهي تتحرّك بسرعة ٢٨٠٠٠ كيلومتر في السّاعة (حوالي ٨ كيلومتر في الثّانية)، وتدور ١٦ مرّة حول الأرض خلال اليوم الواحد على ارتفاع ٣٩٠ كيلومتر فوق سطح الأرض؛ بحيث تستغرق الدّورة الواحدة ٩٠ دقيقة. تُقسّم المحطّة إلى ١٥ قسماً، ٤ منها مُخصّصة للقيام بتجارب وأبحاث علميّة، ويبلغ مجموع مُكوّنات المحطّة ٧٠ جزءاً رئيسياً ومئات العناصر الأصغر، من بينها ذراع روبوتية بطول ١٦ متراً قادرة على تحمّل وزن قدره ١٢٥ طناً، ونقالة مُتحرّكة، ومجموعة تخزين الطّاقة ووقود الدّفع التي يبلغ وزنها ١٩٣ طناً، ومركبة خدمة لطواقم الباحثين، وأكثر من مركبة للعودة إلى الأرض يمكن أن تستوعب ٧ أشخاص، وعربة نقل تموين ووقود... وتضمّ المحطّة ٦ مُختبرات حديثة، لذلك تُعتبر أوّل مُختبر للأبحاث في الفضاء، حيث يتم فيها إجراء البحث العلمي في علوم الفلك والأرصاد الجويّة والفيزياء، وفي مجالاتٍ أخرى... ويأمل العلماء أن تُؤدّي اختباراتهما إلى تطوّر الطب وإيجاد حلول لمُكافحة الكثير من الأمراض، وإلى تقدّم التكنولوجيا والعلوم، وإلى معرفة أفضل بالبيئة الأرضيّة والبيئة الفضائيّة والجاذبيّة الصّغرى والكون الذي نعيش فيه. كما تجمع المحطّة التي بلغت كلفتها أكثر من مليار دولار، بياناتٍ وتُرسل صوراً فريدةً من نوعها إلى الأرض. وتضمّ المحطّة كذلك وسائل راحة ورفاهية تُساعد الرّواد خلال سكّنتهم الطّويل في الفضاء، فهي تتّسع لستّة أو سبعة منهم. إنّ الهدف الرّئيسي من إطلاقها هو اختبار أنظمة المركبات الفضائيّة والمعدّات اللازمة للبعثات المُستقبليّة طويلة الأمد إلى

القمر والمريخ، واكتشاف كيف يمكن للناس العيش والعمل في الفضاء تمهيداً لمهمة فضائية مأهولة بالبشر إلى المريخ، فهي تضم بشكل مستمر عدداً من العلماء الذين يُجرون تجارب وأبحاث علمية في البيئة الفضائية. وقد تعاونت وكالات الفضاء الأمريكية والروسية والأوروبية والكندية واليابانية على تجميعها في المدار الفضائي المنخفض حول الأرض ابتداءً من عام ١٩٩٨م<sup>(٥٩)</sup>، واكتمل بناؤها في عام ٢٠١١م، حيث تطلّب تجميعها في الفضاء بالكامل ٤٥ عملية إطلاق صواريخ حاملة للمعدات والأجهزة، واستغرق ١٧٠٥ ساعة. وأقامت أول بعثة أمريكية-روسية على متنها في عام ٢٠٠٠م (قبل اكتمال بنائها بشكل نهائي)، وقام زواد وسياح فضاء من ١٧ دولة مختلفة بزيارتها منذ ذلك العام.



الصورة رقم ٥٢: محطة الفضاء الدولية ISS

(٥٩) كتاب "وسائل النقل في المستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٨.

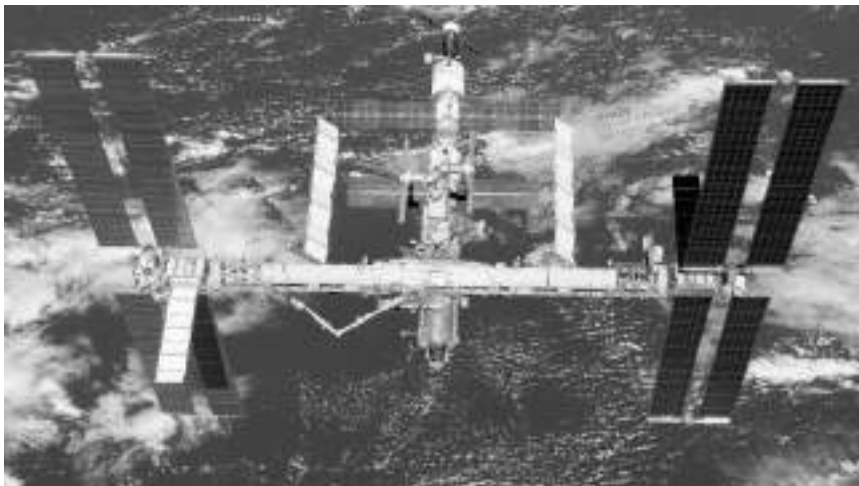
كان من المقرّر أن تتوقّف المحطّة عن العمل في عام ٢٠١٢م، وتمّ تمديد تشغيلها لاثنتي عشرة سنة أخرى حتّى عام ٢٠٢٤م، ومن الممكن من الناحية التّقنيّة أن تستمر في العمل لغاية عام ٢٠٢٨م، وهي رغبة الأمريكيّين في ذلك، لكنّ الرّوس ينوون سلوك طريقٍ خاصٍ بهم في اكتشاف الفضاء عبر فصل وحداتهم ومُختبراتهم عن المحطّة وتشكيل محطّة خاصّة بهم في الفضاء الخارجي، وذلك بعد عام ٢٠٢٤م؛ ما يُشكّل عائقاً أمام استمراريّة تشغيل المحطّة؛ سيّما أنّ طاقمها بأكمله يطير إلى الفضاء الخارجي عبر كبسولات "سويوز" الرّوسيّة، وهي حالياً الوسيلة الوحيدة لنقل رُواد الفضاء إلى المحطّة الدّوليّة وإعادتهم إلى الأرض؛ خصوصاً بعد أن أوقف الأمريكيّون رحلات مكوك الفضاء الخاصّة بهم في شهر تموز من عام ٢٠١١م؛ وإن كانت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "دراغون" تقوم بين الحين والآخر بنقل إمداداتٍ للمحطّة منذ عام ٢٠١٢م<sup>(٦٠)</sup>. لذلك تُخطّط وكالة ناسا الأمريكيّة لنقل رُواد الفضاء إلى المحطّة باستخدام سفينة الفضاء الأمريكيّة "أوريون" في المُستقبل القريب. وستلتحم بالمحطّة عدّة مُختبرات جديدة يمكن من خلالها إجراء عددٍ أكبر من التّجارب والأبحاث العلميّة، لكنّ أهمّها سيكون مُختبر لا يتأثر بالجاذبيّة، حيث سيتم فصله عن المحطّة ويبقى مُحلّقاً في الفضاء لستّة أشهرٍ تقريباً، وعندها يمكن إجراء تجارب في ظلّ انعدام الجاذبيّة بالكامل.

وهكذا، أصبحت محطّة الفضاء الدّوليّة تاسع محطّة فضائيّة مأهولة تدور حول الأرض بعد المحطّات الأولى المُكوّنة من ستّة نماذج من محطّة ساليوت السّوفيتيّة ومحطّة سكايلاب الأمريكيّة، خلال فترة السبعينيّات من

---

(٦٠) كتاب "وسائل النّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٢٥.

القرن العشرين، ومحطة مير الفضائية التي بدأ السوفيت في تشغيلها عام ١٩٨٦م، كما ذكرنا.



الصورة رقم ٥٣: محطة الفضاء الدولية ISS

كانت محطات الفضاء السوفيتية من طراز ساليوت والأمريكية من طراز سكايلاب، والقواعد الفضائية الأولى مكوّنة من قطعة واحدة. بينما محطة الفضاء الدولية (وكذلك محطة مير السوفيتية) عبارة عن مركبة تتكوّن من عدّة أقسام أو وحدات، تحملها إلى الفضاء صواريخ إطلاق، مثل المركبة الفضائية الروسية سويوز، ومن ثمّ يتمّ تركيبها معاً في المدار، وتزوّد بالكهرباء من ألواح شمسية تبلغ مساحتها أكثر من نصف ملعب كرة قدم أمريكية<sup>(٦١)</sup>.

وتعتبر جميع هذه المحطات الفضائية بمثابة الخطوات الأولى باتجاه الإستيطان المستقبلي للفضاء، حيث إنّها أثبتت أنّنا قادرون فعلاً على البقاء هناك في الفضاء البارد والمظلم. وتمّ وضع تجهيزات ومراصد فلكية فيها،

---

(٦١) كتاب "وسائل النقل في المستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد

الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٨.

مكّنت رُؤاد الفضاء من إجراء التّجارب العِلْمِيَّة المُخْتلِفَة، كما توافرت فيها وسائل راحة وترفيه للرُّؤاد.

### سادساً - مسابر الفضاء:

تتمُّ مُعظم أبحاث الأجرام البعيدة في الفضاء عادةً، عبر إرسال مسبار يدور في فلك الجُرم السماوي المراد البحث فيه، وهذا المسبار يُجري قياسات ويُرسلها إلى الأرض. إذاً، فالمسبار عبارة عن مركبة فضائيَّة آليَّة غير مأهولة لا تدور حول الأرض، بل تُستخدم لاستكشاف الفضاء الخارجيّ، حيث يتم إطلاقها بهدف استكشاف واحد أو أكثر من الأجرام السّماوية (كوكب، قمر، مُذنب، كويكب)، أو استكشاف الوسط بين الكواكب، أو الوسط بين النّجمي. وتوجد أنواع عديدة من المسابر، يدور بعضها حول الجُرم المُستهدَف، بينما يهبط بعضها عليه أو يُلقِي جهازاً على سطحه لفحصه عن قُرب<sup>(٦٢)</sup>.



الصورة رقم ٥٤: هبوط مسبار الفضاء الأمريكي كريوسيتي على سطح المريخ

(٦٢) كتاب "الموسوعة العِلْمِيَّة الشّاملة" / مكتبة لبنان - بيروت ١٩٩٨ م. ص ٣٠١.

ومن أشهر المسابير الفضائية مسبار "كريوسيتي" الذي حطَّ على سطح المريخ في ٦ آب من عام ٢٠١٢م، بعد رحلةٍ من الأرض استغرقت نحو ٨ أشهر، قطع خلالها مسافةً تُقارب ٤٥٠ مليون كيلومتر. وهو عبارة عن روبوت بحجم سيارة صغيرة، يتحرَّك بالطاقة النووية، ويحمل اسمه دلالة واضحة على الغاية منه، وهو "كريوسيتي" (أي فضول). ويعمل الروبوت العجيب بالطاقة المخزَّنة في داخله، وهي عناصر مُشعَّة تضمحل فتُنشئ حرارة تتحوَّل إلى كهرباء. ومهمَّة جهاز الاستشعار الموجود في المسبار هي قياس مدى الإشعاع الكوني على سطح المريخ. كما أنَّ لدى المسبار وظائف عدَّة، منها معرفة ما إذا كانت هناك حياة فوق الكوكب المُجاور لكوكبنا؟ وهذا الطرح معقول لأنَّ هناك دلائل على وجود ماء سائل هناك في السابق، ورُبَّما يوجد الآن ماء تحت سطح المريخ، وقد تكون هناك مايكروبات أيضاً. يقوم الروبوت كريوسيتي بجمع العينات ويقوم باكتشافاتٍ مهمَّة، مثل مُركَّبات الكربون العضوي التي من المُمكن أن تدلَّ على حياة سابقة، وهي قيد الفحص لمعرفة ما إذا كانت هناك بقايا كائنات حيَّة؟



الصورة رقم ٥٥: عربة مسبار الفضاء الأمريكي كريوسيتي على سطح المريخ



## سابعاً - مَجَسَّاتُ الْفِضَاءِ:

المَجَسُّ الفِضَائِي، هو أداة أو جهاز ميكانيكي مُرَكَّب على مركبة أو مَنصَّة فضائِيَّة لجمع المعلومات أو الكشف عن نشاط أو ظروف مُعيَّنة، سواء في الفضاء أو في وسط أرض الكواكب. وقد يتم إرسال المَجَسِّ ليعمل بعيداً في الفضاء أو يدور حول كواكب أو أقمار، أو حتَّى يهبط عليها، فيُرسل بياناتٍ عنها إلى الأرض بواسطة الرَّاديو، مُطبَّقاً بذلك العمليَّة المعروفة باسم "القياس عن بُعد". وهناك أنواع عديدة للمَجَسَّات الفضائِيَّة، منها المَجَسَّات القمرِيَّة والشَّمسيَّة، ومَجَسَّات المريخ والزُّهرة والمُشتري، والمَجَسَّات المُوجَّهة إلى المذنبات. وتتشابه المَجَسَّات مع المسابِر في أجهزتها ونطاق عملها.

تستكشف المَجَسَّات الفضاء بعدَّة طرق، فالمَجَسُّ الفضائِي يُسجِّل ملاحظات حول درجة الحرارة والإشعاع والأجسام الموجودة في الفضاء الخارجي، كما يُسجِّل أيضاً ملاحظات عن الأجسام القريبة. وبالإضافة إلى ذلك، يعمل المَجَسُّ الفضائِي على تعريض بعض المواد الأرضيَّة لظروف الفضاء، حتَّى يتمكن العلماء من ملاحظة التأثيرات التي تحدث لها. وقد يُجري المَجَسُّ أيضاً بعض التجارب، مثل إطلاق مواد كيميائيَّة أو حفر التُّربة السَّطحيَّة على الكوكب أو القمر الذي هبط عليه. كما تُمكن حركة المَجَسِّ العلماء الذين يتحكَّمون به من على سطح الأرض، من تحديد الظروف السَّائدة في الفضاء، فالتغيُّرات في المسار والسَّرعة يمكن أن تُوفِّر معلومات عن الكثافة الجويَّة ومجالات الجاذبيَّة.

ويمكن تصنيف المَجَسَّات القمرِيَّة والكوكبيَّة التي تهبط على أهدافها، وفقاً لطريقة هبوطها. فالمركبات الإرتطاميَّة لا تُحاول تخفيض سرعتها عند اقترابها من الهدف، وفي مركبات الهبوط العنيف تكون أجهزة القياس

موضوعه داخل رُزَمٍ مُبَطَّنةٍ تُمكنُها من تحمُّلِ صدمة الهبوط العنيف دون أن تتلف. وتهبط مركبات الهبوط الرَّفِيق على أهدافها بسهولةٍ ويسر. وتنعزِرُ المركبات الإختراقية عميقاً في تربة سطح الهدف. وقد يقوم المَجَسُّ برحلة في المَجَاهِ واحد، أو قد يُحضِرُ معه إلى الأرض عيِّناتٍ وبيانات.



الصورة رقم ٥٦: مجس فضائي

### ثامناً - مقارِب الفضاء:

"المِقْرَاب الفضائي" أو "التَّلْسُكُوب الفضائي" أو "المِرْصَد الفضائي"، هو تِلْسُكُوب يتم إطلاقه إلى الفضاء الخارجي لرصد الكواكب والنُّجُوم والمجرات البعيدة والأجسام الفلكية الأخرى، ودراسة الأشعة الكونية، حيث تتجنَّب المقارِب الفضائية ترشِيح ترددات الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما، وتشويهه أو وميض الإشعاع الكهرومغناطيسي، وكذلك التلوث الضوئي الذي تُواجهه المراصد الأرضية. فمقارِب الفضاء تُمثِّل طريقنا للنظر عميقاً إلى الكون.

وتختلف المقارِب الفضائيَّة عن الأقمار الاصطناعيَّة التي ترصد وتُصوِّر الأرض وتُستخدَم في التَّجسُّس وتحليل الطَّقس والاتِّصالات وفي أنواع أخرى من جمع المعلومات، بينما ترصد المقارِب الفضائيَّة الأجسام الفضائيَّة البعيدة وتفحصها.

وتُقسَم المقارِب الفضائيَّة إلى نوعين، هما مقارِب المسح الفلكي لرسم خريطة للسماء بأكملها، ومقارِب تُركِّز على أجسام فلكيَّة مُختارة أو أجزاءٍ مُحدَّدة من السماء وما ورائها.

ومن أشهر المقارِب الفضائيَّة مقراب "هابل" الأمريكي-الأوروبي، وهو مرصدٌ فضائي يدور حول الأرض، وقد زوَّد الفلكيِّين بأوضح وأفضل رؤية للكون على الإطلاق بعد طول مُعاناتهم من المراصد الأرضيَّة التي يقف في طريق وضوح رصدها الكثير من العوائق، سواءً جوَّ الأرض المليء بالأتربة والغبار، أم المؤثِّرات البصريَّة الخادعة لجوَّ الأرض والتي تُؤثِّر في دِقَّة النتائج. وقد سُمِّي المقراب على اسم العالم الفلكي الأمريكي "إدوين هابل". بدأ مشروع بناء مقراب هابل في عام ١٩٧٧م، وأُطلق إلى مداره الأرضي المُنخفض خارج الغلاف الجوّي على ارتفاع ٥٩٣ كيلومتر فوق مستوى سطح البحر بوساطة مكوك الفضاء "ديسكفري" في عام ١٩٩٠م، ولا يزال قيد التَّشغيل حتَّى الآن، حيث يُحلِّق بسرعة ٢٨٠٠٠ كيلومتر في السَّاعة، مُنجزاً دورة كاملة في مداره حول الأرض خلال زمنٍ يتراوح بين ٩٦ و٩٧ دقيقة. يبلغ وزن هابل ١١ طناً، وطوله ١٣.٢ متراً، وقطره الأقصى ٢.٤ متراً، هي قطر مرآته أو بُورته (فتحة عدسته)، وله أربعة أجهزة رئيسيَّة للرَّصد تُراقب بالأشعَّة فوق البنفسجيَّة والطيف المرئي والأشعَّة تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهر ومغناطيسي، كما أنَّه مُزوَّد بلوحين شمسيِّين لإنتاج الطَّاقة اللازمة لتشغيل أجهزته المُختلفة. ويقع مدار هذا المرصد خارج نطاق تشتيت غلاف الأرض الجوّي للضوء القادم من

الأجرام الكونيّة؛ ما يسمح بالتقاط صورٍ عالية الوضوح مع إضاءة خلفية أقل بكثير من تلك التي تلتقطها المراصد الأرضيّة؛ ما يتيح رؤية عميقة في الفضاء. فعلى سبيل المثال، تُعتبر صورة حقل هابل العميق أكثر صورة طيف مرئي مُفصّلة أُخذت لأجسام الكون الأكثر بُعداً. وقد ساعدنا هابل على تحديد مكاننا في الكون، واكتشف أنّ عدد مجرّات الكون أكبر بكثير ممّا كنّا نعتقد، وأكّد أنّه توجد ثقب سوداء في مراكز المجرّات، كما أكّد وجود كواكب تدور حول شمسٍ أخرى غير شمسنا، حيث تبيّن للعلماء أنّه توجد مجموعات شمسيّة كثيرة في الكون، تضم كل واحدة منها نجماً (أو أكثر) كنجمنا الشّمس مع عدد من الكواكب التي تدور حوله. والتقط المقراب كذلك صوراً رائعة لكثير من الأجرام الفضائيّة، كالنّجوم والسّدم، وهي السّحب التي تقع بين النّجوم وتحوي غازات وغبار. لقد أدّت العديد من مُشاهدات مرصد هابل إلى اختراقات في الفيزياء الفلكيّة، مثل تحديد مُعدّل تمدّد الكون.



الصورة رقم ٥٧: مقراب هابل الفضائي الأمريكي - الأوروبي

ويُعدُّ مقراب هابل الفضائي أحد أكبر المراصد الفضائية وأكثرها تنوعاً، فهو أداة بحثٍ حيوية في علم الفلك، شيّدته وكالة ناسا بمُساهمة من وكالة الفضاء الأوروبية، ويُعالج "معهد علوم مراصد الفضاء" الأمريكي البيانات الناتجة على عمليات الرصد التي يقوم بها هابل، بينما يتحكّم "مركز جودارد لرحلات الفضاء" بتشغيله. كما يُعدُّ واحداً من أقوى المقاريب الكبرى التي أطلقتها وكالة ناسا إلى الفضاء، مثل "مقراب كُومبتون لأشعة غاما" و"مقراب شاندرافضائي للأشعة السينية" و"مقراب سبيتزر الفضائي".<sup>(٦٣)</sup>

ومقراب هابل، هو التلسكوب الوحيد المُصمّم ليقوم رُواد الفضاء بصيانته في الفضاء، حيث قامت خمس من بعثات مكوك الفضاء بين عامي ١٩٩٣ و٢٠٠٩م، بإصلاح وتحديث واستبدال الأنظمة الموجودة على التلسكوب، بما في ذلك جميع الأدوات الخمسة الرئيسية. ويمكن أن يستمر هابل بالعمل حتى عام ٢٠٣٠م أو عام ٢٠٤٠م، والخلف المُتوقّع له هو مقراب "جيمس ويب الفضائي"، الذي من المُقرّر إطلاقه في أواخر العام الحالي (٢٠٢١م)، والذي سيُكمل ما كان قد أنهاه هابل. وقد بلغت تكلفة المقراب الجديد نحو ٨ مليارات دولار. وسيكون هدفه الأساسي هو دراسة تاريخ الكون، رجوعاً إلى أوّل ضوءٍ وُجدَ بعد الانفجار العظيم<sup>(٦٤)</sup>.

---

(٦٣) كتاب "الموسوعة العلمية الشاملة" / مكتبة لبنان - بيروت ١٩٩٨م. ص ٢٩٨.

(٦٤) كتاب "وسائل النقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٢٠.

## تاسعاً - العربات الجوّالة الفضائيّة:

العربة الجوّالة الفضائيّة (أو المركبة الكوكبيّة)، عبارة عن جهاز لاستكشاف أسطح الكواكب، مُصمّم للتحرُّك عبر السّطح الصّلب على كوكب أو كويكب أو أيّ جُرم سماوي آخر ذي كتلة كوكبيّة، فيوفّر للعلماء إمكانيّة إجراء تجارب فيزيائيّة في عين المكان عبر التحكُّم الآلي. وهو مُزوّد بكاميرات وأجهزة اتّصال بالأرض، ويعمل بالبطاريات أو بالطاقة الشمسيّة. تمّ تصميم بعض المركبات الجوّالة كمركبات بريّة ذات عجلات، لنقل أفراد طواقم رحلات فضائيّة بشريّة على الكواكب (مثل القمر)، بينما كان البعض الآخر روبوتات مُستقلّة جزئياً أو كلياً. وعادةً ما يتمّ تصميم المركبات الجوّالة بهدف هبوطها على كوكبٍ آخر (بخلاف الأرض)، مثل المريخ، عبر مركبة هبوط فضائيّة، لتقوم بجمع معلوماتٍ حول تضاريس ذلك الكوكب، وأخذ عيناتٍ من قشرة سطحه، مثل الغبار والتُّربة والصُّخور، وحتى السّوائل. فهي أدواتٌ أساسيّة في استكشاف الفضاء.

وهناك تصميماتٍ أخرى للعربات الجوّالة الفضائيّة، لا تُستخدم العجلات، وهي الآليات التي تتنقّل عبر "المشي" على الأرجل الآليّة، والقفز، والدّحرجة، وما إلى ذلك من طرق التنقّل.

ولا يمكن التحكُّم في المركبات الجوّالة التي تهبط على أجرام سماوية بعيدة عن الأرض، مثل المريخ، عن بُعد في الوقت الفعلي (المُتزامن)، نظراً لأنّ السّرعة التي تنتقل بها الإشارات اللاسلكيّة بطيئة جداً بالنسبة للاتّصال في الوقت الفعلي أو شبه الحقيقي. فعلى سبيل المثال، يستغرق إرسال إشارة

من المريخ إلى الأرض ما بين ٣ و ٢١ دقيقة، وبالتالي فإن هذه المركبات الجوالة قادرة على العمل بشكل مستقل مع القليل من المساعدة من التحكم الأرضي؛ بقدر ما يتعلق الأمر بالملاحة والحصول على البيانات، وذلك على الرغم من أنها لا تزال تتطلب مُدخلات بشرية لتحديد الأهداف الواعدة في المسافة التي ستقود إليها، وتحديد كيفية وضع نفسها في أماكن مُشمسة، لتحقيق أقصى قدرٍ ممكن من الطاقة الشمسية.

ومن أمثلة العربات الجوالة الفضائية "العربة الجوالة القمرية" (أو السَّيَّارة القمرية)، وهي مركبة جوالة بأربع عجلات تعمل بالبطارية، صنعتها شركة "بوينغ" الأمريكية لصناعة الطائرات، واستُخدمت ثلاث نسخ منها بدون صعوبة وفي أصعب الظروف على سطح القمر في آخر ثلاث بعثات لبرنامج أبولو الأمريكي (١٥ - ١٦ - ١٧)، خلال عامي ١٩٧١ و ١٩٧٢م. يبلغ وزن كل واحدة منها ٢١٠ كيلوغرامات بدون حمولة، ويبلغ طولها ٣.٣١ متراً، ويمكن أن تنقل حمولة قصوى تبلغ ٤٩٠ كيلوغراماً، بما في ذلك اثنان من رُؤاد الفضاء والمعدات والأجهزة العلمية وعيّنات القمر. وقد تمَّ تصميمها لتسير بسرعة قصوى تبلغ ١٣ كيلومتر في الساعة، وذلك على الرغم من أنها حققت سرعة قصوى بلغت ١٨ كيلومتر في الساعة، في مهمتها الأخيرة "أبولو-١٧". وكان يتمُّ نقل كل عربة جوالة قمرية إلى سطح القمر مطوية داخل مركبة الهبوط القمرية، وبعد تحريرها كانت تتمُّ قيادتها من قبل الرُّؤاد على سطح القمر، بمعدّل ٣٠ كيلومتراً لكل واحدة منها، حيث بلغ مجموع الجولات الاستكشافية بالعربات الثلاثة على سطح القمر نحو ٩٢ كيلومتراً. ولا تزال تلك العربات الثلاثة مكوّنة على سطح القمر حتى يومنا هذا.



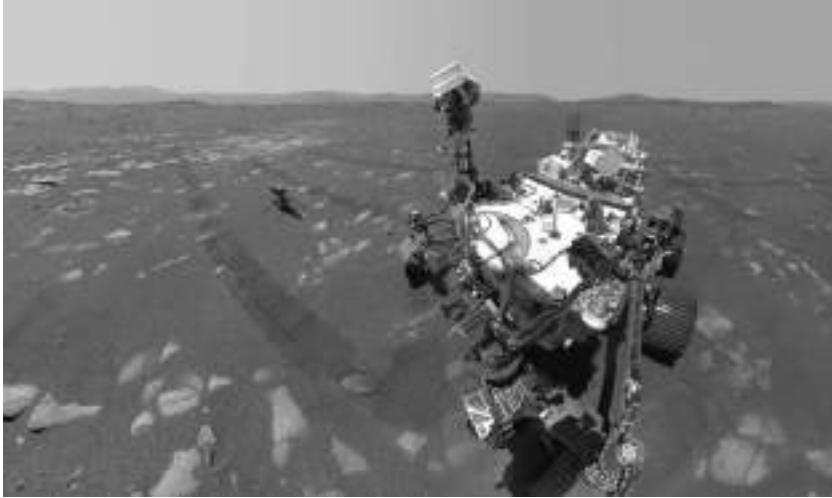
الصورة رقم ٥٨: العربة الجوّالة القمرية على سطح القمر

وهناك عربات قمرية أخرى، سوفيتية، هبطت على سطح القمر لاستكشافه خلال سبعينيات القرن الماضي، وصينية، خلال السنوات الأخيرة الماضية، وذلك عبر مركبات فضائية غير مأهولة.

كما أنّ هناك عربات جوّالة فضائية أخرى (سيارات تعمل عن طريق التحكم الآلي) هبطت على المريخ بوساطة مركبات فضائية غير مأهولة، مثل العربتين من طراز "بروب-إم" اللتين أطلقاهما المسباران السوفيتيان "مارس-٢" و"مارس-٣" في عام ١٩٧١م، والعربة "سوجورنر" التي



أطلقتها مركبة الفضاء الأمريكية "مارس باثفايندر" في عام ١٩٩٧م، وعربة "سبيريت" وتوأما "أبورتينيوتي" الأمريكيتين اللتين تمَّ إطلاقهما في عام ٢٠٠٤م<sup>(٦٥)</sup>، والمركبة الروبوتية الأمريكية "كيوريوسيتي روفر" التي تمَّ إطلاقها ضمن مهمةٍ مختبر علوم المريخ التابع لوكالة ناسا في عام ٢٠١٢م، وعربة "برسفيرنس روفر" التابعة لمهمة "المريخ ٢٠٢٠" الأمريكية التي وصلت إلى المريخ يوم ١٨ شباط من العام الحالي (٢٠٢١م)، وأُرفقت بها طائرة عمودية (هيليكوبتر) تجريبية صغيرة بوزن ١.٨ كيلوغراماً تُدعى "إنجينويتي"، وهي تعمل بالطاقة الشمسية ومزوَّدة بكاميرا، وتمَّت بها يوم ١٩ نيسان الماضي أوَّل رحلة طيران بمُحرِّك على كوكبٍ آخر.



الصورة رقم ٥٩: العربة الجوّالة الفضائية الأمريكية برسفيرنس روفر مع طائرتها

العمودية على سطح المريخ

---

(٦٥) كتاب "وسائل النقل في المستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد

الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٢٢.

## عاشراً - المناطيد الفضائية:

طوال أكثر من ستين سنة الماضية، كان طريقنا إلى الفضاء مرسوماً بواسطة الصّواريخ والمركبات الفضائية، لكنّها لم تكن الطريقة الأولى والوحيدة للوصول إلى الفضاء، لأنّ ذلك اللقب قد يعود إلى كيسٍ مرنٍ ربطناه في معظم الأوقات بالحفلات؛ ألا وهو البالون. فعندما لم يكن البشر قد تمكّنوا من إطلاق صواريخ فضائية بعد، وكانوا بحاجة إلى اختبار التّقنيّات المتطوّرة في بيئة قريبة من بيئة الفضاء، قاموا بإرسال البالونات إلى مكانٍ تكاد عنده أن تكون في الفضاء.

يمكن للمناطيد الغازيّة غير المأهولة ذوات العلو المرتفع ووقت الطيّران الطويل، أن تحمل تلسكوباً مُعلّقاً بها لمراقبة الفضاء، ويمكنها أن تُقدّم للعلماء نظرةً مطوّلة عميقة إلى الفضاء، فضلاً عن أنّها -وعلى العكس من الأقمار الاصطناعيّة- غير مُكلّفة من النّاحية الماديّة. فإطلاق منطادٍ علمي يُكلّف أقل بكثير من وضع معدّات تجرّية ما في قمرٍ اصطناعي، حيث يُمكن للعلماء صنع منطاد لتجربة مُعيّنة وإطلاقه إلى السّماء في غضون ستين، بينما قد تستغرق عمليّة صناعة قمر اصطناعي واحد عقداً كاملاً من الزّمن، ويُكلّف ملايين الدُولارات. كما يمكن للمناطيد أن تُقلّ حمولة قد يصل وزنها إلى ٣٠٠٠ كيلوغراماً، مُكوّنة من معدّات وأجهزة التّجارب التي تقوم بالمُهمّات العلميّة، إلى علو ٣٧٠٠٠ متراً، حيث تصبح على ارتفاع ٩٩.٥% من الغلاف الجوّي. ومن المُمكن لهذه المناطيد أن تظلّ مُحلّقة عبر الغلاف الجوّي لكوكب الأرض لمدة تتراوح بين ١٥٠ و ٤٠٠ يوماً، لذلك أصبح بإمكان العلماء إطلاق منطاد من أستراليا مثلاً، ليدور حول الأرض عدّة مرّات، كما تفعل الأقمار الاصطناعيّة. وعندما يحين موعد هبوط المنطاد إلى الأرض، يتم تفجيره لتحرير

الحمولة، ثم تفتح مظلة تنقلها إلى الأرض بأمان، ليقوم العلماء لاحقاً بالتقاطها واستخراج البيانات والمعلومات منها وتحليلها.



الصورة رقم ٦٠: منطاد فضائي

ويستعين علماء الفضاء والفيزياء والفلك حالياً بتلك المناطيد كـتلسكوب لرصد النجوم والمجرات البعيدة عبر رؤية واضحة، لأنها تتم من حافة الفضاء فوق الغلاف الجوي للأرض الذي يُشكّل "حاجزاً" يجعل رؤيتنا لها مُشوشة! وزوّدت بعض المناطيد العلماء مؤخراً ببعض الاكتشافات العلمية الهامة، من خلال مُراقبتهم لمجرات يصل عمرها إلى نصف عمر الكون.

كما يدخل في هذا المفهوم المنطاد الغازي الذي حمل المغامر النمساوي "فيليكس باومغارتنر" في عام ٢٠١٢م، للقفز من "حافة الفضاء" على ارتفاع نحو ٣٩٠٠٠ متراً.

وعلى الرغم من أنّ فكرة إرسال بالون إلى كوكب آخر تبدو غريبة بعض الشيء، إلا أنّه من الممكن الاستفادة من البالونات المديدة التحليق في ارتياد عوالم الفضاء الأخرى، فهناك ستّة كواكب لها أغلفة جويّة من شأنها أن تُتيح للبالونات التحليق فيها، وهي المريخ والزّهرة والمُستري وزُحل وأورانوس ونبتون، إضافةً إلى أحد أقمار كوكب زُحل "تيتان"، إلا أنّ كل واحد من هذه الأجواء يُمثّل تحدياً مُختلفاً عن التحديّ الذي يُمثله جوُّ الأرض. ويأمل الباحثون بأن تُوفّر البالونات منصّات رخيصة التكلفة لاستكشاف تلك الأجواء من أجل معرفة تركيباتها ودوراتها ومراقبة سطوح كواكبها بوساطة أجهزة استشعار عن بُعد. وقد تمّ بالفعل إرسال بالونات إلى كوكب الزّهرة في عام ١٩٨٥م، بتعاونٍ سوفيتي-فرنسي-أمريكي، حيث مسحت تلك البالونات سطح الكوكب من على ارتفاع ٥٤ كيلومتر، ونقلت معلومات تُؤكّد أنّ رياحاً قويّة تهبُّ على ارتفاعات عالية فوق سطح الزّهرة، وتمكّنت من قياس درجة حرارة جوّه وقيمة الضّغط الجوّي على سطحه. كما قام فريقان مُؤخّراً، أحدهما من وكالة ناسا والآخر من وكالة الفضاء الأوروبيّة، بدراسة مشاريع لجلب عينات من سطح الزّهرة إلى الأرض. وأجمع الفريقان على أنّ بالونات الحرارة العالية ستؤدّي دوراً رئيسياً في هذه المشاريع، إذ قد تُستخدم في رفع عينات من الصّخور والتُّربة إلى علوِّ يبلغ نحو ٦٠ كيلومتراً، حيث يكون جوُّ الكوكب رقيقاً بما يكفي لكي تنطلق من هذه البالونات صواريخ تنقل العينات إلى سفينة فضائيّة تتولّى العودة بها إلى الأرض.<sup>(٦٦)</sup>

(٦٦) كتاب "جولة في المنطاد" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - الهيئة العامّة السوريّة

للكتاب - دمشق ٢٠٢٠م. ص ٢٣٨-٢٣٩-٢٤٠.

## الفصل الرابع رُؤاد استكشاف الفضاء

رائد الفضاء، هو شخص يتم تدريبه بوساطة برنامج رحلات فضائية مأهولة ليرأس أو يقود أو يخدم كعضوٍ في طاقم المركبة الفضائية. وفي حين أنّ هذا اللقب غالباً ما يُطلق على رُؤاد الفضاء المحترفين، فهو يُطلق أحياناً على كل من سافر إلى الفضاء من علماء وسياسيين وصحفيين وسيّاح... ومع تنامي السياحة الفضائية خلال الفترة الأخيرة، اتّفتحت وكالتا الفضاء الأمريكية والروسية على استخدام مُصطلح "مُشارك في رحلات الفضاء"، لتمييز هؤلاء المُسافرين إلى الفضاء عن رُؤاد الفضاء المحترفين في المهّمات التي تُسّقها هاتان الوكالتان. ليصل عدد رُؤاد الفضاء حالياً إلى أكثر من ٥٢٩ رائد ورائدة.

ورُؤاد الفضاء هم أولئك المغامرون الذين كان لهم سبق الريادة في استكشاف الفضاء الخارجي، ليُنيروا الطريق أمام غيرهم وأمام سائر البشرية في سبر أغوار هذا الكون الهائل، لذلك يجب أن يتمتّعوا بقدرٍ كبير من الشجاعة والقدرة على مواجهة الخوف بثقة، ويتحلّوا بصفات المسؤولية والمرونة في اتّخاذ القرارات خلال المواقف العصيبة، فضلاً عن اللياقة والصفات البدنية والصّحية اللازمة. فقد وقع الاختيار على نيل أرمسترونغ في عام ١٩٦٨م، لقيادة رحلة "أبولو-١١" المُخصّصة للهبوط على القمر، لأنّه أبدى الكثير من الشّجاعة والثّقة أثناء إجراء التّجارب على مركبة

الهبوط القمرية. فعلى ارتفاع ثلاثين متراً عن سطح الأرض حصل خلل في المركبة التجريبية، وبدا له أنّها ستصطدم بالأرض وتتحطم -لا محالة، فقام بقذف نفسه منها في اللحظة المناسبة، وهبط بالمظلة بسلام وبإصابات طفيفة، بعد أن كان قد أوشك على الموت. ولو تأخر ثانية واحدة بقذف نفسه من المركبة، لما كُنّا قد سمعنا باسمه قط! (٦٧)

من النّاحية الفنية، ينطبق مُصطلح "رائد الفضاء" على جميع المسافرين إلى الفضاء، بغضّ النظر عن جنسيتهم أو ولائهم. ويعود أصل ذلك المُصطلح إلى الكلمتين اليونانيتين "أسترون" (نجم) و"نوتس" (ملاح)، وبدمج الكلمتين مع بعضهما يصبح التعبير "ملاح النّجم". أمّا في الاتحاد السوفيتي (السّابق) وروسيا، فيُطلق على رُوّاد الفضاء اسم "كوزمونوتس" (المُشتق من كلمة "كوزموس" التي تعني "الكون")، وذلك من أجل تمييزهم عن مُصطلح "رُوّاد الفضاء" المُستعمل في الولايات المتّحدة الأمريكيّة وبقية دول "حلف الناتو" (٦٨). وقد أدّت التطوّرات الأخيرة في رحلات الفضاء المأهولة التي قامت بها الصّين ودول شرق آسيا الأخرى إلى ظهور مُصطلح "تنقل الأفراد في (٦٧) كتاب "سلسلة أعلام للنّاشئة- ٢٦" - أعلام في ريادة الفضاء" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - الهيئة العامّة السوريّة للكتاب - دمشق ٢٠١٤م. ص ٤١.

(٦٨) "منظمة حلف شمال الأطلسي" (وتُعرف اختصاراً باسم "الناتو"): هي منظمّة عسكريّة دوليّة تأسّست عام ١٩٤٩م، وهي تُشكّل نظاماً للدّفاع الجماعي تتّفق فيه الدول الأعضاء على الدفاع المتبادل ردّاً على أيّ هجوم من قِبَل أطراف خارجيّة. ويتكوّن حلف الناتو من ٣٠ بلداً رأسالياً، من قارتي أمريكا الشماليّة وأوروبا. وأدّى مسار الحرب الباردة وانضمام ألمانيا الغربيّة (السّابقة) لحلف الناتو، إلى تأسيس حلف مُنافس من الدول الإشتراكية في عام ١٩٥٥م، هو "حلف وارسو" الذي كان يقوده الاتحاد السوفيتي (السّابق)، الذي أدّى تفكّكه إلى انهيار الحلف الأخير في عام ١٩٩١م، وصيرورة بعض أعضائه عضواً في الحلف الأوّل؛ الأمر الذي أزال بحكم الأمر الواقع الخصوم الرئيسيّين لحلف شمال الأطلسي الذي ظلّ موجوداً - على الرّغم من ذلك - حتّى الآن.

بها الصّين ودول شرق آسيا الأخرى إلى ظهور مُصطلح "تنقل الأفراد في الفضاء الخارجي" (المشتق من كلمة "تاكونج" بلغة "الماندرين" الصّينية، وتعني "الفضاء" أو "التنقل في الفضاء الخارجي داخل نظام النّجوم المحليّة") للدّلالة على رُواد الفضاء، وذلك على الرّغم من أنّ استخدامه غير رسمي إلى حدّ ما، وأصله غير واضح! أمّا في الهند، فتشير كلمة "فيومانوتس" إلى رائد الفضاء، وهي مُشتقة من الكلمة السنسكريتيّة "فيومان" التي تعني "السّماء" أو "الفضاء".

واعتباراً من العام الماضي (٢٠٢٠م)، تُمنح صفة رائد الفضاء في الولايات المتّحدة الأمريكيّة للشّخص، اعتماداً على الوكالة المرخّصة للرحلة، وفق الترتيب التّالي:

- يُعتبر رائد فضاء، الشّخص الذي يُخلّق في مركبة تابعة لوكالة ناسا أو للجيش الأمريكي، وتتجاوز ارتفاع ٨٠ كيلومتراً؛ ولو كان غير مؤهّل (لم يتّبع برنامج تدريب رُواد فضاء).

- يُطلق على الشّخص الذي يُسافر في مركبة إلى محطة الفضاء الدّوليّة في مهمّة تُنسّقها وكالة ناسا ووكالة الفضاء الرّوسيّة، لقب "مشارك في رحلات الفضاء".

- إنّ الشّخص الذي يُخلّق إلى ارتفاع يتجاوز ٨٠ كيلومتراً، بصفته أحد أفراد الطّاقم في مركبة غير تابعة لوكالة ناسا، يُعتبر رائد فضاء تجاري من قبل إدارة الطّيران الفيدراليّة.

- إنّ الشّخص الذي يُسافر في مركبة إلى محطة الفضاء الدّوليّة، كجزء من رحلة فضائيّة تجاريّة مُمّولة من القطاع الخاص وعلى مركبة إطلاق تجاريّة مُخصّصة للمهمّة، لإجراء أنشطة تجاريّة وتسويقية

مُرَخَّصة في المحطَّة الفضائيَّة (أو في جزءٍ تجاريٍ مُرتبَط بالمحطَّة)...  
تعتبره وكالة ناسا رائد فضاء خاص (وحتَّى عام ٢٠٢٠م، لم يتأهَّل  
أحد لهذه الصفة بعد).

- إنَّ المُصطلح المقبول بشكلٍ عامٍ ولكنَّه غير رسمي، الذي يُطلَق على  
المُسافر الذي يدفع مُقابلاً للرحلة، ويكون من غير أفراد الطاقم،  
والذي يُخلَق بمركبات خاصَّة غير تابعة لوكالة ناسا أو للجيش  
الأمريكي فوق ارتفاع ٨٠ كيلومتراً... هو "سائح فضاء" (وحتَّى  
عام ٢٠٢٠م، لم يتأهَّل أحد لهذه الصفة بعد).

ويقوم رُوَّاد الفضاء بتشغيل سُفن ومحطَّات الفضاء وإطلاق وإعادة  
(استرجاع) الأقمار الاصطناعيَّة، وكذلك بإجراء التَّجارب العلميَّة والهندسيَّة  
والطَّبيَّة في الفضاء. وعلى الرَّغم من أنَّ رُوَّاد الفضاء الأوائل لكل من  
الولايات المتَّحدة والاتِّحاد السُّوفيتي كانوا لا يحملون أيَّة درجة جامعيَّة في  
الهندسة أو في أيِّ تخصصٍ آخر، إلا أنَّهم غالباً ما كانوا طيَّارين تجربيِّين أو  
مُقاتلين خضعوا لاختبارات الطَّائرات العسكريَّة والتدريب الهندسي.

واليوم، وبغية إعداد رُوَّاد الفضاء الرُّوس تمهيداً لإرسالهم في مُهمَّة  
مُحدَّدة إلى الفضاء، يعيشون مع أُسرهم لمُدَّة سنتين في "مركز يوري غاغارين  
لتدريب رُوَّاد الفضاء" في "مدينة النُّجوم" قرب العاصمة "موسكو"،  
حيث يخضعون لتأهيل نظري وعملي وجسماني ونفسي. يتضمَّن برنامج  
تدريب الرُّوَّاد الرُّوس نشاطات رياضيَّة، مثل الغوص العميق والتزلُّج  
والمصارعة والقفز بالمظلات فوق الأرض والمياه، وتدرّيبات على القوَّة  
الطَّاردة المركزيَّة في آلة تُهيِّى زيادة في الجاذبيَّة، وتدرّيبات تحمُّل الوضع في



حُجرات حرارية وخليّة عزل تُسمّى "حُجرة الرُّعب"، وتدرّيات جهاز "كرسي الدّوران والهزّ" الذي صُمّم لاختبار الغثيان، وتدرّيات في "طائرة انعدام الجاذبيّة"، وتدرّيات على التّجارب التي سيُجرونها في الفضاء. ويقضي ملاحو الفضاء مُعظم الوقت في دراسة أنظمة سُفن الفضاء المُعقّدة والعمل داخل أجهزة المُحاكاة. ولأنّه يُتوقّع لهم البقاء قُرابة السّنة في محطة الفضاء، فإنّ تدرّيبهم يتضمّن شروطاً واستعدادات لرحلات فضائيّة طويلة، حيث يُمضون أحياناً من ٨ إلى ١٠ سنوات في الاستعداد لبعض الرّحلات الفضائيّة.



الصورة رقم ٦١: تدرّيات في طائرة انعدام الجاذبيّة

أمّا في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، فهم يعملون في وكالة الطّيّران والفضاء الأميركيّة "ناسا"، ويعيشون ويتدرّبون في "مركز ليندون جونسون

الفضائي" في مدينة "هيوستن" بولاية "تكساس". وتختار ناسا نوعين من رُؤاد الفضاء لرحلاتها، هما قائد فضائي (رائد فضاء) ومُتخصِّص للبعثة. إنَّ رائد الفضاء القائد يأمر بقية الرُّؤاد بتنفيذ بعض المهَّمات ويتحكَّم بسفينة الفضاء، وهو في الغالب من ضباط القوَّات الجوّية أو البحريَّة. بينما يقوم مُتخصِّصو البعثة بصيانة مركبة الفضاء وأجهزتها وبإجراء التَّجارب وبإطلاق الأقمار الاصطناعيَّة وبأنشطة أخرى. ويتعيَّن على رُؤاد الفضاء (القادة) أن يكونوا قد أكملوا ١٠٠٠ ساعة طيران في قيادة الطَّائرات النَّفاثة، وأن تتراوح أطوالهم بين ١.٦٣ و ١.٩٣ متراً. بينما يجب على المُتقدِّمين ليصبحوا رُؤاد فضاء (مُتخصِّصي البعثات) أن يكونوا حاصلين على درجة الإجازة أو درجة أعلى منها في الهندسة أو العلوم البيولوجية أو الفيزيائية أو الرياضيات، وأن تتراوح أطوالهم بين ١.٥٢ و ١.٩٣ متراً. ولا يوجد حدُّ مُعيَّن لسنِّ المُتقدِّمين، بل يجب عليهم إثبات كفاءتهم الجسديَّة والعقلية خلال الكشف الطبي والمُقابلة الشخصية. ويُمضي كلا النوعين من المرشَّحين مدَّة سنة في التدريبات العامة ليصبحوا رُؤاد فضاء، حيث يتضمَّن التدريب خمس مراحل أساسية، هي:

### ١ - المناهج الدَّراسية:

تتضمَّن دراسة علم الديناميكا الهوائية، والفيزياء، وعِلْم وظائف الأعضاء، وأساليب مُتابعة سُفن الفضاء، وكيفية الاتِّصال بالرُّؤاد الآخرين في الفضاء، ودراسة أجهزة المركبات الفضائية، والإعتمادات المالية لبرامج الرِّحلات الفضائية. كما تتضمَّن هذه المناهج دراسة مُحركات الصَّواريخ، وميكانيكا الطَّيران، وأجهزة الكمبيوتر، وعِلْم الفلك، والجيولوجيا، وجيولوجيا القمر، وعلوم الحياة، وتشغيل محطة الفضاء.

## ٢- تدريبات الطَّيران:

وتتم بطائرة نفاثة، حيث لا يقوم المُدرِّبون ليصبحوا مُتخصِّصي بعثة بقيادة الطَّائرات أثناء الصُّعود أو الهبوط فقط، بل يتدرَّبون على المناورة بها في الجو، واستخدام "المقعد المقذوف"<sup>(٦٩)</sup>. كما يدرسون كهرباء الطَّائرة، وأنظمة حماية الحياة، وأنظمة أخرى. ويتم تدريب مُتخصِّصي البعثة على الطَّيران لفترةٍ أقل من رُوَّاد الفضاء القادة، ويجب عليهم إكمال سنة كاملة من تدريبات الطَّيران الحربي قبل أن تقبلهم ناسا كروَّاد فضاء. وتتضمَّن تدريبات الطَّيران كذلك، التدريب على النِّشاط خارج المركبة في مُنشأة "مُختبر الطَّفو المُحايد" التابع لناسا. كما يتم تدريب الرُّوَّاد (القادة ومُتخصِّصي البعثة) على حالة انعدام الوزن في وضع قريب من انعدام الجاذبيَّة، من خلال تحليق الطَّائرات بهم عبر سلسلة من الارتفاعات القوسية يطفون فيها مُنعدمي الوزن خلال ٣٠ ثانية في كل قوس، ومن خلال التدريب في برك الغوص، حيث يُحاكي الطَّفو في الماء حالة انعدام الوزن، وهو انعدام الوزن المطلوب في رحلات الفضاء. وتتم مُعظم رحلات طائرات تدريب الرُّوَّاد في "قاعدة إينغتون فيلد" القريبة من

---

(٦٩) "المقعد المقذوف" أو "كرسي القذف" أو "كرسي الإنقاذ": هو وسيلة تسمح للطَّيار بمُغادرة طائرته في الحالات الاضطرارية عندما يتأكَّد من أنَّها سوف تسقط أو تنفجر -لا محالة، مثل تعطلُّ الطَّائرة أو إصابتها أو احتراقها... أو أيِّ موقفٍ آخر يُعرِّض حياته للخطر. حيث يقوم الطَّيار في مثل تلك الحالات بسحب مقبض لإطلاق مقعده خارج الطَّائرة، وعندها يفصل غطاء قُمرة القيادة الشَّفاف المُتوضِّع فوق رأس الطَّيار، لينطلق المقعد (والطَّيار) إلى مسافة آمنة خارج الطَّائرة من الأعلى وتفتح مظلة إنقاذ بشكلٍ آلي، تحمل الطَّيار إلى الأرض بسلام.

"مركز جونسون للفضاء" قرب مدينة "هيوستن" بولاية تكساس، أو في "قاعدة إدواردز الجويّة" في ولاية كاليفورنيا. ويجب أن يتعلّم رُؤاد الفضاء أثناء التدريب كيفية التحكّم في مركبات الفضاء والتحليق بها، ومن الأهمية بمكان أن يكونوا على دراية بمحطّة الفضاء الدوليّة، حتّى يعرفوا ما يجب عليهم فعله عند وصولهم إليها.



الصورة رقم ٦٢: تدريبات روسيّة على استخدام المقعد المقذوف

### ٣- تدريبات النّجاة:

يتعلّم المتقدّمون كيفية النّجاة بعد هبوطٍ اضطراري في الماء أو في غابة، مثل هبوط سفينة الفضاء العائدة في المحيط. ففي مثل هذه الحالة، يتم تدريبهم على السّحب في المياه بوساطة مظلّة هبوط سفينة الفضاء لمحاكاة السّحب عبر المياه أثناء هبوب الرّيح إبان هبوطهم. كذلك يتمرّنون على الهبوط في الماء بينما يكونون مُعلّقين في المظلات وحاملين عدّة النجاة، حيث

يتخلَّصون منها ويركبون طوق النِّجاة و ينتظرون إنقاذهم بطائرة عموديَّة. كما يتمرّنون على العيش في الغابات، لمحاكاة الهبوط الاضطراري في مناطق نائية، مثل الغابات والصَّحاري.

#### ٤ - تدريبات البعثة:

وتتضمّن تدريبات مسرح العمليات وأنظمة التحكّم بالطيران والأعمال الهندسيَّة والتعرّف على الأجهزة. ولا يُقبَل كل مَنْ أصبح رائد فضاء -بالضرورة- كفرد في البعثة، فبعض رُؤاد الفضاء القادة انتظروا ١٢ سنة قبل السّفر إلى الفضاء، واصلوا خلالها العمل في مهام هندسيَّة مُختلفة، وأصبح العديد منهم خبيراً في تجهيزات التّشغيل. وعندما يُعيّن رائد فضاء في طاقم بعثة، يقضي مُعظم وقته (نحو ٨ ساعات في اليوم) في التدريب على أجهزة المُحاكاة، ليقوم بتكرير كل جزء من الرّحلة، وذلك ريثما يحين موعدها، حيث يقوم المُدرّبون -بصفة مُستمرة- بإعطاء أعضاء الطّاقم مشاكل لحلّها وتصحيحها، وذلك بهدف تهيئتهم لكل المواقف الطّائرة المُحتملة. وعادةً ما يُمضي رائد الفضاء غير المُتمرّن حوالي ١٨ شهراً في تمرينات الرّحلة، أمّا الرّائد الذي سافر سابقاً إلى الفضاء، فيحتاج إلى ٦ أشهر فقط قبل أن يصبح جاهزاً للسّفر إلى الفضاء مرّة ثانية. وفي المُجمل، يقضي الرّؤاد في أجهزة المُحاكاة وقتاً أطول من مدّة بقائهم في الفضاء، فأجهزة المُحاكاة تُعتبر إعداداً جيّداً لما سيواجهونه في الرّحلات الحقيقيَّة. ففي رحلة "أبولو-١٣" إلى القمر (الفاشلة) مثلاً، استعان رُؤاد الفضاء بالأكسجين ومصدر الطّاقة الموجودين في مركبة الهبوط القمريَّة للعودة بالسّفينة إلى الأرض سالمين، بعد انفجار أصاب خزّان الأكسجين اللازم

للتنفس وتوليد الطاقة الكهربائية في وحدة الخدمة للسفينة؛ والذي لا يمكن أن تعمل أنظمة الدفع ودعم الحياة من دونه، حيث داروا نصف دورة حول الجانب البعيد للقمر، أعطتهم الدفع اللازم نحو الأرض مباشرةً. تلك العملية، كانوا قد تدربوا عليها باستخدام أجهزة المحاكاة على الأرض قبل الرحلة. ويتم تدريب الرُّواد في أنموذج بالحجم الحقيقي لسفينة الفضاء التي سيُسافرون فيها، ويُساعد ذلك أعضاء الطاقم على ممارسة العمل والمعيشة في أحوال مُماثلة لسفينة الفضاء. ويتدربون كذلك على الخروج والدخول من وإلى مركبة الفضاء.

#### ٥- تدريبات خاصة:

يتدرب الرُّواد على مهام لا تكون جزءاً من كلِّ الرحلات. فمثلاً، تعلّم رُّواد الفضاء الأمريكيين الذين شاركوا في برنامج "أبولو-سويوز" (الأمريكي-السوفيتي) عام ١٩٧٥م، اللُّغة الروسيَّة، وشاركوا في تدريبات محاكاة الطَّيران التي جرت في كلِّ من الولايات المتَّحدة والاتِّحاد السُّوفيتي ودول أوروبا الشرقيَّة. ويتدرب رُّواد الفضاء الذين يعملون في معامل الفضاء على تشغيل مُعدَّات خاصَّة وأجهزة لازمة لإجراء تجارب علميَّة وهندسيَّة. وكان الرُّواد الذين سافروا بمكوك الفضاء قد تدربوا بطائرات نفاثة تُلقِي بهم من الخلف للتمرُّن على الطَّيران بعيداً عن سفينة الفضاء دون خطِّ أمان.

وتشترط وكالة الفضاء الأوروبيَّة على المُتقدِّمين للعمل كرُّواد فضاء بعض المُتطلَّبات الأساسيَّة، مثل أن يكونوا تحت سن الخمسين وأن يكون طولهم بين ١٥٠ و ١٩٠ سنتيمتراً ويتمتَّعون بحاستي سمع ورؤيَّة سليمتين، ويتمتَّعون باللياقة البدنيَّة والقدرة على المشي والرَّحف والجلوس في وضعيَّة

القرفصاء، ويحملون رخصة قيادة مركبات أرضية سارية المفعول، وأن تكون لديهم صفة حُبِّ العمل الجماعي؛ حتّى في أقسى الظروف، وأن يجتازوا تدريبات الغوص تحت الماء والتحليق في وضع انعدام الجاذبيّة...

وكما ذكرنا سابقاً، يُعرّف اتحاد الطيّران الدّولي "FAI" رحلة الفضاء، بأنّها أيّة رحلة طيران يزيد ارتفاع التحليق فيها عن ١٠٠ كيلومتراً (أي تتجاوز خط كارمان). أمّا في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، فحتّى عام ٢٠٢٠م، كان يُمنح لقب رائد فضاء لكلّ شخصٍ من الأشخاص المحترفين والعسكريين والتجاريين، سافر جواً فوق ارتفاع ٨٠ كيلومتراً. ولم يصل إلى الفضاء سوى ما ينوف عن ٥٠٠ شخصاً حتّى الآن؛ إنّه عدد صغير جداً بالمقارنة مع مجموع سكّان الأرض البالغ عددهم حالياً نحو ٧.٩ مليار نسمة، وهذا يعني أنّ السّواد الأعظم من النّاس لم يلتقوا برائد فضاء في حياتهم! وقد وصل ٥٥٣ رائد فضاء إلى مدار الأرض، في حين وصل ٥٥٦ رائداً إلى ارتفاع الفضاء وفقاً لتعريف اتحاد الطيّران الدّولي لحدود الفضاء، ووصل ٥٦٢ رائداً إلى ارتفاع الفضاء وفقاً للتعريف الأمريكي (من ضمنهم ثمانية طيّارين لطائرات أمريكية تفوق سرعتها سرعة الصّوت وتعمل بالطاقة الصّاروخية من طراز "نورث أمريكان إكس-١٥"، تجاوز أحدهم فيها حاجز الـ ١٠٠ كيلومتر)<sup>(٧٠)</sup>. وسافر ٢٤ رائداً إلى ما وراء المدار الأرضي المنخفض؛ وقاموا إمّا بالدّوران حول القمر أو السير على سطحه، أو قاموا بالدّوران في حلقة حول القمر (حالة واحدة فقط)، وثلاثة من الرّواد الـ ٢٤ فعلوا ذلك مرّتين.

---

(٧٠) كتاب "وسائل النّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ١٠.



الصورة رقم ٦٣: الطائرة الصاروخية الأمريكية نورث أمريكان إكس-١٥

وقد تسنى لأولئك البضعة مئات من البشر المحظوظين (الرؤّاد)، فرصة رؤية الأرض من أعلى الغلاف الجوي بمنظورٍ رائعٍ جداً. فهناك مُصطلحٌ يُدعى "تأثير النظرة العامة"، ويتجلى بالمشاعر التي تُراود رائد الفضاء عند النظر خارج نافذة مركبته الفضائية إلى الأرض، فيمكنه مشاهدة المحيطات بأكملها خلال دقائق، ورؤية البلدان بدون حدود بينها، ومراقبة العواصف من الأعلى بأمان، ورؤية الأرض على حقيقتها؛ هشةً وفانية!

ويحمل الرؤّاد الذين سافروا إلى الفضاء حتى الآن جنسيات ٣٧ دولة، من ضمنها الجمهورية العربية السورية؛ سافروا بمركبات فضاء أمريكية أو سوفيتية (ولاحقاً روسية) أو صينية. وتحتل الولايات المتحدة صدارة الدول التي أرسلت الرؤّاد إلى الفضاء، بواقع ٣٣٩ رائداً، ثمّ روسيا (والاتحاد السوفيتي السابق) بواقع ١٢١ رائداً، تليها اليابان بـ ١٢ رائداً، ثمّ ألمانيا والصين بـ ١١ رائداً...



وحتى عام ٢٠٠٢م، كانت رعاية وتدريب رُواد الفضاء محصورة بالحكومات فقط، إمّا عبر برامج الفضاء العسكريّة أو بوساطة وكالات الفضاء المدنيّة. وبعد الرّحلة تحت المداريّة التي قامت بها المركبة الأمريكيّة "سبيس شيب ون" في عام ٢٠٠٤م، والممّولة من قِبَل القطاع الخاص، ظهرت فئة جديدة من رُواد الفضاء، وهم "رُواد الفضاء التجاريّون".

في الرّابع من شهر تشرين الأوّل من عام ١٩٥٧م، انطلقت المركبة الفضائيّة الرّوسيّة "سبوتنك-١" إلى الفضاء، وبدأ بذلك عصر جديد من الاستكشاف، وغزا الإنسان عالم البُعد الثّالث؛ في وقتٍ كان فيه السّفر إلى الفضاء لا يزال يُعتبَر رحلةً إلى المجهول؟ لذا استُخدمت حيوانات، كالكلاب والقرود في تلك الرّحلات جريباً مع التّقاليد في التّجارب الإنسانيّة التي يتم اختبارها على الحيوانات أوّلاً، وأنّضح سريعاً أنّها قادرة على العيش خارج حدود الجاذبيّة إذا ما توفّرت لها التّقنيّة اللازمّة. لذلك انطلق أوّل إنسان إلى الفضاء، وهو السّوفيتي "يوري غاغارين"، بسفينة الفضاء "فوستوك-١" يوم ١٢ نيسان من عام ١٩٦١م، وتمكّن حينها من الدوران لمُدّة ١٠٨ دقائق حول الأرض. ويوم ٥ أيار من عام ١٩٦١م، أصبح آلان شيرد أوّل أمريكي وثاني شخص في الفضاء؛ في رحلةٍ شبه مداريّة دامت لمُدّة ١٥ دقيقة على متن المركبة "فريدوم-٧". وأصبح رائد الفضاء السّوفيتي "أليكسي ليونوف"، أوّل شخص يقوم بنشاطٍ خارج المركبة الفضائيّة (السّير في الفضاء)، وذلك في ١٨ آذار من عام ١٩٦٥م، خلال مُهمّة "فوسخود-٢" التّابعة للاتّحاد السّوفيتي. تبعه بعد شهرين ونصف رائد الفضاء "إد وايت"، الذي كان أوّل أمريكي يقوم بنشاطٍ خارج المركبة الفضائيّة، في مُهمّة "جيمني-٤" التّابعة لوكالة ناسا. وكان التشيكوسلوفاكي "فلاديمير

ريميك"، أول رائد فضاء من دولة أخرى غير الاتحاد السوفيتي أو الولايات المتحدة، حيث طار إلى الفضاء في عام ١٩٧٨م على متن المركبة السوفيتية "سويوز يو"، عندما سمح الاتحاد السوفيتي، من خلال برنامج "إنتركوزموس" الخاص به، لأشخاص من دول إشتراكية أخرى (مثل دول "حلف وارسو" والدول الأخرى المتحالفة مع الاتحاد السوفيتي) بالتحليق في مهماته الفضائية. وفي ٢٨ تشرين الثاني من عام ١٩٨٣م، أصبح الألماني الغربي "أولف ميربولد"، أول مواطن غير أمريكي يطير في مركبة فضائية أمريكية (مكوك الفضاء كولومبيا). أمّا أول رائد فضاء صيني، فكان "يانغ ليوي"، الذي سافر إلى الفضاء على متن المركبة الفضائية الصينية "شينزهو-٥" في ١٥ تشرين الأول من عام ٢٠٠٣م. وكان أول رائد فضاء غير حكومي في أول مهمة مُمولة بالكامل من القطاع الخاص هو الأمريكي "مايك ميلفيل"، الذي قاد المركبة الفضائية الأمريكية "سبيس شيب ون" في رحلة شبه مدارية يوم ٢١ حزيران من عام ٢٠٠٤م، على الرغم من أنه كان طياراً تجريبياً تمّ توظيفه من قبل شركة صناعة الطائرات الأمريكية "سكيلد كومبوزيتس"، وليس سائح فضاء مدفوع الأجر. بينما أصبح الأمريكيان "دوغلاس هيرلي" و"روبرت بنكن"، أول رائدي فضاء يتم إطلاقهما ضمن طاقم طائرة فضائية خاصة هي "دراغون-٢" المُصنّعة من قبل شركة "سبيس إكس"، في رحلة مدارية مأهولة تُدعى "كريو دراغون ديمو-٢"، في ٣٠ أيار من عام ٢٠٢٠م. أمّا أول سائح فضاء مُمول ذاتياً، فكان الأمريكي "دينيس تيتو" الذي سافر إلى الفضاء على متن المركبة الفضائية الروسية "سويوز تي إم-٣"، يوم ٢٨ نيسان من عام ٢٠٠١م. وكان رائد الفضاء السوفيتي "غيرمان تيتوف" هو أصغر شخص يُسافر إلى الفضاء، عندما سافر على متن المركبة الفضائية السوفيتية "فوستوك-٢"، حيث كان يبلغ من العمر

٢٥ عاماً. وهو كذلك أوّل شخص عانى (لاحقاً) من "مرض الفضاء". بينما كان الأمريكي "جون غلين" أكبر شخص سافر إلى الفضاء، وذلك على متن مكوك الفضاء ديسكفري، حيث كان يبلغ من العمر ٧٧ عاماً.



الصورة رقم ٦٤: إطلاق الطّائرة الفضائيّة الأمريكيّة كريبو دراغون ديمو-٢

ويحمل الرّقم القياسي للإقامة في الفضاء خلال رحلة واحدة الطبيب الروسي "فاليري بولياكوف"، حيث أمضى ٤٣٧ يوماً و١٨ ساعة في محطة الفضاء الروسيّة "مير"، وذلك قبل ٢٦ سنة (خلال سنتي ١٩٩٤ و١٩٩٥م). في حين أصبح مواطنه، عالم الفلك الروسي "غينادي بادالكا" في عام ٢٠١٥م، صاحب الرّقم القياسي لأطول فترة يُمضيها شخص في الفضاء، بعد قضاءه حصيلة تراكميّة بلغت ٨٧٩ يوماً خلال خمس مهمّات بدأت في عام ١٩٩٨م؛ واحدة منها في محطة مير الفضائيّة الروسيّة، والأربع الأخرى في محطة الفضاء الدّوليّة، وذلك من دون أيّة عواقب صحيّة، على ما يبدو. وفي المحصّلة، أمضى رُوّاد الفضاء أكثر من ٤١٧٩٠ يوم عمل في الفضاء، أي حوالي ١١٤.٥ سنة عمل، بما في ذلك قضاء أكثر من ١٠٠ يوم

عمل بالسّير في الفضاء (خارج مركباتهم). وكان أكبر عددٍ من رحلات الفضاء لرائد فضاء واحد هو سبع رحلات، وهو رقم قياسي يحتفظ به كل من رائدي الفضاء الأمريكي "جيري روس" والكوستاريكي-الأمريكي "فرانكلين تشانغ دياز". أمّا أبعد مسافة قطعها رائد الفضاء عن الأرض حتّى الآن، فبلغت ٤٠١٠٥٦ كيلومتراً، وحققها رُوّاد رحلة "أبولو-١٣" الأمريكيّون "جيم لوفيل" و"جاك سويغيرت" و"فريد هايس"، بعد أن داروا نصف دورة حول الجانب البعيد للقمر.



الصورة رقم ٦٥: رائد الفضاء الرُّوسي فاليري بولياكوف

وبعد أربع سنوات من وصول أول إنسان إلى الفضاء، تمكّن السوفيت والأمريكان من العمل في محطة ثابتة في الفضاء الخارجي. واليوم، أصبح العمل في الفضاء الخارجي أمراً روتينياً، فمهمّة كل رائد في محطة الفضاء الدُوليّة تستغرق قرابة السّنة. لكنّ الإقامة في الفضاء الخارجي لا تخلو من المخاطر، بسبب الإشعاع الكوني الذي يؤدّي مثلاً إلى الإصابة بالسرطان. كما يتعرّض رُواد الفضاء لمجموعة مُتنوّعة من المخاطر الصحيّة، بما في ذلك مرض الإكتئاب والرّضح الصّغطي (تأذي الأنسجة النّاجم عن تغيّر الصّغط) ونقص المناعة وضمور العظام والعضلات (وذلك على الرّغم من أداء تمارين اللياقة يومياً)، وفقدان البصر وعدم تحمّل انتصاب الجسم واضطرابات النوم، والإصابات النّاجمة عن العيش في الجاذبيّة الصّفرية والتعرّض للإشعاعات الكونيّة... ويقوم "المعهد الوطني لأبحاث الطب الحيوي الفضائي" التابع لوكالة ناسا، بإجراء مجموعة مُتنوّعة من الدّراسات الطّبيّة الفضائيّة، بهدف مُعالجة هذه المشاكل الصحيّة. ومن أبرز تلك الدّراسات، دراسة الموجات فوق الصّوتيّة التشخيصيّة المُتقدّمة عندما يكون رُواد الفضاء في الجاذبيّة الصّغرى، وذلك عبر إجراء فحوصات بالموجات فوق الصّوتيّة تحت إشراف خبراء عن بُعد، لتشخيص ومُعالجة مئات الحالات الطّبيّة في الفضاء. وفي عام ٢٠١٢م، أفادت دراسة مدعومة من وكالة ناسا أنّ الرّحلات الفضائيّة البشريّة قد تضرّ بالدماغ وتسرع في ظهور مرض "الزّهaimer" (خرف الشيخوخة)، وهو مرض يُسبب ضموراً تدريجياً للدماغ وموت خلاياه؛ ما يؤدّي إلى انخفاض القدرة على التفكير وفقدان الذاكرة وتدهور مهارات التفكير الأخرى. وفي عام ٢٠١٧م، وجد العلماء تغيّرات كبيرة في موقع وبنية الدماغ لدى رُواد الفضاء الذين قاموا برحلاتٍ إلى الفضاء، وذلك بناءً على دراسات التصوير بالرّنين المغناطيسي، وارتبط

رُؤَاد الفضاء الذين قاموا برحلات فضائية أطول بتغيُّرات دماغية أكبر. ويمكن أن يُؤدِّي التَّواجد في الفضاء إلى عدم تكثيف الجسم من النَّاحية الفسيولوجية، ويمكن أن يُؤثِّر على الجهاز الدهليزي في الأذن الداخليَّة؛ وبالتَّالي على قدرات الجهاز العصبي المركزي. وفي عام ٢٠١٨م، أوصى باحثون، بعد اكتشاف وجود خمس سلالات بكتيرية غير مُسبِّبة لأمراض البشر في محطة الفضاء الدوليَّة، بأنَّه يجب مُراقبة الكائنات الحيَّة الدَّقيقة في المحطَّة بعناية، لضمان بيئة آمنة صحياً لرُؤَاد الفضاء فيها.



الصورة رقم ٦٦: رائد فضاء يتمرن على جهاز المشي داخل محطة الفضاء الدوليَّة

كما ذكرت دراسة أجراها علماء روس من "معهد موسكو للفيزياء والتكنولوجيا" في عام ٢٠١٩م، أن رُؤَاد الفضاء الذين يتعرَّضون للإشعاع الفضائي قد يُواجهون عوائق مؤقتة في مراكز ذاكرتهم. وفي حين أن هذا لا يُؤثِّر على قدراتهم الفكرية، إلا أنه يُعيق مؤقتاً تكوين خلايا جديدة في مراكز ذاكرة الدِّماغ. وقد توصلوا إلى هذا الاستنتاج بعد أن عرَّضوا مجموعة من الفئران

لإشعاعات النيوترونات وغاما، فلاحظوا أنّ ذلك لم يُؤثر على القدرات الذهنيّة لتلك القوارض. وأظهرت دراسة أُجريت في عام ٢٠٢٠م على أدمغة ثمانية رُؤاد فضاء روس بعد عودتهم من إقامات طويلة على متن محطة الفضاء الدوليّة، أنّ الرّحلات الفضائيّة طويلة الأمد تُسبّب العديد من التكيّفات الفسيولوجيّة، بما في ذلك التغيّرات الميكروبيّة والمجهريّة. وأظهرت هذه الدّراسة أنّ السّفر في الفضاء يمكن أن يُطوّر مهارات حركيّة جديدة (البراعة) لدى الرّؤاد، ولكن قد يُؤدّي في المقابل إلى إضعاف البصر قليلاً، وكلاهما قد يكون طويل الأمد؟

وبالنّسبة لرائدات الفضاء (النساء)، فقد كانت السّوفيتيّة "فالتينا تريشكوف" أوّل رائدة فضاء في العالم، وقد انطلقت إلى الفضاء بمركبة "فوستوك-٦" في عام ١٩٦٣م، ودارت حول الأرض ٤٨ مرّة، وقضت أكثر من ثلاثة أيّام في الفضاء بمُفردها من دون طاقم. ولا تزال إلى الآن هي المرأة الوحيدة التي سافرت إلى الفضاء في مُهمّة مُنفردة. وبعد فالتينا بعشرين عاماً، وفي عام ١٩٨٢م بالتحديد، سافرت "سفيتلانا سافيتسكايا" السّوفيتيّة أيضاً، إلى الفضاء للمرّة الأولى لتصبح ثاني رائدة فضاء في العالم، ثمّ أعادت الكرّة مرّة أخرى في عام ١٩٨٤م، لتصبح أوّل امرأة تسبح في الفضاء. أمّا الأمريكيّة "سالي رايد"، فكانت أوّل رائدة فضاء أمريكيّة سافرت ضمن طاقم في مُهمّة لإطلاق قمرين اصطناعيّين، وذلك في عام ١٩٨٣م. وأمّا الأمريكيّة الأخرى "جوديث ريزنيك"، فقد سافرت إلى الفضاء لأوّل مرّة في عام ١٩٨٤م، ثمّ كانت من ضمن طاقم مكوك الفضاء "تشانجر" السّبعة، الذي انفجر في الجو بعد ٧٣ ثانية من إطلاقه عام ١٩٨٦م، حيث تسبّبت الحادثة بوفاةم جميعاً. وطارَت الأمريكيّة "إيلين كولنز" عام ١٩٩٥م، كأوّل قائدة مكوك فضائي إلى محطة "مير" الفضائيّة الروسيّة. وفي عام ٢٠٠٧م، كانت الأمريكيّة الأخرى

"بيغي ويتسون" أول قائدة للمحطة الفضائية الدولية، حيث جعلتها الإقامة التراكمية في الفضاء لمدة ٦٦٥ يوماً أكثر رائدات ناسا خبرةً، وكانت هي نفسها صاحبة الرقم القياسي لأطول وقت تقضيه امرأة في الفضاء خلال رحلة واحدة (٢٨٩ يوماً)، قبل أن تكسر زميلتها الأمريكية "كريستينا كوخ" الرقم بين عامي ٢٠١٩ و٢٠٢٠، عندما عادت من الفضاء يوم ٦ شباط من عام ٢٠٢٠، بعد أن أمضت هناك ٣٢٨ يوماً. وهكذا شاركت ٦٣ امرأة من دولٍ مختلفة في مهماتٍ إلى الفضاء حتى الآن، معظمهنَّ أمريكيات، ولم تطأ قدم آية واحدة منهن أرض القمر، حيث كان رواد الفضاء الاثني عشر الذين هبطوا على القمر كلهم من الذكور، وذلك على الرغم من أن إحداهنَّ (فالتينا تريشكوبا) سافرت إلى الفضاء قبل نيل أرمسترونغ وغيره من رواد أبولو الذين زاروا القمر. ومن المخطط له إرسال رواد ورائدات فضاء إلى القمر في المستقبل القريب، وربما تُشارك المرأة أيضاً في مهمّة إلى كوكب المريخ، فحسبما يرغب رئيس وكالة ناسا، يُتَظَر أن يكون أول إنسانٍ يهبط على المريخ امرأة!



الصورة رقم ٦٧: النساء العشر الأوائل اللواتي سافرن إلى الفضاء



وحتى عام ٢٠٢٠م، فقد ١٨ رائد فضاء حياتهم خلال أربع رحلات فضائية (١٤ رجلاً و٤ نساء)، ١٣ رائداً منهم يحملون جنسية الولايات المتحدة الأمريكية (أحدهم من مواليد الهند)، و٤ رواد روس (أو سوفيت)، وواحد من جنسية أخرى. كما فقد ١١ شخصاً (جميعهم من الرجال) حياتهم أثناء التدريب على رحلات الفضاء، ٨ منهم أمريكيين و٣ روس. حيث تُوفي ٦ من هؤلاء في حوادث تحطم طائرة تدريب، وغرق واحد منهم أثناء التدريب في الماء، و٤ بسبب حدوث حرائق في حُجرات الأكسجين النقي.

وقد ترك أحد رواد الفضاء الأمريكيين، وهو "ديفيد سكوت"، نُصباً تذكاريًا على سطح القمر يتكوّن من تمثال صغير يحمل عنوان "رائد فضاء هبط على سطح القمر"، وذلك خلال مُهمّة "أبولو-١٥" عام ١٩٧١م، جنباً إلى جنب مع قائمة بأسماء ٨ من رواد الفضاء الذين هبطوا على القمر، و٦ رواد فضاء لقوا حتفهم في الخدمة حتى ذلك الوقت. ويُحيي "نُصب سبيس ميرور التذكاري"، الذي أقامته "مؤسسة رواد الفضاء التذكارية" على أرض مُجمّع زوّار "مركز جون إف كينيدي الفضائي" في ولاية "فلوريدا" الأمريكية، يُحيي ذكرى الرجال والنساء الذين لقوا حتفهم أثناء رحلات الفضاء أو أثناء التدريب في برامج الفضاء الأمريكية. وبالإضافة إلى ٢٠ رائد فضاء مُحترف في وكالة ناسا، يتضمّن النُصب التذكاري اسم طيّار اختبار وصل إلى حدود الفضاء بالطائرة الصّاروخية "نورث أمريكان إكس-١٥" قبل أن يلقي حتفه، واسم ضابط في سلاح الجو الأمريكي تُوفي أثناء التدريب ضمن برنامج الفضاء العسكري، واسم أحد المشاركين المدنيّين في رحلات الفضاء الذي لقي حتفه خلال إحدى تلك الرّحلات. ويوجد معلّم مُماثل في روسيا يُدعى "النُصب التذكاري لرائد الفضاء الأوّل

يوري غاغارين"، كان قد تمّ إنشاؤه عام ٢٠١١م، في مكان هبوط غاغارين بعد إنجازه أوّل تحليق بشري في الفضاء عام ١٩٦١م، في مدينة "إنجلز" بمقاطعة "ساراتوف" الرُّوسية.

عندما يجلس رائد الفضاء على مقعده وينفصل الصّاروخ عن الكبسولة الفضائية أو عن مكوك الفضاء (سابقاً)، يصبح "رجل الفضاء" في حالة انعدام الوزن، فلو أنّه غير مربوط إلى مقعده سيسبح داخل الكبسولة أو المكوك، ولن يستطيع التحرك إلى أيّ اتجاه إلا بركل رجله بجدار الكبسولة الذي سيردّه على إثرها إلى الاتجاه المعاكس حتّى يصطدم بالجدار المقابل، ويصبح مثل "كرة البلياردو" على الطاولة. كما أنّ كلّ شيء أيضاً في الفضاء يكون عديم الوزن، فإذا ترك أحد الرُّواد قليماً فإنّه لن يسقط إلى أرض المكوك، وإنّما سيعوم في فضاء القمّرة. ولذلك يجب أن تكون كبسولة أو سفينة أو مكوك الفضاء نماذج مُصغّرة عن بيئة الأرض ومُنفصلة تماماً عن الفضاء الخارجي.



الصورة رقم ٦٨: رائدا فضاء داخل محطة الفضاء الدوليّة يلّهون بالفاكهة المتطيرة

في بداية عصر استكشاف الفضاء، كان الرُّوَاد ينحصرون في الكبسولات الفضائيَّة، في حيزٍ ضيقٍ لا يُتيح لهم مجالاً للحركة وإجراء التَّجارب العِلْمِيَّة الواسعة، حتَّى أنَّ رائد الفضاء كان يحتاج عند عودته إلى الأرض إلى علاج فيزيائي ليعود إلى وضعه الطَّبيعي. ومع تطوُّر مركبات الفضاء، توفَّر للرُّوَاد أماكن أرحب، بل أصبحوا يُمارسون حياة -شبه طبيعيَّة- في محطَّات الفضاء (كما ذكرنا سابقاً). ويجب تصميم مقعد لكل رائد، يتناسب مع أبعاد جسمه بدقَّة، ويتم ذلك قبل الرِّحلة، حيث يتعرَّى الرَّائد ويجلس في قالب من الجبس لأخذ قياسات جسمه، فإذا لم يكن المقعد مُطابقاً تماماً لشكل الجسم وانثناءاته، فمن المُمكن أن تحدث كسور أو أذيَّات أخرى بسبب اهتزاز المركبة العنيف النَّاجم عن السُّرعة الهائلة، خاصَّةً خلال رحلة العودة إلى الأرض عند دخول كبسولة الفضاء الغِلاف الجوّي، أو عند فتح مظلة هبوطها البالغة مساحتها ١٠٠٠ متر مُربَّع تقريباً، أو عند ارتطامها بسطح الأرض أو الماء.

وبسبب انعدام الوزن في الفضاء، يصعب الشُّرب وتناول الطَّعام على رائد الفضاء، فليس من السَّهل عندئذ أن يصبَّ الشَّراب والطَّعام في فمه وحلقه، ولذلك يجب أن يكون الطَّعام مطحوناً ليتمكَّن الرَّائد من امتصاصه من خلال أنبوب مُماثل لعبوة معجون الأسنان. يحتاج رائد الفضاء في محطَّة الفضاء الدُّوليَّة إلى حوالي ٨٣٠ غراماً من الطَّعام يومياً. ويتوفَّر لرُّوَاد الفضاء حوالي ١٠٠ نوع مُختلِف من الطَّعام ليختاروا منها، وقد يتمُّ تحضير بعض الأطعمة بحيث تكون مُجفَّفة ويجب خلطها بالماء عند تناولها. وفي أيَّام مكُّوك الفضاء، كان رُّوَاد الفضاء يختارون بمُساعدة خُبراء التَّغذية قوائم الطَّعام التي تُناسب أذواقهم الفرديَّة، وكانت غالباً ما تتألَّف من القريدس وشرائح اللحم

والقربيط والرّز وفطائر الشوكولا مع عصير الفاكهة... وقبل خمسة أشهر من الرّحلة، كان يتمّ اختيار القوائم وتحليل محتواها الغذائي من قِبَل أخصائيّ التغذية المكوكية، لمعرفة كيف ستفاعل في بيئة منخفضة الجاذبيّة. وكان يتمّ تحديد مُتطلّبات السّعرات الحراريّة باستخدام "مُعادِلة إنفاق الطّاقة الأساسيّة". ويتم شرب السّوائل في الفضاء عن طريق قيام الرّواد بامتصاصها عبر أنبوب أيضاً، كي لا تعوم قطرات السّائل في القمّرة.



الصورة رقم ٦٩: وجبة طعام رائد الفضاء



الصورة رقم ٧٠: شرب الماء في محطة الفضاء الدوليّة

وعند نوم الرُّوَاد، يقومون بتثبيت أنفسهم في أماكنهم بواسطة الأحزمة كي لا يعموموا، أو يستخدمون حقيبة نوم مُثَبَّتة في السَّرير، المُثَبَّت بدوره على الجُدْران. وفي المحطّات الفضائيّة لا يوجد سقف وأرض، أو سطح أعلى وأسفل، فلا توجد جاذبيّة تُحدّد الاتجاهات. ولكن، وبهدف توحيد المُصطلحات والتّفاهم بين رُوَاد الفضاء، يتم تلوين جُدْران المحطّة بألوان مُختلفة، بهدف توحيد الأفكار بين الرُّوَاد. ويرتدي الرُّوَاد قناعاً لحجب الضّوء أثناء نومهم، ويتم إيقاظهم عن طريق موسيقى مُوجّهة تُرسل من الأرض. ينام النّاس في الفضاء وقتاً أقل من الآخرين الموجودين على الأرض، لأنّهم يُنفقون مقدّاراً أقل بكثير من الطّاقة في وسطهم الذي تضعف فيه الجاذبيّة أو تنعدم. ويجب على رائد الفضاء أن يقوم بأداء التّمارين الرّياضيّة، وإلّا ستبيّس عضلاته، ويتمّ ذلك على أجهزة رياضية أو درّاجة ثابتة. كذلك يتحمّم على رُوَاد الفضاء تثبيت أنفسهم بالمقعد عند استخدامهم للمرحاض، وإلّا فقد يعموموا بعيداً. ويتم امتصاص فضلات المرحاض أسفل الكبسولة أو المكوك بالتفريغ، وتُجفّف الفضلات الصّلبة

وَتُعَقَّمُ لِلتَّخْلُصِ مِنْهَا عِنْدَ إِرسَالِهَا إِلَى الْأَرْضِ، أَمَّا السَّوَائِلُ فَتُجْمَعُ فِي خَزَّانٍ. وَلِأَنَّ الْفِضَاءَ خَالٍ مِنَ الْهَوَاءِ، فَإِنَّ أَيْ شَيْءٍ تَشَعُّ عَلَيْهِ الشَّمْسُ يَغْلِي بِسَبَبِ الْحَرَارَةِ الْبَالِغَةِ هُنَاكَ ١٨٠ درجة مئويَّة، كما أَنَّ أَيْ شَيْءٍ فِي الظِّلِّ يَكُونُ بَارِدًا جَدًّا بِدرجة ١٥٠ مئويَّة تَحْتَ الصُّفْرِ، وَبِالتَّالِي لَا يُمْكِنُ لِلإِنْسَانِ الْعَيْشَ فِي الْفِضَاءِ خَارِجَ الْمَرْكَبَةِ، وَلِذَلِكَ يَجِبُ أَنْ تَكُونَ السَّفِينَةُ الْفِضَائِيَّةُ مُجَهَّزَةً لِتَرْوِيْدِ رُؤَادِ الْفِضَاءِ بِالْهَوَاءِ الْلازِمِ لِلتَّنَفُّسِ وَلِلْحِفَاطِ عَلَى دَرَجَةِ حَرَارَةٍ مُنَاسِبَةٍ<sup>(٧١)</sup>. وَعِنْدَ حَلَاقَةِ الشَّعْرِ، يَقُومُ أَحَدُ الرُّؤَادِ بِقِصِّ شَعْرِ رَأْسِ زَمِيلِهِ، ثُمَّ يَقُومُ الثَّانِي بِالْحَلَاقَةِ لِلأَوَّلِ، وَهَكَذَا بِالتَّنَاوُبِ، مَعَ اسْتِخْدَامِ مَكْنَسَةٍ كَهْرَبَائِيَّةٍ لِشَفْطِ الشَّعْرِ الْمَقْصُوصِ مَنَعًا لِتَطْيِيرِهِ فِي أَجْوَاءِ الْمَحْطَّةِ. أَمَّا عِنْدَ قِصِّ الْأَظْفَرِ، فَيَقُومُ كُلُّ رَائِدٍ بِذَلِكَ قُرْبَ جِهَازِ شَفْطِ الْهَوَاءِ فِي جِدَارِ الْمَحْطَّةِ لِكَيْ لَا يَتَطَايَرُ شَيْءٌ فِي الْمَكَانِ، ثُمَّ يَقُومُ بِشَفْطِ الْأَظْفَرِ الْمَقْصُوصَةِ الْعَالِقَةِ فِي مُرْشِحِ الْجِهَازِ بِوَسَايَةِ الْمَكْنَسَةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ أَيْضًا.

وَإِذَا كَانَتِ الْمَوَارِدُ فِي الْمَرْكَبَةِ الْفِضَائِيَّةِ مَحْدُودَةً، فَمِنَ الْمُمْكِنِ أَنْ تَنْفَدَ فِي وَقْتٍ مَا، وَلَكِنْ لَا يَنْبَغِي أَنْ يَكُونَ الْحَالُ كَذَلِكَ فِي الْمُهَيَّاتِ إِلَى الْفِضَاءِ الْعَمِيقِ. فَعِنْدَمَا يَوْجَدُ الْمَرْءُ فِي الْفِضَاءِ، فَإِنَّهُ أَشْبَهَ مَا يَكُونُ فِي عِلْبَةِ مَعْدِنِيَّةٍ فِي السَّمَاءِ! لِذَا يَجِبُ عَلَيْهِ أَنْ يُحْضِرَ كُلَّ شَيْءٍ مَعَهُ، وَعِنْدَمَا تَكُونُ مَدَّةُ الْمُهَيَّةِ أَشْهُرًا أَوْ حَتَّى سِنَوَاتٍ لَا تَتَوَفَّرُ آيَّةُ طَرِيقَةٍ لِإِحْضَارِ الْمَاءِ أَوْ الْهَوَاءِ الْكَافِيَيْنِ لِلطَّاقِمِ طَوَالَ تِلْكَ الرَّحْلَةِ، لِذَا يَجِبُ عَلَى رُؤَادِ الْفِضَاءِ أَنْ يَسْتَهْلِكُوا بِعَقْلَانِيَّةٍ وَيُعِيدُوا التَّدْوِيرَ. إِنَّ مَحْطَّةَ الْفِضَاءِ الدُّوَلِيَّةَ تُحَلِّقُ عَلَى بُعْدِ ٣٩٠ كِيلُومِترٍ تَقْرِيبًا مِنَ الْأَرْضِ، وَيَتَنَاوَلُ رُؤَادُ الْفِضَاءِ طَعَامَهُمْ وَيُجْرُونَ أَبْحَاثَهُمْ

---

(٧١) كتاب "الموسوعة العلميَّة الشَّامِلَةُ" / مكتبة لبنان - بيروت ١٩٩٨ م. ص ٣٠٢-٣٠٣.

ويقومون بوظائف أخرى على متن المحطّة في ظلّ انعدام الجاذبيّة، وما عدا ذلك فالحياة على متنها لا تختلف كثيراً عمّا هي عليه على سطح الأرض. فالمحطّة تُؤدّي دور مُختبِر طائر، حيث يمكن اختبار أجهزة المحافظة على الحياة الضروريّة في الرّحلات إلى الفضاء. لنأخذ المياه مثلاً، لا أحد من الرّواد يقوم بغسل ملابسه، ويلجأ الرّائد لمسح جسمه بمناشف خاصّة مُبلّلة بالماء وبمواد أخرى مُنظّفة بدل الاستحمام، لكنّ رائد الفضاء الواحد يحتاج إلى شرب لترين من الماء يومياً! في الحقيقة، لقد بدأ إنتاج الماء في رحلات الفضاء منذ عام ٢٠٠٨م، وقد أُنتج حوالي ٢٢٦٨٠ كيلوغراماً من الماء في الفضاء حتّى الآن، وتعني كلمة إنتاج "إعادة التّدوير"، وبعبارة أدق "إعادة تدوير البول"! ولكنّ العلماء يُفضّلون تليّيف التّسمية فيُطلقون على هذا العمل اسم "هندسة البول". في مُختبِر تابع لـ "مركز مارشال لبعثات الفضاء" الأمريكي، يتم العمل على تطوير تقنية "تنقية المياه من أجل المُهمّات المُستقبليّة في الفضاء"، التي تتلخّص في تجميع كل المياه المهذورة من العرق والرطوبة إلى البول، حيث يطرح الإنسان حوالي لتر واحد من الماء خلال ٢٤ ساعة، ليجري تنظيفها وإعادة استخدامها. يتكوّن ٩٥% من البول من الماء، ولتنظيف ذلك (الماء) بما فيه الكفاية للشرب، تجري مُعالجته بمحلول حمضي، ومن ثمّ يتمّ تقطيره وتصفيته لفصل الماء عن المواد الكيميائيّة والأملاح. ويوجد في ذلك المُختبِر العديد من أدوات التنقية الكيميائيّة لعزل أيّة مادة ضارّة قد توجد في الماء، ولذلك عندما يخرج الماء من أحد الأجهزة سيكون نظيفاً جداً؛ إنّه أنظف من أيّ ماءٍ يمكن إيجاده حتّى هنا على الأرض! وعلى سبيل الدُّعابة، يتداول الرّواد في محطّة الفضاء الدوليّة قول "إنّ قهوة البارحة هي قهوة اليوم أيضاً!".

وعندما تشارك مجموعة من رُؤاد الفضاء مساحةً صغيرةً مُغلقة، مثل مركبة فضائيةً ضيقةً، يظهر مورد آخر يجب إعادة تدويره وإنتاجه؛ ألا وهو الهواء. تقوم النباتات على الأرض بهذه المهمة عبر امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو وطرح غاز الأوكسجين بدلاً عنه، لكن الأمر مُختلفٌ في الفضاء، لأنَّ العملية تجري على نحوٍ صناعي، فهواء التَّنفس هو نفسه، أي أَنَّهُ مزيجٌ من الأوكسجين والنتروجين وبُخار الماء. تطوَّرت طرق تنقية الهواء في المركبات الفضائية منذ أيام مُهمَّات مركبات "جيمني" و"ميركوري" الأمريكية خلال ستينيات القرن المنصرم، ففي تلك الأيام كانت مدة كل مُهمة حوالي ١٤ يوماً، وكان يتم تزويد رُؤاد الفضاء بغاز الأوكسجين خلالها بوساطة أسطوانات الغاز. تعمل محطة الفضاء الدوليَّة منذ زمنٍ أطول بكثيرٍ من مدة الـ ١٤ يوماً تلك، وقد أثبتت كفاءتها في دعم الحياة التي سنحتاج إليها للذهاب إلى المريخ؛ إنَّها أشبه بغُرْفَةٍ بيئية! وثمة آلات في المحطة تُراقب الهواء وتُنقيهِ، وتأتي مركبات وسُفنٌ إمداد فضائيةً خاصَّة من وقتٍ لآخر، لتزويد الرُؤاد بالهواء النقي إلى جانب الطَّعام والشَّراب، حيث توجد داخل المحطة آلة خاصَّة تتخلَّص من ثاني أكسيد الكربون الذي يفره رُؤاد الفضاء وتزوِّدهم بالأوكسجين، والأمر مُشابه لما يستخدمه الغواصون تحت الماء. وعندما يتحصَّر أحد الرُؤاد لإجراء تجارب في الفضاء خارج المحطة، يقوم بالوقوف أمام باب المحطة كي يملء بذلته بالهواء اللازم للتَّنفس. وإذا نقص هواء التَّنفس في المحطة لسبب ما، كما في حالة اصطدام قطع من حُطام المركبات الفضائية والأقمار الاصطناعية المُتشرة في الفضاء الخارجي، هناك حلول للطوارئ مثل هذه الحالات وغيرها، تتمثل في دخول الرُؤاد إلى قُمرةٍ جانبيةٍ مُلحقة بالمحطة ثم العودة إلى الأرض.<sup>(٧٢)</sup>

(٧٢) كتاب "الموسوعة" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف - سويسرا ١٩٨٥م. ص ٥٠٥.



يقوم العلماء في مختبر مركز مارشال لبعثات الفضاء باكتشاف طرق لإبقاء هواء المركبات مُعشاً خلال رحلات الفضاء العميق التي يمكن أن تستمر لسنوات. ولإبقاء الهواء نظيفاً ويتمكن رواد الفضاء من التنفس الاعتيادي، يجب على العلماء أولاً إزالة آثار التلوث الناجم عن الجسيمات القذرة في ذلك الهواء باستخدام جهاز تم تطويره حديثاً، فأية كمية من الكيماويات قد تتسبب بالضرر لأفراد الطاقم، والتحدي التالي هو إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يقوم رواد الفضاء بطرحه عند الزفير، وإن تراكم في المركبة فمن الممكن أن يصبح قاتلاً! ولإزالة غاز ثاني أكسيد الكربون المنتشر في هواء المركبات يجب إجراء عمليات كيميائية لفك مكونات ذلك الغاز وتحرير غاز الأوكسجين مُجدداً ليُعاد رواد الفضاء تنفسهم. والآن، يأتي دور الجهاز التالي، وهو جهاز تكوين غاز الأوكسجين وتزويد رواد الفضاء به... إن كل هذه الأجهزة موجودة الآن على متن محطة الفضاء الدولية وتعمل على إبقاء الطاقم على قيد الحياة، وهي تعمل بكفاءة عالية. فقرابة ٥٠% من الأوكسجين داخل المحطة هو أوكسجين مُعاد تدويره، وإذا أردنا إرسال بشر إلى المريخ يجب علينا جعل نسبة الأوكسجين المُعاد تدويره قريبة من ١٠٠%. ويتوقع العلماء أنه بحلول وقت توجهه مركبة "أوريون" (التي ستحدث عنها لاحقاً) إلى المريخ، سيتمكن رواد الفضاء على متنها من التنفس بسهولة.

إن الأخطار التي قد يتعرض لها المسافر في الفضاء، من أشعة فوق بنفسجية إلى أشعة كونية لا ندرك مدى خطورتها، إلى النيوترونات التي تتحرك بسرعات فائقة (من ٦٠ إلى ٩٠ كيلومتر في الثانية)، قادرة على إنزال العطب بأية سفينة أو محطة فضائية، لذلك لا بُد لرواد الفضاء من ارتداء بذلات خاصة عند مغادرتهم السفينة أو المحطة، تعمل مثل درع وتقوم بالعمل نفسه الذي تقوم به

كبسولة السفينة أو المحطّة الفضائيّة. تُسمّى البدلة الفضائيّة "وحدة التّنقل خارج المركبة"، وتمّ تصميمها للحفاظ على رائد الفضاء في الظروف القاسية، مثل الفراغ والتطّرف الحراري، وهي على شكل سترة هوائية محكمة تعمل ببطاريّات تغذية وتحمي رائد الفضاء وتُحافظ عليه بدرجة حرارة مُناسبة عن طريق تسخين وتبريد الماء الموجود في أنابيب بلاستيكيّة دقيقة داخل كل أنحاءها، وتحجزه عن التفرّغ في الفضاء، حيث يُؤدّي الضّغط المُنخفض إلى غليان الدّم في جسم رائد الفضاء! فهي مُزوّدة بحقيبة خلفيّة خاصّة لتأمين استمرار تدفّق الهواء داخلها وترشيح غازات الزّفير، وتحمل مخزوناً من الأكسجين يكفي لمُدّة سبع ساعات. كما يجب أن تكون البدلة سميكة بحيث تستطيع حرف أو صدّ النيازك المجهرية التي قد تشق البدلة وتُحدث أثراً مُميتاً، ويجب أن تكون ناعمة ومرنة لكي يستطيع رائد الفضاء القيام بعمليّات إصلاح سفينة الفضاء من الخارج أو إصلاح أعطال الأقمار الاصطناعيّة أو تركيب أجهزة الرّصد، إلخ... كما يعتمر رائد الفضاء مع البدلة خوذة مُزدوجة توجد فيها أجهزة اتّصال بالرّاديو، وهي مُزوّدة بكومبيوتر يُراقب عمل أنظمتها باستمرار ليضمن سلامة الرّائد. وسبب اختيار اللون الأبيض للبدلة هو أنّه يعكس الحرارة أكثر من أيّ لونٍ آخر، وذلك لحماية رُواد الفضاء من درجات الحرارة العالية، لأنّ الفضاء هو بيئة تختلط فيها الحرارة العالية مع المُنخفضة، كما أنّ اللون الأبيض يُعدُّ خياراً أفضل بسبب تباينه عن الخلفيّة السّوداء الحالكة التي تسود الفضاء، وهو ما يجعل تحديد مكان رائد الفضاء مُهمّة سهلة. ويتمسك رائد الفضاء خلال تحرّكه في فراغ الفضاء بمقابض وسكك مُصمّمة خصيصاً لهذه الغاية، أو يجلس في مقعد فضائيّ مُزوّد بمحرّكات وأجهزة توجيه<sup>(٧٣)</sup>.

(٧٣) كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسّسة نوفل - بيروت ١٩٨٠م. ص ٣٤.



الصورة رقم ٧١: رائد فضاء خارج محطة الفضاء الدوليّة

ولا ننسى تأثير انعدام الوزن على الوظائف النفسية والفيزيولوجية لرواد الفضاء، مثل فقدان قدرتهم على الاهتداء، واللامبالاة، والتخبط في أفكار مغلقة، وردود فعل هوجاء في أطرافهم، وصراخهم اللاإرادي المبهم، وتعابير غريبة في وجوههم، وشعورهم بين الحين والآخر بضربة على رؤوسهم، أو بسقوطهم مصعوقين على الأرض سقوطاً سريعاً لا يترك لهم مجالاً للتشبث بشيء، ودوي في الأذن، ودوار في الرأس، وتخيلهم أن شيئاً ما يتقاذفهم، وإحساسهم بأن الدنيا تدور في مستوى أفقي أو رأسي، ورؤيتهم الأشياء مزدوجة ومُتخاطفة، وأن الأرض والسرير يتحركان من تحتهم ويهويان إلى أعماق سحيقة، وفقدانهم قدرتهم على الاهتداء... كل هذه الأعراض التي قد تُلازم رواد الفضاء حتى بعد عودتهم إلى الأرض، يجتهد

علماء "طب الفضاء"<sup>(٧٤)</sup> في إيجاد حلول لها، من خلال أبحاثهم وتجاربهم، ومن خلال التدقيق في اختيار وتدريب رواد الفضاء الذين يجب أن يكونوا مهيين لحالة انعدام الوزن لأمدٍ طويل، خصوصاً في الرحلات الكونية البعيدة. وقد أصبح الإنسان بحد ذاته تجربة فضائية، فتحمل مشاق الرحلات الفضائية والحالة النفسية والفيزيولوجية لرواد الفضاء، جعلت منهم مادة للدراسة.

وتمتد مساعي أبحاث الفضاء الحالية إلى موضوعات بيولوجيا الفضاء، والتي تدرس تأثيرات الفضاء على الكائنات الحية الأصغر، مثل الخلايا، وعلم وظائف الأعضاء، الذي يدرس تأثيرات ومخاطر الفضاء على جسم الإنسان. تختبر التجارب العلمية الكندية نظام القلب والأوعية الدموية، وكيف تتغير الأوعية الدموية لرواد الفضاء قبل وأثناء وبعد البعثات. وتساعد الدراسة في الفضاء على فهم قصور القلب، وكيف تهرم شراييننا على الأرض. وساعد مهندسو الفضاء في تصميم مضخات القلب المستخدمة الآن لإبقاء الأشخاص الذين يحتاجون إلى زراعة القلب على قيد الحياة، حتى يصبح قلب المتبرع متاحاً. وقد توفّر الاكتشافات المتعلقة بجسم الإنسان والفضاء، ولا سيما التأثيرات على نمو العظام، مزيداً من فهم "التمعدن الحيوي" و"عملية النسخ الجيني".

---

(٧٤) طب الفضاء: هو تطبيق الطب على رواد الفضاء في الفضاء الخارجي، في حين أن علم صحة الفضاء هو تطبيق العلم والتكنولوجيا لمنع التعرض للأخطار التي قد تُسبب اعتلال صحة رواد الفضاء، أو للوقاية منها. ويعمل كإلا العلماء معاً لضمان عمل رواد الفضاء في بيئة آمنة، بهدف اكتشاف مدى قدرة البشر على البقاء على قيد الحياة والعمل في الظروف القاسية في الفضاء ومدّة ذلك، ومدى السرعة التي يمكنهم بها التكيف مع بيئة الأرض بعد العودة من رحلاتهم. وقد ارتبطت بعض العواقب الطبية، مثل احتمالية الإصابة بالعمى وضمور العظام والعضلات، برحلات البشر إلى الفضاء.

وإذا سلّمنا بنظرية "النسبية" التي وضعها العالم الألماني-الأمريكي "ألبرت آينشتاين" في مطلع القرن العشرين، والتي تُفيد بأنّ الزمن يجري بوتيرة بطيئة في الفضاء، فمن المفترض أن تحول الرّحلات الفضائية دون تقدّم رُؤاد الفضاء بالعمر، بالوتيرة التي اعتاد عليها الإنسان على وجه الأرض. إلا أنّ الدّراسات الحديثة أثبتت العكس، وأنّ آينشتاين لم يُراعِ سمة هامةً مُتعلّقة بالتقدّم بالعمر، ومسائل أخرى مثل الأشعّة الكونية وبيولوجيا التقدّم بالعمر. فالأشعّة الكونية تُدمّر الخلايا البشريّة، وهذا يجعل رُؤاد الفضاء يتقدّمون بالعمر مُبكراً، لذا لن يكون الفضاء "نبع الشّباب الدّائم". لقد اكتُشف هذا الأمر لأول مرّة لدى رُؤاد المركبة "أبولو" المتتالين الذين هبطوا على القمر وتعرّضوا خلال مُهمّاتهم لأقوى الإشعاعات، فقد أُصيب العديد منهم لاحقاً بمرض "السّاد" (مرض الماء الأبيض) وهو أحد أمراض العيون المُرتبطة غالباً بالشيخوخة؛ ولكن قبل سبع سنوات من مُتوسّط عمر إصابة النّاس الآخرين بهذا المرض، لذا يجب إيجاد آليّة جديدة للوقاية في الرّحلات الجديدة إلى القمر أو ما بعده؛ وإن كان يُعتقَد أنّ الخطر أقلّ بكثير لدى الرّؤاد في محطة الفضاء الدوليّة، فهم يتحرّكون (مع المحطّة) في مدارٍ يقع ضمن المجال المغناطيسي الواقعي للأرض الذي يحرف الأشعّة الكونية بعيداً عنها.

في المُقابل، تتغيّر أطوال رُؤاد الفضاء خلال مُهمّاتهم في الفضاء الخارجي، حيث تزيد عادةً بمقدار سنتيمترين إلى خمسة سنتيمترات خلال رحلتهم خارج الأرض. ويُرجع العلماء سبب ذلك إلى انعدام الجاذبيّة، ممّا يسمح لفقرات العمود الفقري بالتمدّد بنسبة قليلة تصل إلى ٣%. فالأقراص الغضروفية الهلّاميّة الموجودة بين فقرات العمود الفقري يمكن تشبيهها

بمادة إسفنجية مشوّة بالسائل يمكنها الإنضغاط والتّمُدُّد. وفي ظلّ وجود الجاذبيّة الأرضيّة، تنضغط تلك الأقراص، فتقرب الفقرات من بعضها وينكمش العمود الفقري، أمّا في الفضاء الخارجي فإنّها تتمدّد فتباعد الفقرات عن بعضها قليلاً ويصبح طول العمود الفقري أكبر، وبالتالي يزيد طول الإنسان. وبمجرّد الرجوع إلى الأرض، تعود أجساد رُواد الفضاء إلى طولها الطبيعيّ.

أمّا الهدف التّالي لرحلات الفضاء فهو المريخ، والرحلة المأهولة إلى هناك بوساطة التّقنيّة الحاليّة سوف تستغرق حوالي تسعة أشهر، ولا تزال الأبحاث تُجرى عن مخاطر هذه المغامرة. وقد حدّر الأطباء في دراسة حديثة من السّفر إلى المريخ، فقد اكتشفوا أنّه بعد ثلاثة أشهر من الوجود في حيز بلا جاذبيّة تحدث تغيّرات في تركيبة دماغ رُواد الفضاء، ويؤدّي ذلك إلى تقدّمهم في السن قبل الأوان. وفي عام ٢٠١٥م، أصدر مكتب المُفتش العامّ التّابع لوكالة ناسا تقريراً عن المخاطر الصحيّة المتعلّقة باستكشاف الفضاء؛ بما في ذلك مهمّة بشريّة إلى المريخ. وفي عام ٢٠١٨م، وجد باحثون مُمولّون من وكالة ناسا أنّ الرّحلات الطّويلة إلى الفضاء الخارجي، بما في ذلك السّفر إلى كوكب المريخ، قد تُلحق أضراراً كبيرة بأنسجة الجهاز الهضمي لرُواد الفضاء أيضاً.

وبالنسبة للشارات والأوسمة وتكريم رُواد، ففي روسيا، يُمنح رُواد الفضاء "جائزة رائد فضاء" من الاتّحاد الرّوسّي عند الانتهاء من مهمّاتهم، وغالباً ما تكون مصحوبةً بـ "جائزة بطل الاتّحاد الرّوسّي". ويتبع هذا التقليد، العادة المعمول بها خلال حقبة الاتّحاد السوفيّاتي (السابق)، حيث

كان رُوَاد الفضاء يُمنحون عادةً لقب "بطل الاتحاد السوفيتي". أمّا في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، فيتلقّى أولئك الذين يُكملون برامج تدريب رُوَاد الفضاء في وكالة ناسا، دُبُوساً فضّياً لوضعه على طيّة صدر سترات بذلاتهم (قبل ذهابهم إلى الفضاء)، وبمُجرّد أن يُسافروا ويعودوا من الفضاء، يحصلون على دُبُوسٍ ذهبي. ويحصل رُوَاد الفضاء الأمريكيّين الذين لديهم أيضاً وضع عسكري في الخدمة الفعلية على شارة تأهيل خاصّة، تُعرف باسم "شارة رائد الفضاء"، وذلك بعد المشاركة في رحلة فضائيّة. كما تُقدّم القوآت الجويّة الأمريكيّة "شارة رائد فضاء"، لطيارها الذين يُنفذون تحليقات يتجاوز ارتفاعها ٨٠ كيلومتراً.

وقريباً سيصطحب رُوَاد الفضاء زميلاً جديداً معهم إلى الفضاء الخارجي ليشاركهم في عملهم وحياتهم هناك، وحتى في أحاسيسهم؛ إنّه روبوت فضائي يحمل اسم "سايمون" (الدماغ الطائر). وقد تمّ اختبار ذلك الرُبوبوت في مركز التدريب التابع لوكالة الفضاء الأوروبيّة بمدينة "كولونيا" الألمانيّة؛ في نفس المكان والزّمان الذي كان يتدرّب فيه رُوَاد الفضاء البشر أيضاً، فهو يرى ويسمع ويتفاعل! ثمّ شارك سايمون فعلاً في مهمّة رائد الفضاء الألماني "الكسندر غيرست" إلى محطة الفضاء الدوليّة عام ٢٠١٨م، حيث عمل كمساعد صوتي لرائد الفضاء ولعب وقضى وقتاً مرحاً معه، وبذلك استُخدم الذكاء الصناعي لأول مرّة في المحطة الدوليّة. يأمل العلماء أن يتمكّنوا من تطوير الرُبوبوت أكثر، حتى يصبح عضواً مقبولاً في الطاقم، ويرافق البعثات الفضائيّة المُستقبلية أيضاً. فعندما سيبدأ ذهاب البشر بعيداً في رحلة إلى القمر أو المريخ مثلاً، سيكون هذا النوع من رُوَاد

الفضاء الرُّبوتيين موجوداً فيها، ويمكن التَّفَاعُل معه، فيمكن لسايمون مثلاً مُمارسة الألعاب وسرد النُّكات والعُبوس، كما يملك رائد الفضاء الاصطناعي أفكاراً فلسفية بعد عامين فقط من تطويره، فيقول مثلاً: "الحياة هي ١٠% ممَّا يحدث لك، و ٩٠% هي طريقة ردَّة فعلك!"



الصورة رقم ٧٢: رائد الفضاء الألماني ألكسندر غيرست يتفاعل مع الرُّبوت سايمون في محطة الفضاء الدوليَّة



## الفصل الخامس

### مشاريع مستقبلية في استكشاف الفضاء

إننا في عصرٍ ذهبيٍّ جديدٍ من استكشاف الفضاء، عصرٌ لم نشهد له مثيلاً منذ مُهَمَّاتِ مركبات "أبولو" إلى القمرِ خلالِ ستينياتِ وسبعينياتِ القرنِ العشرينِ المُنصرِم، عندما تمَّت "خطوة صغيرة لإنسان" فحقَّقت "قفزة كبيرة للبشريَّة". واستكشاف الفضاء الخارجي هو أكثر من مجرد خطوةٍ في التاريخ؛ إنَّه خطوة في سياق التطوُّر نفسه. فقد قطع مسبار "نيو هورايزنز" مؤخراً أربعة مليارات وثمانمئة وثمانية وعشرين مليوناً وخمسين ألف كيلومتراً عبر النِّظامِ الشَّمسي، ليمرَّ بجانب كوكب "بلوتو" وأقماره، وأرسل لنا تِلْسكوب "كيلر" الفضائي صوراً لمجرَّة مليئة بالكواكب الخارجية، مع إمكانية وجود كوكبٍ واحد من بين كلِّ خمسة كواكب فيها يُشبه كوكبنا الأرض، وبهذا انتقلنا من معرفة الكواكب الثمانية (أو التسعة) الأخرى في نظامنا الشَّمسي إلى معرفة الآلاف منها. وبينما يقوم مسبار "كريوسيتي" بالاستكشاف على سطح المريخ، تُخطِّط وكالة ناسا للقفزة الكبيرة التَّالية في تاريخ استكشاف الفضاء؛ وهي إرسال رُواد الفضاء إلى الكوكب الأحمر (المريخ). أحد أهم الأشياء المُتعلِّقة بمُهَمَّة المريخ، هو أنَّه يقود تطوُّرات التكنولوجيا، وذلك لأننا نخترع ونصنع الأبنية وأساليب

البناء والمواد التي نحتاج إليها للذهاب في تلك المغامرة. وفي الحقيقة، إننا نضع الأساسات للسنوات المئة المقبلة من عصر الطيران، لكنه الآن ليس الطيران التقليدي؛ بل طيران البشر في الفضاء.

إن مستقبل الرحلات الفضائية مرتبطُ بما ستقدمه هذه الرحلات من فوائد للبشرية، سواء كانت تلك الفوائد مباشرةً ووشيقة، أم على المدى البعيد. فاستكشاف الفضاء الخارجي لم يتم بهدف حب الاستكشاف والتنبؤ بحالة الطقس واقتراب الأعاصير وتأمين البث التلفزيوني والاتصالات وإجراء الاختبارات العلمية... فقط؛ والتي تُعتبر كلها فوائد هامة للجنس البشري، بل إن تأمين مواد أولية ضرورية جديدة واستصلاح مساحات واسعة للزراعة والسكن على الكواكب البعيدة تمثل -دون أدنى شك- فوائد مستقبلية أكبر بكثير. وكما الطائر الذي يشتد جناحاه ويطير خارج عشه، سيغادر الإنسان كوكب الأرض على أجنحة من حديد ونار بحثاً عن فرص أفضل وعالم أرحب. وبعد أن تسابق الروس والأمريكان في الوصول إلى القمر والكواكب الأخرى، باتوا اليوم يخوضون سباقاً من نوع آخر، لإصلاح بعض مما سببوه مع حلفائهم من الدول المتقدمة صناعياً، من ضرر بالبيئة وبالغلاف الجوي للأرض، وذلك من خلال استغلال علوم الفضاء في إنقاذ البيئة ومراقبتها بدقة.

تدعو خطط الاستكشاف الفضائي المستقبلية إلى توسيع النشاطات في الفضاء بمشاركة دولية، وسوف يجري الإعداد أيضاً لتأسيس قاعدة على القمر، وتنفيذ رحلات إلى المريخ، وربما إلى أماكن أخرى؟

## أولاً - مُستعمَرات بشرية في الفضاء:

الأرض موطننا منذ ملايين السنين، ومع ذلك ففي وقتٍ قريبٍ لن تكون الأرض بيتنا الوحيد، حيث سنبداً بالانتشار باحثين عن أماكن جديدة للعيش، ومن المحتمل في المستقبل القريب أن تصبح الأرض غير صالحة للسكن بسبب التغير المناخي والزيادة السكانية، ونتيجة لذلك قد يتحتم علينا الانتقال وبناء موطن جديد في مُستعمَرات فضائية بديلة ونائية. ولطالما شعر البشر بالدافع لاستكشاف حدودٍ جديدة، بدءاً من المُستكشف الإيطالي "كريستوفر كولومبوس" الذي عبَرَ المحيط الأطلسي لاكتشاف العالم الجديد (أمريكا)، إلى المُستكشف النرويجي "روال أموندسن" الذي سافر برحلات استكشاف إلى القطبين الشمالي والجنوبي، وغيرهما... ولطالما وُجدَ مستكشفون جامحون تجرؤوا على التقدّم خطوة إضافية لرؤية عوالم جديدة، وقد تحطّت هذه الحدود الأرض، وهي تدور حول الأرض في مكانٍ ما أو على سطح القمر أو المريخ أو حتى الكويكبات. إنّ الفضول الفطري الذي يدفع البشر دائماً للقيام بما هو جديد، ما هو إلا سبب من أسباب عدّة للعثور على أماكن جديدة خارج الأرض واستعمارها، وأولها هو أنّنا قد نكون بحاجة فعلية إلى هذا الحماية وجودنا في حال تدهور حالة كوكبنا إلى درجة نعجز فيها عن مواصلة العيش عليه. إنّ أحد أكبر المخاطر التي قد تواجهها البشرية هو أن يضرب كويكب كبير الأرض مثلما حدث في الماضي، وإن كان ذلك الكويكب بمحيط خمسة كيلومترات، فسيتسبب بهلاكٍ عظيم، شبيه بذلك الذي خطّ نهاية عصر الديناصورات!

كما أنّ هناك احتمالاً بوقوع كارثة هائلة من صنع الإنسان نفسه، قد تضطرنا لمغادرة الأرض والبحث عن وطنٍ جديد، مثل التغير المناخي أو الكوارث المرتبطة

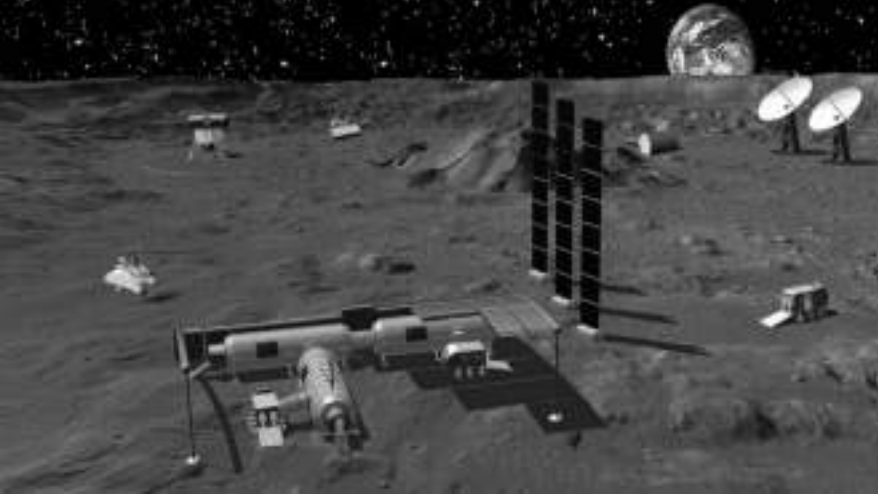
بالصناعة. يُعدُّ تغيُّر المناخ أحد أكبر المخاطر التي نواجهها اليوم، وخلال فترة قصيرة من الزمن قد يتسبب بكارثة إنسانية ضخمة تُؤثر على حياة ملايين الناس. ومن جهةٍ أخرى فإنَّ الاكتظاظ السُّكاني بدوره يُهدد حضارتنا مع اقتراب سيناريو مُستقبلي ينطوي على نقص الموارد، حيث لن يتوافر لدينا ما يكفي منها لسُكَّان الأرض. كما أهلكت «جائحة كورونا» وما تزال، ملايين البشر، وملايين أخرى مُهدَّدة بالموت نتيجة التَّجارب على جينات الفيروسات... وجود وطنٍ بديل في مثل هذه الحالات سيكون السَّيل الوحيد لنجاة حضارتنا.

لكن هناك سبباً آخر شديد الأهمية يُشجّع البشر على تجاوز حدود الأرض، فاستيطان الفضاء سيجلب لنا صناعةً ضخمةً جديدةً، تتمحور حول الموارد الجديدة التي تنتشر خارج الأرض. إنَّ الموارد الموجودة في الفضاء -سواء كانت ماديّة أو من الطَّاقة- هي موارد هائلة، ونعلم أنّنا عاجلاً أم آجلاً سنواجه نفاد الموارد هنا على سطح الأرض لأنَّها شحيحة ومحدودة. يحتوي النُّظام الشمسي وحده وفقاً لتقديراتٍ مُختلفة على ما يكفي من المواد والطَّاقة الكافية لتعداد سُكَّاني يتراوح ما بين بضعة آلاف إلى أكثر من مليار ضعف من سُكَّان الأرض، فجزء صغير من حزام الكواكب أكثر من كافٍ لتوفير مواد غير محدودة للصَّناعة الفضائيّة واستيطان الفضاء أيضاً. ويمكن أن يُؤدِّي تسخير هذه المواد إلى النهوض بالتنمية الاقتصاديّة ونمو اقتصاد الفضاء بشكلٍ أكبر ممَّا هو عليه في الأرض، فالمساحة في الفضاء أكبر وهناك مواد يمكن الوصول إليها، وبانعدام الجاذبيّة يمكننا القيام بعملياتٍ صناعيّة أكثر أهميّة.

إنَّ بناء مُستعمرة فضائيّة سيوجد مجموعة من التحديات التكنولوجيّة والاقتصاديّة الضخمة، فيجب أن تكون المُستعمرة مُكتفية ذاتياً لتغدو قادرةً على خدمة الآلاف من البشر في بيئةٍ مُعادية جدّاً لوجودهم. يوجد نوعان

رئيسيَّان للمُستعمَرات الفضائيَّة بناءً على موقعها، النوع الأوَّل هو "المُستعمَرات المداريَّة" أو "المساكن الفضائيَّة"، حيث تقع المُستعمَرة المداريَّة ضمن مدار؛ أي أنَّها تدور حول الشَّمس أو الأرض أو القمر فيما يُسمَّى أحياناً "الفضاء الحر"، ويمكن اعتبار محطة الفضاء الدُّوليَّة أو محطة مير الفضائيَّة (في السَّابق) تمهيدين لهذه المواطن الفضائيَّة المداريَّة. أمَّا النوع الثَّاني من المُستعمَرات فهو تلك التي ستتواجد على أسطح الكواكب أو الأقمار أو الكويكبات نفسها. مع أنَّه يبدو في الوقت الرَّاهن أنَّ المُستعمَرات المُؤسَّسة على السَّطح هي الخيار الأفضل، إلا أنَّ بعض الأسباب تدفعنا لدعم بناء مُستعمَرة مداريَّة. فالمُستعمَرة الفضائيَّة المداريَّة التي تحوم حول محور الأرض ستعود بالكثير من المزايا التي تُفضِّلها على المُستعمَرات السَّطحية التي ستتواجد على سطح القمر أو المريخ أو الكويكبات. الميزة الأوَّلى للمُستعمَرات المداريَّة هي القرب من الأرض، فيجب أن يستغرق السَّفَر ذهاباً وإياباً إلى ومن الأرض بضع ساعاتٍ فقط لإحضار الإمدادات والمواد والمُعَدَّات التخصُّصية من الأرض لدعم البناء، كل هذا سيكون سهلاً لأنَّ المُستعمَرات المداريَّة أقرب نسبياً. بالإضافة إلى ذلك، ثمة ميزةٍ أخرى لقربها من الأرض، وهي الحماية من الإشعاع الكوني التي يُؤمِّنها المجال المغناطيسي للأرض، فإن وضعنا مُستوطنتنا المداريَّة في المكان المُناسب؛ أي فوق مستوى خط الإستواء الأرضي مُباشرةً من دون أن يزيد ارتفاعها عن ٧٠٠ كيلومتر، فسيحميها الحقل المغناطيسي للأرض وسيكون إجمالي كمية الإشعاع أقل بكثيرٍ فوق خط الإستواء، ومع ذلك ستكون نسبة خطر التعرُّض للإشعاع مُرتفعة جداً في مدارٍ عالٍ للغاية حول الأرض بعيداً عن حماية الغلاف الجوّي للأرض وحقلها المغناطيسي أو حول القمر أو المريخ أو كويكبٍ ما،

وسيعاني سُكَّانُ المُستعمَرة من التعرُّض الطَّويل الأمد لنسبٍ عالية من الإشعاع. ومن الميزات الأخرى لمُستعمَرات الفضاء المدارية، الطَّاقة الشمسيَّة المتوافرة دائماً، والتي يُمكن الاعتماد عليها، حيث سيختفي الليل عند التَّواجد في مدارٍ مُرتفع بما فيه الكفاية، وستتوافر الطَّاقة الشمسيَّة على مدار السَّاعة طِوال الأُسبوع في مُعظم المدارات المُرتفعة بالرُّغم من وجود بعض الظَّلام في المجالات المُرتفعة ثمَّ في مدارات الأرض المُنخفضة حينما يمرُّ الهيكل عبر ظلِّ الأرض، لأنَّ درجة الحصول على الطَّاقة الشمسيَّة تختلف بحسب الارتفاع، فهي تقلُّ في المدار الأرضي المُنخفض وتزيد في المدار المُرتفع. ويجب أن تكون الألواح الشمسيَّة للمُستعمَرات ضخمةً بما يكفي لتولِّد طاقةً كافية، ويمكن إنتاج هذه الطَّاقة على أقمارٍ مُنفصلة خاصَّة بالطَّاقة الشمسيَّة ثمَّ إرسالها إلى المُستعمَرة. وسيكون هيكل البناء عديم الوزن، فالبناء في ظلِّ جاذبيَّةٍ شبه معدومة يعني أنَّ بناء المُستوطنات الكبيرة سيكون سهلاً نسبياً. ويمكن القيام بالعديد من العمليَّات الصَّناعية بسهولة أكثر منها على الأرض في ظلِّ انعدام الجاذبيَّة، حيث يستطيع رُواد الفضاء تحريك الأجسام الثقيلة جداً التي يصل وزنها إلى بضعة أطنان من دون أيَّة مُساعدة؛ وبالتالي فإنَّ الإفتقار إلى الجاذبيَّة من شأنه أن يُسهِّل بشكلٍ جذريِّ بناء هيكلٍ دائريِّ يبلغ ارتفاعه عدَّة كيلومترات من دون أن ينهار بتأثير ثقله. ويمكن للمُستعمَرة المدارية القريبة من الأرض توليد تنمية اقتصادية هامة، لأنَّها ستشجِّع أسواق الطَّاقة الجديدة أو السَّياحة الفضائيَّة، وحين تتوسَّع هذه المُستعمَرات الفضائيَّة المدارية المُستقبليَّة، ستكون بمثابة مدنٍ في الفضاء؛ أماكن يمكن للناس أن يعيشوا فيها ويُنجبوا الأطفال!



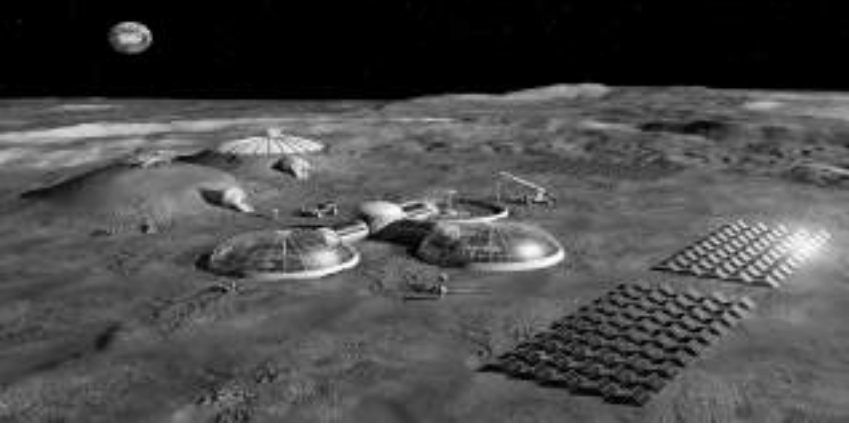
الصورة رقم ٧٣: تصوّر لمستعمرة صينيّة على سطح القمر

ومع ذلك، فإنّ لهذه المُستعمَرات الكثير من السُّلبيّات، فأسوء ما في المُستوطَـنات المداريّة بالمُقارَنة مع المُستوطَـنات السُّطحيّة هو الوصول للمواد. وثمّة مُشكلة أخرى تتمثّل في الافتقار الدائم للجاذبيّة أو شبه انعدام الجاذبيّة التي يحصل عليها رُواد الفضاء في المدار الأرضي المُنخفِض، كما يحدث في محطة الفضاء الدوليّة. ولنقص الجاذبيّة آثار سلبية للغاية على صحّة الإنسان، مثل هشاشة العظام وارتخاء العضلات أو اضطرابات الرؤية أو الصُّداع. قد يتمثّل أحد الحلول في بناء هياكل دائريّة ضخمة تدور وتُولّد إحساساً طفيفاً بالجاذبيّة، حيث سيتم إنشاء هذه الجاذبيّة الاصطناعيّة باستخدام قوّة مركزيّة دوّارة، ففي حالة إنشاء محطة فضائيّة دوّارة سيكون جوف المركبة الفضائيّة هو ما يُوفّر القوّة المركزيّة اللازمة لمحاكاة الجاذبيّة، حيث سيكون مبدأ عملها هو الدّوران بمُعَدَلٍ مُعيّن لتوليد الإحساس بالجاذبيّة التي لن تكون حقيقيّة، والشئ الوحيد الذي سيمنحنا الإحساس بالجاذبيّة هو قوّة الدّفع بأنّجاه السُّطح الخارجيّ. ثمّة العديد من التصاميم

والمفاهيم المقترحة لمستعمرات الفضاء المدارية، ومع ذلك لم يتم تطوير أي مشروع محدد حتى هذا اليوم.

أما النوع الآخر من مستعمرات الفضاء، وهي المستعمرات السطحية التي ستوجد فوق أو تحت مستوى أسطح الكواكب أو الأقمار أو الكويكبات، فيختلف الوضع فيها مقارنةً بمستعمرات الفضاء المدارية، حيث توجد العديد من الخطط المستقبلية لها. في عام ٢٠١٠م، وافقت وكالة ناسا على برنامجٍ واعدتت تسميته "رحلة إلى المريخ"، وكان هدفه النهائي هو إرسال البشر إلى المريخ بحلول ثلاثينيات القرن الحالي. ويوجد لدى وكالة الفضاء الأوروبية مفهوم مثير للاهتمام حول الاستيطان البشري المستقبلي للقمر، يتمثل في بناء قاعدة مأهولة دائمة على سطحه يُسمى "مشروع القرية القمرية"، قد تحل محل المحطة الفضائية الدولية. يعمل المهندسون والعلماء جاهدين على تطوير التقنيات التي سيستخدمها رواد الفضاء ليعيشوا ويعملوا ذات يوم على سطح المريخ، وليعودوا بأمان إلى موطنهم استعداداً للقفزة العملاقة المقبلة التي سيقوم بها البشر، وستكون تحديات القيام برحلة استكشافية بشرية إلى المريخ فريدة من نوعها مقارنةً بالرحلات الآلية، فهي تحتاج إلى إطلاق مركبات ثقيلة وكبيرة من الأرض، وستحتاج إلى نقل مساكن من الأرض إلى المريخ، بالإضافة إلى قوة الدفع من أجل تسريع معدل السفر، لأنه عادةً ما يستغرق تسعة أشهر (وتستغرق الرحلة غير المأهولة إلى المريخ ما بين ١٢٨ و ٣٣٣ يوماً)، وهناك الكثير من الإشعاع المتمثل في "الأشعة الكونية المجرية" والتوهجات الشمسية المؤذية لرواد الفضاء، ولا ندري في الوقت الراهن كيفية الإحتماء منها؟





الصورة رقم ٧٤: تصوّر لمشروع القرية القمرية الأوروبي

يُمثّل بناء المُستعمَرات الفضائيّة على أسطح الكواكب تحديّاً تكنولوجياً هائلاً ومُختلفاً تماماً عن بناء تلك المداريّة، إذ يتطلّب بناء المُستعمَرات على الكواكب تأمين المياه والغذاء والمساحة والنّاس ومواد البناء والطّاقة ووسائل النقل والاتّصالات وأجهزة دعم الحياة والجاذبيّة والمحاكاة والحماية من الإشعاعات والاستثمارات الماليّة... فمثلاً، سيّتلبّ دعم الحياة لمُستعمَرة دائمة تأمين الأكسجين والغذاء، ويتم ذلك عبر إنشاء بيوت خضراء تستخلص غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الزّفير وبعضاً من المياه التي يتمّ إنتاجها هناك، ثمّ استخدامها في زراعة النباتات ليتمّ تحويلها إلى أكسجين وغذاء لسكّان المُستعمَرة. ويجب أن تقع المُستعمَرات قرب الموارد الماديّة اللازمة، لأنّ إرسال هذه المواد من الأرض سيكون مُكلفاً، وتبرز هنا حاجة جوهريّة لتحقيق الصّيانة والإستدامة لهذه المُستوطنات الفضائيّة، تتمثّل بمصدر الطّاقة. فحينما يتعلّق الأمر في التفكير بطاقةٍ وفيرة وموثوقة قد نستخدمها في مُستعمَرة على القمر أو المريخ، سيّتجه تفكيرنا بدايةً إلى الطّاقة الشمسيّة، لكنّ بُعد الشّمس يُمثّل مُشكلتنا الرّئيسيّة، وبما أنّ المريخ

أبعد عن الشمس من الأرض، فإن كثافة الضوء فيه أقل بكثير، والطاقة الشمسية التي نستطيع الاستفادة منها ستكون بدورها أقل. سيكون هناك أيضاً أقمار اصطناعية كبيرة لتوليد الطاقة الشمسية، بالإضافة للمصفوفات الشمسية اللازم تواجدها على السطح التي تستخدم الإرسال اللاسلكي للطاقة لإرسالها إلى المستعمرات على سطح القمر أو المريخ أو إلى مواقع أخرى في الفضاء. كذلك تنطوي مسألة الطاقة الشمسية على صعوبة أخرى في مواقع كالقمر والمريخ، حيث إن إمدادات الطاقة الشمسية منقطعاً جداً، لأن الليلة القمرية تُعادل أسبوعين على الأرض، كما يحتوي مناخ كوكب المريخ على عواصف رملية كبيرة من شأنها أن تغطي وتفسد الألواح الشمسية لعدة أشهر، وقد يكون هذا مهلكاً للمستعمرة، لذا قد يتمثل أحد الحلول الممكنة بالطاقة النووية.

لكن مصادر الطاقة ليست التحدي الوحيد الذي سيتعين علينا التصدي له، إذ سيواجه الانتقال لهذه المستعمرات المستقبلية على الكواكب مشكلة صعبة أيضاً، فقوة الجاذبية الأرضية وما ينتج عنها من تكلفة إطلاق صاروخ الدفع من سطح الأرض إلى الفضاء، هي العقبة الرئيسية التي سُنْصَادُهَا عند نقل أي شيء إلى المدار، وغالباً ما ستكون العامل المحدد لمساعينا في الفضاء. فلإستقرار في الفضاء، ثمة حاجة إلى صواريخ إطلاق أقل كلفة، بالإضافة إلى وسيلة لتجنب الأضرار الخطيرة التي تلحق بالغلّاف الجوّي للأرض نتيجةً للآلاف (وربما الملايين) من عمليات الإطلاق التي نحتاجها. يمكن للمركبة الفضائية التي تفوق سرعة الصوت والمزوّدة بنظام سحب الهواء أن تكون أحد الحلول، فأثرها الملوّث في حدوده الدنيا لكونها لا تستخدم أي وقود أحفوري، مثل النفط، بل الأكسجين الموجود في الغلاف الجوّي والهيدروجين السائل،

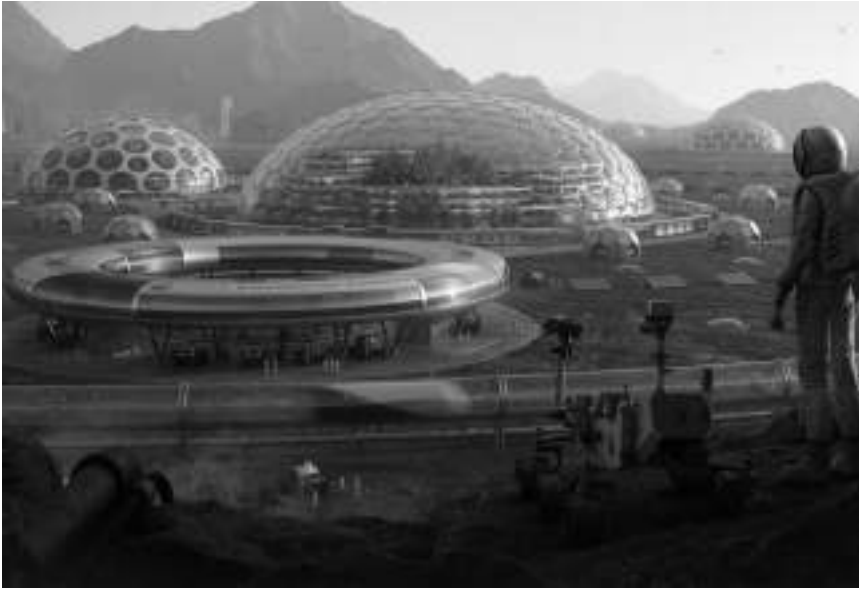
ويفوقان بخمس مرّات سرعة الصّوت (أو ماخ ٥)<sup>(٧٥)</sup>! الحلّ الآخر المُحتمَل لتسهيل عمليّة النّقل هو المصاعد الفضائيّة، فمصاعد الفضاء هي فكرة بسيطة للغاية اقترحها أحد العلماء الرّوس منذ أكثر من قرنٍ من الزّمان، وتتمثّل في أنّه لو استطعنا بناء هيكلٍ طويلٍ لدرجة الاستغناء عن الصّواريخ لنقل الأشياء، فسنقوم بدلاً من ذلك بحملها عبر حبلٍ أو مصعدٍ إلى وجهتها. قد نحتاج إلى نقل أطنانٍ من المواد من القمر ومن أقمار المريخ والكويكبات القريبة من الأرض إلى مُنشآت البناء المُنتشرة في المُستعمرات المداريّة، وإن استطعنا تحويل الكويكبات إلى محطّاتٍ للتزوّد بالطّاقة في الفضاء، فستمكن من خفض تكلفة الاستكشاف البشري في الفضاء لدرجة هائلة. ثمّة مسألة أخرى هامة يجب مُراعاتها وهي التّنقل ضمن المُستعمرات، فبمُجرّد أن نصبح على سطح القمر أو المريخ سنحتاج إلى وسائل نقلٍ محليّة، مثل العربات القمرية ونظيرتها على المريخ. كما سنحتاج إلى بذلاتٍ فضائيّة لمقاومة الجاذبيّة الثقيلة واستخدامها في النّزهات القصيرة أو الصّيانة أو الحماية، لأنّ القمر والمريخ والكويكبات هي بيئات مُعادية للبشر، فالبذلة الفضائيّة هي كالسّفينة الفضائيّة؛ تمتصّ الإشعاعات وتمنع التغيّرات في درجة الحرارة والضّغط.

إنّ إنشاء المُستعمرات في بيئاتٍ بعيدة وقاسية، مثل القمر أو المريخ، سيعني التغلّب على الكثير من التحدّيات، وستُشكّل الاتّصالات في

---

(٧٥) الماخ: هو مقياس سرعة عديم الوحدة، سُمّي كذلك نسبةً إلى العالم الفيزيائي النمساوي "إرنست ماخ". وهو يُساوي سرعة الصّوت، أي سرعة ٣٤١ متر في الثّانية أو ١٢٢٥ كيلو متر في السّاعة عند مستوى سطح البحر وعند درجة حرارة ١٥ درجة مئويّة، لذلك تُسمّى سرعة الصّوت اصطلاحياً "ماخ ١". ولأنّ الماخ عديم الوحدة، يُوضع عدد مرّات سرعة الماخ بعد الكلمة، فنقول مثلاً: ماخ ١ - ماخ ٢ - ماخ ٣، إلخ...

مُستعمرة بهذا البُعد عن الأرض عاملاً مُهمّاً. تمرُّ اليوم نسبةٌ كبيرة من الاتّصالات الأرضيّة المُستعملة حالياً عبر الأقمار الاصطناعيّة. ولا تُعدُّ الاتّصالات صعبةً بالنسبة للمستعمرات التي ستكون على القمر والمدار، أمّا بالنسبة للاتّصالات مع المُستعمرات النائية المُستقبليّة فهي مُشكلةٌ يصعب حلُّها! فقد تأثرت عمليات النقل من المريخ وإليه بشكلٍ سلبيٍّ بسبب سرعة الضّوء والمسافة الشّديدة التّباين بين التّقارب والتّنافر والمسافات الأقرب والأبعد بين المريخ والأرض، فأقصر زمنٍ للتّواصل مع المريخ يبلغ حوالي ٤ دقائق وأطول زمنٍ يقترب من ٢٠ دقيقة، وحين يكون المريخ وراء الشّمس يصبح التّواصل معه مُستحيلاً! ومع ذلك لن يُواجه المُستوطنون في المُستقبل أيّة مُشكلةٍ في وسائل الاتّصال الأخرى التي لا تتطلّب تفاعلاً مُباشراً، مثل أنظمة البريد الإلكتروني والبريد الصوتي.



الصورة رقم ٧٥: المُستقبل على سطح المريخ

ينطوي العيش على المُستعمَرات المُستقبليَّة، سواء كانت على سطح المريخ أو على سطح القمر أو على الكويكبات أو في محطة فضائيَّة مداريَّة، على التعامل مع مستوياتٍ عالية من الإشعاع ودرجات حرارةٍ عالية ونقصٍ في الأكسجين والموارد بشكلٍ عام. لدينا نظام مثالي على الأرض لدعم الحياة يوفره مُحيط حيوي ضخم ومُعقَّد، أمَّا في المُستوطنات الفضائيَّة التي هي أنظمة مُغلقة وصغيرة نسبيًّا، فإنَّ أردنا ضمان وجود نظام يدعم الحياة سيتعيَّن علينا إعادة التَّدوير أو استيراد كل العناصر الغذائيَّة لتجنُّب فقدانها. إنَّ أقرب تشبيهٍ يمكن أن نجده في الفضاء لدعم الحياة الذي تُقدِّمه الأرض قد يكون ذلك الذي نجده في غواصةٍ نوويَّة، فالتحدِّي في أنظمة دعم الحياة الميكانيكية في الغواصة النووية يتمثَّل بدعم حياة البشر ضمن المساحات الصَّغيرة المُغلقة لعدَّة أشهر من دون أن تطفو على السَّطح، هذه التكنولوجيا نفسها قد تُطبَّق لاستخدامها في الفضاء، وبالتالي سيكون بناء مُستعمَرة فضائيَّة - بلا شك - واحداً من أكبر التحديات التي واجهتها البشريَّة على الإطلاق.

لا يزال أمامنا تحدُّ واحد يحول بيننا وبين نجاتنا هناك، وهو الحماية من الإشعاعات. إنَّ الفضاء عبارة عن فرنٍ مُتقدِّد؛ موطن إشعاعاتٍ خطيرةٍ للغاية تنبثق من مصدرين، أحدهما هو الإشعاع الكوني المجريّ الذي يأتي من جميع الاتجاهات في آنٍ واحد، والآخر هو الإشعاع الشمسيّ الذي يأتي من جهة الشَّمس. فالإشعاع الكوني بالغ الخطورة، لذا نتمتَّع في المدار الأرضي المُنخفض في محطة الفضاء الدوليَّة بحمايةٍ كبيرة يُقدِّمها المجال المغناطيسي للأرض، لكن بمجرَّد ذهابنا إلى أعماق الفضاء سنصطدم بجزيئاتٍ قادمةٍ من المجرَّات تُسمَّى "الأشعة الكونيَّة المجريَّة" وتعتبر مباشرةً جُدران المركبة الفضائيَّة، وأحياناً تصطدم بها مُحدثةً تساقطات من الجسيمات الأخرى؛ من

البروتونات بشكلٍ أساسي، مُحترقةً أنسجتنا على الفور ومُدْمرةً حمضنا النووي. ستكون الحياة مُستحيلةً في البيئات التي لا تحوي حمايةً من هذه الإشعاعات القاتلة، مثل الفضاء الخارجي أو على سطح القمر حيث لا يوجد غلاف جوي أبداً، أو على سطح المريخ بوجود غلاف جوي رقيقٍ للغاية. ويجب أن تكون المُستوطنات والمركبات الفضائية مُحاطةً بما يكفي من الماء أو من موادٍ أخرى قادرة على امتصاص مُعظم الإشعاعات لحماية الحياة خلال الرّحلات الطويلة إلى مسافاتٍ بعيدة كهذه، لذا فإن كانت لدينا مُستعمرة فضائية يُمكننا أن نعمل على وجود مساحاتٍ آمنة وتخزين المياه في موقعٍ استراتيجي.

ثمّة تحدٍّ آخر يجب أن نأخذه باعتبارنا بالإضافة إلى كافة التحدّيات التي يتعيّن علينا التغلّب عليها لبلوغ وجهتنا، وهو آثار الرّحلات الفضائية على صحّة الإنسان. إن أردنا الذهاب إلى مُستعمرة على القمر، فسيُتعيّن علينا السّفْر عبر الفضاء ليوم أو يومين على الأقل باستخدام التكنولوجيا الحاليّة، لكن لنصل إلى المريخ ستستغرق الرّحلة وقتاً أطول بكثير يتراوح بين ستّة وتسعة أشهر. إنّ رحلة فضائية بهذه المدة تعني التعرّض لفترة طويلة للإشعاعات الكونية ولانعدام الجاذبيّة مع ما يترتّب على ذلك من آثارٍ سلبية على صحّة الإنسان، ويمكن لمُهمّة هذه المدة أن تحمل العديد من المشاكل النفسيّة والاجتماعيّة، فالعزلة التي يُعانيها رُواد الفضاء قد تُؤلّد رُهاب الأماكن المغلقة والاكْتئاب، وقد تُؤثّر قلة النوم والرّتابة على الأداء السليم للمُهمّات التي تتطلّب في بيئة العمل الصّعبة هذه دقّة قصوى. ترتبط مُعظم الآثار السلبية على جسم الإنسان بالتعرّض لنقص الجاذبيّة خلال الرّحلات الفضائية الطويلة، فالآثار الصّارّة كبيرة، وتتضمّن ضمور العضلات وتآكل الهيكل العظمي الذي يُعرَف باسم "هشاشة العظام

المرتبطة بالفضاء"، بالإضافة إلى الشكاوى الثلاثة الأساسية المرتبطة بالتواجد في الفضاء، وهي الصداع وآلام الظهر وقلة النوم، والتي تختلف من شخص إلى آخر. ومن الآثار الهامة الأخرى تباطؤ وظائف الجهاز القلبي الوعائي، وانخفاض إنتاج خلايا الدم الحمراء، واضطرابات التوازن، واضطرابات البصر، وضعف الجهاز المناعي. بالنسبة لتأثير انعدام الجاذبية السلبية على العظام، وبالأخص عظم الفخذ والورك، فإن العظام تبدأ بفقدان الكالسيوم بشكلٍ شبه فوري، وتستمر في خسارته طوال الرحلة الفضائية بغض النظر عن المدة. كما تتحرك السوائل من الجزء السفلي إلى الجزء العلوي من الجسم، وإذا شاهدنا رواد الفضاء عبر التلفاز، فسرى أن وجوههم مدورة أكثر مما ينبغي، وهذا عبارة عن سوائل إضافية طفت من سيقانهم إلى أجزاءهم العلوية. تحدث هذه الآثار في ظل الجاذبية الأرضية المعدومة أو شبه المعدومة، لكن على سطح القمر أو المريخ ستكون الجاذبية منخفضة فقط، لذلك سيكون تأثيرها مختلفاً على صحة الإنسان، فالجاذبية على القمر تبلغ ١٦.٦% من جاذبية الأرض، أما على المريخ فتبلغ ٣٣% من جاذبية الأرض، ولا نعلم مدى تأثير ذلك القدر منها على جسم الإنسان؟

سيكون تعلم العيش خارج الأرض من أهم الأحداث البارزة للبشرية، ولن تكون مهمة سهلة على الإطلاق. يعمل المهندسون والعلماء من مختلف أنحاء العالم على تطوير التقنيات التي ستمكّننا من إنشاء موطننا الأول خارج الأرض، فهناك العديد من المشاريع التابعة للمؤسسات العامة والشركات الخاصة التي من شأنها أن تبدأ الاستيطان المستقبلي الحقيقي للفضاء. ومن بين كل مشاريع الاستيطان ركز بعضها على الاستفادة من استخدام الموارد المتوافرة على الكويكبات، وفي وسعنا اعتبار هذه أولى الخطوات نحو ثورة صناعية

فضائيّة في المُستقبل. إنّ الهدف الأوّل لاستيطان الكويكبات سيكون استخراج الثروات، وتُعتبر عملية تعديل الكويكبات عمليةً صناعيّةً مطروحة يتمّ فيها استخراج المواد الثمينة منها، مثل وقود الصّواريخ أو بعض المواد الخام أو المعادن النادرة على الأرض. فالكويكبات تُعدُّ هدفاً للموارد الفضائيّة لسببين، الأوّل يتعلّق بالطاقة ووقود الصّواريخ اللازم للوصول إلى هناك والعودة ثانيةً، وهي أكثر الأهداف التي يمكن للبشريّة الوصول إليها خارج مدار الأرض المُنخفض، فإن استطعنا تحويل الكويكبات إلى محطّات للتزوّد بالطاقة في الفضاء، فسوف نتمكّن من خفض تكلفة الاستكشاف البشري بدرجّة كبيرة. والثاني هو احتواؤها على الكثير من الموارد الثمينة التي يمكن استخدامها في الفضاء، ومن الناحية الاقتصادية، يمكن لكويكب واحد أن يُنتج عائداتٍ بقيمة ترليون دولار خلال فترةٍ قصيرة يستغرقها تعدينها ونقلها إلى الأرض. في الواقع، ثمة شركات تُخطّط جادةً لاستخراج تلك الموارد، وما يُثير الاهتمام هو الجمع ما بين الأبحاث الرّامية لتجنّب اصطدام الكويكبات بالأرض، وتعدّيتها للحصول على مواردها. (٧٦)

تنتشر الكويكبات بكثرة في كلّ مكانٍ من النّظام الشمسي، وليس في نقطةٍ بعينها. ويُعدُّ حزام الكويكبات الرّئيسي القائم بين مداري المريخ والمُشتري وما يُسمّى "طروادة المُشتري"، وهي الأحزمة المُحيطة بالمُشتري، من أهمّ النّقاط التي توجد فيها معظم الكويكبات المعروفة. وتوجد أيضاً مجموعات مداريّة أخرى من الكويكبات الكثيرة العدد، مثل تلك التي لها مدارات قريبة من كوكبنا. حتّى الآن تمّ إرسال عدّة بعثاتٍ لزيارة بعضٍ من

---

(٧٦) كتاب "وسائل النّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ١٨.



هذه الكويكبات القريبة من الأرض، وأول كويكب تزوره مركبة فضائية كان الكويكب "إيروس ٤٣٣" حين هبط مسبار "رانديفو" التابع لوكالة ناسا على سطحه في شباط من عام ٢٠٠٢م، وتمت زيارة الكويكب الثاني القريب من الأرض المسمى "إيتاكاوا ٢٥١٤٣" في عام ٢٠٠٥م من قبل بعثة "هيوبوسا" التابعة لوكالة الفضاء اليابانية، وأخذت عينة صغيرة جداً من سطح هذا الكويكب؛ كانت كمية أقل من ميلغرام واحد.

إن حقيقة أن الكويكبات عبارة عن صخور صغيرة تطفو في الفضاء لها مزايا وعيوب أيضاً، من أهم مزاياها انخفاض جاذبيتها نظراً لصغر حجمها؛ ما يعني انخفاضاً هاماً في تكاليف ومخاطر الهبوط مقارنةً بالجاذبية الموجودة على القمر أو المريخ، وهذا الجانب يُسهّل أيضاً بناء الهياكل لدرجة كبيرة. ويمكن اعتبار حقيقة أن هناك أكثر من ٣٠٠٠٠٠٠ من الكويكبات التي تمّ تحديدها حتى الآن، هي ميزة إضافية ستمنحنا الكثير من المواقع.

من المعروف أن هناك كويكبات غنية بالكربون والمعادن والصخور، هذا التنوع في تركيبها الكيميائية يُرجح كونها مفيدة لمواد البناء أو لوقود المركبات الفضائية، وقد تكون المواد المستخرجة من الكويكبات أساساً لاقتصاد تجاري، ويمكن حتى أن تتم إعادة المعادن الثمينة إلى الأرض أو إلى عوالم أخرى مُستعمرة من مناجم الكويكبات لتحقيق مكاسب اقتصادية. كما يحتوي العديد من الكويكبات على كميات كبيرة من الماء والمواد المتطايرة الأخرى، بالإضافة إلى الكربون، وجميعها ضرورية للحياة. يمكن أيضاً نقل هذه الموارد إلى أماكن أخرى في النظام الشمسي حيث يندر وجودها، وبكلفة أقل بكثير من كلفة إطلاق مواد كهذه من أجسام أكبر، مثل القمر أو المريخ. وسنحصل على قوة دفع فضائية أفضل باستخدام تلك المواد

المتطيرة على الكويكبات، مثل الماء وثنائي أكسيد الكربون الذي يمكن تحويله إلى وقود للصواريخ، مما يُمكننا من الحصول على المزيد من الحركة في الفضاء، وبالتالي التَّوَعُّلُ أبعد ضمن النِّظامِ الشَّمْسيِّ، وهي أوَّلُ مُهْمَةٍ فضائيَّةٍ صناعيَّةٍ قصيرة المدى تعود بكتلةٍ اقتصاديةٍ هامة من وقود الصَّواريخ الكفيل بتغيير الاقتصاد في الفضاء. لكن، علينا إيجاد حلولٍ للعديد من التحدِّيات لجعل صناعة التعدين الفضائيَّة المُستقبليَّة هذه حقيقة، مثل جاذبيَّة الكويكبات المُنخفضة والغلاف الجوّيِّ المَعدوم؛ ما يجعلها عُرضَةً للإشعاع الكوني وتأثير الأجسام الصَّغيرة. تهتم شركات خاصَّة عديدة باستخراج ثروات الكويكبات، فقد أعلنت شركة "بلانيتور ريسورسيز" الأمريكيَّة في عام ٢٠١٢م عن خطة لاستخراج هذه الثروات، وذلك على الرَّغم من آراء بعض المُشكِّكين في ربحية هذه العمليَّة لأنَّ كُلفة استخراج الموارد، مثل المعادن الثَّمينة، بِعَضِّ النَّظَرِ عن مدى وفرتها على الكويكبات، ستكون أعلى بكثيرٍ من كُلفة استخراجها على الأرض، فضلاً عن وجوب أن تكون هذه الكويكبات قريبةً نسبياً من الأرض لتكون عمليَّة استخراجها مُجدية. ومع ذلك تعتقد شركة بلانيتور ريسورسيز أنَّ الخطة ستكون مُربحة إن تمكَّنت من تطوير التَّقنيَّات التي تُقلِّل من تكاليف الرِّحلات الفضائيَّة، وتمثِّل إحدى طرق تخفيض هذه التكاليف بتأسيس منشآت فضائيَّة، مثل مصانع إنتاج الوقود. كما تُراهن شركة تعدين الكويكبات الأمريكيَّة "ترانز آسرا" على خطةٍ لإنتاج الوقود باستخدام الماء الموجود في الكويكبات، حيث سيتمُّ تقسيم جُزيئات الماء إلى ذرَّات الهيدروجين باستخدام الطَّاقة الشَّمْسيَّة، واستخدام ذلك الوقود الدَّافع للصَّواريخ لملء محطَّات التَّزوُّد بالوقود في الفضاء لتغذية المركبات الفضائيَّة التَّابعة لوكالة ناسا والمركبات الفضائيَّة التَّابعة للقطاع الخاص. وتُعتبر شركة "ديب سبيس إنديستريز" الأمريكيَّة أيضاً التي

تأسست عام ٢٠١٣م، من شركات تعدين الكويكبات الواعدة، وهدفها هو توفير الموارد الفنيّة والقدرات والنظام المتكامل المطلوب للتنقيب عن الموارد الموجودة في الفضاء واستخراجها وتصنيعها وتسويقها خلال فترة ما بين ست إلى عشر سنوات. كما تشتمل الأهداف المُستقبلية للإستكشاف في نظام المُشترى إحتمالية وجود مُحيطٍ من المياه السائلة المُغطاة تحت أسطحه الجليدية في قمر المُشترى "يوروبا"<sup>(٧٧)</sup>.

تُظهر مشاريع عديدة تقودها المؤسّسات العامّة والشركات الخاصّة، مثل شركتي "سبيس إكس" أو "بلو أوريجين" الأمريكيتين أو شركات تعدين الكويكبات هذه، أنّ التّوسّع المُستقبلي للبشر خارج حدود كوكبنا ليس بعيداً. ونحن نقف في لحظة تاريخية بالغة الأهمية، فقد ظهرت بعض الحقائق الهامة خلال السّنوات القليلة الفائتة، وألها هو علمنا بوجود ماءٍ ومواد أخرى في قطبي القمر وفي الكويكبات التي يُمكننا الوصول إليها، والتي نستطيع استخدامها في صناعة وقودٍ صاروخي عالي الكلفة وجعله أقل كلفةً بكثير لاستكشاف أعماق الفضاء، وثانيها هو أنّنا نملك اليوم التكنولوجيا اللازمة لبناء مركبات فضائية قابلة لإعادة الاستخدام بأسعارٍ معقولةٍ جدّاً، حيث تمهّد شركات استكشاف الفضاء لنا الطّريق بهذا الاتّجاه، بدءاً بصواريخ ومركبات فضائية قابلة بالكامل لإعادة الاستخدام يتم إطلاقها في الفضاء وتبقى فيه، ولكنها ستحتاج إلى الوقود الصّاروخي الذي سنحصل عليه من قطبي القمر ومن الكويكبات.

لقد شجّعت الاكتشافات الأخيرة للكمّيات الهائلة من المياه في قطبي القمر وعلى المريخ المؤسّسات العامّة، مثل وكالة الفضاء الأمريكية أو وكالة

---

(٧٧) المرجع السّابق. ص ٢٣.

الفضاء الأورويبيّة، والشركات الخاصّة، مثل "سبيس إكس" على قيادة مشاريع من شأنها أن تمكّننا من الاستقرار في مثل هذه البيئات النائية والقاسية في المستقبل القريب. وقد يتمثل خياراً آخر في استقرار مُستقبلي في مُستعمرة الفضاء المداريّة أو حتّى على كويكب قريب. على أيّ حال، إنّها ليست بالمهمّة السهلة على الإطلاق، سنحتاج إلى مساكن ومستودعات تخزين وأماكن للعمل ومصادر للطاقة المتجدّدة ومساحات للإنتاج الغذائي ومُعَدّات لتأمين سُبل الحياة... سنحتاج إلى تخطّي صعوبات هائلة على القمر، مثل الجاذبيّة المنخفضة والتعرّض للإشعاعات الكونيّة الفتّاكة وانعدام الغلاف الجوّي وتفاوت درجات الحرارة بين النّهار والليل. أمّا على المريخ فستُمثّل الصّعوبات تحدياً أعظم بسبب بُعده الكبير عن الأرض؛ ما يستلزم إمكانية وجود رحلة فضائيّة أطول بين الكواكب تستغرق ما بين ستّة إلى تسعة أشهر، وهذه فترة طويلة جدّاً يتعرّض خلالها رُواد الفضاء لانعدام الجاذبيّة ولإشعاع كوني فتّاك. تُشير كبرى الاكتشافات التكنولوجيّة المُستمرّة إلى أنّنا سنتمكّن من التغلّب على كل هذه التحديات في المُستقبل القريب، وهذا ما سيُولد أهم ثورة صناعية في تاريخ البشريّة. سيتذكّر أحفادنا الذين قد يعيشون على سطح القمر أو المريخ، اللحظة التي بنو فيها أوّل مُستعمرة فضائيّة، كأحد أهم الإنجازات البشريّة.

في عام ٢٠١٦م، وضعت مجموعة دوليّة من العلماء خططاً لإنشاء "دولة فضائيّة" وإعلانها دولة مُستقلّة تُدعى "أسغارديا" (وهي فكرة مُستوحاة من أحد أفلام الخيال العلمي)، وجعلها عضواً مُستقبلياً في مُنظمة "الأمم المتّحدة"، وذلك من خلال إطلاق قمر اصطناعي ثمّ البدء بتطوير المشروع بشكل أكبر بعد الإطلاق. ويعتمد جوهر تلك (الدولة) على نشر السّلام في

الفضاء، ومنع الصّراعات الموجودة على الأرض التي يجري نقلها إلى الفضاء، وحماية كوكب الأرض من التهديدات الكونيّة، مثل اصطدام الكويكبات وتأثير التّوهّجات الشمسيّة. ويمكن للأشخاص الرّاعين في أن يصبحوا مواطنين في أسغارديا التّوقيع على ذلك عبر الموقع الإلكتروني الخاص بها، ولكن لن تُمنح هذه (الجنسيّة) سوى لأوّل ١٠٠ ألف مُتقدّم فقط!

وفي عام ٢٠١٦م أيضاً، أطلقت وكالة الفضاء الأميركيّة "ناسا" بالتّعاون مع شركة "بيغلو لتكنولوجيا الفضاء" الأميركيّة أيضاً، أطلقتها وحدة سكنيّة مطاطيّة تجربيّة مطويّة قابلة للتّفخ في الفضاء إلى حجمها الكامل بغازات مضغوطة، أُطلق عليها اسم "بي إيه ٣٣٠"<sup>(٧٨)</sup>، وذلك بوساطة صاروخ وصل بها إلى الفضاء، ونجحنا في إصاقها بمحطّة الفضاء الدّوليّة، لتصبح فكرة إقامة غرف فندقيّة في الفضاء تصلح سكناً لرواد الفضاء ومُختبرات للعمل، قريبة من التّحقّق. وبعد إعادتها إلى الأرض، سيتم إجراء دراسات عليها لاختبار مدى سلامتها ومقاومتها للظّروف المحيطة بها من حرارة وضغط وإشعاعات، قبل أن يتمّ اعتمادها بشكل نهائي. كما أطلقت وكالة ناسا في العام نفسه أوّل منزل تجربي إلى محطّة الفضاء الدّوليّة على متن المركبة "دراغون" التّابعة لشركة "سبيس إكس" الأميركيّة أيضاً، على أمل الكشف عن نظام أرخص لإقامة مساكن مداريّة. وحملت الكبسولة على متنها غرفة أشبه بالخيمة يمكن فتحها وبسطها للسّماح لطاقم محطّة الفضاء الدّوليّة بالعيش فيها خارج المحطّة في الفضاء؛ ما سيسمح لرواد الفضاء بالعمل لفتراتٍ طويلة في مدارٍ مُنخفض حول الأرض أو على كواكب أخرى.

---

(٧٨) المرجع السّابق. ص ٩.

وشهدَ يوم الخميس الموافق لـ ٢٩ نيسان الماضي (٢٠٢١م)، إطلاق الصّين لصاروخٍ يحمل أولى المُكوّنات الثلاثة لأوّل محطة فضائيّة دائمة لها وتُدعى "تيانجونج"، حيث انطلق صاروخ "لونج مارتش ٥ بي" من ميناء "ونتشانج" الفضائي في جزيرة "هاينان" الإستوائية بجنوب الصّين. وحمل الصّاروخ الكبسولة المركزيّة للمحطة، وستعقب ذلك ١٠ رحلات أخرى، من بينها ٤ رحلات مأهولة، لاستكمال بناء المحطة التي ستصبح قابلة للتشغيل بحلول عام ٢٠٢٢م في مدار الأرض المنخفض، حيث ستدور حول الأرض على ارتفاع يتراوح بين ٤٠٠ و ٤٥٠ كيلومتراً. وبعد ١٠ دقائق من الإطلاق، انفصلت الكبسولة "تيانهي" (التي تعني "التناغم السماوي") عن الصّاروخ بنجاح، ثم وصلت إلى مدارها المحدّد. وستكون هذه المحطة ثاني قاعدة دائمة في الفضاء في الوقت الحالي، بعد محطة الفضاء الدوليّة، حيث يُقدّر عمر المحطة الصّينيّة الافتراضي بعشر سنوات إلى خمس عشرة سنة. وإذا أوقفت المحطة الدوليّة خدماتها كما هو مُقرّر في عام ٢٠٢٤م، ستتسلّم محطة الفضاء الصّينيّة الشعلة، وعندها ستصبح الصّين الدولة الوحيدة التي تقوم بتشغيل محطة فضائيّة. يبلغ طول الكبسولة تيانهي ١٦.٦ متراً وقطرها ٤.٢ أمتار. وتوفّر هذه الكبسولة المركزيّة التي تُعدّ الوحدة الأساسيّة للمحطة، الكهرباء وقوّة الدّفع، وتُتّسع لإقامة ثلاثة رُواد فضاء، للبقاء على متنها لمدة تصل إلى ستّة أشهر. وعند اكتمال بنائها، ستكون محطة تيانجونج الفضائيّة، التي تزن ٩٠ طناً تقريباً، أصغر بكثير من محطة الفضاء الدوليّة التي تزن نحو ٤٢٠ طناً. وكان قد أثار فقدان السيطرة على المرحلة الأخيرة من الصّاروخ الحامل للمكوّنات الصّينيّة بعد أداء مهمّته، هلعاً وردود فعل واسعة في مناطق عديدة من العالم

على مدار الأيام الأولى من شهر أيار الحالي، خوفاً من سقوط بقايا حطام المرحلة الأخيرة من الصّاروخ البالغ طولها ٣٠ متراً ووزنها ١٨ طناً، فوق منطقة مأهولة بالسكّان، إلى أن سقط غربي جُزر المالديف في المحيط الهندي، يوم ٩ أيار الحالي. وهذه ليست المرّة الأولى التي تفقد فيها الصّين السّيّطرة على مركبة فضائيّة عند عودتها إلى الأرض. ففي شهر أيار من العام الماضي (٢٠٢٠م)، سقطت شظايا صاروخ "لونغ مارتش ٥ بي" آخر وصل طول إحداها إلى ١٢ متراً، على بلدات في ساحل العاج؛ ما ألحق أضراراً ماديّة من دون وقوع إصابات بشريّة. وفي نيسان من عام ٢٠١٨م، تفكّك المُختبر الفضائي "تيانغونغ-١" عند عودته إلى الغلاف الجوّي للأرض، بعد عامين من توقّفه عن العمل. ونفت السّلطات الصّينيّة يومها أن تكون قد فقدت السّيّطرة على المُختبر.



الصورة رقم ٧٦: هكذا ستبدو محطة الفضاء الصّينيّة

تيانجونج عند اكتمال بنائها

## ثانياً - العودة لاستكشاف القمر من جديد:

عند إجراء الانتخابات الرئاسية الأميركية لعام ٢٠١٢م، وخلال الانتخابات التمهيديّة في ولاية "فلوريدا"، تقدّم المرشّح الجمهوري السّابق "نيوت غينغريتش" بمُقترحٍ رأى أنّه قد يجلب له الكثير من الأصوات في تلك الانتخابات ضدّ منافسيه في الولاية على طريق بلوغ الرئاسة، فقال: "في مرحلة مُبكرة من حياتي المهنيّة في الكونغرس<sup>(٧٩)</sup>، تمّ تقديم لائحة قانونيّة خاصّة بالفضاء، وأنا أرى أنّه إذا وُجدَ ١٣٠٠٠ شخص أميركي يعيشون على سطح القمر، فإنّه ينبغي السّماح لهم بأن يسعوا إلى أن تصبح منطقتهم على سطح القمر إحدى ولايات دولة الولايات المتّحدة الأمريكيّة"! وكان علماء من مهندسين ومعماريّين في وكالة ناسا قد طوّروا خلال عام ١٩٧٥م تصميماً لمُستعمرات ضخمة على سطح القمر صالحة لأن تكون مأهولة بالبشر، إلا أنّه لم يتمّ تحقيق ذلك على أرض الواقع، غير أنّ الإدارة العليا لوكالة ناسا عادت خلال السّنوات الماضية للتّفكير مُجدّداً -وبجديّة- في إمكانية بناء مُستوطنة فضائيّة صالحة لعيش البشر على القمر. ويعيش في ولاية فلوريدا الأمريكيّة الكثير من موظفي ناسا ويعملون فيها، ومنهم من يُمارس وظيفته في "مركز جون إف كينيدي الفضائي" الشّهير في منطقة "كيب كانافيرال" السّاحليّة، التي تُعتبر المركز الرّئيسي للأنشطة الفضائيّة للولايات المتّحدة. غير أنّ هؤلاء يُعانون من فقدان الوظائف وقلة العمل،

---

(٧٩) "الكونغرس": هو المُؤسّسة الدّستوريّة الأولى في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، ويُعتبر الهيئة التّشريعيّة في النّظام السّياسي هناك. ويتألّف من مجلسين، هما: مجلس الشيوخ ومجلس النّواب.



بسبب إلغاء برنامج مكوك الفضاء الأمريكي الباهظ التكاليف، عام ٢٠١١م. فهل سيصبح القمر الولاية الأمريكية رقم ٥١؟

في الواقع، لم يعد القمر يُثير اهتمام العلماء منذ سبعينيات القرن الماضي، فهو بتضاريسه الصحراوية التي لا تقوم فيها حياة، مجرد جُرم سماوي مُمل. والآن، وبعد أكثر من خمسين عاماً من القفزة العظيمة الأولى للبشر على سطحه، عاد أخيراً إلى بُؤرة تركيز العالم، حيث يعمل الباحثون في جميع أنحاء العالم من أجل العودة إلى القمر والبقاء هناك لمدة أطول هذه المرة، وكنقطة انطلاقٍ لرحلاتٍ أعمق في الفضاء. فوكالة ناسا الأمريكية تنوي نقل النَّاس إلى القمر للعيش فيه بشكلٍ دائم، وتحلم وكالة الفضاء الأوروبية ببناء محطةٍ دوليةٍ عليه، ويُحطُّ الروس لإرسال مركبة هبوط غير مأهولة مُزوَّدة بمجموعة من مقاييس الزلازل، بينما يُحطُّ الصينيون أيضاً لرحلاتٍ سياحيةٍ إليه. وقد قال مؤسس شركة "بلو أوريجين" الأمريكية في عام ٢٠١٩م: "سوف نعود إلى القمر مرةً ثانية، لكن هذه المرة لنبقى". فهل سيأتي يومٌ يُعدُّ فيه القمر قارةً آمنة من قارَّات الأرض؟

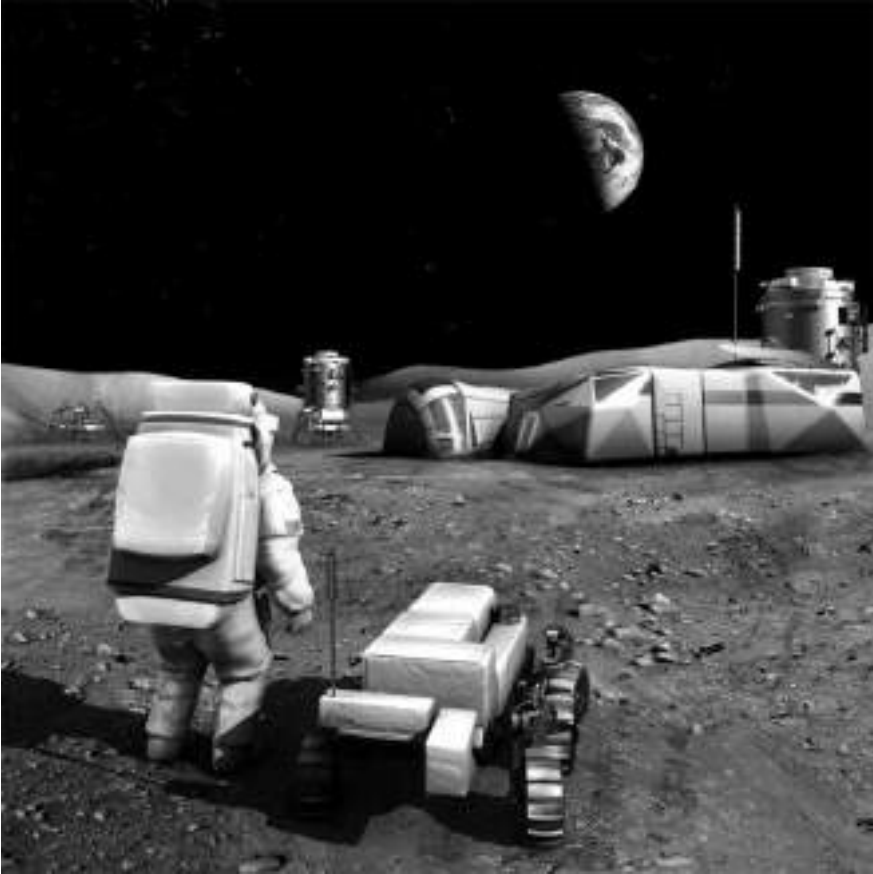
لقد أصبح القمر بمثابة أهمية "حجر رشيد" في مصر، في مجال فهم تاريخ النُّظام الشمسي، لأنَّ تاريخ المقذوفات وفُوهات القمر هي السَّجل الذي حفظ ما حدث في النُّظام الشمسي الأولي. كما أنَّ الحِفاظ على الجنس البشري يتطلَّب الحصول على الموارد من أماكن أخرى غير الأرض، والقمر هو المرشَّح لأن يكون أوَّل تلك الأماكن.

وبقدر ما كان هبوط الإنسان على القمر اكتشافاً ثورياً، لم يَطأ أيُّ إنسان بعد ذلك سطح القمر منذ عام ١٩٧٢م، والسَّبب هو الكلفة المادية العالية ومُعضلة تأمين الموارد - وخصوصاً المائية - للرُّواد! فمن الواضح أنَّنا

لن نذهب إلى القمر بالطريقة نفسها التي قمنا بها بذلك مع مهمّات أبولو، لأنّه كان برنامجاً ضخماً للغاية، بتكلفة بلغت مئة مليار دولار؛ ما استنزف آنذاك ٤% من ميزانية الدّولة الأمريكيّة! وهذا لن يحصل مجدّداً. لذا فإنّ بعثات استكشاف القمر تعتمد الآن على القطاع الخاص، مع شركاتٍ مثل "أستروبتكس" و"مون إكسبريس"، في مُنافسات القرن الحادي والعشرين من أجل العودة إلى القمر، حيث عدّ القمر سباقاً، وهو ليس موقع سباق؛ إنّه عالمٌ بأكمله. وبما أنّنا سنعود الآن إلى القمر، فسوف يتمّ تشغيل أنموذجٍ جديدٍ تماماً، وهو ليس تابعاً للدّولة، بل للقطاع الخاص.

وقد بدأت ناسا في التّخطيط لاستئناف المُهمّات البشريّة إلى القمر بعد دعوة الرئيس الأمريكي الأسبق "جورج دبليو بوش" في ١٤ كانون الثّاني من عام ٢٠٠٤م، لمُهمّة بشريّة إلى القمر بحلول عام ٢٠١٩م، وبناء قاعدة قمرية بحلول عام ٢٠٢٤م، وذلك ضمن برنامج "كوكبة"، الذي تمّ تمويله وبدء بناء واختبار المركبة الفضائيّة المأهولة ومركبة الإطلاق اللّازمتين له، وتمّ إجراء دراساتٍ لتصميم قاعدة قمرية، إلا أنّه تمّ إلغاء هذا البرنامج لصالح برنامج إعادة إرسال رُواد فضاء أمريكيّين إلى القمر بحلول عام ٢٠٢٤م، ورحلة مداريّة بشريّة إلى المريخ بحلول عام ٢٠٣٥م. كما كانت ناسا تنوي إرسال رائدة فضاء إلى القمر في مُهمّتها التي كان من المُخطّط لها أن تتم في مُنتصف عام ٢٠٢٠م؟ وفي عام ٢٠١٦م، منحت الحكومة الأمريكيّة الإذن لشركة "مون إكسبرس" الأمريكيّة بالهبوط على سطح القمر مُستقبلاً. أمّا في عام ٢٠١٨م، فقد أعلنت وكالة ناسا أنّ تسع شركاتٍ تجاريّة أمريكيّة ستتنافس للفوز بعقدٍ لإرسال حمولات صغيرة إلى القمر، فيما يُعرّف باسم "خدمات الحمولة التجاريّة القمرية". وكانت الهند تأمل

كذلك في إرسال البشر إلى القمر بحلول عام ٢٠٢٠م؛ الأمر الذي لم يتم تحقيقه! وفي عام ٢٠١٨م، أعلنت شركات "سبيس إكس" الأمريكية و"فودافون" البريطانية و"نوكيا" الفنلندية و"أودي" الألمانية عن مشروع تعاونٍ بينهم لتركيب شبكة اتصالات لاسلكية من الجيل الرابع على القمر، بهدف بثّ لقطات حيّة من وإلى الأرض.



الصورة رقم ٧٧: تصوّر لقاعدة على سطح القمر

لذلك كله، تجري التحضيرات المتعلقة باستحداث قاعدة أو وجود بشري على سطح القمر، مثل زراعة المحاصيل لإنتاج الغذاء وأكسجين

التَّنْفُسُ للرُّوَادِ، واستخراج الماء من الرَّمْلِ القمري، من خلال تبخيره وتكثيفه، وإنتاج الطَّاقَةِ من ضوء الشَّمْسِ عليه، وحماية الرُّوَادِ من خطر الإشعاع الكوني ومن خطر أيِّ جسمٍ فضائي يمكن أن يصطدم بسطحه (بسبب عدم وجود غِلافٍ جوِّي له)، وتوفير بَزَاتٍ فضائيَّةٍ مُتطوِّرة، وتأمين الأدوات اللازمة لذلك... ويعتقد الباحثون أن يكون هناك ما يُقارب ٦٠٠ مليون طن من الجليد على سطح القمر؛ إنَّها المادَّةُ الأساسيّةُ والضروريَّةُ لمحطَّةٍ مأهولة هناك، ويُعتقد أن يكون الماء قد جاء من النيَّاك أو المذنبات التي سقطت على سطح القمر، وأيضاً بسبب الرِّياح الشمسيَّة التي تقصف القمر بجزيئات الهيدروجين؛ هذه الجزيئات تحترق تُربته وتتحد مع الأكسجين الموجود في صُخوره فيتكوَّن الماء الذي يتسرَّب جزء منه إلى الفوَّهات الباردة في القطبين ويتجمَّع هناك كجليد. صحيح أن أغلبية سُكَّان الأرض الحاليين لم يكونوا قد وُلِدوا عندما هبط رُوَادُ الفضاء الأمريكيين آخر مرَّةٍ على سطح القمر عام ١٩٧٢م، وصحيح أنه مرَّ وقت طويل ولم يتمَّ إنجاز الخطوة التَّالية، لأنَّ كل ما قام به أولئك الرُّوَاد هو لمس أرض القمر ورفع العلم الأمريكي عليه ثمَّ المُغادرة، إلا أنَّ البشر لم يعيشوا هناك فعلياً ولم يقوموا بأبحاثٍ للبقاء عليه طويلاً، لذلك يهدف العُلَماء إلى إرسال بعثاتٍ مُستدامة وطويلة الأمد وبناء قاعدة ومركز دائم على سطح القمر، فالتَّحضيرات الأوَّليَّة للقيام بالبعثة القادمة تجري على قدمٍ وساق، لكنَّ عودة الإنسان إلى القمر لن تكون قبل عام ٢٠٣٠م، وذلك على الرَّغم من إعلان شركة "سبيس إكس" الأمريكيَّة في عام ٢٠١٨م، عن أنَّ رجل الأعمال الياباني "يوساكو مايزاوا" سيكون أوَّل من تنقله في رحلة خاصَّة إلى القمر بعد عام ٢٠٢٣م على الأقل، حيث سيقوم الملياردير الياباني بجولة حول القمر على متن المركبة الفضائيَّة "بيغ فالكون روكيت".

وُخِطَّطَ روسيا للقيام بأول رحلة مأهولة إلى القمر في عام ٢٠٢٩م، حيث تعمل شركة "إنيرجيا الروسية للتقنيات الصاروخية والفضائية" على تصنيع سفينة فضائية، يُنتظر أن تقوم بأول رحلة تجريبية لها في العام الحالي (٢٠٢١م)، وبعدها بسنتين سيتم إرسال هذه السفينة للالتحام بالمحطة الفضائية الدولية، وفي عام ٢٠٢٥م ستُنْفَذُ السفينة أول رحلة غير مأهولة إلى القمر تمهيداً للرحلة المأهولة. وسيشكّل إرسال رحلات مأهولة إلى القمر عنصراً أساسياً للقيام برحلات مستقبلية بين الكواكب.

كما تسعى وكالة الفضاء الأوروبية للتعاون مع وكالة الفضاء الروسية في إرسال البشر للعيش على سطح القمر، في غضون العقد الحالي، حيث ستضمّ المرحلة الأولى من ذلك التعاون المهمة "لونا-٢٧" التي تُركّز على إرسال البشر إلى المناطق غير المكتشفة من قطب القمر الجنوبي، في أول بعثة مشتركة إلى القمر، ولكنها ستكون في البداية "روبوتية"، ليتمكن البشر في نهاية المطاف من تكوين مستوطنات دائمة على القمر.



الصورة رقم ٧٨: تصوّر للمركبة الفضائية الروسية لونا-٢٧ على سطح القمر

وتخطّط الصّين لإنزال روبوت صغير بعجلات على المريخ خلال الأشهر المقبلة من هذه السّنة، ولإيفاد بعثات بشرية إلى القمر بحلول عام ٢٠٣٠م. كذلك أعلنت أنّها تريد بناء محطة على سطح القمر بالتعاون مع روسيا أيضاً.

### ثالثاً - استكشاف المريخ:

في عام ٢٠١٣م، أبدت أول امرأة تزور الفضاء الخارجي، وهي الروسية "فالتينا ترشكوف"، استعدادها للقيام برحلة فضائية إلى كوكب المريخ؛ حتى لو كانت تلك الرحلة دون (تذكرة عودة)!

بدأ جزء من التخطيط طويل الأمد للذهاب إلى المريخ بتنفيذ مهمّات أقصر، جعلت المركبات الفضائية التجريبية وقدرات وكالة ناسا أقرب لتحقيق الهدف، مثل استخدام مركبة آلية للوصول إلى كويكب ما وجمع عينات منه، وذلك عبر النظام المبتكر للدفع باستخدام الطاقة الشمسية الكهربائية. وإذا نجح النظام الجديد بالعمل جيداً هناك، فمن الممكن استخدامه في مهمّات المستقبل المتّجهة نحو الفضاء. وسوف يجعل الذهاب إلى المريخ جميع العلماء حول العالم متحمّسين بشأن الفضاء.

إنّ إيقاظ برنامج الرحلات الفضائية المأهولة لوكالة ناسا، يعني تطوير أسطولٍ مُثيرٍ للاهتمام من المركبات الفضائية، من أجل المهمّات القصيرة، والطويلة أيضاً. وقد بدأت شركة "بوينغ" الأمريكية الشهيرة في مجال صناعة الطائرات، بالتعاون مع "برنامج المشاركة التجارية في وكالة ناسا"، بتصنيع مركبة "سي إس تي-١٠٠"، وهي جزء من برنامج نقل الرُّوَاد إلى الفضاء، حيث ستنقل كبسولة تلك المركبة رُوَاد الفضاء إلى محطة الفضاء الدوليّة، وإلى آية وجهةٍ من مدار الأرض المُنخفض، وتُعيدهم إلى

الأرض بأمان. ويجري بناء مركبة برنامج سي إس تي-١٠٠ في ولاية "تكساس"، حيث ستعمل المركبة وفق برنامج محاكاة للطيران، فهي مركبة فضائية ذاتية القيادة، يمكن أن تطير لوحدها من دون طيار، ولا يوجد على عاتق رواد الفضاء الكثير من الأشياء للقيام بها، كما أنّ أجهزة التحكم جاهزة في حال وقوع أيّة حالة طارئة. وحالما تصبح المركبة في المدار، يمكن للرواد الإسترخاء والطّوف قليلاً؛ ما يجعل هذه الرّحلات مُذهلة ومُمتعة في الوقت عينه. ولن يُعاني الرواد من الملل، لأنّ مركبات سي إس تي-١٠٠ ستحتوي على شبكة "واي فاي" وطاولة رقميّة، لكي يتفاعل الطاقم مع أجهزة الكمبيوتر على متن المركبة ويدرسوا الكتيبات التّقنيّة، أو يقوموا بتصوير المناظر الخلّابة من النّافذة. وعند الوصول إلى محطة الفضاء الدّوليّة، لا حاجةً إلى وصل المركبة بالمحطة يدويّاً، لأنّ المركبة ذاتية القيادة وتستطيع ركن نفسها بنفسها. وللهبوط على الكواكب، ستهبط المركبة على اليابسة (أرض الكوكب المُستهدف)، حيث استفاد مُصمّمو المركبة من بعض التّقنيّات التي استخدموها سابقاً في مركبات الهبوط على المريخ، كوسائد الهواء التي وضعوها في أسفل الكبسولة الفضائيّة الجديدة.



الصورة رقم ٧٩: مركبة سي إس تي-١٠٠ الفضائيّة الأمريكيّة

ويمكن لمركبة سي إس تي-١٠٠ أن تُبأشر عملها في نقل رُؤاد الفضاء خلال وقتٍ مُبكرٍ من الموعد المُقرَّر، لكنَّ وكالة ناسا تحتاج إلى شيءٍ آخر من أجل المُهمَّات في الفضاء العميق؛ مركبة ليست بهذا الصَّغر والمدى القصير، بل مركبة ضخمة ذات قدرات تحرُّكٍ كبيرة ولمسافاتٍ طويلة؛ إنَّها جيل جديد من المركبات الفضائيَّة يتمثَّل في مركبة "أوريون" التي يتمُّ بناؤها في "منشأة ميشود" الواقعة في مدينة "نيو أورليانز" بولاية "لويزيانا". وتجعل التَّقنيَّات فائقة التقدُّم هذه المركبة الفضائيَّة أكثر تطوُّراً من أيِّ شيءٍ تمَّ إطلاقه سابقاً، وذلك بفضل تطوير المواد الذي تحقَّق عبر الزمن. في الواقع، إنَّ كبسولة أوريون هي كبسولة مُخصَّصة للفضاء العميق، ما يعني أنَّها ستنقل رُؤاد الفضاء إلى أماكن أبعد من الفضاء؛ سواءً أكانت الرِّحلة مُتَّجهةً إلى القمر أو نحو المريخ. ويمكن لمركبة أوريون الفضائيَّة المُتعدِّدة المُهمَّات أن تحمل طاقماً يصل عدد أفرادهِ إلى ستَّة، ولها ثلاثة قطاعاتٍ رئيسيَّة، هي آليَّات إيقاف الإقلاق التي ستأخذ رُؤاد الفضاء إلى برِّ الأمان في حال وقوع أيِّ أمرٍ طارئٍ، وقسم للخدمات يُؤمِّن الدَّفْع والطَّاقة ومُتطلِّبات الحياة، بينما سيعيش رُؤاد الفضاء في قسم الطَّاقم أثناء المُهمَّات في الفضاء العميق. وقد نفَّذت مركبة أوريون بالفعل طيراناً تجريبياً غير مأهول، سافرت خلاله مسافة ٥٧٩٤ كيلومتر في الفضاء، وتلك المسافة أبعد من أيَّة مسافة قطعها مركبة فضائيَّة مُصمَّمة للبشر منذ الهبوط على القمر. كان هناك أهداف مُتعدِّدة لتلك المُهمَّة، إحداها الطَّيران عبر ما يُسمى "حزام الكويكبات"، والتأكُّد من أنَّها تتحرَّك وفق المسار المُحدَّد لها، وأنَّ إطلاق المِظلات قد تمَّ



على نحوٍ ناجح، وقد عملت كل تلك الأنظمة من دون أيّة أخطاء. في النهاية سيجري وصل مركبة أوريون بأقوى صاروخ تمّ صنعه في العالم حتّى الآن، وبما أنّه الأقوى فإنّه سوف يمنح المصمّمين القدرة على الوصول إلى الفضاء العميق الذي يبحثون عنه. وإذا جرى الأمر على نحوٍ جيد، فبحلول الثلاثينيات من هذا القرن ستأخذ مركبة أوريون رُواد الفضاء في مهمّة تاريخية إلى المريخ.



الصورة رقم ٨٠: مركبة أوريون الفضائية الأمريكية

إذاً، تُخطّط وكالة الفضاء الأميركية "ناسا" لإرسال رُواد فضاء إلى المريخ في عام ٢٠٣٠م، وينوي القائمون على المشروع الأميركي الآخر "مارس-١" إرسال الرُواد قبل ناسا، حيث سجّل ٢٠٠ ألف شخصٍ أسماهم في مشروع "مارس-١"؛ جميعهم يُريد الدّهَاب إلى الكوكب الأحمر في رحلةٍ بانّجاه واحد (بلا عودة)، وقد وقع الاختيار النهائي على ١٠٠ مرشّح منهم.



الصورة رقم ٨١: مشروع مارس-١ الأمريكي على سطح المريخ

وبهدف إرسال البشر إلى أماكن أبعد من أيِّ مكانٍ سبق لهم أن وصلوا إليه، تختبر وكالة ناسا حالياً سفينة الفضاء "أوريون" التي بإمكانها أن تذهب إلى المريخ وتعود مرّة أخرى، وهي تتألّف من مركبة نقل فضائيّة ووحدة هبوط أصغر. ويُنتظر أن تستغرق بعثة ناسا عامين، بما فيها رحلة العودة، وأن تُكلّف نحو ٥٠ مليار دولار، في حين تُكلّف مُهمّة "مارس-١" أقل من ذلك بكثير، فرحلة الذهاب تبلغ كلفتها ٦ مليار دولار. ويُنتظر أن تجلب الصّواريخ كل عامين المزيد من المُستوطنين وحاوية السّكن والمُؤن إلى المُستعمرة على سطح الكوكب الأحمر. وسيكون هذا ضماناً للبشريّة، لأنّه إذا تمّ تدمير الأرض لأيِّ سبب ما، فستكون هناك "نسخة احتياطية لمُواصلّة الحياة". ويتعيّن تحليل كافة الشروط الموجودة على سطح المريخ بدقّة مُتناهية، فيجب معرفة المواد التي يمكن تصنيعها هناك باستخدام الصّخور، وكيفية الوصول إلى الجليد الموجود في أعماق تُربة المريخ للحصول على الماء الذي يحتاجه الرُّوَاد للحياة، وتأمين حمايتهم من

الإشعاعات، فكوكب المريخ ليس له مجال مغناطيسي، والإشعاعات الكونية عليه خطيرة جداً وضارة بالإنسان، بالإضافة إلى الأمراض والمواقف التي يعترى الإنسان فيها تؤثر نفسي. وتعامل الإنسان مع هذه الأمور هو جزء صغير من التحديات الحقيقية! فالحياة على المريخ ستكون صعبة، حيث ستجبر الأشعة الكونية ودرجات الحرارة التي تصل هناك إلى ٥٠ درجة مئوية تحت الصفر، ستجبر المستوطنين على الحياة تحت أرض الكوكب، وعليهم إنشاء مزارع للبقاء على قيد الحياة، فإذا لم تتوفر لرؤاد المريخ إمكانية العودة فسيبقون هناك لنحو ثلاثين عاماً وربما أكثر. يقوم الباحثون في "معهد نُظْم الفضاء" بمدينة "بريمن" الألمانية باختبار شتلات زراعية لا تحتاج إلى ضوءٍ وماء، وبهذا النحو يمكن أن تنمو خضراوات طازجة على المدى الطويل في البعثات الفضائية. تُبين الحسابات أن الشخص الواحد يحتاج من ٦٠ إلى ١٠٠ متر مُربَّع من أجل إقامة كاملة، وإحدى المشاكل التي تُواجه الباحثين هي البيئة التي ينبغي ضبطها وفقاً لحاجة النباتات. وبطبيعة الحال، لم تصل النُظْم التَّقْنِيَّة إلى هذا المستوى بعد، فالمضخَّات ليست صالحة للعمل بشكلٍ دائم، ويتعطلُّ بعضها من حينٍ لآخر. والشمس تُشرق أيضاً في المريخ، والماء والأكسجين يمكن الحصول عليهما من التربة المُتجمِّدة. وينوي القائمون على "مارس-١" تمويل المشروع من عائدات بيع حقوق البثِّ التلفزيوني. وهكذا سيبدو الكفاح من أجل البقاء على سطح المريخ كمُعسكر أدغالٍ كوني، فالمستوطنة يمكن إنشاؤها - نظرياً، والهواء والماء والغذاء يمكن إنتاجها على سطح المريخ، كما يمكن توفير حماية من الإشعاع أيضاً. لذلك يُدرك الباحثون أن رحلة المريخ مُغامرة خطيرة، مثل الاستكشافات السابقة التي تمت؛ حتى هنا على سطح الأرض.

فالوضع لم يكن مُختلفاً عندما ركب المُستكشف الإيطالي "كريستوفر كولومبوس" البحر، فهو لم يكن يعرف ما إذا كان سيعود مرّةً أخرى؟! وكان كبار المُستكشفين يأملون في ذلك الوقت أن تصلهم المساعدة عند الحاجة أو أن يستطيعوا العودة أدراجهم، ولكن إذا تحقّق مشروع "مارس- ١" سيكون عليهم مُواجهة مصيرهم على سطح الكوكب الأحمر؛ في أكبر مُغامرة في التاريخ.

وتبني وكالة ناسا صاروخاً أقوى من أيّ صاروخ رآه العالم من قبل لنقل السّفينة أوريون إلى الفضاء؛ صاروخاً ذي قدرة رفع قويّة، حيث ستعمل أنظمة دفع مُحركه في ظلّ أقلّ درجات حرارة، إنّه نظام الإطلاق الفضائي "إس إل إس". يتم تصنيع ذلك الصّاروخ لكي يكون كبيراً، وسيكون طوله الضخم كبيراً كفاية؛ بحيث يتجاوز ارتفاع "تمثال الحرية" في مدينة "نيو يورك" الأمريكيّة، فطوله سيبلغ ١٢٢ متراً تقريباً، أي بارتفاع مبنى مُكوّن من ٣٨ طابقاً. ويسعى العلماء إلى إطلاق الصّاروخ إلى الفضاء العميق؛ بل إيصال حمولاتٍ أثقل إلى هناك أيضاً، وعندها سيستمر طول الصّواريخ بالتزايد، وسيكون لأكثر الصّواريخ تطوراً مرحلةً عليها لها مُحركها الخاص ذو الوقود السّائل؛ ما سيسمح لصاروخ برنامج الإطلاق الفضائي بحمل وزنٍ يصل إلى ١٣٠ طناً، أي أكثر من أربعة أضعاف الحمولة التي كان من الممكن نقلها على متن مكوك الفضاء. إذًا، من المُخطّط له أن تكون صواريخ برنامج الإطلاق الفضائي هي مُستقبل استكشاف الفضاء العميق. وتهدف الرّحلة الأولى للصّاروخ التي أُطلق عليها اسم "الرّحلة الاستكشافية الأولى"، إلى إرسال مركبة فضائيّة من دون رُواد فضاء إلى القمر.



الصورة رقم ٨٢: نظام الإطلاق الفضائي الأمريكي إس إل إس

في منشأة ميشود يجري تجميع المرحلة المركزية لصاروخ برنامج الإطلاق الفضائي، وبالطبع فإنّ بناء أكبر صاروخ في العالم يعرض تحديات بحجم ذلك الصّاروخ. فبعض من تلك التكنولوجيا جديدة كلياً، كما أنّه يتمّ استخدام بعض القطع من أجزاء الصّاروخ التي لم يتمّ تجريبها في الفضاء

بعد؛ بل تمّ تصميم بعض الآلات خصيصاً من أجل برنامج الإطلاق الفضائي، وعلى المصمّمين معرفة كيف يجعلون هذا الأمر ينجح من أوّل محاولة. فمثلاً، تُعدُّ عمليّة اللحام إحدى أهم مراحل بناء الصّاروخ، لأنّ أماكن اتّصال المعادن هي الأماكن الأولى التي قد تتحطّم تحت الضّغط. يجري تجميع صاروخ نظام الاستكشاف الفضائي باستخدام تقنية فائقة التطوّر تُسمّى "تقنية اللحام بالاحتكاك"، التي تُستخدم الحرارة والضّغط من أجل دمج المعادن معاً على نحوٍ سلس. وقد تمّ تصميم أكبر أداة لحام في العالم لإنجاز هذا العمل، وهي مؤهّلة لتسجيلها في "كتاب غينيس للأرقام القياسية العالمية". وعند وصله مع كبسولة أوريون الفضائيّة، سيصبح صاروخ برنامج الإطلاق الفضائي مُستعدّاً لاختباره الأوّل، وإذا سار كلُّ شيءٍ على نحوٍ جيّد، فسيتمّجه رُوّاد الفضاء إلى المريخ في الوقت المحدّد. هذا الاستكشاف كان حلم وكالة ناسا، ومع صواريخ برنامج الإطلاق الفضائي سيتحوّل ذلك إلى حقيقة.

وقبل أن يرتفع صاروخ ناسا المنشود عن الأرض، يجب على كل جزء من أجزائه تجاوز سلسلة من الإختبارات الصّارمة، فإذا كان الهدف إرسال هذه التّقنيّات والأجهزة كل تلك المسافة إلى كوكب المريخ، فيتوجّب على العلماء معرفة ما إذا كانت ستعمل على نحوٍ دقيق أم أنّها ستفشل؟ كما يجب معرفة ما هي الأدوات المطلوبة لإصلاح الأجهزة في حال تعطلّها، ومعرفة عدد القطع الإضافية التي سيحتاجون إليها؟ ومن أجل البقاء ضمن إطار تاريخ الإطلاق الذي تأجّل عدّة مرّات واستقرّ أخيراً على شهر تشرين الثاني من العام الحالي (٢٠٢١م)، يشهد برنامج الإطلاق الفضائي ازدهاراً كبيراً،

ويجري اختبار أنظمة الدَّفْع والمحرِّكات وخزَّانات الوقود والكبسولات... لأنَّ الوقت المُقرَّر لتركيب كل هذه الأشياء معاً من أجل رحلة الطَّيران الأولى لم يُعدَّ بعيداً. تُجرى بعض الإختبارات باستخدام أنظمة مُحَاكاة مُتطوِّرة عبر أجهزة الكومبيوتر، مثل اختبارات المُحاكاة التي تُعيِّن برامج الطَّيران التي ستوجَّه صاروخ برنامج الإطلاق الفضائي، وسيستخدم البعض الآخر من الإختبارات نماذج مُفصَّلة وفعَّالة، مثل جهاز اختبار آثار الصوت الهادر من حيث الاهتزازات النَّاجمة عن اصطدام الصَّوت بالركبة، فالصَّاروخ يُعدُّ عدوَّ نفسه اللدود من ناحية إنتاجه عند الإطلاق صوتاً قوياً جداً قادراً على التَّسبُّب بتصدُّعاتٍ في هيكل الصَّاروخ نفسه وإضعافه. تصل مستويات الصَّوت التي تمَّ تسجيلها في الإختبار إلى شدَّة ١٨٠ ديسيبل<sup>(٨٠)</sup>، لذلك يجب التأكُّد من أنَّ الصَّاروخ قادر على تحمُّل مثل هذه المستويات الصَّوتية. ولأنَّ الأمواج الصَّوتية لا تنتقل في فراغ الفضاء، يُمثِّل الصَّوت تحدياً أثناء الإطلاق فحسب. وبعد تعرُّض مكوك الفضاء لأضرارٍ بسبب الطَّاقة الصَّوتية المنعكسة من منصَّة الإطلاق، جرت إضافة نظام إخمادٍ للصَّوت إليه، حيث كان ذلك النظام يُطلق أكثر من ١٣٢٥ متر مكعب من الماء أثناء إشعال المحرِّكات والإقلاع. ولهذا سيكون لصواريخ برنامج الإطلاق الفضائي نظامها الخاص بها لإخماد الأمواج الصَّوتية وتجنُّب تعرُّض الطاقم لأصواتٍ صاخبة جداً.

(٨٠) "ديسيل": هي وحدة لوغاريتمية تُستخدم لقياس النسبة بين قيمتين، مثل نسبة الإشارة إلى الضجيج في الإلكترونيات، أو النسبة بين شدَّتين للصَّوت في علم الصَّوت، فإذا زاد الديسيل بمقدار ١٠ فهذا معناه أنَّ شدَّة الصَّوت تتضاعف.

وإذا كان الكوكب الأحمر هو الوجهة الحلم للعديد من عُشاق الفضاء، فإنَّ الرِّحلة ستستغرق حوالي ٩ أشهر. ولا يتوقَّف الأمر عند هذه المُعضلة، بل إنَّ الرِّحلة عبر الفضاء خطيرة على صحة رُواد الفضاء، لذلك يدرس الباحثون منذ مدَّة طويلة آثار الإشعاع الكوني على الجسم البشري، فقد يتسبَّب ذلك في زيادة الاحتمال بالإصابة بالسرطان مثلاً! في مشروع روسي-أوروبي-صيني مُشترك سُمِّي "مريخ-٥٠٠"، تمَّت في عام ٢٠١١م محاكاة رحلة مأهولة إلى المريخ في كبينة مُغلقة هنا على الأرض، وبعد ٥٠٠ يوم فُتح الباب بعدما اجتاز الأشخاص المتطوِّعون السِّتَّة التَّجربة بنجاح، لكنَّ الرِّحلة الطَّويلة والعزلة أضعفتا الجهاز المناعي لهم. وأظهرت الفحوصات التي أُجريت على المتطوِّعين في عام ٢٠١٣م، أنَّ الحالة الصِّحيَّة لمن خاض التَّجربة باتت مُثيرة للقلق، فأربعة من أفراد الطَّاقم السِّتَّة باتوا يُعانون من مشاكل كبيرة في النَّوم، وزيادة أوقات النَّوم والرَّاحة؛ في سلوكٍ يمكن مُقارنته بسُّببات الحيوانات، كما عانى المُشاركون أيضاً من اضطراب إيقاعهم اليومي أثناء الحجز. لذا تمَّ التَّريث في إرسال البشر لاستكشاف الكوكب الأحمر، واقتصر ذلك على الرُّبوتات حتَّى الآن، مثل مُختبَر علوم المريخ "كريوسيتي" الذي توصل إلى أنَّ الإشعاع تحت سطح المريخ أقلَّ بكثير، ولكن هل سيكون بمقدور البشر - على الأقل - الاحتماء مُوقَّتاً من الأشعَّة، بحيث يهبطون على سطح المريخ؟ هذا ما يعتقدُه الباحثون.





الصورة رقم ٨٣: مُتطَوِّعو مشروع مريخ-٥٠٠ الرُّوسي-الأوروبي-الصِّيني المُشترك

هذا فضلاً عن مصاريف إرسال رُؤَاد الفضاء إلى المريخ، التي تتراوح بين ٦ و ١٥ مليار دولار لكلِّ رائد فضاءٍ واحدٍ من الطَّاقم الأوَّل إلى المريخ! وقد تُساعد عائدات حقوق البَثِّ التِّلْفزيوني لوقائع رحلات المريخ، في تغطية جزءٍ من تكاليف تلك الرِّحلات.

وكانت وكالة ناسا قد أعلنت في عام ٢٠١٦م عن وظائف شاغرة للمُعَلِّمين والباحثين والمزارعين، وغيرهم من أصحاب المهن الأخرى على سطح كوكب المريخ... عبر نشر مجموعة من المُلصقات المُخصَّصة لعرضها في "مركز جون إف كينيدي الفضائي"، التي تهدف إلى استكشاف الفضاء وتخيُّل البشر لشكل الحياة على سطح المريخ وتشجيع السِّياحة الفضائيَّة ومُساعدة النَّاس على تخيُّل مُستقبل الفضاء.

وفي نفس تلك السّنة، أعلنت شركة "سبيس إكس" عن نيّتها في إرسال رُواد فضاء إلى المريخ بحلول عام ٢٠٢٥م، بهدف جمع معلومات كافية عن الفضاء وخلق ظروف مُلائمة ومُريحة لرحلتهم، فمسألة الهبوط على الكوكب الأحمر ودراسته واستغلاله تُعدُّ أمراً هاماً جدّاً، لأنّه الكوكب الوحيد في المنظومة الشّمسيّة الذي يمكن للإنسان أن يُنشئ على سطحه محطة فضائيّة، وهذه العوامل تُحفّز مُختلف الدُّول على دراسة الفضاء بهدف إنشاء محطّات مُماثلة على الكواكب الأخرى؛ حتّى تلك التي تقع خارج منظومتنا الشّمسيّة.

وفي عام ٢٠١٦م أيضاً، تمّ عرض أنموذج لمنزلٍ مُزوّد بخصائص تُساعد سُكّانه على الحياة على سطح المريخ، وذلك في ساحة صُمّمت بحيث تُشبه سطح المريخ ضمن "المرصد الملكي" في بلدة "غرينيتش" قُرب العاصمة الإنكليزية "لندن"؛ ما منح الزوّار لمحة عمّا ستكون عليه المنازل على الكوكب الأحمر إذا ما تحقّق ذلك يوماً؟ حيث تمّ عرض المنزل الذي بُنيّ مثل كوخ من الطُوب مع مساحة تتسع لسريرٍ واحد ومكتب كومبيوتر ومساحة لزراعة النباتات وممارسة التمرينات الرّياضيّة. كما سيُتيح المنزل إنتاج الأكسجين اللازم لتنفس سُكّانه، وسيمدّهم بالمياه ذاتياً من خلال امتصاص هواء المريخ المُشبع برطوبةٍ تصل نسبتها لنحو ١٠٠% في أغلب الليالي، وسيزوّد بطابعة ثلاثيّة الأبعاد تستطيع صنع كل شيء تقريباً!



الصورة رقم ٨٤: منزل المريخ في المرصد الملكي بغرينتش

وفي نفس العام أيضاً، أعلن خبراء روس أنّهم يسعون لابتكار مُحرك نووي فريد من نوعه يسمح لرواد الفضاء بالوصول إلى كوكب المريخ في غضون ٤٥ يوماً فقط! وسيكون هذا الابتكار المُستقبلي مُزوّداً بكمية من الوقود كافية لإيصال الرواد إلى المريخ وعودتهم إلى الأرض، بينما تستغرق تلك الرحلة باستخدام التكنولوجيا الفضائية الحالية حوالي ٩ أشهر. وفي السياق نفسه، اقترح باحث بريطاني في عام ٢٠١٦م أيضاً، فكرة "الدفع الكهرومغناطيسي" الحارقة لقوانين الفيزياء، لاستخدامها في مُحرك فضائي خالٍ من الوقود من أجل السّفر عبر الفضاء، حيث يمكن استخدامها في نقل البشر إلى المريخ خلال ١٠ أسابيع فقط. ويعمل المُحرك المُفترَض بفضل الأمواج الكهرومغناطيسيّة الميكروية، وفي حال وضع هذه الأمواج بحيث ترتدّ بين الأمام والخلف داخل جذع مخروطي، سيؤدّي ذلك إلى دفعه إلى الأمام باتجاه النّهاية الضيّقة للمخروط، وهو مبدأ يقوم على تحويل الطّاقة

الحركية إلى شكل آخر من أشكال الطاقة. في حين يسعى باحثو وكالة ناسا الأمريكية إلى تمكين الإنسان مُستقبلاً من السفر إلى المريخ في مدة لا تتجاوز ٣ أيام، من خلال زيادة السرعة لتصبح ٣% من سرعة الضوء، وذلك باستخدام وسائل الدفع الفوتونية لأجل تشغيل مركبات الفضاء أثناء إرسالها إلى وجهات بعيدة خارج المجموعة الشمسية، حيث ستقوم الفوتونات عبر ضوء الليزر بدفع المركبات إلى أن تصل للفوتونات الشمسية؛ ما يساهم في زيادة طول مدة بقاء رواد الفضاء على سطح الكوكب الأحمر.

#### رابعاً - مركبات جديدة لاستكشاف الفضاء:

لم تُرسل وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" البشر إلى الفضاء باستخدام مركباتها الخاصة منذ تقاعد برنامج مكوك الفضاء عام ٢٠١١م، الذي ترك الوكالة بحاجة إلى الصواريخ الروسية من أجل الوصول إلى محطة الفضاء الدولية. وبرزت الآن الحاجة إلى نظام جديد لتجاوز مدار الأرض المنخفض؛ وحتى تجاوز القمر، للوصول إلى المريخ. لذلك وضعت الوكالة إعلاناً لوكالات الفضاء الخاصة لكي تقوم هي بذلك العمل لحساب ناسا، فأصبحت شركة "سبيس إكس" أول شركة خاصة توصل حمولة إلى محطة الفضاء الدولية في عام ٢٠١٢م، ثم نقلت رائدي فضاء إلى المحطة في العام الماضي (كما ذكرنا سابقاً). كان الأمل أن تؤمن هذه الشركات الخاصة المهمات الروتينية بأسعارٍ منخفضة، ما سيسمح لوكالة ناسا بأن تُركّز على الهدف التالي؛ وهو بناء صاروخ للوصول إلى المريخ، فرغبتها في استكشاف الفضاء العميق تتطلب مركبةً وصاروخاً قوياً بما فيه الكفاية للوصول إلى المكان المطلوب الذهاب إليه من الفضاء، سواءً أكانت تلك المهمة مُتجهَةً نحو كويكب، أو لتدور حول القمر، أو -على نحوٍ رئيسي- للذهاب إلى سطح المريخ.



الصورة رقم ٨٥: مركبة سبيس إكس الأمريكية لشحن الحمولات  
إلى محطة الفضاء الدوليّة

إنَّ أحدَ الحلولِ المُقترَحةِ لمشكلةِ الاحتباسِ الحراري النَّاجمِ عن دخولِ  
كميَّةٍ من طاقةِ الأشعَّةِ الشَّمسيَّةِ إلى جوِّ الأرضِ تفوقِ تلكِ المُرتدَّةِ منه، هو نشرِ  
شبكةٍ خاصَّةٍ عملاقةٍ تبلغُ مساحتها ٢٠٠٠ كيلومتراً مُربَّعاً تسمحُ بعبورِ جزءٍ  
فقطِ من الأشعَّةِ الشَّمسيَّةِ إلى داخلِ الغلافِ الجوّيِّ، فتبقى الحرارةُ على كوكبنا  
مُعتدلةً، إلى أن يكونَ العلماءُ قد تمكَّنوا من إيجادِ وسائلٍ مُعيَّنة لتنظيفِ جوِّ  
الأرضِ من آثارِ الغازاتِ القاتلةِ الموجودةِ سابقاً. وستكونُ هذهِ الشبكةُ الواقيةُ  
أكبرَ شيءٍ يصنعهُ الإنسانُ. وبعدَ أن تُركِّزَ في موقعها المُحدَّدِ وهي مئتيَّةُ مئاتِ  
الثنياتِ، ستبدأُ الشَّبكةُ بالانبساطِ لتأخذَ مداها الأقصى. ولنَ تحجبَ هذهِ  
الشَّبكةُ ضوءَ الشَّمسِ كُلَّهُ، بل ستُخفِّفهُ بمقدارٍ بسيطٍ، ممَّا يُلطِّفُ تلكَ الأشعَّةَ.  
كما أنَّها لنَ تتسبَّبَ بأيِّ ضررٍ للكائناتِ الحيَّةِ على الكوكبِ. وستُصنعُ هذهِ  
الشَّبكةُ في الفضاءِ من معادنٍ مُستخرَجةٍ من القمرِ أو من النيَّاك، ولنَ يتسبَّبَ  
صنعها في الفضاءِ بأيِّ تلوثٍ على الأرضِ.

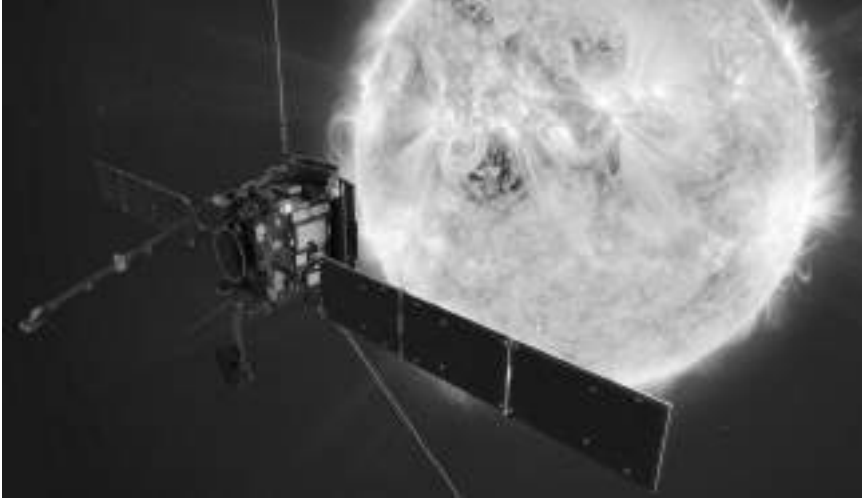
إنَّ بناء محطَّات ومدن فضائيَّة دائمة في مدار الأرض يتطلَّب المقدرة على تموينها بالعتاد والمواد والرُّوَاد بشكلٍ مُستمر، لذلك تدرس العديد من الدُّول إمكانية تصميم مركبة فضائيَّة جديدة تُدعى "الطَّائرة الفضائيَّة الجويَّة"، وذلك في إطار السَّعي لتطوير مركبات فضائيَّة أقوى. فعلى الرَّغم من نجاحات مكوك الفضاء العديدة، إلاَّ أنَّه لم يفِ بكلِّ ما كان مُتوقَّع منه في هذا المجال، وظَهَرَ مُقَصَّراً في تلبية مُتطلَّبات المحطَّة الفضائيَّة، أضف إلى ذلك تكاليف إطلاقه الباهظة والمدَّة اللازمة للتَّحضير لإطلاقه! وعلى نقيض المكوك الذي انتهى عهده، والذي كان يتطلَّب مُعزَّزات تدفعه إلى الفضاء وتفصل عنه بعد ذلك، تستطيع الطَّائرة الفضائيَّة الجويَّة أن تدفع نفسها بنفسها، في الفضاء والجوَّ الأرضي في آنٍ معاً. وبإمكانها التحليق من مطار تقليدي (مثل الطَّائرة) والاندفاع في مدار الأرض لتلتقي بالمحطَّة الفضائيَّة، دون إلقاء أيَّة مراحل أو خزَّانات، ثمَّ العودة إلى جوَّ الأرض والهبوط على مدرج المطار، كطائرة تقليديَّة. كما يمكن إطلاق تلك الطَّائرة الفضائيَّة أيضاً من حاملة طائرات.

وسوف يجتبر المهندسون تقنيَّات جديدة لتصميم وبناء مركبات فضائيَّة أقوى، وتشمل هذه التقنيَّات نُظُم الدَّفْع المُتطوِّرة، مثل المُحرِّكات ذات الكفاءة العالية. وبإمكان الصَّواريخ النوويَّة الاندفاع بقوَّة تُساوي ضعف قوَّة الصَّواريخ العادية بنفس كميَّة الوقود، ممَّا يُمكن المركبات الفضائيَّة من الوصول لمسافاتٍ أبعد في الفضاء بوقودٍ أقل. ويُفكَّر بعض العُلماء في إمكانية اندفاع المركبات الفضائيَّة بعد سنوات عديدة، بفعل تفاعلات بين المادَّة وشكل من أشكال المادَّة المُضادَّة؛ أي المادَّة التي تتكوَّن من الجُسيمات الذريَّة المُتغيِّرة الشَّحنة.

وتعمل شركة صينية منذ عام ٢٠١٦م على بناء "طائرة فضاء" يمكنها نقل سِيَّاح إلى الفضاء، حيث قامت بتصميم نسختين قابلتين لإعادة الاستخدام من الطائرة، واحدة بوزن ١٠ أطنان يمكنها حمل خمسة أشخاص إلى ارتفاع ١٠٠ كيلومتر، وأخرى بوزن ١٠٠ طن ويمكنها حمل ٢٠ راكباً إلى ارتفاع ١٣٠ كيلومتر، كما أن الطائرة الأكبر ستكون قادرة على وضع الأقمار الاصطناعيَّة الصَّغيرة في المدار.

كما يعمل مُهندسو وكالة ناسا منذ عام ٢٠١٦م، على ابتكار نظام دفع سريع جديد جذرياً يُمكن من اختصار الوقت الذي تستغرقه المركبات الفضائيَّة للوصول إلى الفضاء الرَّحيب، حيث يتفاعل هذا النُّظام مع الجُسيمات الصَّادرة عن الشَّمس، ويقوم بصدِّ بروتونات الرِّيح الشَّمسيَّة السَّريعة الحركة لخلق دفعٍ قوي، بما يُحقِّق سرعة غير مسبوقة. وبإمكان نظام الدَّفع الفضائي العميق وغير الدَّاتي هذا، الذي يُسمَّى "شراع الرِّيح الشَّمسيَّة الكهربائي"، أن يستمر في التَّسارع لمسافاتٍ أبعد من الشَّمس، ويظلُّ يُولِّد دفعاً خلال إبحاره باتجاه الكواكب خارج النُّظام الشَّمسي. ويمكن للنُّظام أن ينقل المركبة الفضائيَّة إلى الغلاف الشَّمسي في غضون ١٠ سنوات فقط، أي بسرعة أكبر من السُّرعة التي تمَّ بلوغها في أيِّ وقتٍ مضى.

وأرسلت وكالة الفضاء الأوروبيَّة في العام الماضي (٢٠٢٠م) مسبار "سولر أوربيتر" المحمي بدرعٍ حراري يبلغ سمكه ثمانية سنتيمترات إلى الشَّمس، بهدف قياس المجال المغناطيسي تحت السَّطح الخارجي للشَّمس ودراسة عواصفها، خلال العقد المُقبل. ويأمل العُلما في أن يصبحوا قادرين على التنبؤ ببدء توهُّج الشَّمس المُباغت كما نتنبأ بحالة الطَّقْس حالياً.



الصورة رقم ٨٦: مسبار سولر أوربيتر الأوروبي

واقترح علماء مُحْتَبَر "مولارد لعلوم الفضاء" في المملكة المتحدة على علماء وكالة ناسا الأمريكية عام ٢٠١٠م، أن يقوموا بإرسال مسبارٍ مُشترك مع وكالة الفضاء الأوروبية لاستكشاف كوكب أورانوس، يُدعى "مُستكشف أورانوس"، وذلك في عام ٢٠٢٢م. وهناك مشروع آخر يهدف إلى إرسال مركبة ذات طاقة دفع نووية خلال العام الحالي (٢٠٢١م)، لتصل إلى أورانوس بعد ١٧ سنة من إطلاقها، وتقوم بدراسة الكوكب طيلة سنتين على الأقل.

وستستمر المِجَسَّات غير المأهولة في استكشاف الكواكب البعيدة والفضاء بين النجمي. وقد تشمل نُظُم الإعاشة المُتطوّرة للمُسافرين على الرّحلات الفضائية الطويلة نُظُمًا بيولوجية، مثل البيوت المحمية.

كذلك فإنّ عمليّات إطلاق الأقمار الاصطناعية إلى الفضاء باهظة التكاليف، فالصّواريخ المُطلّقة مُكلّفة جداً، وكلّها تنتهي كفضلات فضاء



ما عدا المكوك الفضائي (السابق)، لذلك يُفكّر العلماء في ابتكار طرق أقل كلفة لإطلاق الأقمار الاصطناعية. إحدى تلك الطرق تعتمد على قذف القمر الاصطناعي إلى الفضاء بوساطة مدفع عملاق ذي ماسورة قذف لا يقل طولها عن ٢ كيلومتر! ولكن، لا يمكن لهذا المدفع أن يُطلق سفينة فضائية مأهولة، وذلك لأنّ قوّة تسارع الجاذبية قد تقضي على رائد الفضاء. وقد يتمكن العلماء في المستقبل من استنباط أشعة أقوى من الإشارات اللاسلكية التي تُرسلها الأقمار الاصطناعية، ويقوموا بتوجيه تلك الأشعة إلى نقطة مُحدّدة في غيمة مثلاً، لتحريض هطول الأمطار أو إيقاف عاصفة أو إعصار...

### خامساً - السّياحة الفضائية:

وقد كثر الحديث خلال السّنوات القليلة الماضية، عن عزم بعض الشركات الفضائية على تنظيم رحلاتٍ سياحية لزيارة الفضاء خارج مجال الأرض، وأن يُصبح السّفر إلى الفضاء أمراً شائعاً في المستقبل، كما السّفر بين البلدان، حيث كان يجري بناء "ميناء أمريكا الفضائي" في ولاية "نيو ميكسيكو"، خصّيصاً لهذه الصناعة الوليدة، كما يُعتبر "ميناء موهافي للطيران والفضاء" في ولاية "كاليفورنيا" الأمريكية موطناً لكثير من الشركات التي تنوي إرسال السّياح إلى الفضاء في القريب العاجل. إنّه أمرٌ يبدو وكأنّه خيالٌ علمي! إلا أنّ شركات، مثل "فيرجن غالكتك" و"إكس كورت" و"وورلد فيو إكسبيرينس" و"مغامرات الفضاء"، كانت تأمل في إرسال النّاس (السّياح) إلى الفضاء أو إلى طرفه القريب على الأقل، خلال السّنوات

القليلة المقبلة، ولكن بكلفة باهظة تتراوح بين ٧٥٠٠٠ دولاراً وبضعة ملايين من الدولارات، والغريب أنّ تلك الكلفة الطائلة لم تُثنِ المغامرين المتلهّفين عن حجز التذاكر<sup>(٨١)</sup>!

فمثلاً، كانت شركة "فيرجن غالاكتك" الأمريكية تأمل -بحماس مؤسّسها رجل الأعمال البريطاني الشهير "ريتشارد برانسون"، في تنظيم رحلات سياحية إلى الفضاء تستغرق كل واحدة منها ما يُقارب ساعتين ونصف، يقضي الرُّكَّاب خمس دقائق منها في حالة انعدام الوزن في الفضاء الخارجي مُستمتعين برؤية كوكب الأرض من الفضاء. وستقل سَيَّاح الفضاء مركبة فضائية على شكل طائرة مُزدوجة البدن تُدعى "وايت نايت-٢"، التي تحمل في بطنها الطائرة الفضائية "سيس شيب-٢" التي تُشبه الصَّاروخ المُجنَّح، والتي ستحمل السَيَّاح إلى الفضاء، حيث يتمُّ تحرير الأخيرة من الأولى على ارتفاع ١٥ كيلومتراً تقريباً فوق سطح الأرض، لتطير سيس شيب-٢ طيراناً حرّاً لبضع ثوانٍ قبل أن تُفعل مُحركاتها الصَّاروخية، ومن ثمّ؛ وفي غضون ٧ ثوانٍ، ستتجاوز سرعة الصَّوت وسيُوجَّهها طاقمها نحو الأعلى لتقوم بالطيران العمودي والوصول إلى أبعد حدٍّ مُمكن في الفضاء<sup>(٨٢)</sup>. وتبلغ كلفة تلك الرِّحلة ٢٥٠٠٠٠٠ دولاراً للشخص الواحد.

---

(٨١) كتاب "وسائل النُّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد

الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٢٤.

(٨٢) المرجع السَّابق. ص ٢٤.



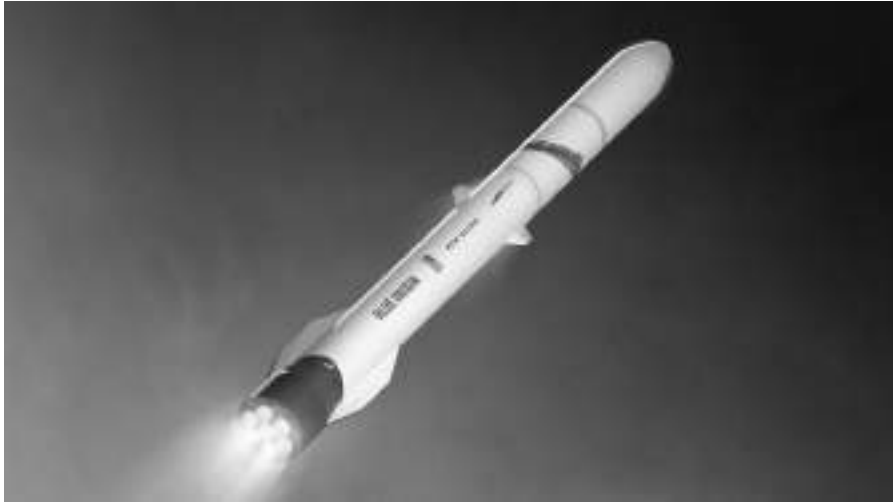
الصورة رقم ٨٧: طائرة فيرجن غالكتك الأمريكية لأخذ السَّيَّاح إلى الفضاء

وكانت شركة "غالكتك سوت" الإسبانية تنوي بدء العمل بأول فندق فضائي يتسع لستة نزلٍ فقط، منهم اثنان يُشكِّلان طاقم إدارة الفندق، ويسمح لضيوفه برؤية شروق الشمس ١٦ مرّة في اليوم الواحد وبالسَّفر حول العالم كل ٨٠ دقيقةً، بكلفةٍ تبلغ ٤ ملايين دولاراً مُقابل إقامة النّزِيل الواحد لمدة ثلاثة أيّام؛ ما يجعله الفندق الأعلى في المجرّة! وسيرتدي الضيوف سترات مُجهّزة تُمكنهم من الالتصاق بجدران حُجراتهم مثل "الرّجل العنكبوت"، حيث سيخضعون لدورة تدريبيةٍ لمدة ثمانية أسابيع في جزيرة إستوائية. وكان من المُتوقَّع أن يُبنى الفندق في العام الحالي (٢٠٢١م)، على أن تبدأ أولى الرّحلات في العام القادم. وكانت شركة الفضاء الرّوسية "أوربيتال تكنولوجي" تنوي تنظيم رحلاتٍ سياحيةٍ مُماثلة إلى أوّل فندق فضائي خاص بها يُدعى "المحطّة الفضائية التجاريّة"، ويقع على بُعد ٣٥٠ كيلومتر عن سطح الأرض، وذلك في عام ٢٠١٦م.

كما أعلنت سلسلة متاجر "بيني" النمساوية أنّها عرضت على مُرتادِها القيام برحلات للفضاء مُقابل ٣١٣٠٠٠ دولار، حيث كانت الشركة تبيع تذاكر الرّحلات التي تُنظّمها شركة "روكيتيلين غلوبال" الأمريكيّة منذ أواخر عام ٢٠١١م. وكان من المُخطّط له أن تُقلّ طائرة صاروخية المُسافرين إلى ارتفاع يصل إلى ١١٧٠٠٠ متراً فوق سطح الأرض، حيث يخوضوا تجربة الإحساس بانعدام الوزن لبضع دقائق!

وتُخطّط شركة "تسلا الفضائية" الأمريكيّة لتعمير جزء من سطح المريخ واستخدامه من قِبَل سَيّاح الفضاء. أمّا شركة "أمازون" الأمريكيّة أيضاً، فتُخطّط هي الأخرى للسّفر إلى القمر (وحتّى المريخ) بمركبة الفضاء "بلو أوريجين" وتسيير رحلات فضاء للزّبائن المُقتدرين مادياً، بحلول عام ٢٠٢٤م، حيث ستُستخدم تلك المركبة التي بدأت الشركة بتصميمها في عام ٢٠١٦م، لنقل البشر والمُعَدّات العلميّة إلى القمر، وإطلاق الأقمار الاصطناعيّة في مداره، ونشر المركبات المُسيّرة عن بُعد على سطحه. وستعمل المركبة الجديدة بمُحرّك صاروخي يُعرَف باسم "BE-7"، والذي يُمكنه الإنطلاق بقوة دفع تصل إلى ١٠٠٠٠ رطل (٤٥٣٥ كيلوغرام). كما قدّمت الشّركة تصوّراً لمركبة مُكيّفة الضّغط لاستخدام البشر على سطح القمر، وعرضت صوراً لمُسْتعمرات فضائيّة قائمة على الاكتفاء الذاتيّ، يمكنها توفير الطّروف اللازمة لحياة أشخاص وحيوانات ونباتات... وتُخطّط الشّركة لهبوط المركبة على القطب الجنوبي للقمر، حيث تمّ اكتشاف رواسب جليد داخل فوّهاته، ومن المُمكن مُعالجة المياه المُستخلّصة من هذا

الجليد لإنتاج الهيدروجين، الذي يمكن أن يُستخدم كوقودٍ للمركبة للقيام  
بمُهَمَّاتٍ أخرى في المجموعة الشمسيَّة.



الصورة رقم ٨٨: مركبة بلو أوريجن الأمريكية للسِّيَاحَة الفضائيَّة

لكنَّ شركة "وورلد فيو إكسبيرينس" (وجهة العالم) في ولاية  
"أريزونا" الأمريكيَّة لديها وسيلة نقلٍ مُخْتَلِفَة تماماً للوصول إلى أطراف  
الفضاء؛ إنَّها المناطيد! تتلخَّص خِطَّة الشركة التي أعلنت عنها في نهاية عام  
٢٠١٥م، في أخذ الزبائن إلى أطراف الفضاء على ارتفاع ١٦٠٠٠ متر، في  
رحلةٍ تدوم لخمس ساعات، منها ساعتين على ارتفاع ٣٠٠٠٠ متر عن  
سطح الأرض. وفي الكبسولة المضغوطة المُلَاقَة بالمنطاد التي تزن ٤٥٣٥  
كيلوغراماً، سيكون هناك ستَّة رُكَّاب واثنان من أفراد الطَّاقم مع خدمة  
اتِّصال بالإنترنت، والهدف هو تجاوز الرُّكَّاب للغلاف الجوّي بما يُشبه طفو  
مُكعَّبٍ من الثَّلج في كأسٍ من الماء والوصول إلى الطَّبقة الرئيَّسيَّة الثَّانية من

طبقات الجو العليا "الستراتوسفير"<sup>(٨٣)</sup>؛ صحيح أن الرُّكَّاب لن يكونوا عديمي الوزن على ذلك الارتفاع، إلا أنهم سيحصلون على أفضل إطلالةٍ لكوكب الأرض وهو يدور، وسيتمكّنوا من رؤية سواد الفضاء. لكنّ الحصول على تلك الإطلالة الفاتنة سيكُلّف الفرد الواحد مبلغ ٧٥٠٠٠ دولاراً. وفي نهاية الرحلة، يبدأ قائد المركبة التي تُصنّفها وكالة ناسا على أنّها مركبة فضائية، في تنفيس غاز الهليوم من المنطاد لتبدأ الكبسولة بالعودة ببطءٍ إلى الأرض، وفي مُنتصف طريق العودة إلى الأرض ينفصل المنطاد عن الكبسولة التي تخرج منها آلة طيران أخرى تُشبه المِظلة القابلة للتوجيه "Powered Parachute"<sup>(٨٤)</sup> وتنفّث، حيث يقوم قائد الكبسولة بتوجيهها ليقودها إلى مكان هبوطٍ مُخطّط له سلفاً. أمّا الخطة التالية لشركة وورلد فيو

---

(٨٣) إنّ تلك الكبسولة (ومنطادها) تُشبه الكبسولة التي وصل بها المُجازف النمساوي "فيليكس باومغارتنر" إلى حافة الفضاء على ارتفاع ٣٩٠٠٠ متراً تقريباً وقفز منها، في قفزة "ريد بلُ ستراتوس" الشهيرة يوم الأحد ١٤ تشرين الأوّل من عام ٢٠١٢م، بهدف إجراء تجارب علمية لتطوير إجراءات الأمان للطيارين ورواد وُسيّاح الفضاء المُستقبليين، وكذلك لتطوير البدلات التي ستُستخدَم في رحلات الفضاء. مُراجعة كتاب "سلسلة أعلام للنّاشئة" - "٢٦" - أعلام في ريادة الفضاء" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - الهيئة العامّة السوريّة للكتاب - دمشق ٢٠١٤م. الصّفحات من ٦٠ إلى ٧٧.

(٨٤) "Powered Parachute" (المِظلة الطّائرة المزوّدة بمُحرّكٍ وعربة جلوس الطّيّار): هي طائرة رياضية، عبارة عن مِظلة رياضية عادية كبيرة مُستطيلة الشكل، تمّ تعديلها لتحمل وتُربط بعربة ذات عجلات ومُحرّك؛ بحيث يجلس الطّيّار في العربة بعد حزمه بمقعدها، ويتمّ الإقلاع والهبوط بها عبر جهاز الهبوط المزوّدة به العربة (العجلات). كتاب "رياضات المظلات" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر - دمشق ٢٠١١م. ص ٢٠١ وما بعدها.

إكسبيرينس، فهي رحلة بالمنطاد فوق ٩٩% من الغلاف الجوي للأرض،  
لرؤية النظام الشمسي!



الصورة رقم ٨٩: منطاد وورلديو إكسبيرينس

لأخذ الشّياح إلى أطراف الفضاء

في حين تُفكّر شركة "مغامرات الفضاء" فيما وراء محطة الفضاء  
الدّوليّة، والمحطة التّالية هي القمر؛ إنّها أفضل إضافة إلى قائمة العطلات  
"رحلة إلى القمر". فمعظم النّاس يُشاهدون القمر، والجميع يعلمون ما هو  
القمر؟ وما من شخصٍ نظر إلى القمر لأقلّ من دقيقة إلا وتذكّر أنّ البشر  
وصلوا إلى هناك حقاً! ويتمنّى لو يذهب هو أيضاً إلى القمر. الرّحلة  
المُخطّطة لشركة مُغامرات الفضاء هي قضاء ١٠ أيّام في محطة الفضاء  
الدّوليّة، تتبعها نزهة لنصف يوم حول القمر! عندها سيحظى أصحاب  
الحظّ السّعيد (والمال) أثناء استكشافهم للقمر، برؤية انفتاح جبال القمر

وخط الأرض والشمس، حيث يصل لمعان الشمس إليهم ثم يتجاوزونه! لكن تلك المهمة تُكلف ٣٠٠ مليون دولار لسائحين، حيث سيدفع كل واحد منهما مبلغ ١٥٠ مليون دولاراً ثمناً لتذكرته. كان من المخطط له أن تتم أول رحلة في عام ٢٠١٨م، ولكن تم تأجيلها. وقريباً، قد تبني الشركة فندقاً فضائياً يدور حول القمر، بهدف إرسال السياح إلى هناك لمدة أسبوعٍ تقريباً، وسيكون هذا ممتعاً (ومكلفاً) جداً.

وفي عام ٢٠١٨م أيضاً، عرضت شركة روسية متخصصة بشؤون الفضاء توفير رحلات فضائية سياحية على متن مركبتها "نيم-٢"، مقابل رسوم باهظة قد تصل إلى ١٠٠ مليون دولار للشخص الواحد، حيث سيكون بوسع السياح الأثرياء القيام بتجربة المشي في الفضاء والتقاط صور ومقاطع فيديو من الفضاء. وستتكوّن المركبة من قمرات مريحة لستة أشخاص مزودة بخدمة الإنترنت "واي فاي"، وستستمر تلك الرحلة نحو ١٠ أيام.

إن كل مشاريع السياحة الفضائية هذه كان قد تقرّر تنفيذها خلال العقد الثاني من هذا القرن، إلا أنه تم تأجيلها لأسباب تقنية أو اقتصادية، ثم بسبب "جائحة كورونا" التي أرخت ظلالها القاتمة على هذا القطاع، مثل باقي قطاعات حياتنا.

وكان أول سائح فضائي أقام في محطة الفضاء الدولية هو المقاتل الأمريكي "دنيس تيتو"، الذي أقلته السفينة الفضائية الروسية "سويوز تي إم-٣٢" برفقة رائدي فضاء إلى المحطة في أواخر نيسان من عام ٢٠٠١م، ليسكن في المحطة لمدة ثمانية أيام قبل عودته إلى الأرض. بيد أن رحلات الفضاء السياحية إلى محطة الفضاء الدولية غالباً ما كانت محدودة وغالية الكلفة، فرحلة



السَّاح تيتو كلفته ٢٠ مليون دولار<sup>(٨٥)</sup>. فهي كانت تتمُّ بين عامي ٢٠٠١ و٢٠٠٩م عبر وكالة الفضاء الروسية على متن مركبات سويوز الفضائية برعاية شركة "مغامرات الفضاء" الأمريكية، وبسعرٍ يتراوح بين ٢٠ و٤٠ مليون دولاراً أمريكياً! وفي عام ٢٠١٠م، قامت الحكومة الروسية بإيقاف رحلات السِّيَاح إلى محطة الفضاء الدوليَّة، بسبب زيادة طاقم المحطَّة في تلك السَّنَة، واستغلَّت مقاعدها للرواد بدلاً عن السِّيَاح، على أن تُعاود تلك الرِّحلات لاحقاً. وقد مكَّنت تلك الرِّحلات سبعة سِّيَاح من جنسيَّات مُختلفة، من زيارة محطَّة الفضاء الدوليَّة، حتَّى عام ٢٠١٤م.



الصورة رقم ٩٠: الأمريكي دنيس تيتو أوَّل سائح فضائي

### أقام في محطَّة الفضاء الدوليَّة

(٨٥) كتاب "وسائل النُّقل في المُستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م. ص ٢٤.

وهناك شركات تسعى إلى ما هو أبعد من النَّظر إلى الأرض من خارج الغلاف الجوّي، حيث تطمح تلك الشَّركات أن يقضي بعض المغامرين "شهر العسل" في المريخ! وقد أُجريت تجارب علمية في عام ٢٠١١م لتحقيق هذا الهدف، حيث انزل ستة مُتطوِّعين أوروبيين في حُجرة معزولة عن البيئة الخارجة تحتوي على طعام مُعدَّ مُسبقاً، بهدف اختبار قدرة الإنسان على تحمُّل الضُّغوط المرتبطة بالسَّفر إلى المريخ! لكنَّ رُوَّاد الفضاء في المُستقبل لن يكونوا مُضطرين لخوض تلك المُعاناة، والفضل في ذلك يعود إلى مُحرك جديد يُطلق جُسيمات مشحونة لتوليد قوَّة دفع كبيرة، حيث سينقل رُوَّاد الفضاء إلى سطح المريخ في غضون ٣٩ يوماً فقط!

## أخاتمة

### لماذا نستكشف الفضاء؟

ويبقى التساؤل الذي يطرحه الكثير من الناس: لماذا نستكشف الفضاء؟ وبعبارة أخرى: لماذا نُنْفِق المليارات سنويًا لاستكشاف أعماق الفضاء الخارجي؟ أليس من الأفضل أن نستثمر هذه الأموال الكبيرة في مشاريع على كوكبنا، في الوقت الذي يوجد فيه الكثير من المشاكل هنا على الأرض؟ أليس من المُجدي صَدَّ الكوارث في المنزل (كوكب الأرض)، بدلاً من افتراض احتمالية وجود نتائج وخيمة؟ أوليس من الأفضل إنقاذ الأرض ومُكافحة الجوع والفقر فيها، بدلاً من استعمار المريخ الذي قد يستنزف حوالي ١٥ مليار دولار لكل رائد فضاءٍ واحد من بين أول عشرة رُؤاد إلى المريخ؟

من غير الواضح إلى أيّ مدى يتفق الرأي العام الأمريكي مع أهمية استكشاف الفضاء. فقد أظهرت استطلاعات للرأي جرت في الولايات المتحدة خلال ستينيات القرن المنصرم، أن أقل من ٥٠% من الأمريكيين اعتبروا أن المحاولة تستحق تلك (الفاثورة) الباهظة. وفي عام ١٩٧٩م، وُجِدَ أن ٤١% فقط منهم يعتبرون أن المنافع المُتوقَّعة تستحق تلك التكاليف الطائلة!

لكنَّ الإجابة على تلك التساؤلات سُرعان ما تأتي من خلال استعراض أهم الفوائد المباشرة وغير المباشرة التي قدّمها لنا برامج استكشاف الفضاء:

- لعلَّ أحد أهم الأسباب التي جعلت الإنسان يقوم بإنفاق تلك الأموال هو حُبُّ الاكتشاف والمغامرة! والإستكشاف، هو الرّغبة الأكثر إثارةً وشغفاً لدى بعض البشر، فهناك جزءٌ مُبرمجٌ فينا يُلحُّ على الإستكشاف والنّظر إلى ما وراء الأفق. فمِنذ أن غادرت القبائل البشريّة الأولى قارّة أفريقيا التي شهِدَت حالات قحطٍ شديدة قبل ١٣٥٠٠٠ سنة مضت، وانتشرت في قارّتي أوروبا وآسيا، كان لدينا حاجةٌ مُلِحّةٌ إلى استكشاف المجهول. والآن، وقد زار البشر كل ركنٍ أرضي من أركان المعمورة ولا يزالوا يستكشفون خفايا المحيطات، برزت لديهم غريزة نشطة لاستكشاف المزيد؛ استكشاف الفضاء. فبعض النَّاس يسعون إلى الأماكن المُتطرّفة أو الغريبة لتلبية هذه الحاجة؛ بل يُخاطرون بحياتهم أيضاً من أجل القيام بذلك، في حين يتطلّع آخرون إلى السّماء المجهولة، بما تتضمّنهُ من أسرارٍ والغاز! ولَمَّا كان الإنسان دائم الاستفسار والبحث عن نشأة الكون وبداية الحياة؛ أصل الكُرة الأرضيّة، وأصل الشّمس والقمر... كان استكشاف الفضاء خير سبيل يُجيب على العديد من تلك التّساؤلات، التي لطالما حيّرت عقول المُفكّرين منذ فجر التاريخ إلى يومنا هذا، وتحسين معرفة الفضاء وأصل الكون وموقعنا فيه.

- ومن أهم الأسباب التي جعلت الإنسان يهتمُّ بالفضاء الخارجيّ واستكشافه، فضول البشر الفطري لمعرفة هل نحن وحيدون في هذا الكون الواسع؟ تقول العديد من النّظريّات بأنّه من المُستحيل أن نكون لوحدنا في هذا العالم الهائل الحجم، ولا بُدَّ من أن تكون هناك حضارات أخرى في أحد تلك الأطراف المُتناثرة من هذا الكون، أو

على الأقل توجد حياة على سطح أحد الكواكب. ورُبَّما نكتشف يوماً وجود حياةٍ من نوع ما على كوكب المريخ أو على أحد الكواكب الموجودة خارج نظامنا الشمسي، أو رُبَّما نجد دلائل على وجود حياة مُنقرضة؛ كانت مُزدهرة في يوم من الأيام، على القمر مثلاً... احتمالات كثيرة وواسعة، وخيالٌ يأخذنا إلى أبعد الحدود، والله أعلم؟

- ومن أهم تلك الأسباب أيضاً، هو المخاطر المُحتملة التي تُهدد كوكبنا الأرض بسبب وجود عدد لا يُحصى من الكويكبات والأجرام السماوية التي من المُحتمل أن تسقط على الأرض أو ترتطم بها، بحيث إنَّه يتم اكتشاف نيازك تقترب من الغلاف الجوي للأرض بشكل يومي، ولكن -وحسن الحظ- لم يسقط أيُّ منها على سطح الأرض في أماكن مأهولة بالسكَّان حتَّى الآن، لأنَّه لو حدث ذلك ستكون عواقبه وخيمة. وقد ساعد استكشاف الفضاء ولا يزال، في توقُّع حدوث مثل تلك المخاطر وإيجاد حلولٍ لها، أو الاستعداد لها على الأقل.

- إذاً، ليست سوى مسألة وقتٍ، قبل أن يحدث شيء خطير لكوكبنا، مثل حدوث كارثة طبيعية فيه، أو سقوط مُذنب عليه، أو اصطدام كويكب به... أو حتَّى كارثة بفعل البشر أنفسهم، مثل نشوب حربٍ نووية؛ بحيث يُغيِّر مجرى الحياة كما نعرفها، وقد يكون مُدمراً؛ فتُضحى أرضنا غير صالحة للحياة، وتزول الحضارة البشرية، هذا إذا لم تُمحي جيناتنا! وعندها سيكون وجود عدد من البشر الذين تمكَّنوا من النجاة والعيش في مكانٍ آخر من نظامنا الشمسي، بعد قطع شوطٍ كبير في استكشاف الفضاء الخارجي وتأسيس مُستعمرات بشرية على بعض الكواكب،

بمثابة "بوليصة تأمين" أو "قارب نجاة" لتجنب إبادة الجنس البشري، فتضمن استمرار البشرية وتحفظ - إلى حدّ ما - إنجازاتها.

- إنَّ نضوب وشُحِّ ومحدودية الموارد الماديّة وموارد الطّاقة المتوفّرة على سطح الأرض، دفع البشر للبحث عن مصادر جديدة للموارد، فكان الفضاء - بما يحتويه من كمّيات هائلة من تلك الموارد - ملاذاً دفع العلماء إلى التفكير في استثمار موارده واستخدامه كأرضيّة لتحسين الحياة هنا على الأرض. وهكذا، فإنَّ استكشاف واستيطان الفضاء سيجلب لنا صناعةً ضخمةً جديدةً، تتمحور حول الموارد الجديدة التي تنتشر خارج الأرض. ولا ننسى ما قدّمه استكشاف الفضاء لنا من منافع ثقافيّة واجتماعيّة واقتصاديّة وصحيّة وطبيّة... كالإتّصالات والنّقل والملاحة عبر الأقمار الاصطناعيّة وأنظمة البحث والإنقاذ العالميّة والاستشعار عن بُعد، وأبحاث المناخ والجاذبيّة الصّغرى والسّلامة العامّة، والسّلع الاستهلاكيّة، والطّاقة، والبيئة، وتكنولوجيا المعلومات، والصّناعة الإنتاجيّة، والألواح الشمسيّة وأنظمة تنقية المياه والصّيغ والمكّمّلات الغذائيّة وابتكار علوم المواد... والقائمة تطول ويتمُّ تحديثها باستمرار.

- ومن النّاحية الاقتصاديّة، لا تصرّف وكالات الفضاء تلك الأموال هباءً منشوراً، وهي لا تُطلقها هكذا سُدّي في الفضاء، لمُجرّد الفضول والاستكشاف، بل إنَّ الغالبية العظمى من الأموال المصروفة على استكشاف الفضاء تُنفق في خدمة سُكّان الأرض أنفسهم، فهي تُصرّف كرواتب لآلاف المهندسين وذوي الخبرة والموظّفين والعاملين في تلك الوكالات، حيث أقام عصر

استكشاف الفضاء صناعةً ضخمة سُمّيت "الصناعة الجوفضائية" القائمة على تصميم مُعدّات الفضاء وبنائها. وفي نهاية المطاف، فإنّ أموال الأرض تُصَرَف على سُكّان الأرض.

- كذلك فإنّ استكشاف الفضاء له أهمية كُبرى في التّجارب العلميّة التي يصعب على العلماء أحياناً إجراؤها على كوكب الأرض. فعلى سبيل المثال، هنالك العديد من التّجارب التي يحتاج العلماء فيها إلى تفرّغ الهواء، حيث إنّ تفرّغ الهواء باستخدام الأجهزة المتوفّرة على سطح الأرض غير كافٍ. هذا عدا عن الملاحظات الطّبيّة التي سُجّلت خلال الرّحلات الفضائيّة عن التغيّرات البيولوجيّة على أجسام رُؤاد الفضاء، والتي مكّنت علماء الطّب من فهمٍ أوسع وأشمل عن جسم الإنسان وكيفيّة تعامله مع التغيّرات التي تُحيط بجسمه في بيئة الفضاء، من نقصان الضّغط الجوّي إلى ضعف الجاذبيّة الأرضيّة، والتغيّرات في سوائل الجسم، والتأثيرات السّلبية على جهاز المناعة، وتأثيرات الفضاء على أنماط النوم، وأضرار الإشعاعات الكونيّة، وغيرها من الأبحاث الطّبيّة الحيويّة ...

- أهتمت رحلات استكشاف الفضاء، مثل بعثات أبولو إلى القمر، جيلاً كاملاً من الطُّلاب، ودفعتهم للقراءة ودراسة الرّياضيات والعلوم الأخرى بشغف، لمواكبة الإنجازات العلميّة والبحث عن الإكتشافات العلميّة والابتكار والإختراع. كما أصبح المجتمع أكثر اعتماداً على التكنولوجيا. وأهم استكشاف الفضاء أيضاً ابتكار برامج تدريبية تستهدف الأطفال في مرحلة ما قبل المدرسة، مثل "برنامج رُؤاد الفضاء المُستقبليين"، الأمريكي. وساهمت كميّة المعرفة والمهارات التي

تمّ تطويرها من خلال استكشاف الفضاء في الفصول الدراسية، وكذلك الرسوم التي تُصوّر عالم الفضاء المدهش، ساهمت في تحفيز الأطفال وزرع حبّ الاستكشاف في نفوسهم منذ صغرهم.

- عزّز استكشاف الفضاء مفهوم المشاركة والتّعاوُد بين الدّول، فمشاريع استكشاف الفضاء الكبيرة كانت دائماً بحاجة للتّعاون الدّولي من أجل تنفيذها. أبرز مثال على ذلك هو محطة الفضاء الدّوليّة، التي ساهم في بنائها وتشغيلها العديد من الدّول، مثل الولايات المتّحدة الأمريكيّة، وروسيا واليابان وكندا والدّول الأعضاء في وكالة الفضاء الأوروبيّة، وغيرها... كما جمع التّعاون الدّولي في عصر الفضاء بين الثقافات المختلفة، ممّا ساهم في تبادل الثقافة الإنسانيّة والنّهوض بها. وكان ابتكار فكرة عصر استكشاف الفضاء بمثابة مصدر إلهام للبشريّة، فشكّل اختراق السّفرة إلى الفضاء، وترك الإنسان للأرض وهزم الجاذبيّة، واتّخاذ خطوات على القمر، والعديد من الإنجازات الأخرى، لحظات محوريّة في التطوّر الثقافي البشري. فالتطوّرات العلميّة والتكنولوجيّة -على وجه الخصوص- شكّل مصدر إلهام للمجتمع العلمي من الطّلاب والمعلّمين والباحثين في جميع أنحاء العالم.

أخيراً، عدا عن أنّهم يتطلّعون إلى حماية كوكبنا من النيازك المدمّرة، ينظر علماء الفضاء إلى إمكانية استيطان البشر لكواكب وأقمار أخرى؛ بل إمكانية الزراعة والتّعدين والتّكاثر عليها أيضاً... لعلّ هذه النّظرة المُستقبليّة تبدو خيالياً علمياً! لكن، لا بُدّ من التّذكير بأنّ المشي على سطح القمر كان في خمسينيّات القرن الماضي عبارة عن قصة يرويها الأهالي لأبنائهم قبل النوم، أمّا في السّتينيّات فقد أصبح ذلك الخيال واقعاً حقيقياً!



## الملحق رقم " ١ "

### تواريخ مهمّة في استكشاف الفضاء

- ١٦ آذار من عام ١٩٢٦م: العالم الأمريكي " روبرت جودارد " يُطلق أوّل صاروخ في العالم يعمل بالوقود السائل.
- ٤ تشرين الأوّل من عام ١٩٥٧م: الاتّحاد السوفيتي يُطلق أوّل قمر اصطناعي، وهو "سبوتنك-١".
- ٢٩ تموز من عام ١٩٥٨م: تأسّست وكالة الفضاء الأميركيّة "NASA" (الإدارة الوطنية للملاحة الجويّة والفضاء)، وهي وكالة حكوميّة مسؤولة عن وضع وإدارة وتنفيذ القسم الأكبر من البرنامج الفضائي المدني للولايات المتّحدة الأميركيّة، فضلاً عن أبحاث الطّيران والفضاء. يقع مقرّها الرّئيسي في العاصمة الأميركيّة "واشنطن"، ولها ثلاثة موانئ فضائيّة رئيسيّة، هي "مركز جون إف كينيدي الفضائي" و"محطّة كيب كانافيرال الفضائيّة" في ولاية "فلوريدا" و"قاعدة فاندنبرغ الجويّة" في ولاية "كاليفورنيا". وتُعتبر الوكالة الرّائدة حالياً لوكالات الفضاء الأخرى في العالم.
- ١٢ أيلول من عام ١٩٥٩م: الاتّحاد السوفيتي يُطلق أوّل مجس فضائي يصطدم بالقمر، وهو "لونا-٢".

- ١٢ نيسان من عام ١٩٦١م: رائد الفضاء السوفيتي "يوري غاغارين" يصبح أوّل إنسان يدور في الفضاء حول الأرض.
- ٥ أيار من عام ١٩٦١م: "ألان شيرد" يصبح أوّل رائد فضاء أمريكي يغزو الفضاء.
- ٢٠ شباط من عام ١٩٦٢م: "جون غلين" يصبح أوّل رائد فضاء أمريكي يدور حول الأرض.
- ١٦ حزيران من عام ١٩٦٣م: رائدة الفضاء السوفيتية "فالتينا تيرشكوفا" تصبح أوّل امرأة تُسافر إلى الفضاء.
- ١٢ تشرين الأوّل من عام ١٩٦٤م: الاتحاد السوفيتي يُطلق أوّل كبسولة فضائية تحمل أكثر من رائد فضاء واحد (٣ رُؤاد)، وهي "فوسخود-١".
- ٢١ كانون الأوّل من عام ١٩٦٨م: الولايات المتّحدة الأمريكية تُطلق أوّل مركبة فضائية مأهولة تدور حول القمر، وهي "أبولو-٨".
- ٢١ تموز من عام ١٩٦٩م: رائدا الفضاء الأمريكيّان "نيل أرمسترونغ" و"إدوين ألدرن" يصبحا أوّل كائنين بشريّين يهبّطا على سطح القمر.
- ١٧ آب من عام ١٩٧٠م: الاتحاد السوفيتي يُطلق "فينيرا-٧"، وهو أوّل مجسّ يبث معلوماتٍ من سطح كوكب الزهرة بعد أن هبط عليه في ١٥ كانون الأوّل ١٩٧٠م.
- ٧ حزيران من عام ١٩٧١م: رُؤاد الفضاء السوفيت يستخدّمون "ساليوت-١" بوصفها أوّل محطة فضائية مأهولة تدور حول الأرض.

- ٣٠ أيار من عام ١٩٧٥ م: تأسست وكالة الفضاء الأوروبية "ESA"، وهي منظمة حكومية دولية مكرّسة لاستكشاف الفضاء، تضم في عضويتها ٢٢ دولة أوروبية، هي النمسا وبلجيكا والتشيك والدنمارك وإستونيا وفنلندا وفرنسا وألمانيا واليونان وهنغاريا وإيرلندا وإيطاليا ولوكسمبورغ وهولندا والنرويج وبولندا والبرتغال ورومانيا وإسبانيا والسويد وسويسرا والمملكة المتحدة، وتوجد ثلاث دول غير كاملة العضوية، هي لاتفيا وسلوفينيا وكندا (التي تُعتبر دولة مُتعاونة مع الوكالة). يقع مقرّ الوكالة في العاصمة الفرنسية "باريس"، ولها ميناء فضائي رئيسي هو "قاعدة كورو الفضائية الأوروبية" في "غويانا الفرنسية" على ساحل المحيط الأطلسي بأمريكا الجنوبية.

- ٨ حزيران من عام ١٩٧٥ م: الاتحاد السوفيتي يُطلق المَجَس "فينيرا-٩" ليصبح أوّل مركبة فضائية تلتقط صوراً لكوكب الزهرة.

- ١٥ تموز من عام ١٩٧٥ م: الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة الأمريكية يُطلقان مشروع اختبار "أبولو-سويوز" بوصفه أوّل بعثة فضائية مُشتركة.

- ٢٠ آب و٩ أيلول من عام ١٩٧٥ م: الولايات المتحدة الأمريكية تُطلق المَجَسّين "فايكنغ-١" و"فايكنغ-٢" إلى كوكب المريخ. وقد هبط المَجَسان على المريخ عام ١٩٧٦ م، وأرسلوا صوراً ومعلومات عنه.

- ٢٠ آب من عام ١٩٧٧ م: الولايات المتحدة الأمريكية تُطلق المَجَس "فويجر-٢" الذي وصل إلى ما بعد كوكب المشتري في عام ١٩٧٩ م، ثمّ اقترب من كوكب زحل في عام ١٩٨١ م، ثمّ كوكب

أورانوس في عام ١٩٨٦ م، وأخيراً كوكب نبتون في عام ١٩٨٩ م،  
وأرسل صوراً عن تلك الكواكب إلى الأرض.

- ٢ تموز من عام ١٩٨٥ م: وكالة الفضاء الأوروبية تُطلق المِجَس  
"جيوتو" الذي اجتاز "مُذنب هالي" في ١٤ آذار من عام ١٩٨٦ م،  
وصوّر نواته وأرسل معلوماتٍ عنه إلى الأرض.

- ٢٨ كانون الثاني من عام ١٩٨٦ م: انفجر مكوك الفضاء الأمريكي  
"تشالنجر" بعد فترة قصيرة من إطلاقه، وأدّت الحادثة إلى مصرع  
جميع أفراد طاقمه السبعة.

- ١٨ تشرين الأوّل من عام ١٩٨٩ م: الولايات المتّحدة الأمريكيّة تُطلق  
المِجَس "غاليليو" الذي وصل كوكب المشتري في عام ١٩٩٥ م.

- ١٠ آب من عام ١٩٩٠ م: دار مجس الفضاء الأمريكي "ماجلان"  
حول كوكب الزهرة وأرسل إلى الأرض خرائط رادارية لسطحه.

- ٢٥ شباط من عام ١٩٩٢ م: تأسست وكالة الفضاء الروسيّة  
"Roscosmos" (مؤسّسة روسكوزموس الحكوميّة للأنشطة الفضائيّة)،  
وهي مؤسّسة حكوميّة مسؤولة عن مجموعة واسعة من الرّحلات  
الفضائيّة المتنوّعة وبرامج علوم الفضاء الخاصّة بالاتّحاد الروسي، حيث  
ورثت الإنجازات والنّشاطات الفضائيّة للاتّحاد السوفيتي السّابق  
("برنامج الفضاء السوفيتي" بين عامي ١٩٥٥ و ١٩٩١ م). يقع  
مقرّها في العاصمة الروسيّة "موسكو"، بينما توجد مواقع مراكز  
التحكّم بالمهمّات الفضائيّة بالقرب من مدينة "كوروليوف"،  
بالإضافة إلى "مركز يوري غاغارين لتدريب رُواد الفضاء" الموجود في

"مدينة النجوم" قرب موسكو، ويوجد المطار الفضائي الرئيسي لها  
"قاعدة بايكونور الفضائية" في دولة كازاخستان.

- ٢٢ آذار من عام ١٩٩٥م: أكمل رائد الفضاء الروسي "فاليري  
بولياكوف" ٤٣٧ يوماً و١٨ ساعة في الفضاء على متن المحطة  
الفضائية الروسية "مير".

- ٦ تموز من عام ١٩٩٧م: العربة الآلية "سوجورنر" تهبط من سُلّم  
إنزال على المركبة الفضائية الأمريكية "باتفايندر" للتحرك على  
سطح المريخ بهدف القيام بعمليات مسح للكوكب الأحمر.

- ١٥ تشرين الأول من عام ١٩٩٧م: الولايات المتحدة الأمريكية  
ووكالة الفضاء الأوروبية تُطلقان مسبار "كاسيني-هويجنز"  
الذي مرّ قرب الشمس والزهرة والأرض والمشتري وزحل، قبل  
أن يهبط على قمر "تيتان" التابع لكوكب زحل عام ٢٠٠٤م.

- ٤ آب من عام ٢٠٠٧م: الولايات المتحدة الأمريكية تُطلق مسبار  
"فينيكس" الذي هبط على كوكب المريخ يوم ٢٥ أيار من عام ٢٠٠٨م.

- ٢٦ تشرين الثاني من عام ٢٠١١م: الولايات المتحدة الأمريكية  
تُطلق مسبار "كريوسيتي" الذي هبط على كوكب المريخ يوم ٦  
آب من عام ٢٠١٢م.

- ٢٥ آب من عام ٢٠١٢م: أول مسبار من صنع الإنسان يصل إلى  
الفضاء بين النجوم، وهو المسبار الأمريكي "فويجر-١".

- ١٢ تشرين الثاني من عام ٢٠١٤م: مسبار وكالة الفضاء الأوروبية  
"روزيتا" يهبط على مُذنب "٦٧ بي / شيوريوموف-غيراسيمنكو".

- ٦ آذار من عام ٢٠١٥م: المسبار الأمريكي "داون" يدور حول الكوكب القزم "سيريس".
- ١٤ تموز من عام ٢٠١٥م: المسبار الأمريكي "نيوهورايزنز" يدور حول الكوكب القزم "بلوتو".
- ٣٠ أيار من عام ٢٠٢٠م: انطلقت مركبة "كريو دراغون ديمو-٢" باتجاه محطة الفضاء الدولية، في أول رحلة فضاء بشرية مدارية أطلقتها شركة فضائية خاصة هي "سبيس إكس".
- ١٨ شباط من عام ٢٠٢١م: وصول عربة "برسفيرنس روفر" التابعة لبعثة "المريخ ٢٠٢٠" الأمريكية إلى المريخ، مصحوبة بطائرة عمودية (هيليكوبتر) صغيرة.
- ٢٣ نيسان من عام ٢٠٢١م: انطلقت مركبة "كريو-٢" باتجاه محطة الفضاء الدولية، في ثاني رحلة فضاء بشرية مدارية أطلقتها شركة فضائية خاصة هي "سبيس إكس".
- ٢٩ نيسان من عام ٢٠٢١م: إطلاق أولى مكونات محطة الفضاء الصينية "تيانجونج"، بواسطة صاروخ الإطلاق "لونج مارتش ٥ بي".
- ١٥ أيار من عام ٢٠٢١م: إنزال روبوت "تشورونغ" التابع لمسبار "تيانوين-١" الصيني على سطح المريخ. وكان المسبار قد وصل إلى مدار المريخ في شهر شباط من هذا العام.

## المُلحق رقم "٢"

### تاريخ استكشاف القمر بالمركبات الفضائية المأهولة وغير المأهولة

- في ٢ كانون الثاني من عام ١٩٥٩م، مرّت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-١" بالقرب من القمر.
- في ٣ آذار من عام ١٩٥٩م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "بيونير-٤" بالتّحليق حول القمر.
- في ١٢ أيلول من عام ١٩٥٩م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢" برحلة تقصّي إلى القمر، قبل ارتطامها بسطحه.
- في ٤ تشرين الأوّل من عام ١٩٥٩م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٣" برحلة تقصّي إلى الجانب البعيد (المُظلم) من القمر.
- في ٢٣ آب من عام ١٩٦١م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-١" برحلة اختبارٍ حول القمر.
- في ١٨ تشرين الثاني من عام ١٩٦١م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٢" برحلة اختبارٍ حول القمر.
- في ٢٦ كانون الثاني من عام ١٩٦٢م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٣" بمُحاولة هبوطٍ على القمر.

- في ٢٣ نيسان من عام ١٩٦٢م، ارتطمت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٤" بسطح القمر.
- في ١٨ تشرين الأول من عام ١٩٦٢م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٥" بمحاولة هبوطٍ على القمر.
- في ٢ نيسان من عام ١٩٦٣م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٤" بالتَّحليق حول القمر.
- في ٣٠ كانون الثاني من عام ١٩٦٤م، ارتطمت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٦" بسطح القمر.
- في ٢٨ تموز من عام ١٩٦٤م، ارتطمت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٧" بسطح القمر، بعد أن بثَّت صوراً تلفزيونية له.
- في ١٧ شباط من عام ١٩٦٥م، ارتطمت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٨" بسطح القمر، بعد أن بثَّت صوراً تلفزيونية له.
- في ٢١ آذار من عام ١٩٦٥م، ارتطمت المركبة الفضائية الأمريكية "رانجر-٩" بسطح القمر، بعد أن بثَّت صوراً تلفزيونية له.
- في ٩ أيار من عام ١٩٦٥م، ارتطمت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٥" بسطح القمر.
- في ٨ حزيران من عام ١٩٦٥م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٦" بمحاولة هبوطٍ على القمر.
- في ١٨ تموز من عام ١٩٦٥م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "زوند-٣" بالتَّحليق حول القمر.
- في ٤ تشرين الأول من عام ١٩٦٥م، ارتطمت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٧" بسطح القمر.



- في ٣ كانون الأوّل من عام ١٩٦٥م، ارتطمت المركبة الفضائيّة السوفييتيّة "لونا-٨" بسطح القمر.
- في ٣١ كانون الثاني من عام ١٩٦٦م، هبطت المركبة الفضائيّة السوفييتيّة "لونا-٩" على سطح القمر، لتكون بذلك أوّل مركبة تُنفذ هبوطاً سليماً عليه.
- في ٣١ آذار من عام ١٩٦٦م، قامت المركبة الفضائيّة السوفييتيّة "لونا-١٠" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٣٠ أيار من عام ١٩٦٦م، هبطت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "سيرفيور-١" على سطح القمر.
- في ١٠ آب من عام ١٩٦٦م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "لونا أوريبتر-١" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٤ آب من عام ١٩٦٦م، قامت المركبة الفضائيّة السوفييتيّة "لونا-١١" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٠ أيلول من عام ١٩٦٦م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "سيرفيور-٢" بمُحاولة هبوطٍ على سطح القمر.
- في ٢٢ تشرين الأوّل من عام ١٩٦٦م، قامت المركبة الفضائيّة السوفييتيّة "لونا-١٢" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٦ تشرين الثاني من عام ١٩٦٦م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "لونا أوريبتر-٢" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢١ كانون الأوّل من عام ١٩٦٦م، هبطت المركبة الفضائيّة السوفييتيّة "لونا-١٣" على سطح القمر.

- في ٤ شباط من عام ١٩٦٧م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "لونا أوريتر-٣" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١٧ نيسان من عام ١٩٦٧م، هبطت المركبة الفضائية الأمريكية "سيرفيور-٣" على سطح القمر، وأثبتت أن المشي عليه آمن.
- في ٨ أيار من عام ١٩٦٧م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "لونا أوريتر-٤" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١٤ تموز من عام ١٩٦٧م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "سيرفيور-٤" بمحاولة هبوطٍ على سطح القمر.
- في ١ آب من عام ١٩٦٧م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "لونا أوريتر-٥" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٨ أيلول من عام ١٩٦٧م، هبطت المركبة الفضائية الأمريكية "سيرفيور-٥" على سطح القمر.
- في ٧ تشرين الثاني من عام ١٩٦٧م، هبطت المركبة الفضائية الأمريكية "سيرفيور-٦" على سطح القمر.
- في ٧ كانون الثاني من عام ١٩٦٨م، هبطت المركبة الفضائية الأمريكية "سيرفيور-٧" على سطح القمر.
- في ٧ نيسان من عام ١٩٦٨م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-١٤" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١٥ أيلول من عام ١٩٦٨م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "زوند-٥" برحلةٍ لإعادة تقصي القمر.
- في ١٠ تشرين الثاني من عام ١٩٦٨م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "زوند-٦" برحلةٍ لإعادة تقصي القمر.

- في ٢١ كانون الأوّل من عام ١٩٦٨م، نفّذت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة المأهولة "أبولو-٨" عشر دورات حول القمر.
- في ١٨ أيار من عام ١٩٦٩م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "أبولو-١٠" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١٣ تموز من عام ١٩٦٩م، قامت المركبة الفضائيّة السوفيتيّة "لونا-١٥" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١٦ تموز من عام ١٩٦٩م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة المأهولة "أبولو-١١" برحلةٍ تضمّنت الهبوط على سطح القمر.
- في ٧ آب من عام ١٩٦٩م، قامت المركبة الفضائيّة السوفيتيّة "زوند-٧" برحلةٍ لإعادة تقصّي القمر.
- في ١٤ تشرين الثاني من عام ١٩٦٩م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة المأهولة "أبولو-١٢" برحلةٍ تضمّنت الهبوط على سطح القمر.
- في ١١ نيسان من عام ١٩٧٠م، قامت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة المأهولة "أبولو-١٣" برحلةٍ كانت تتضمّن الهبوط على سطح القمر، إلا أنّ عطلاً تقنيّاً أوقف المهمة بعد أن أمضى رواد الفضاء "جيم لوفيل" و"جاك سويغيرت" و"فريد هايس" ٤ ساعات في مدارٍ حول القمر، وتمكّنوا بصعوبة من العودة بالمركبة إلى الأرض سالمين.
- في ١٢ أيلول من عام ١٩٧٠م، أصبحت المركبة الفضائيّة السوفيتيّة "لونا-١٦" أوّل مركبة فضائيّة غير مأهولة تجمع عيّنات تُرابية من سطح القمر.
- في ٢٠ تشرين الأوّل من عام ١٩٧٠م، قامت المركبة الفضائيّة السوفيتيّة "زوند-٨" برحلةٍ لإعادة تقصّي القمر.

- في ١٠ تشرين الثاني من عام ١٩٧٠م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-١٧" بجولة حول القمر.
- في ٣١ كانون الثاني من عام ١٩٧١م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية المأهولة "أبولو-١٤" برحلة تضمنت الهبوط على سطح القمر.
- في ٢٦ تموز من عام ١٩٧١م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية المأهولة "أبولو-١٥" برحلة تضمنت الهبوط على سطح القمر، وقام روادها باستكشافه عبر عربة سيارة "المركبة الجوالة القمرية".
- في ٢ أيلول من عام ١٩٧١م، ارتطمت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-١٨" بسطح القمر.
- في ٢٨ أيلول من عام ١٩٧١م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-١٩" بالتحليق في مدار حول القمر.
- في ١٤ شباط من عام ١٩٧٢م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢٠" برحلة جمع عينات من سطح القمر.
- في ٣ آذار من عام ١٩٧٢م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "بيونير-١٠" بالتحليق في مدار حول القمر.
- في ١٦ نيسان من عام ١٩٧٢م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية المأهولة "أبولو-١٦" برحلة تضمنت الهبوط على سطح القمر.
- في ٧ كانون الأول من عام ١٩٧٢م، كانت المركبة الفضائية الأمريكية المأهولة "أبولو-١٧" آخر مركبة فضائية مأهولة تقوم بالهبوط على سطح القمر، وجمع روادها ١١١ كيلوغراماً من صخوره.

- في ٨ كانون الثاني من عام ١٩٧٣م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢١" بجولة حول القمر.
- في ٢ تموز من عام ١٩٧٤م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢٢" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٨ تشرين الأوّل من عام ١٩٧٤م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢٣" بالهبوط على سطح القمر.
- في ١٤ آب من عام ١٩٧٦م، قامت المركبة الفضائية السوفيتية "لونا-٢٤" برحلة جمع عينات من سطح القمر.
- في ٢٤ كانون الثاني من عام ١٩٩٠م، قامت المركبة الفضائية اليابانية "هايتن" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٥ كانون الثاني من عام ١٩٩٤م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "كليمتين" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٤ كانون الأوّل من عام ١٩٩٧م، قامت المركبة الفضائية الصينية "آسيا سات-٣" (HGS-1) بالتحليق حول القمر.
- في ٧ كانون الثاني من عام ١٩٩٨م، قامت المركبة الفضائية الأمريكية "لونا بروسبكتر" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٧ أيلول من عام ٢٠٠٣م، قامت المركبة الفضائية الأوروبية "سمارت-١" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١٤ أيلول من عام ٢٠٠٧م، قامت المركبة الفضائية اليابانية "سيلين كاغويا" بالتحليق في مدارٍ حول القمر.

- في ٢٤ تشرين الأوّل من عام ٢٠٠٧م، قامت المركبة الفضائيّة الصّينيّة "تشانجي-١" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٢٢ تشرين الأوّل من عام ٢٠٠٨م، تمّ إطلاق القمر الاصطناعي الهندي "تشانديان-١" إلى مدارٍ حول القمر.
- في ١٨ حزيران من عام ٢٠٠٩م، تمّ وضع المسبار الفضائي الأمريكي "مُستكشف القمر المداري" في مدارٍ حول القمر.
- في ٣١ كانون الأوّل من عام ٢٠١١م، بدأت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "غريل أيه" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ١ كانون الثّاني من عام ٢٠١٢م، بدأت المركبة الفضائيّة الأمريكيّة "غريل بي" بالتّحليق في مدارٍ حول القمر.
- في ٦ تشرين الأوّل من عام ٢٠١٣م، وصل المسبار الفضائي الأمريكي "ليدي" إلى مدارٍ حول القمر.
- في ١٤ كانون الأوّل من عام ٢٠١٣م، هبطت مركبة الهبوط القمرية التّابعة للمركبة الفضائيّة الصّينيّة "تشانجي-٣" على سطح القمر، ونشرت عربة قمرية.
- في ٣ كانون الثّاني من عام ٢٠١٩م، هبطت المركبة الفضائيّة الصّينيّة "تشانجي-٤" على الجانب المُظلم من القمر.
- في ٦ أيلول من عام ٢٠١٩م، فشلت المركبة القمرية "فيكرام" التّابعة لمهمّة "تشانديان-٢" الفضائيّة الهنديّة بالهبوط على سطح القمر.
- في ١ كانون الأوّل من عام ٢٠٢٠م، حطّ المسبار الفضائي الصّيني "تشانجي-٥" على سطح القمر.

## المراجع:

### أولاً - مراجع باللغة العربية:

- كتاب "النظام الشمسي والشمس والقمر وأحدث الآراء الفلكية فيها" / منصور جرداق - المطبعة الأدبية - بيروت ١٩٢٢ م.
- كتاب "سلسلة تبسيط العلوم - ١ - الصواريخ والأقمار الصناعية" / تأليف: وجيه السَّمان - وزارة الثقافة والإرشاد القومي - دمشق ١٩٦٢ م.
- كتاب "المعرفة (١٩٥٨-١٩٧١)" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف - سويسرا ١٩٧١ م.
- كتاب "بهجة المعرفة" / دار المختار - سويسرا ١٩٨٠ م.
- كتاب "الإنسان والفضاء" / تأليف: نيل اردلي - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٠ م.
- كتاب "الموسوعة" / ترادكسيم ش.م.س - جنيف - سويسرا ١٩٨٥ م.
- كتاب "موسوعة المعارف والعلوم" / مكدونالد الشرق الأوسط ش.م.م - مؤسسة نوفل - بيروت ١٩٨٨ م.

- كتاب "المصافحة في الفضاء بين موسكو ودمشق... حول التحليق الفضائي السوفيتي السوري المشترك" / تأليف: فلاديمير دينيسينكو وفالتين تشيمودين بالتعاون مع قسم الدراسات في سانا - الناشران: وكالة أنباء "نوفوستي" السوفيتية - الوكالة العربية السورية للأخبار "سانا" / مطابع دار البعث - دمشق ١٩٨٩م.
- كتاب "سلسلة عالم الاتصالات والأجهزة الإلكترونية - ٢ - الاتصالات عبر الأقمار الصناعية" / تأليف: فاروق حسين - دار الراتب الجامعية - بيروت ١٩٩٠م.
- كتاب "الموسوعة العلمية الشاملة" / مكتبة لبنان - بيروت ١٩٩٨م.
- كتاب "موسوعة كنوز المعرفة" / تأليف: مجموعة من المؤلفين - دار نظير عبود - بيروت ١٩٩٨م.
- كتاب "موسوعة أوكسفورد العربية" / دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع - بيروت ١٩٩٩م.
- كتاب "دائرة المعارف الحديثة - الموسوعة العالمية الشاملة ١٩٩٩ - ٢٠٠٠" / تأليف: يولاند بيروقي - الناشر: EDITO CREPS INTERNATIONAL - نيو يورك ٢٠٠٠م.
- كتاب "قصص عالمية - ١٣ - رواد إلى القمر" / تأليف: فرانسوا سوتيرو - ترجمة: نسيم يازجي - الناشر: وزارة الثقافة - دمشق ٢٠٠١م.



- كتاب "موسوعة قصة العلم - ٢٩ - مكوك الفضاء" / تأليف: أحمد نجيب - دار الفكر العربي - القاهرة ٢٠٠٢م.
- كتاب "رياضات المظلات" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر - دمشق ٢٠١١م.
- كتاب "وسائل النقل في المستقبل - عبر الفضاء" / تأليف: ستيف باركر - ترجمة: جمال عبد الرحيم - منشورات مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - الرياض ٢٠١٣م.
- كتاب "سلسلة أعلام للناشئة-٢٦" - أعلام في ريادة الفضاء" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - الهيئة العامة السورية للكتاب - دمشق ٢٠١٤م.
- كتاب "جولة في المنطاد" / تأليف: محمد حسام الشالاتي - الهيئة العامة السورية للكتاب - دمشق ٢٠٢٠م.

### ثانياً - مراجع باللغة الإنكليزية:

- "Developing the Space Shuttle" (PDF). Exploring the Unknown: Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program, Volume IV: Accessing Space / Williamson, Ray. Washington, D.C.: NASA. (1999).
- "The Solar System Beyond The Planets" / Audrey Delsanti & David Jewitt - Institute for Astronomy, University of Hawaii. (2006).

- "Innovative Interstellar Explorer" - Physics of the Inner Heliosheath: Voyager Observations, Theory, and Future Prospects. / R. L. McNutt Jr.; et al. AIP Conference Proceedings. 858. (2006). pp. 341–347.
- "Astronaut Fact Book". National Aeronautics and Space Administration. NASA (2006).
- "Commercial Market Assessment for Crew and Cargo Systems". nasa.gov. NASA. 27 April 2011. p. 40.
- "Long-Term Trajectories of Human Civilization" / Baum, Seth D.; et al. - Foresight. Bingley: Emerald Group Publishing. (2019).
- National Aeronautics and Space Administration "NASA".
- European Space Agency "ESA".
- German Society for Aeronautics and Astronautics "DGLR".

# فهرس

الصفحة

- مقدمة ..... ٥

## الفصل الأول

الكون والفضاء ..... ١١

أولاً - مجرة درب التبانة ..... ١٤

ثانياً - النظام الشمسي ..... ١٨

ثالثاً - كواكب المجموعة الشمسية ..... ٢٦

رابعاً - أجسام كونية أخرى في النظام الشمسي ..... ٤٨

خامساً - طبقات الغلاف الجوي للأرض وحدود الفضاء ..... ٦٤

## الفصل الثاني

رحلات استكشاف الفضاء ..... ٧٥

أولاً - رحلات الفضاء غير المأهولة ..... ٨٣

ثانياً - رحلات الفضاء المأهولة ..... ٩٤

- ثالثاً - الهبوط على القمر. .... ١٠٤
- رابعاً - الهبوط على المريخ. .... ١٢٦

### الفصل الثالث

- مركبات استكشاف الفضاء ..... ١٣٧
- أولاً - الصَّواريخ الفضائيَّة. .... ١٣٨
- ثانياً - السُّفن الفضائيَّة. .... ١٤٢
- ثالثاً - مكوكات الفضاء. .... ١٤٥
- رابعاً - الأقمار الاصطناعيَّة. .... ١٥٥
- خامساً - محطَّات الفضاء. .... ١٧١
- سادساً - مسابِر الفضاء. .... ١٨٣
- سابعاً - مجسَّات الفضاء. .... ١٨٥
- ثامناً - مقارِب الفضاء. .... ١٨٦
- تاسعاً - العربات الجوّلة الفضائيَّة. .... ١٩٠
- عاشراً - المناطيد الفضائيَّة. .... ١٩٤

### الفصل الرَّابِع

- رُوَاد استكشاف الفضاء ..... ١٩٧

## الفصل الخامس

- مشاريع مُستقبلية في استكشاف الفضاء ..... ٢٣٣
- أولاً - مُستعمَرات بشرية في الفضاء ..... ٢٣٥
- ثانياً - العودة لاستكشاف القمر من جديد ..... ٢٥٦
- ثالثاً - استكشاف المريخ ..... ٢٦٢
- رابعاً - مركبات جديدة لاستكشاف الفضاء ..... ٢٧٦
- خامساً - السّياحة الفضائية ..... ٢٨١
- الخاتمة: لماذا نستكشف الفضاء؟ ..... ٢٩١
- الملحق رقم "١" - تواريخ مُهمّة في استكشاف الفضاء ..... ٢٩٧
- الملحق رقم "٢" - تاريخ استكشاف القمر بالمركبات الفضائية  
المأهولة وغير المهولة ..... ٣٠٣
- المراجع ..... ٣١١
- الفهرس ..... ٣١٥



## محمد حسام الشّلاتي

### \* الخبرات العلمية:

- عضو "نادي الطيران الشراعي الملكي الأردني" منذ عام ١٩٩٨ م.
- عضو "نادي الترميك اللبناني للطيران الشراعي" منذ عام ٢٠٠٢ م.
- عضو مدرسة "CERPP" الفرنسية للطيران الشراعي منذ عام ٢٠٠٢ م.

### \* من الكتب المنشورة:

- "رياضات الطيران - الرياضات الجوية" / دمشق - ٢٠٠٤ م.
- "رياضة الطيران الشراعي" / دمشق - ٢٠٠٥ م.
- "رياضات المظلات" / دمشق - ٢٠١١ م.
- "تعرف على الرياضات الجوية" (لِلناشئة) / دمشق - وزارة الثقافة - الهيئة العامة السورية للكتاب - ٢٠١٣ م.
- "رياضات جوية في الهواء الطلق" (لِلناشئة) / دمشق - وزارة الثقافة - الهيئة العامة السورية للكتاب - ٢٠١٤ م.
- "أعلام في ريادة الفضاء" (لِلناشئة) / دمشق - وزارة الثقافة - الهيئة العامة السورية للكتاب - ٢٠١٤ م.

- "الوجيز في علوم الطيران" / دمشق - وزارة الثقافة - الهيئة العامة السورية للكتاب - ٢٠١٥م.
- "الطيران الرياضي" (كتاب علمي للناشئة) / وزارة الثقافة - الهيئة العامة السورية للكتاب - دمشق ٢٠١٩.
- "تاريخ تطور الطيران" / جامعة دمشق - الأدب العلمي - كتاب الشهر (العدد ٥٥) آب ٢٠١٩.
- "جولة في المنطاد" / دمشق - وزارة الثقافة - الهيئة العامة السورية للكتاب - ٢٠٢٠م.
- باحث وكاتب في علوم وشؤون الطيران والفضاء والرياضات الجوية.
- كتابة مئات مقالات الطيران في العديد مواقع الإنترنت العربية.
- عضو اتحاد الصحفيين في سوريا منذ عام ٢٠٠٨م.
- عضو جمعية هواة الفلك في سوريا منذ عام ٢٠٠٩م.
- عضو رابطة المحققين السوريين منذ عام ٢٠٠١م.
- عضو الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية منذ عام ٢٠٠١م.
- \* المؤهلات العلمية:
- إجازة في الحقوق / كلية الحقوق - جامعة دمشق - ١٩٩٥م.
- دبلوم قانون خاص / كلية الحقوق - جامعة دمشق - ١٩٩٥م - (دراسة فقط).