مجلة ثقافية علمية أدبية شهرية تصدر عن جامعة دمشق

المدير المسؤول
أ.د. مصطفى صائم الدهر
(رئيس جامعة دمشق)

رئيس التحرير: أ.د. طالب عمران

المدير الإداري: د. طالب أحمد العلي

مدير التحرير: محمد علي حبش

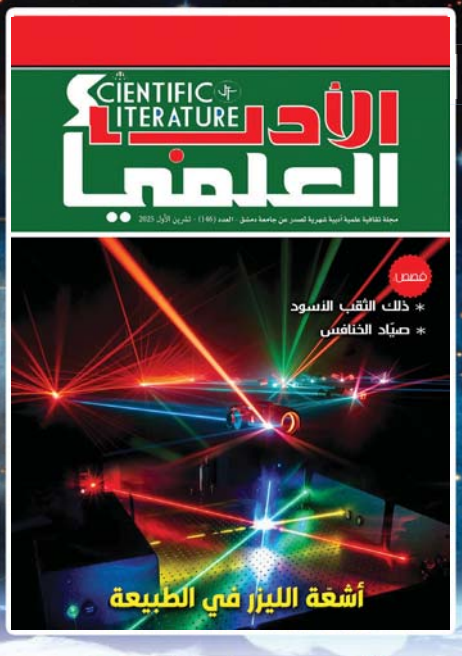
هيئة الإشراف:
أ.د. هادي عياد (تونس)
أ.د. قاسم قاسم (لبنان)
د. محمد قاسم الخليل (الأردن)
د. كوثر عياد (تونس)
د. صلاح معاطي (مصر)
م. لينا كيلاني (سورية)

الإخراج الفني:
عبد العزيز محمد

E-mail:
talebomran@yahoo.com
scientificliterature2014@yahoo.com

موقع المجلة: /damasuniv.edu.sy/mag/sci
www.facebook.com/Science. Liter. mag/

ترحب مجلة الأدب العلمي بكافة المقالات والأبحاث والإبداع العلمي الأدبي للباحثين والأكاديميين في جامعة دمشق والجامعات السورية وأقطار الوطن العربي على العنوان:



محتويات العدد

الافتتاحية: كون لا يحدّه حدّ... وأسرار تستعصي على الكشف، (رئيس التحرير) 4

دراسات وأبحاث

- الأدب... وعلم الحيوان، (د.عيسى الشمّاس) 6
- رحلات استكشاف المريخ (2 من 2)، (حسام شالاتي) 21
- فنون الهندسة الهيدروليكية في البتراء النبطية، (د.غزوان سلوم) 40
- ماكس بلانك مؤسس نظرية الكم، (ترجمة: سلام الوسوف) 58
- الدراسات النفسيّة الإنسانية في أفلام كيشلوفسكي، (د.يمان عمران) 84

تراث الحضارة الإسلامية

- الأحجار ومنافعها.. لدى عطارد بن محمّد الحاسب والتيفاشي ، (محمّد علي حبش) 98
- الوردة الشامية الدمشقية.. وصناعة العطور والصابون ، (د.عمار النهار) 114

مجلة ثقافية علمية أدبية شهرية تصدر عن جامعة دمشق

المقالات والآراء الواردة في المجلة تعبر عن آراء أصحابها ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلة
المقالات التي ترد إلى المجلة لاترد إلى أصحابها سواء نشرت أم لم تنشر

ظواهر وخفايا

- أشعّة الليزر في الطبيعة، (د.سائر بصمه جي) 127

بيئة المستقبل

- ماذا لو حدثت حرب نووية؟، (د.فواز الموسى) 134
- النفايات الصلبة بين عبء البيئة وحلول التكنولوجيا، (د.سمر الصيرفي) 147

ملف الإبداع

- ذلك الثقب الأسود، (قصّة: د.طالب عمران) 161
- صيّاد الخنافس ، (ترجمة: حسين سنبلي) 174

محطات

- تكنولوجيا الإنترنت وتطبيقاتها، (ترجمة: محمّد أمين صباغ) 186
- الاضطرابات النفسية والعقلية عند كبار السن، (هبة الله الغلاييني) 193

كتاب الشهر

- الإنسان والثروات المعدنية، (قراءة وتعليق: م.هناء صالح) 202

تحت المجهر

- من أسرار المحيطات، (رئيس التحرير) 216

ترجو مجلة الأدب العلمي من كافة الكتاب والمبدعين، إرسال إبداعاتهم منضدة على الحاسوب ومدققة وموثقة بالمصادر والمراجع، وإن كانت مترجمة فيجب ذكر المصدر وتاريخ النشر.

كون لا يحدّه حدّ... وأسرار تستعصي على الكشف

رئيس التحرير

ما زال العلماء يتحدّثون عن وجود الكتلة الخفيّة التي لا يمكن رصدها في الفضاء الكوني، ولا يستبعد بعض العلماء وجودها. إنّ هذه المادّة الغامضة لن يستطيع أحد رؤيتها، إذ إنّها تتكوّن من جزئيات أشباح غريبة من عالمنا المألوف.

في حين يفترض بعض آخر أنّ فشلنا في البحث عن هذه المادّة يعود إلى قلّة الأفكار العلمية الأصيلة..

إذا كانت صحيحة تصوّراتنا عن أنّ عالمنا منظومة مغلقة ومتجانسة فإنّ كلّ فوتون ضوئي قد انطلق من نقطة ما -من سطح نجم مثلاً- سوف يطوف العالم وسيعود إلى المنطقة نفسها في الفضاء ولكن من جهة الظهر.

يكون فهم هذه الظاهرة أسهل إذا تصوّرنا العالم على شكل كرة يشكّل سطحها عالمنا الثلاثي الأبعاد..

وإذا اخترنا نقطة ما على سطح هذه الكرة ورسمنا عبرها عدد الدوائر، نرى أنّ الخطوط المكوّنة لهذه الدوائر تتقاطع في نقطة أخرى تقع على الطرف المقابل لقطر الكرة، ومن ثم تتقاطع من جديد في نقطة الانطلاق.

وإذا حدث في الفضاء الكوني انفجار لمجرّة مثلاً، وانتشرت نتيجة ذلك تيّارات هائلة الكتلة من النيترينوهات في جميع الاتجاهات.

تجتمع هذه النيترينوهات بعد مدّة ما في منطقة مقابلة من العالم (البؤرة الثانية) ومن ثم نعود إلى منطقة انطلاقها (البؤرة الأولى) وسوف تستمر في رحلتها هذه متشتّتة شيئاً فشيئاً.

وتركّز هذه الجزئيات في البؤرة لن يكون جدُّ دقيق نتيجة اتّساع المناطق البؤرية في الفضاء بسبب اعوجاج طريق انتشارها في بعض الأماكن، كما تساهم في ذلك أيضاً عملية توسّع العالم.

ولذا يكون طول طريق جزئيات أو كمّيات (كوانطات) منفردة مختلفة وبالتالي فإنّ مدّة مرور الجزئيات بالمنطقة البؤرية ستبلغ مئات السنين.

إنّ تيار النيترينوهات الذي يتركّز في المنطقة البؤرية لا يمكن تسجيلها عن طريق الرصد البصري لأنّ هذه الجزئيات لا تضاء وليس بمقدورها أن تنشئ حقولاً ملموسة للجاذبية وأن تؤدّي دور تلك الكتلة المفقودة التي بدأنا منها حديثنا.

وافترض العلماء أنّ انفجارات أجسام كانت في الماضي كثيرة في الفضاء الكوني، وقد تكون دليلاً على ذلك أجزاء المادّة غير المرئية المتوفّرة في العديد من مناطق الكون البؤرية.

كما ترتبط الفكرة بالمحاولات التي يتّخذها العلماء منذ وقت بعيد في تقدير الأبعاد العامّة للكون الذي نعيش فيه.

على سبيل المثال في العالم المغلق يجب أن نتبيّن كلّ مجرّة في اتّجاهين متقابلين؛ أي من الوجه ومن الظهر، ففي الحالة الأولى يصلنا الضوء الذي تبثّه المجرّة في اتّجاه كوكبنا مباشرة عن أقرب الطرق.

بينما ينطلق هذا الضوء في الحالة الثانية في اتّجاه معاكس ولا يعود إلى الأرض إلّا بعد أن يطوف العالم.

لقد نشرت في مؤلّفات علم الفلك أكثر من مرّة أخبار الكشف المحتمل عن مثل هذه المجرّات التوائم التي يعدُّ بعضها انعكاساً لبعضها الآخر، إذ أكّد العلماء هذا الافتراض في وقت من الأوقات تأكيداً لا شك فيه.

ستظهر فرصة شائقة لتقدير أبعاد ووزن (كتلة) العالم المغلق. الأمر الذي ما زال غامضاً بالنسبة لعلماء الفلك.

وبالفعل فإنّنا نقدّر المسافة التي تفصل بيننا وبين أقرب المجرّات بالاعتماد على الانزياح الأحمر في طيفها.

أمّا مجموع المسافتين بين المجرّتين المتقابلتين اللتين تعتبران مجرّة ذاتها هو مجموع القوسين اللذين يشكّلان طريقاً كاملاً حول العالم.

وفي النتيجة فمن تقدير مدى تقوّس هذا الطريق فإنّه يمكن تقدير ليس أبعاد الكون بل ووزنه وكثافته أيضاً.

الأدب وعلم الحيوان

د.عيسى الشمّاس*

مقدّمة

يحفل الأدب العربي والعالمي بروايات وقصص أبطالها من عالم الحيوانات، بعض هذه الأعمال تحدّثت عن عالم الغابة، وصوّرت الصراع الشرس الذي يدور في هذا العالم، وكان الهدف منها، هو تصوير صراعات تلك الكائنات في علاقات بعضها مع بعض أو في علاقاتها مع الإنسان. أمّا بعضها الآخر وهو الأهمّ، فقد شكّل تورية لتصوير الطبيعة البشريّة، فكانت الحيوانات سواء القطط، أو الكلاب، أو الحمير، والأحصنة وغيرها، كائنات وظيفيّة ذات رموز ودلالات تسبر غور النفس الإنسانية. ويعود سبب استخداماتها في الأعمال الأدبيّة الروائيّة والقصصيّة بهذه الكثافة، إلى أنّها كانت عبر الأزمان ولا تزال قريبة من الإنسان، وهي محبّبة إلى نفوس القرّاء برموزها وسلوكياتها ويقبلون على قراءتها بشغف واستمتاع.

مَن منّا لم يسمع بكتاب «كليلة ودمنة» من ترجمة عبد الله بن المقفع، هو الكتاب الأبرز في التراث الأدبي على لسان الحيوانات، وصيغ بأسلوب أدبي رفيع. وقد امتلأ الكتاب بالقصص عن الحيوانات والطيور كشخصيّات رئيسيّة فيه، وهي ترمز في الأساس إلى شخصيّات بشرية، وتتضمّن موضوعات عن العلاقة بين الحاكم والمحكوم، بالإضافة إلى عدد من الدروس والعبَر التي تتضمّن الحكم والمواعظ، التي تهدف إلى إصلاح الأخلاق وتهذيب العقول، على لسان «كليلةَ ودمنة» وهما حيوانان من الفصيلة الكلبيّة..

* أستاذ في جامعة دمشق – كلية التربية.

أولاً- بين الإنسان والحيوان

تعدّ العلاقة بين الإنسان والحيوان من أهمّ العلاقات التي تسهم في توازن النظام البيئي واستمرارية الحياة على كوكب الأرض. فبعض الحيوانات يفيد الإنسان في المأكل والملبس، كما في الحيوانات الأليفة واللبونة، وبعضها يؤدّي دوراً حيويّاً في تلقيح النباتات، كما في النحل والفراشات، ممّا يضمن استمرار دورة الحياة النباتية. هذه العلاقة التبادلية تعزّز التنوّع البيولوجي وتدعم استدامة الموارد الطبيعيّة، ممّا يجعلها ضروريّة للحفاظ على البيئة وصحّة الكوكب الأرضي.

قبل بضعة ألوف من السنين، اتّخذ القدامى الخطوات الأولى لترويض الحيوانات البرّية لأغراضهم الخاصّة. واليوم، من الصعب بالفعل تخيّل الحياة من دون حيوانات أليفة، كما لو كانوا دائماً رفقاء مخلصين للبشر. ففي البداية، سعى الإنسان للحصول على شيء ثمين من الحيوانات، وتوفير المأوى والطعام لها. ومع ذلك، وفقاً للأنثروبولوجيا، في العصور القديمة كانت أيضاً مصدراً للمتعة الجماليّة (الزماني، 2021). وهكذا كان للإنسان، منذ أقدم العصور، علاقة خاصّة مع الحيوان، إذ سخّر الإنسان الحيوانات لخدمته وتأمين سبل حياته المعاشيّة والأمنيّة، فدجّن بعضها وعاملها باهتمام وتآلف معها، واعتمد عليها في الغذاء واللباس والموارد الأخرى، وفي المقابل استغلّ بعض الحيوانات البرّية لهذه الأغراض نفسها من خلال الصيد والقنص.

للعلاقة بين الإنسان والحيوان جذور عميقة؛ فالإنسان في أصله، كما يعرّف "حيوان ناطق أو عاقل أو مفكّر"، يستطيع أن يعبّر عمّا يريد أن يحقّقه من خلال اللغة. ومع أنّ العلاقة بين البشر والحيوانات علاقة قديمة قدم الزمن، وعلى مدى القرون، فقد كشفت الأبحاث في السنوات الأخيرة، أنّ الرابط بين البشر والحيوانات يمكن أن يتجاوز بكثير مجرّد الفائدة والراحة (Jarmon، 2023).

ذلك لأنّ تكوين العلاقة بين الإنسان والحيوان، تمّت وفق عملية تدريجية، وتعزّزت من خلال التفاعلات اللاحقة وما ينتج عنها من علاقات؛ أي أنّها تشمل التفاعلات السابقة، والحاضرة، والتنبّؤ بالمستقبل.. ولكن قد يتعرّض تشكيل علاقة إنسانية إيجابية مع الحيوان للخطر بسبب التفاعلات السلبية، حتى عندما يتفوّق حدوث التفاعلات الإيجابية بشكل كبير التفاعلات السلبية. (Loup & Others، 2020).. فقد يكون للعلاقة بين البشر والحيوانات آثار إيجابية على الطرفين، فقد أشارت دراسات عدّة عن الآثار الإيجابية لهذه العلاقة التي يحصل فيها كلّ من البشر والحيوانات على فوائد جسديّة ونفسيّة من العيش معاً في تفاعل متبادل. ولكن هناك حالات تكون فيها لها آثار سلبيّة أو حتى ضارّة على الحيوانات، أو على كلٍّ من البشر والحيوانات. (Irvine، 2022). لذلك تطوّرت العلاقة الإيجابيّة بين البشر والحيوانات، حتى

صـارت بعض الحيوانات محبّبة مـن قبَل الصغار والكبـار، كمـا في بعض أنـواع الـكلاب والقطط، التي تعيش مع الناس وتوفّر لهـا العناية الغذائية والرعاية الطبيّة.

كانـت بداية علاقـة الإنسـان بالحيـوان، مع وجـود الإنسـان البدائـي الذي توقّـف عن الجمع والالتقـاط ليبدأ حقبة جديدة بتسخير الحيوانات لمنفعتـه الشخصيّة؛ فالكلـب للحراسة والحصان للتنقّـل، والثور لحـرث الأرض، والنعجـة للحليب واللحـم والصوف. ولعلّ تلـك العلاقة هي ما دفع الإنسان أيضـاً لتصوير الحيوانـات على الكهوف القديمـة لتسجيل ما يمـرّ به في حياتـه (عاشور، 2017)... وعلـى مرّ العصور، كانـت لدى البشر والحيوانـات علاقـة فريـدة، فمـن الصيادين القدمـاء إلى المجتمـع الحديـث، أدّى البشـر والحيوانـات دوراً أساسيّـاً في حيـاة بعضهـم تجـاه بعضهـم الآخـر... من توفيـر الغـذاء والرفقـة إلى المسـاعدة في الأعمـال اليوميـة، وتطـوّرت العلاقـة علـى مـرّ الزمـن(Jar-mon، 2023) . فالحيوانـات هـي جيراننـا في الكوكب، ومن المستحيـل النظر إلى عالم الحيوان فقـط من وجهة نظر بيولوجيـة، لأنّ البشر عندما ينظرون إليه يمرّون بمجموعة كاملة من المشاعر، قـد تفاجئ الحيوانات، وتثـير الخوف والاحترام، وتعلّـم الرعاية، من خلال التأثّـر والتأثير. فنحن ننظـر إلى الحيوانـات ونبتسم لعاداتهـا، ونكافح من أجـل بقائها، ونحـثُّ أطفالنا علـى الاهتمام، لأنّ وجود الكوكب مـن دونهم سيكون مملاً ورتيباً (الزمـاني، 2021). لذلك ينظر إلى العلاقة بين الإنسـان والحيوان على أنّها علاقة تبادليّة ولكنّها معقّدة؛ فمن جانـب، يعتمد الإنسان على الحيوان في الغذاء والعمل، ومن جانب آخر، يعتمد الحيوان في غذائـه علـى مـا يزرعـه الإنسـان مـن حبوب وزراعات علفيّة مختلفة.

إنّ العلاقة بـين الإنسان والحيوان، مبنيّة على التفاعـل الإيجابي بينهما. إذ إنّ التفاعل الإيجابي هـو عمليّـة يُظهر فيها الحيـوان عنصـراً طوعيّاً، وقريبـاً مكانيّاً، وعلامـات من التوقّـع، والسرور، والاسترخـاء، أو مؤشّرات أخـرى تدلّ على تجربة مجزية ناتجة عـن التفاعل مع الإنسان. ومن جهة أخـرى، يجلب التفاعـل الإيجابي للإنسـان نتائج رفاهية مفيدة على المـدى القصير، مثل: المشاعر الإيجابيـة، وعلى المدى الطويل مثـل: القدرة على مقاومة الضغوط (Loup & Others، 2020). وقـد أظهـرت الدراسـات أنّ الحيوانـات يمكـن أن تقلّـل مـن التوتّـر، وتوفّـر الراحة، بـل تساعد الأشخاص الذيـن يعانـون مـن الاكتئـاب والقلق ومشـكلات عاطفيّـة أخرى. بالإضافـة إلى ذلك، تمّ استخـدام الحيوانـات في البيئـات العلاجيـة لمساعـدة الأشخاص ذوي الإعاقة، مثـل التوحّد، ومساعدة الذيـن يعانون من تعاطي المخدّرات. إنّ التأثـير الإيجابي الذي قد تتركـه الحيوانات على حياتنـا لا يمكن إنكاره، وقد أصبح دورها في توفير

العلاج والدعم أكثر أهمّية(Jarmon، 2023) . وهـذا يبرز الفرق بين التفاعـل والعلاقة بناءً على طبيعة الحـدث، حيث تتطوّر العلاقـة على أساس أنّ الحيوانـات قـادرة علـى التنبّـؤ بالتفاعـلات المستقبلية مع البشر. كمـا أنّ العلاقات الإنسانية الإيجابيـة أكـثر صلـةً بالرفاهية بسبـب طبيعتها المستمرّة والمترابطة.

وبناء عليه، يمكن تحديد التفاعل بين الإنسان والحيوان، على النحو الآتي: (الموسوعة، 2024):

1- **مـن الناحيـة النفسـية:** أثبتت الدراسات أنّ التفاعـل مـع الحيوانـات يمكـن أن يقلّـل مـن مستويات التوتّر والقلق. علـى سبيل المثال: قضاء الوقـت مع حيـوان أليف يمكـن أن يسهم في إفراز هرمونات السعادة مثـل السيروتونين والدوبامين، ممّـا يعـزّز الشعور بالراحـة والهـدوء. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكـون للحيوانات الأليفة تأثير إيجابي على الأشخاص الذين يعانون من الاكتئاب أو الوحـدة، لأنّهـا توفّـر لهـم شعـوراً بالانتمـاء والاهتمام. وهذا النوع من التفاعل يمكن أن يكون لـه تأثير عميق على الصحّـة النفسيّة، حيث يعزّز من الشعور بالمسؤوليّة والهدف.

2- **مـن الجانـب الصحّـي:** لا تقتصـر فوائد التفاعـل مـع الحيوانـات علـى الجانـب النفسي فحسب، بل تمتدّ لتشمـل الفوائد الجسدية أيضاً. فعلـى سبيل المثال: المشي مع الكلب يوميّاً يمكن أن يكـون وسيلة ممتازة لممارسـة الرياضة والحفاظ على اللياقة البدنيّة. كمـا أنّ اللعب مع الحيوانات يمكـن أن يحسّـن من مرونـة الجسم ويعـزّز من صحّة القلـب والأوعية الدمويّـة. وهناك دراسات تشـير إلى أنّ الأطفـال الذيـن ينشـؤون في بيئـة تحتـوي على حيوانات أليفة، قد يكون لديهم جهاز مناعـي أقوى، ممّا يقلّـل من احتماليـة إصابتهم بالحساسية والربو.

3- **العلاج النفسي والجسدي:** يمكن أن يكون للحيوانـات دور في العـلاج النفسـي والجسـدي، حيث تُستخـدم في العديد مـن البرامج العلاجية مثـل: العـلاج بالركـوب علـى الخيـل أو العـلاج برفقة الكلاب. هذه البرامـج تعتمد على التفاعل بين الإنسـان والحيـوان لتعزيز الشفـاء وتحسين الحالة النفسيّة والجسديّـة للمرضى. ومن خلال هذه الأنشطـة، يمكن للأفراد تحسـين مهاراتهم الاجتماعيّة وزيادة ثقتهم بأنفسهم.

يلاحظ من جوانب هـذا التفاعل، أنّ العلاقة بـين الإنسـان والحيـوان تتجـاوز الفوائـد الماديّة لتشمل جوانـب شخصيّة /نفسيّة وصحيّة عميقة. بمـا يمكّـن الإنسان مـن الاستفـادة القصوى من التعامل مع الحيوانات، الأليفة منها وغير الأليفة، ذلـك لأنّ تفاعل الإنسان مـع الحيوانات يمكن أن يسهم في تحسين جـودة حياة الإنسان بشكل عام، إذا مـا كان التفاعـل إيجابيّـاً، وقـد يحدث عكس ذلك إذا ما كان التفاعل سلبيّاً.

يتبـيّن ممّـا سبـق أنّ العلاقة بـين الحيوانات والبشـر متعـدّدة الأوجه، وتتشـكّل بفعل مجموعة متنوّعة مـن العوامل الثقافيّة والتاريخيّة والبيئيّة. كمـا تتشـكّل هـذه العلاقـة مـن خـلال الطرائق العديـدة التي يتفاعـل بها البشـر والحيوانات في العالَم الطبيعي، حيـث كان للبشر تأثير كبير على وجود أعداد الحيوانات وأماكن سكنها، سواء كان إيجابيّاً أو سلبيّاً.

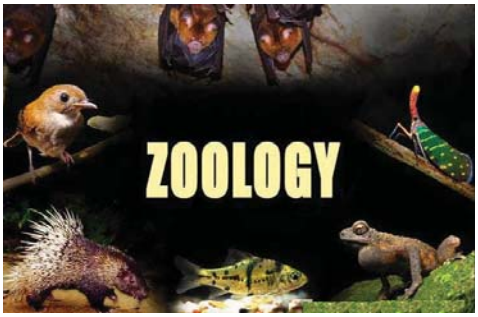
لكنّ العلاقات بين الإنسان والحيوان أصبحت تتعرّض لضغـوط متزايـدة نتيجـة التحدّيـات البيئيّة المتعـدّدة التي تواجه كوكبنا. ومن بين هذه

التحدّيات، تُعدّ التغيّرات المُناخية، واستنزاف الموارد الطبيعية، وفقدان الأماكن الحيوية من أكثر القضايا تأثيراً. يؤدّي الاحتباس الحراري إلى تغييرات في الأنظمة البيئية، ممّا يؤثّر سلباً على مواقع العديد من الأنواع الحيوانية، ويزيد من خطر انقراضها. كما أنّ النموّ العمراني غير المنضبط يتسبّب في تقليص المساحات الطبيعية، ممّا يعزل أنواعاً معيّنة من الحيوانات ويعقّد التفاعل بينها وبين البشر (ريماسكو، 2024). ومع ذلك تختلف العلاقة بين الإنسان والحيوانات من مجتمع وآخر، وتعتمد على الثقافة والتربية والتقاليد المجتمعيّة، التي تختلف بين الاستغلال في العمل والمأكل والاعتناء، كما في بعض الثقافات التي ترى الحيوان جزءاً من الحياة اليوميّة للإنسان، ويعامل باهتمام واحترام، ولا سيّما بعض الكلاب والقطط التي تعيش مع الناس في البيوت.

الخلاصة: تعدُّ العلاقة بين الإنسان والحيوان من أقدم العلاقات التي عرفتها البشرية، حيث كان للحيوانات دور محوريّ في حياة الإنسان منذ العصور القديمة. هذه العلاقة لم تكن مقتصرة على الفوائد الماديّة فحسب، بل امتدّت لتشمل جوانب نفسيّة وصحيّة مهمّة. ففي البداية، كانت الحيوانات مصدرًا للغذاء والكساء، ولكن مع مرور الوقت، تطوّرت هذه العلاقة لتصبح أكثر تعقيداً وعمقاً. إذ نجد اليوم أنّ الحيوانات الأليفة مثل الكلاب والقطط أصبحت جزءاً من حياة الكثير من الناس، الذين يوفّرون لهذه الحيوانات الدعم العاطفي والرفق والأمان، ولها منظّمات «الرفق بالحيوان»..

ثانياً- علم الحيوان

علم الحيوان: بالإنجليزيةZoology ، هو الدراسة العلميّة للحيوانات، يشمل هذا المجال دراسة بنية الحيوانات، وتطوّرها الجنيني، وتصنيفها، وعاداتها، وتوزيعها، سواء كانت حيّة أو منقرضة، بالإضافة إلى دراسة كيفيّة تفاعلها مع بيئاتها. لذلك يُعدّ علم الحيوان أحد الفروع الأساسيّة لعلم الأحياء، ويُشتق اسمه من اليونانية القديمة ζῷον (zōion)) وتعني "حيوان"، وlogos) (λόγος وتعني "معرفة" أو "دراسة (المعجم الموحّد لمصطلحات علم الأحياء، 1993، 362).



كما يعرّف علم الحيوان بأنّه: فرع من فروع البيولوجيا يدرس أعضاء مملكة الحيوان وحياة الحيوانات بشكل عام. ويشمل البحث في الحيوانات الفرديّة وأجزائها المكوّنة، حتى المستوى الجزيئي، والبحث في تجمّعات الحيوانات، وعلاقات بعضها ببعض، وبالنباتات، وبالبيئة غير الحيّة. وعلى الرغم من أنّ هذا النطاق الواسع من الدراسات يؤدّي إلى بعض العزلة بين التخصّصات داخل علم الحيوان، إلاّ أنّ التكامل المفاهيمي في دراسة الكائنات الحيّة الحالية التي حدثت في السنوات الأخيرة، يُبرز الوحدة الهيكليّة والوظيفيّة للحياة بدلاً من تنوّعها. (Hanson، 2025) وبما أنّ

علـم الحيوان هو فـرع علم الأحيـاء، فهو يختصّ بدراسـة حيـاة الحيـوان، وتطـوّره وفـق الجنس والنوع.

إنّ تتبّـع تاريخ علم الحيـوان الخاص بدراسة مملكـة الحيوانات منـذ العصـور القديمة وحتى العصـر الحديث، يظهر حاجـة الناس في عصور ما قبل التاريـخ إلى دراسة الحيوانـات والنباتات في بيئاتهـم لاستغلالها والبقاء علـى قيد الحياة. كما تُظهـر الرسـوم الكهفية والنقوش والتماثيل للخيـول والغـزلان بتفاصيـل دقيقـة في فرنسـا، تعود إلى 15 ألف سنـة. وكما تُظهر صور مشابهة مـن أجـزاء أخرى مـن العـالم غالبـاً الحيوانات التـي تمّ اصطيادهـا من أجل الغـذاء والحيوانات المفترسـة..(Fellowes، 2020).، وقد بدأ علم الحيوان مع مشاهـدات الإنسان الأولى ومحاولاته لتصنيفهـا. لذلـك فعلـى الرغـم مـن أنّ مفهوم علـم الحيوان كمجـال علمي موحّـد ظهر في وقت لاحـق، إلاّ أنّ العلوم الحيوانية نشـأت من التاريخ الطبيعـي، الـذي يعـود إلى الأعمـال البيولوجيـة لـكلّ من أرسطو وجالينوس في العـالم اليوناني- الرومـاني القـديم. في القرن الرابـع قبل الميلاد. فـكان أول تصنيـف وضعـه أرسطـو، يعتمد على التشابـه الظاهـري للحيوانات، أو تشابـه بيئتها، كتلـك التي تعيش علـى الأرض، أو في البحر، أو في الجوّ.

فقـد نظر أرسطـو إلى الحيوانـات باعتبارها كائنات حيّة، فدرس بنيتها، وتطوّرها، والظواهر الحيوية المرتبطة بها. كما قسّمها إلى مجموعتين:

- **حيوانـات ذات دم:** وهـي مـا يعـادل اليـوم مفهوم الفقاريات.

- **حيوانـات بـلا دم:** وهـي مـا يُعـرف الآن باللافقاريات (ويكيبيديا، 2025 علم الحيوان).

وبذلـك أصبحـت دراسـة حيـاة الحيوانـات مـن قبل الإغريـق القدماء أكـثر عقلانية، وإن لم تكـن علميّة بالمعنـى الحديث، وشجّعـت الدراسة المنهجيّـة للحيوانات مـن خلال أوصـاف أرسطو الواسعـة للأشيـاء الحيّـة، حيـث تعكس أعماله مفهوم الإغريق للنظام في الطبيعة وتمنح الطبيعة صرامـة مثاليـة .(Hanson، 2025)واستمرّت علـوم الحيوان في التقليد الأرسطي لقرون عدّة في منطقة البحر الأبيض المتوسط، وبحلول العصور الوسطـى، كانت قـد تراكمت لعلـوم الحيوان قدر كبير من المعلومات الموضوعيّة حول الحيوانات.

كان لأعمـال داروين في القـرن التاسع عشر، دور مهـمّ في تطوير علـم الحيوان، وظهـر أخيراً نظـام التسمية الثنائيـة المستعمـل الآن في العالم ويشير إلى كلّ نوع معروف من النبات، أو الحيوان باسمين لاتينيين، الأول يشير إلى الجنس، والثاني يشـير إلى النـوع. ثم اتّسـع مجال علـم الحيوان تدريجيـاً بعدما ظهرت الدراسـات في علم الأجنّة وعلـم التشكّل عن نموّ الحيوانـات وعلاقة بعضها

ببعض (ويكيبيديا، 2025، علم الحيوان). وقد بدأ تدريس علم الحيوان للمرّة الأولى في الجامعات الألمانية والبريطانية، إذ تأسّس أوّل معهد لعلم الحيوان في بريطانيا من قِبَل "توماس هنري هوكسلي" Thomas Henry Huxley وكانت أفكاره حول مورفولوجية (الشكل الظاهري) الحيوانات. ويُعدُّ توماس من أحد أشهر المختصّين في التشريح المقارن في النصف الثاني من القرن التاسع عشر.

وعندما بدأ توماس بدراسة التشريح المقارن تدريجياً، أدرك أنّه يحتاج الى وسائل علميّة أخرى لتوضيح هذا العلم (سالم، 2022). وبذلك صار علم الحيوان يؤدّي دوراً حيوياً في معالجة التحدّيات البيئيّة المعاصرة، بما في ذلك تغيّر المُناخ، وتدمير المواطن، وانقراض الأنواع. فمن خلال دراسة تنوّع الحيوانات وتفاعلات النظم البيئيّة، يسهم علماء الحيوان في إبلاغ استراتيجيات الحماية وجهود استعادة النظم البيئيّة. فعلى سبيل المثال: أسهمت الأبحاث حول سلوك الأنواع، والوراثة، ومتطلّبات الإقامة بشكل مباشر في حماية الحيوانات المهدّدة بالانقراض وتصميم ممرّات الحياة البريّة(Fellowes ،2020) ، ولكن على الرغم من أنّ البشر كانوا مهتمّين بالتاريخ الطبيعي للحيوانات التي رأوها من حولهم، واستخدموا هذه المعرفة لتدجين أنواع معينة، إلاّ أنّه يمكن القول إنّ الدراسة الرسمية لعلم الحيوان نشأت مع أرسطو. أمّا أصل علم الحيوان الحديث، فيعود إلى عصر النهضة والفترة الحديثة المبكّرة، مع عالم التطوّر "تشارلز داروين"، وعالم الوراثة "غريغَور مندل"، وغيرهما ممّن اهتمّوا بدراسة التطوّر والوراثة.

شهد علم الحيوان تحوّلاً كبيراً على مدار القرون الثامن عشر والتاسع عشر والعشرين، بعد أن كان في السابق مجالاً يقتصر على علماء الطبيعة الهواة، ليصبح تخصّصاً علميّاً احترافياً بشكل متزايد. درس مستكشفون وعلماء طبيعة، مثل: ألكسندر فون هومبولت/الذي درس تفاعل الكائنات الحيّة مع بيئتها، وكيفية تأثّر هذه العلاقة بالعوامل الجغرافية، ممّا أسّس لمجالات الجغرافيا الحيوية، والبيئة، وعلم سلوك الحيوان (الإيثولوجيا). وبدأ علماء الطبيعة في رفض مبدأ الماهويّة، وأدركوا أهمّية الانقراض وقدرة الأنواع على التغيّر والتطوّر، ممّا أسهم في تشكيل فهم أعمق للتنوّع الحيوي والتكيّفات البيئيّة (ويكيبيديا، 2025 علم الحيوان). وقد أسهم تقدّم العلوم الأخرى في تقدّم علم الحيوان الحالي، ويشمل: التشريح -علم الوراثة، سلوك الحيوانات، الظروف البيئيّة، وتصنيف الحيوانات وفق البيئة الجغرافيّة وتكيّفها مع هذه البيئة.

الخلاصة: نشأ علم الحيوان من التاريخ الطبيعي الذي يعود إلى القرن الرابع قبل الميلاد، وتحديداً مع الأعمال البيولوجية لأرسطو وجالينوس في العالم اليوناني الروماني القديم. وفيما بعد، ظهر مفهوم علم الحيوان كمجال في البحث العلمي، من خلال الفهم العلمي لعالم الحيوانات المتنوّع، حيث تبلور علم الحيوان ووفّر استكشافاً لسلوكها، وعلم وظائف أعضائها، وأدوارها البيئية بما في ذلك عالم أحياء الحياة البرّية، وعالم الأحياء البحرية. بالإضافة إلى العمل مباشرة مع الحيوانات من حيث الرعاية والعناية، وتقديم الخدمات اللازمة. ومن خلال البحث، والاستشارات البيئيّة، يتمّ تطوير السياسات. التخصّصيّة في مجالات علم الحيوان المختلفة، كما في سلوك الحيوان، وعلم الوراثة، والتنوّع البيولوجي.

ثالثاً- الأدب وعالَم الحيوان

كان للحيوانات دور مهمّ في الأدب منذ آلاف السنين.. وحتى قبل أن يسجّل الإنسان قصصه وحكاياته، كان القدامى يكتبون القصص عن الحيوانات عن طريق الرسم على جدران الكهوف التي كانوا يسكنونها. وهذه الأمثلة القديمة من التاريخ الأدبي كانت تنطوي على عناصر دينيّة وأسطوريّة قويّة. ففي القرن السادس قبل الميلاد، كان لحكايات /إيسوب/ دور مهمّ في التوجيه الأخلاقي مستعملة سلوك الحيوانات كأمثلة على ما يُعدُّ أخلاقيّاً، وما لا يُعدُّ كذلك. واستعمل المصريون والإغريق القدامى الثيران والأسود، بالإضافة إلى الحيوانات الخياليّة، وجعلوها تقوم بأدوار مهمّة في تطوير الأساطير التي تركت أثراً عميقاً في كلّ شيء ابتداء من القصص المروية إلى دراسة النجوم والأفلاك السماويّة (الحكيم، 2019). فكانت الأساطير القديمة والحكايات ذات الطابع الخرافي، عبر التاريخ، وفي معظم مناطق العالم، تمتلئ ببعض أنواع الحيوانات من كلّ صنف؛ فبعضها متوحّش وبعضها مسالم، وبعضها بريّ معادٍ للإنسان، وبعضها أليف صديق للإنسان وخادم له.

لكنّ حضور الحيوان في النّصّ الأدبيّ أو الديني لم يكن مقطوعاً عن جذور أنثروبولوجيّة تشدّ وجود الإنسان إلى وجود الحيوان. فقد بحثت مجموعة كبيرة من الأدب في الفوائد المفيدة للعلاقة بين الإنسان والحيوان، وتبيّن، على ما يبدو، أنّ كلاً من البشر والحيوانات يكتسبون فيها فوائد جسديّة ونفسيّة من العيش معاً في تفاعل متبادل. ومع ذلك، ومن خلال تحليل الأدب من منظور مختلف، يتّضح أنّه ليس نادراً أن تتميّز العلاقات بين البشر والحيوانات بأشكال ومستويات مختلفة من الانزعاج والمعاناة للحيوانات، وفي بعض الحالات، أيضاً للبشر. (Ir-vine، 2022). فعلى سبيل المثال: تعلّم الإنسانُ كيفيّة الادّخار من النّمل الذي يخزّن الطّعام لأيام الشتاء الماطرة. وتعلّم أهميّة الجَدّ والعمل من النحل الذي يقضي أوقاتاً طويلة بين الأزهار، ليجمع غبار الطلع ويصنع منها الشهد الذي يملأ

الأقراص بالعسل اللذيذ. وهذا كلّه ساعد الإنسان على الاستقرار في المكان والانصراف إلى أعمال أخرى، أسهمت في تطوّره وفي إبداع الحضارة الإنسانيّة.

هذا، وقد وضعت كلّ الشعوب القديمة تقريباً حكايات شعبيّة أبطالها شخصيّات حيوانيّة ذات صفات آدمية: فصوّر الثعلب مثلاً على أنّه ماكر، والبومة على أنّها عاقلة في بعض الثقافات، ونذير شؤم في ثقافات أخرى... وهكذا، وبمرور الوقت بدأ الناس يحكون الحكايات لتعليم الأخلاق الحميدة، كما في معظم الحكايات اليونانية التي تنسب إلى /إيسوب/، الذي اكتسب شهرته من قدرته على قص هذه الحكايات الممتلئة حكمة وذكاء وفكاهة على لسان الحيوانات، ومن المحتمل أنّ الحكايات المعروفة باسم حكايات إيسوب" قد جاءت من مصادر عدّة قديمة كالهند (عوض، 2015). كما استخدم الأدب الحيوانات لشرح بعض الظواهر الطبيعيّة والبشرية، ولا سيّما تلك التي لا يستطيع أن يجد لها تفسيراً علمياً. وهكذا جسّدت بعض الحيوانات جوانب من الشخصيّة الإنسانيّة، وجسّد بعضها الآخر ما يدور في الطبيعة بدلالاته وتأثيراته.. وثمّة أمثلة على ذلك، عالميّة وعربيّة.

رابعاً- نماذج من عالم الحيوان في الأدب

1- نماذج من عالم الحيوان في الأدب العالمي:

1/1- قصص كليلة ودمنة:

في القرن السابع الميلادي نقل عبد الله بن المقفّع كتاب «كليلة ودمنة» الى العربية عن الفارسية. والكتاب مجموعة من القصص ذات طابع يرتبط بالحكمة والأخلاق يرجّح أنّها تعود إلى أصول هنديّة مكتوبة باللغة السنسكريتيّة. معظم شخصيات قصص الكتاب عبارة عن حيوانات بريّة، فالأسد هو الملك وخادمه ثور اسمه شتربة. وتدور القصص بالكامل في الغابة وعلى ألسنة هذه الحيوانات (الحكيم، 2018). ولكن هناك من رأى أنّ الكتاب ينسب إلى عبد الله بن المقفّع نظراً لكون الكتاب في لغته العربية هي الأقدم، فكيف يكون ترجمه ابن المقفّع في القرن الثاني الهجري بينما الكتاب تمّ تأليفه في القرن الرابع الهجري؟ وبعيداً عن أصول الكتاب، فإنّ العمل الذي وصل إلينا الآن زاخر بالحكايات المسلّية ذات المعاني القيّمة، فكلّ قصّة تحمل في نهايتها حكمة يعقبها دعوة للحاكم.

يُحكى أنّ الإسكندر ذا القرنين حين غزا بلاد الشرق، وكانت الهند من ضمن تلك البلاد، عيّن أحد رعاياه حاكماً عليهم. غير أنّ الهنود لم يرضوا بهذا الحاكم الأجنبي فثاروا عليه وخلعوه ونصّبوا واحداً منهم حاكماً عليهم، اسمه «دبلشيم». وقد أمر الحاكم الجديد الفيلسوف «بيدبا» أن يجمع

لـه خلاصـة الحكمـة بأسلـوب طريف، فمـا كان من الفيلسـوف إلاّ أن كتب حكايـات كليلة ودمنة. وكليلـة ودمنـة همـا حيوانان مـن حيوانـات ابن آوى، والحكايـات كلّها تدور في الغابـة على ألسنة الحيوانات المختلفة.

يحتـوي الكتاب علـى 15 بابـاً، وكلّ باب منها يتضمّن حكمة مـا، فالباب الأول مثلاً، باب الأسد والثـور، سنجد أنّ موضوعه ينطـوي على الوشاية التـي تفسد الصداقـة، بينما البـاب الثاني، باب الفحـص عـن أمـر دمنة، فـإنّ الحكمـة منه هي المصـير السـيء للواشـي... وهكـذا (عاشـور، 2017 (وإن كان هـدف الكتاب من البداية تجميع الحكمـة بأسلوب أدبي ممتع، فإنّ الكاتب استطاع أن يحقّق هدفه، وأن يقدّم عملاً أدبيّاً راقياً يشمل النصـح الأخلاقي والإصلاح الاجتماعي والتوجيه السياسـي السليـم، ويعمـل علـى تقـويم الحكّام والرعيّة.

1/2- مزرعة الحيوان:

في أواخـر القرن السابع عشـر والقرن الثامن عشـر -أي في عصـر التنويـر- تطـوّر القصّ الأخلاقـي الى نوع أدبـي جديد هـو الهجاء الذي يتناول العيـوب في الشخصيّـة الإنسانيّة والفساد السياسـي. وفي القـرن العشريـن اتجـه كثير من الكتّـاب الى قصـص الحيـوان فانتجـوا أعمـالاً ثوريّـة بأفكار حديثة، فكتب جورج أورويل «مزرعة الحيـوان» 1945، تقوم الحيوانات فيها بثورة ضدّ صاحب المزرعة، ويتـولّى الخنازير القيادة، ولكن شيئـاً فشيئـاً تعود الأمـور إلى ما كانـت عليه قبل الثورة، وتنهار مبادئ الثورة الواحد بعد الآخر.

ولكـن لا يمكـن أن ننظر إلى الأعمـال الأدبيّة بمعزل عن حيـاة مؤلّفيها، فالكاتب كالإناء ينضح بما فيه، وجورج أوريـل الكاتب البريطاني الأشهر عانـى كثيراً مـن الشيوعيّـة السوفييتيّـة، وعدّها مضلّلة، تغـرّر بالأفراد وتستغلّهـم. لذلك تنتسب «مزرعـة الحيـوان» إلى الأدب السياسـي، وفيهـا يرصد أورويل تطوّرات الثـورات -وإن كان يقصد تحديـداً الثورة الروسية- منذ اندلاع الحلم وحتى تحوّلها إلى كابوس رهيب.

كانـت بدايـة الثـورة مـع الخنزيـر العجـوز (ميجـور) صاحـب الجائزة الـذي رأى في منامه حلمـاً بالاستقـلال، فأخـبر به حيوانـات المزرعة ومـات، ولكـن بعد موتـه تتحـرّر الحيوانـات من استعبـاد "مسـتر جونـز" السكّـير، وتطيـح بـه وبرجالـه لتصبح المزرعة ملـكاً للحيوانات، ويقوم الخنزيـران "سنوبـول ونابليـون" علـى إدارة المزرعة. ولكن مع تطوّر الأحداث تتحوّل الخنازير إلى صـورة أخـرى مـن البشـر، مـن الاستبـداد

والظلـم. وتضيع مبادئ الثـورة، وتندثر شعاراتها ومـا كان يأمل إليه كل حيوان وسط ثغاء الخراف، ليجـدوا أنفسهـم كمـا كانـوا قديماً مجـرّد عبيد (عاشـور، 2017). وهكـذا تضيع الثـورات إن لم يحافـظ أصحابهـا علـى ثوابتهـا وأهدافهـا نحو التقدّم وتحقيق الحياة الأفضل للمواطنين.

1/3- النورس جوناثان ليفنجستون:

يحكـي الكاتـب الأمريكـي «ريتشـارد باخ» في روايته الصغيرة عن النورس/جون، ذلك النورس الذي يحلّق بعيـداً عن السرب، فالطيران بالنسبة لـه متعـة أو غاية المتعة، ولا يقارن بـأيّ عمل آخر، في الوقـت الذي يـراه الآخـرون في السرب غريب الأطـوار. وذات مـرّة قـرّر جون أن يحلّـق بسرعة كبـيرة جدّاً، غير أنّ مجلس السرب قرّر أن يطرده بسبـب حماقتـه المتكـرّرة. وحـين كان في وحدته، نصحـه المعلِّم بأن يتبع تفكـيره، ليجد جون نفسه في سماء غـير السماء، لها ألوان عجيبة وشموس، وهنـاك الكثـير مـن النوارس التي تحيـا من أجل الطيران.

كان بإمـكان النورس أن يعيش هناك إلى الأبد غير أنّـه بدافع مـن المسؤوليـة الاجتماعيّـة، قرّر العـودة إلى موطنه علـى المحيط ليواصـل رسالته المقدّسـة وليكـون معلِّمـاً، انضمّ إليـه العديد من النوارس ليتعلّمـوا منـه ويقتدوا به.. هـذه حكاية الذيـن يتبعـون قلوبهـم وإرادتهـم، ويصنعـون قوانينهم الخاصّة؛ الذين يستمتعون بعمل الأشياء بدقّة وأمانة، حتـى لو كانت لأنفسهم فقط؛ الذين يعرفـون أنّ في هـذه الحياة ما هو أغلـى ممّا تراه أعيننـا: هـؤلاء سيطـيرون مـع «جوناثـان» أعلى وأسـرع وأبعد ممّا كانوا يحلمـون (باخ، 2016). إنّهـا قصّة النورس الذي استطـاع أن يتغلّب على حدود طبيعته، وعلى قيود مجتمعه، ليحقّ هدفه في الوصول إلى مستوى عالٍ من المعرفة، التي عاد بها إلى أقرانه الذي التفّوا حوله، وآثر أن ينشر بينهم ما حصل عليه من معرفة في جولته. إنّ فيها حكمة لمن صمّم على تحقيق هدف، وحصل على ما ينفعه وينفع الآخرين من حِوله.

2- نماذج من عالم الحيوان في الأدب العربي:

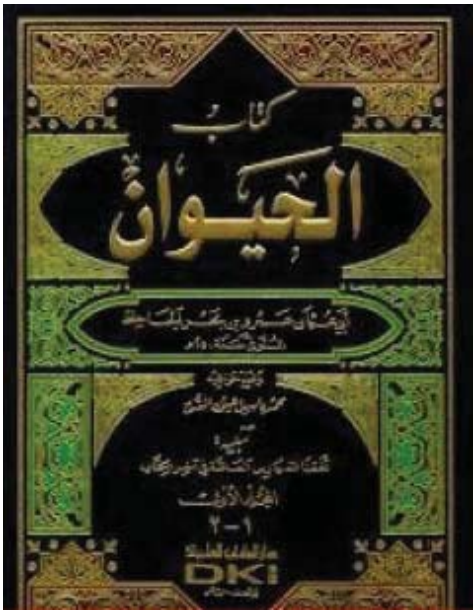
اتّخـذ الأدب العربـي، كغيره مـن الآداب، من الحيوانات أبطـالاً وشخوصاً، وسَرد على ألسنتهم العديد مـن الحكايات الأدبيّـة البديعة، وإن كانت الكتابـة عـن الحيوانات بالغـة الندرة فهـي أيضاً بالغـة التأثير، فمـن خلالها تمكّـن المؤلِّف من أن يُعبّر عن المتاح وغير المتاح.

2/1- كتاب الحيوان للجاحظ:

يعدّ «كتـاب الحيوان» للجاحظ أوّل كتاب وضع في العربيـة جامع في علم الحيـوان.. لأنّ من كتبوا قبل الجاحظ في هذا المجال أمثال: الأصمعي وأبي عبيدة وابـن الكلبي وابن الأعرابـي والسجستاني وغيرهم.. كانوا يتناولون حيواناً واحداً مثل: الإبل

أو النحل أو الطير.. وكان اهتمامهم الأوّل والأخير بالناحيـة اللغوية وليس العلميّـة.. ولكن الجاحظ اهتـمّ إلى جانب اللغة والشعـر، بالبحث في طبائع الحيوان وغرائزه وأحواله وعاداته.

ولأنّ الجاحـظ كان غزيـر العلِـم.. مستوعباً ثقافات عصره.. فقد كانت مراجعه في كتبه تمتدّ لتشمل القـرآن الكريم والحديـث النبوي والتوراة والإنجيـل وأقـوال الحكمـاء والشعـراء، وعلـوم اليونان وأدب فارس وحكمة الهند، بالإضافة إلى تجاربه العلمية ومشاهداته وملاحظاته الخاصة.



كان للجاحـظ أسلوب فريـد، يتناول موضوعاً ثـم يتركـه ليتناول غيره.. ثـم يعـود إلى الموضوع الأول.. وقـد يتركه ثانية قبـل أن يستوفيه وينتقل إلى موضـوع جديد... وهكـذا.. كتابه «الحيوان» مثلاً لم يقتصر فيه علـى الموضوع الذي يدلّ عليه عنـوان الكتاب.. بل تناول بعض المعارف الطبيعيّة والفلسفيّة.. وتحـدّث في سياسة الأفراد والأمم.. والنـزاع بين أهل الـكلام وغيرهم مـن الطوائف الدينية (الجاحظ، 1424ه). كما تحدّث في كتاب الحيوان عن موضوعات تتعلّق بالجغرافيا والطب، وعادات الأعراب وبعض مسائل الفقه... هذا عدا ما امتلأ به الكتاب من شعر وفكاهة تصل إلى حدّ المجون بل والفحش.

2/2- حكاية على لسان كلب:

الكاتـب المصـري يحيـى الطاهـر عبـد الله، حالـة متفـرّدة بلا شـك في الأدب العربـي، وربّما العالمـي، يكفـي أنّـه الوحيـد القـادر علـى حفظ رواياته وقصصه، ولعلّ ذلك ما أكسبه لغة شديدة الخصوصيّـة. وللكاتب المصري روايـة صغيرة أو قصّة طويلة بعنوان "حكاية على لسان كلب".

تـدور أحـداث القصّـة حـول الكلـب البلدي (محظـوظ) الذي يعيش في الأرياف، وهناك يرى الكلبة (لولو) صاحبة الحسب والنسب فيتعلّق بها ويقـرّر أن يهرب من أهله وأن يرحل باحثاً عنها في المدينة، حيث تعرّف علـى نملة تكون هي مرشدته المخلصة (عبد الله، 1992).

ويكتشف الكلب محظوظ مواهبه فيلتحق بالسيرك ليقدّم عروضاً مدهشة، ينال على أثرها الشهرة والمجد والمال، ويتزوّج من لولو حبيبة القلب في حفل زفاف ضخم يضمّ الكلاب من الفصائل كافّة. غير أنّه في حفل الزفاف يتنصّل من أهله "البلديين" ويطردهم من قصره الكبير، ويقتل النملة... بعدها يُصاب بمرض غامض فيعيش ما بقي من عمره على الحقن والأدوية.

2/3 - **الحيوان في الأدب العربي:**

كتاب الحيوان في الأدب العربي، ثلاثة أجزاء، للدكتور شاكر هادي شاكر، تتحدّث عن أنواع الحيوانات وأسمائها، ومعانيها ودلالات كلّ منها بالنسبة للإنسان في كلّ مجتمع، وفي كلّ عصر. والنافع منها وغير النافع.. وثمّة أمثلة على ذلك (شاكر، 1985)

- **في الجزء الأوّل:** يتحدّث عن «الجِمال» وهو اسم واحدٌ يقع على الجميع ليس بجمع، ولا اسم جمع، وإنّما هو دالٌ على الجنس وهي مؤثثة، وإذا صغّرتها قلت: أبيلة. وينضوي تحت اسمها اسم (البعير) وهو من الإبل بمنزلة الإنسان من الناس. يقع على الذكر والأنثى.. يُقال: حلبت بعيري، وصرعتني بعير لي. والجمع أبْعرة وأباعر. وبُعْران. و(الجمل) وهو الذكر من الإبل، وجمعه: جمال وأجمال وجمالة، وجمالات: و(الناقة) وهي الأنثى من الإبل، ومن جموعها: ناق ونوق.

- **في الجزء الثاني:** الخفّاش (بضمّ الخاء وتشديد الفاء) وجمعه خفافيش: طائر لبون غريب الشكل ذو أذنين وأسنان وخصيتين. ويبول كما يبوّل ذوات الأربع. ويُرضَع ولده ويحيض. ولا ريش له، لذلك فهو يختلف عن الطيور في كلّ شيء.. له ثلاثة أسماء: الخفّاش وهر الأشهر، والوطواط. وقيل: الزطراط وبه سمّي الرجل أخفش. والأخفش لا يبصر في النهار إلاّ مع الغيم. لذلك يلتمس الخفاش وقتاً لطيرانه وطلب رزقه، يكون بين الظلمة والضوء، وهو قبيل غروب الشمس.

- **في الجزء الثالث:** العنكبوت: دويبة تنسج في الهواء وهي مؤنثة وقد تذكّر. والعكنباة (بتقديم الكاف على النون) والجمع عناكب. وعكانب. واسم الجمع عَنَكَب وعنكباء. وكنية ذكر العناكب: أبو خيثمة. وأبو قشعم والأنثى: أم قشعم. وهي أصناف منها: اللّيثُ يصيد الذيات. وله عيون عدّة وأرجل عدّة.

ويقول عن الغراب: الغراب (بالضم) طائر معروف. وهو معدود في الجوارح. جمعه: غربان، وأغربة، وأغربن وغرابين. سمّي الغراب لسواده إن كان أسود، والأبقع لاختلاف لونه. ولأنّه حادّ البصر قالوا عنه عند خوفهم من عينيه: الأعور وما به من عور. ومن أسمائه: ابن داية، لأنّه ينقّب عن الدّبر حتى يبلغ إلى العنق. ويقال له: ابن الأبرص وابن بريح. وهو أصناف منها الأعصم. وهو أحمر الرجلين والمنقار.

وإذا كان عالم اليوم، يشهد تغيّرات سريعة في البيئات الطبيعية والتكنولوجيات الحديثة، فإنّ دراسة العلاقة بين الإنسان والحيوان تزداد أهميّة، لأنّ هذه العلاقة تعدّ جزءاً أساسياً لفهم النظام البيئي ككلّ، حيث تؤدّي الحيوانات دوراً حيوياً في الحفاظ على التوازن البيئي وتوفير الموارد الضرورية للبشر. وهنا تبرز الحاجة الملحّة لفهم الآثار المترتّبة على هذه العلاقات وكيفيّة الحفاظ عليها (ريماسكو، 2024). وهذا يقتضي ضرورة تعزيز الوعي بأهمّية هذه العلاقة بين الإنسان والحيوان، والتحدّيات المعاصرة التي تواجههما معاً، مثل تدهور البيئات الطبيعيّة والتغيّر المُناخي، التي تؤثّر على وجود العديد من الأنواع الحيوانية. وهذا ما تقوم به المنظّمات التي تعنى بحماية البيئة وتربية الحيوانات، وجمعيات الرفق بالحيوان.

الخلاصة: قدّمت الأعمال الأدبيّة القصصيّة والروائية، بعض الحيوانات كأبطال لرموز بشريّة، انشغلت بما ينشغل به الإنسان، من أفعال ومواقف. وذلك يشير إلى أنّ الأدب يمكن أن يعبّر من خلال النصوص المختلفة، ما يمكن أن تقوم به شخصيّة البطل، أو شخصيات الأبطال، وإن كانت برموز إسقاطيّة من الحيوانات التي تناسب موضوع النصّ والهدف منه.

وهنا تكون للأدب خاصيّة فريدة تشبه المرآة عند التأمّل في جوهر الطبيعة، ولا سيّما الحيوانات، من الحكايات القديمة إلى النثر الحديث، حاملةً معها الثقافة، والرمزية، والروابط العاطفيّة العميقة، التي توضّح كيف يعبّر كتّاب مختلفون عن وجهات نظرهم تجاه الحيوانات، مسلّطين الضوء ليس على مملكة الحيوانات فحسب، ولكن أيضاً على علاقة الإنسان بها، حيث توضع الحيوانات في مقدّمة السرد القصصي والروائي، ممّا يخلق جسراً بين تقدير الأدب وارتباطه في العالم الحقيقي للحيوان.

المراجع:

- باخ، ريتشارد (2016) النورس جوناتان ليفنجستون، ترجمة: محمد عبد النبي، دار الكرامة، القاهرة.
- الجاحظ (1434ه) كتاب الحيوان، سبعة أجزاء، دار الكتب العلميّة، بيروت.
- الحكيم، زياد (2018) الأدب وعالم الحيوان، إبريل، نيسان الأنطولوجيا.
- ريماسكو (2024) علاقة الإنسان والحيوان: فهم الترابط والتحديات الراهنة، 27 تشرين الثاني.
- الزماني، نبيل (2021) الحيوانات والإنسان دور تكاملي بينهم، بيان علاقة الحيوانات بالإنسان، 18 تموز، علوم طبيعيّة.
- سالم، محمد لبيب (2022) أهمية دراسة علم الحيوان، تكنولوجيا، 8 آذار.
- شاكر، هادي شاكر (1985) الحيوان في الأدب العربي، مكتبة النهضة العربيّة.
- عاشور، عمرو (2017) رمزية الحيوان في الأدب الإنساني.. من «كليلة ودمنة» إلى «مزرعة الحيوان، 29/8.
- عبدالله، يحيى الطاهر (1993) حكاية على لسان كلب: التنصل من الأصل..المستقبل العربي
- عوض، إبراهيم (2015) قصص الحيوان في أدبنا والآداب الأخرى(1)، 15/7.
- المعجم الموحد لمصطلحات علم الأحياء (1993) سلسلة المعاجم الموحدة (8) (بالعربية

والإنجليزيــة والفرنسية، مكتــب تنسيق التعريب، تونس.
– الموسوعة (2024) علاقة بين الإنسان والحيوان والنبات وأهميتها، 18 تشرين أوّل.
– ويكيبيديا (2025) علم الحيوان، 16 تموز.
- Fellowes ,Mark (2020). 30-Second Zoology: The 50 most fundamental categories and concepts from the study of animal life. Ivy Press. ISBN 978-0-7112-5465-7
-Hanson ,Earl Dorchester (2025) Zoology | Definition, History, Examples, Importance, & Facts- Encyclopaedia Britannica, Jun 23. **https:// www.britannica.com › science › zoology**
=Irvine, Leslie (2022) The Complexity of the Human–Animal Bond: Empathy, Attachment and Anthropomorphism in Human–Animal Relationships and Animal Hoarding- Animals (Basel Oct 19;12 (20):2835. doi: 10.3390/ani12202835- https:// pmc.ncbi.nlm.nih.gov › articles
-Jarmon, Alan (2023) Relationship Between Animals And Humans February 18 - https://relationshipbetween.com › relationship-between-ani…
- Leroi, Armand Marie (2015). The Lagoon: How Aristotle Invented Science. Bloomsbury. pp. 135–136. ISBN 978-1-4088-3622-4
=Loup, Jean & Others (2020) The Power of a Positive Human–Animal Relationship , 9November,Sec.Animal Behavior and Welfare, Volume 7

https://www.frontiersin.org › journals › veteri…
-Wikipedia (2025) Zoology, 22 July - https://en.wikipedia.org › wiki › Zoolog

رحلات استكشاف المرّيخ

متى تطأ أقدام البشر سطح الكوكب الأحمر؟

(2 من 2)

محمَّد حسام الشَّالاتي*

كما ذكرنا في الجزء الأوَّل من مقالنا، يُعَدُّ المرِّيخ من أكثر الكواكب التي تُثير فُضول العُلماء والباحثين ووكالات الفضاء العالميَّة حاليًّا، وقد تمَّ حتَّى الآن إرسال أكثر من 100 مسبار فضائي إلى هذا الكوكب الأحمر لكشف أسراره. وفي الوقت الذي باءت فيه مُحاولاتٌ كثيرة بالفشل، نجحت مُحاولاتٌ أخرى في إرسال بيانات وصُوَر مُهمَّة إلى الأرض. ومن هذه المُحاولات النَّاجحة عربة وكالة الطَّيران والفضاء الأمريكيَّة «كيوريوسيتي روفر»، التي تجمع حاليًّا عيِّنات من تُربة وصُخور المرِّيخ، وعربة وكالة الفضاء الأوروبِّيَّة «مارس إكسبرس»، التي تُرسل بيانات وصُوَراً مُذهلة حقًّا عن هذا الكوكب الأحمر. وتُركِّز مُهمَّات (بعثات) استكشاف المرِّيخ -بالدَّرجة الأولى- على فهم جُيولوجيا المرِّيخ، وإمكانيَّة الاستفادة من مَوارده، أو العيش فيه مُستقبَلاً.

في هذا الجزء من مقالنا تتمة الرِّحلات الفضائيَّة البشريَّة إلى المرِّيخ، وأهمَّ ما استكشفته هناك.

* طيَّار شراعي وباحث في علوم الطَّيران.

نظرة عامَّة على بعثات استكشاف المرِّيخ السَّابقة

فيما يلي لَمحةٌ مُوجَزة عن البعثات السَّابقة إلى المرِّيخ:

1- البعثات السوفييتية المُبكِّرة إلى المرِّيخ:

أ- في ستِّينيَّات القرن العشرين:

بين عامَي 1960 و1969، أطلق الاتِّحاد السوفييتي السابق تسعة مَسابر كانت تَهدُف إلى الوصول إلى المرِّيخ، حيث فشلَت جميعها؛ ثلاثة عند الإطلاق؛ وثلاثة لم تصل إلى مَدَار الأرض القريب، ومسبارٌ واحد احترق خلال عمليَّة وضع المركبة الفضائيَّة في مَسَار عبر المرِّيخ، ومسباران احترقا خلال السَّفر في المَدَار بين الكواكب.

كان برنامج «مارس 1إم» (يُطلَق عليه أحياناً إسم «مارس نيك» في وسائل الإعلام الغربيَّة)، أوَّل برنامج سوفييتي لاستكشاف الكواكب غير مأهول (منَ دون بشر)، والذي تألَّف من مسبارَين تمَّ إطلاقهما باتِّجاه المرِّيخ في شهر تشرين الأوَّل 1960، وهُما «مارس 1960 إيه» و«مارس 1960 بي» (المَعروفان أيضاً باسمَي «كورابل 4» و«كورابل 5»، على التَّوالي). بعد الإطلاق، لم تتمكَّن مضخَّات المرحلة الثَّالثة في كلا صاروخَي المسبارَين من توليد ضغط كاف لبدء الاشتعال، لذلك لم يتم الوصول إلى «مَدَار موقف الأرض»[1]، ووصلت المركبة الفضائيَّة إلى ارتفاع 120كم فوق الأرض فقط قبل عودتها إلى الغلاف الجوِّي.

وكانت مُهمَّة «مارس 1962 إيه» مُخصَّصة للتَّحليق قُرب المرِّيخ، حيث أُطلقت في 24 تشرين الأوَّل 1962. بينما كانت مُهمَّة «مارس 1962 بي» أوَّل مُهمَّة هبوط على المرِّيخ، حيث أُطلقت في أواخر شهر كانون الأوَّل من العام نفسه. وفشلت كلتا المُهمَّتَين؛ إمَّا بسبب تفكُّكهما في أثناء دخولهما مَدَار الأرض، أو بسبب انفجار المرحلة العُليا في المَدَار في أثناء عمليَّة الاحتراق لوضع المركبة الفضائيَّة في مَسَار عبر المرِّيخ.

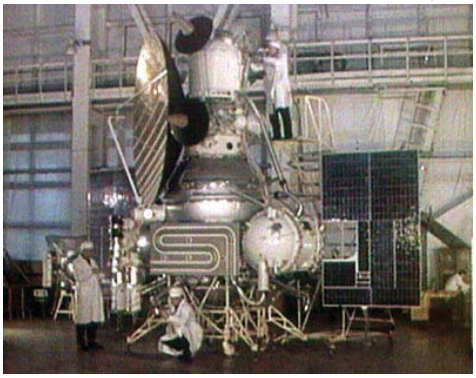
ب- النَّجاح الأوَّل:

كان «مارس 1» (وهو مركبة فضائيَّة آليَّة بين كوكبيَّة، أُطلقت إلى المرِّيخ في 1 تشرين الثَّاني من عام 1962م)، أوَّل مسبار ضمن «برنامج مسبار المرِّيخ السوفييتي» يصل إلى مَدَار بين الكواكب. كان من المُقرَّر أن يَمُرَّ مارس 1 بالقُرب من الكوكب على مسافة حوالى 11000 كيلو متر، ويَلتقط صُوَراً لسطحه، بالإضافة إلى إرسال بيانات حول الإشعاع الكوني، واصطدامات النَّيازك الدَّقيقة، والمجال المغناطيسي للمرِّيخ، وبيئة الإشعاع فيه، وبُنية الغلاف الجوِّي له، والمُركَّبات العُضويَّة المُحتمَل وجودها هناك. وقد أُجري 61 إرسالاً لاسلكيَّاً؛ في البداية بفاصل يومَين، ثمَّ بفاصل خمسة أيَّام، جُمعَت منها كمِّيَّةٌ كبيرة من البيانات عن فضاء ما بين الكواكب. وفي 21 آذار 1963م، وعندما كانت المركبة الفضائيَّة على مسافة 106760000 كيلو متر من الأرض في طريقها إلى المرِّيخ، توقَّفت الاتِّصالات بسبب عطل في نظام توجيه الهوائي الخاص بالمركبة.

في عام 1964م، باءت عمليَّتا إطلاق المسبارَين السوفييتيين ضمن «برنامج زوند»، وهُما «زوند 1964 إيه» في 4 حزيران، و«زوند 2» في 30 تشرين الثَّاني؛ باءتا بالفشل، حيث تعطَّل زوند 1964 إيه عند الإطلاق، بينما فُقِدَ الاتِّصال بزوند 2 وهو في طريقه إلى المرِّيخ، بعد مُناورة في مُنتصَف المَسَار، وذلك في أوائل شهر أيَّار 1965!

وفي عام 1969، وكجزء من «برنامج مسبار المرِّيخ»، جَهَّزَ الاتِّحاد السوفييتي (السابق) مركبتَين

مَدَاريَّتَين مُتطابقتَين هُما «إم-69»، بلغ وزن كلٍّ واحدة منهما خمسة أطنان، وأطلقت عليهما وكالة ناسا الأمريكيَّة اسمَي «مارس 1969 إيه» و«مارس 1969 بي». وقد فُقِدَ المسباران بسبب تعقيدات مُرتبِطة بالإطلاق مع صاروخ «بروتون» المُطوَّر حديثاً!



مِسبار «مارس 1969 إيه» قبل إطلاقه

جدول مَسابر المرّيخ السوفييتية في ستّينيَّات القرن العشرين

المركبة	الوصول إلى المَدَار أو التَّحليق قُربه	الهبوط على الكوكب
مارس 1	فشل	فشل
مارس 2	نجح	فشل
مارس 3	نجح جُزئيًّا	نجح جُزئيًّا
مارس 4	فشل	-
مارس 5	نجح جُزئيًّا	-
مارس 6	نجح	فشل
مارس 7	نجح	فشل
فوبوس 1	فشل	لم يتم نشره
فوبوس 2	نجح جُزئيًّا	لم يتم نشره

ج- في سبعينيَّات القرن العشرين:

كان الاتِّحاد السوفييتي (السابق) ينوي إطلاق أوَّل قمرٍ اصطناعي إلى المرِّيخ، ليتفوَّق على الأمريكيِّين الذين كانوا يُخطِّطون لإطلاق المسبارَين «مارينر 8» و«مارينر 9». في شهر أيَّار من عام 1971م، وبعد يوم واحد من تَعطّل مارينر 8 عند الإطلاق وفشلهِ في الوصول إلى مَدَاره، فشل أيضاً إطلاق «مارس 1971 سي» (أو «كوزموس 419»)، وهو مسبارٌ ثقيل تابع لبرنامج المرِّيخ السوفييتي «إم-71». صُمِّمَت هذه المركبة الفضائيَّة كمسبارٍ مَدَاريٍّ فقط، بينما كان المسباران التَّاليان لمشروع إم-71، وهُما «مارس 2» و«مارس 3»، مزيجاً مُتعدِّد الأغراض من مسبارٍ مَدَاري ومركبة هبوط مُزوَّدة بمركبات جَوَّالة صغيرة قابلة للمشي على الزَّلّاجات من نوع «بر أو بي-إم»، والتي ستكون أولى المركبات الجَوَّالة على الكواكب خارج القمر. وقد تمَّ إطلاقهما بنجاح في مُنتصَف شهر أيَّار 1971م، ووصلا إلى المرِّيخ بعد حوالى 7 أشهُر. وفي 27 تشرين الثَّاني 1971م، تحطَّمت مركبة الهبوط «مارس 2» بسبب عطلٍ في جهاز الكومبيوتر على متنها، لتصبح أوَّل مركبةٍ من صُنع الإنسان تصل إلى سطح المرِّيخ. وفي 2 كانون الأوَّل 1971م، أصبحت مركبة الهبوط «مارس 3» أوَّل مركبة فضائيَّة تُحقِّق هبوطاً سَلِسَاً على المرِّيخ، لكنَّ إرسالها انقطع بعد 14.5 ثانية فقط!

وأرسلت مركبتا «مارس 2» و«مارس 3» المَدَاريَّتان كمِّيَّةً كبيرةً نسبيًّا من البيانات التي غَطَّت الفترة من شهر كانون الأوَّل 1971م

إلى شهر آذار 1972م، وذلك على الرَّغم من استمرار الإرسال حتَّى بداية شهر آب من العام نفسه. وبحُلول 22 آب 1972م، وبعد إرسال بيانات وما مجموعه 60 صُورةً، أنهت مركبتا مارس 2 ومارس 3 مُهمَّتيهما. وقد أتاحت تلك الصُّوَر والبيانات رسم خرائط لتضاريس سطح المرِّيخ، وقدَّمت معلوماتٍ عن جاذبيَّة المرِّيخ وحُقوله المغناطيسيَّة.

وفي عام 1973م، أرسل الاتِّحاد السوفييتي (السابق) 4 مَسابِر أخرى إلى المرِّيخ، وهي مركبتا «مارس 4» و«مارس 5» المَداريَّتان، ومركبتا الهبوط والتَّحليق في مَدَار الكوكب «مارس 6» و«مارس 7». وقد أرسلت جميع المُهمَّات، باستثناء مُهمَّة «مارس 7»، بيانات عديدة، وكانت «مارس 5» الأكثر نجاحاً، حيث أرسل مسبار «مارس 5» 60 صُورةً فقط قبل أن يُنهي فُقدان الضَّغط في غلاف جهاز الإرسال الخاص به المُهمَّة. وأرسل مسبار «مارس 6» بيانات أثناء هبوطه على المرِّيخ، لكنَّه فشل أثناء الاصطدام بسطحه. وحَلَّقَ مسبار «مارس 4» بالقُرب من الكوكب على مسافة 2200 كيلومتر، عائداً بحُزمة من الصُّوَر وبيانات «الاحتجاب الرَّاديوي»[2]، والتي شكَّلت أوَّل رصد للغلاف الأيوني (ذي الذرَّات المَشحونة كهربائيًّا) الجانبي الليلي على المرِّيخ. بينما انفصل مسبار «مارس 7» عن المركبة الحاملة قبل الأوان بسبب عطل في تشغيل أحد الأنظمة على متنه (نظام التَّحكُّم بالارتفاع أو بالصَّواريخ الكابحة)، وأخطأ في الاقتراب من الكوكب بمسافة خطأ بلغت 1300 كيلو متر.

2- البعثات الأمريكيَّة والأوروبِّيَّة إلى المرِّيخ:

أ- «برنامج مارينر»:

في عام 1964، أجرى «مُختبَر الدَّفع النَّفَّاث» التَّابع لوكالة ناسا الأمريكيَّة مُحاولتَين للوصول إلى المرِّيخ. كانت «مارينر 3» و«مارينر 4» مركبتَين فضائيَّتَين مُتطابقتَين، صُمِّمتا لتنفيذ أولى التَّحليقات قُرب المرِّيخ. أُطلقت «مارينر 3» في 5 تشرين الثَّاني 1964م، لكنَّ الغطاء الذي يُغلِّف المركبة فوق صاروخها لم يَنفتح بشكل صحيح، ممَّا أدَّى إلى فشل المُهمَّة. بعد 3 أسابيع، في 28 تشرين الثَّاني من العام نفسه، أُطلقت «مارينر 4» بنجاح؛ في رحلة إلى المرِّيخ استغرقت 7 أشهُر ونصف. وحَلَّقَت «مارينر 4» بالقُرب من المرِّيخ في 14 تمُّوز 1965م، مُلتقطةً أولى الصُّوَر المُقرَّبة لكوكب آخر. وقد أظهَرت تلك الصُّوَر، التي عُرِضَت على الأرض تدريجيًّا من جهاز تسجيل صغير على المسبار، فُوَّهات اصطدام (ناجمة عن اصطدام مُذنَّبات بسطح الكوكب[3])، وقدَّمت بيانات أكثر دقَّةً بكثير عن الكوكب، حيث تمَّ تقدير الضَّغط الجوِّي السَّطحي للمرِّيخ بحوالى 1% من ضغط الغلاف الجوِّي لكوكب الأرض، وسُجِّلت درجات حرارة نهاريَّة تبلغ 100- °مئويَّة، ولم يتم اكتشاف أيِّ مجال مغناطيسي أو أحزمة إشعاع مرِّيخيَّة. وأدَّت البيانات الجديدة إلى إعادة تصميم مركبات الهبوط المرِّيخيَّة المُخطَّط لها آنذاك، وأظهرت أنَّ الحياة هناك ستُواجه صُعوبةً في البقاء أكبر ممَّا كان مُتوقَّعاً سابقاً.

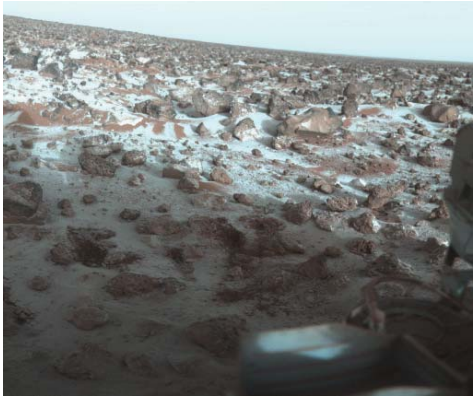
واصلت ناسا برنامج مارينر بزوج آخر من مَسابِر التَّحليق بالقُرب من المرِّيخ، هُما «مارينر 6» و«مارينر 7»، اللذين تمَّ إرسالهما في نافذة الإطلاق

التَّاليـة، ووصـلا إلى الكوكـب في عـام 1969م. وخـلال نافـذة الإطـلاق التَّاليـة، عانـى برنامج مارينـر مـرَّةً أخرى مـن فُقـدان أحـد المسبارَين التَّاليَـين، فدخل «مارينـر 9» في مَدَاره حول المرِّيخ بنجاح، ليكون أوَّل مركبة فضائيَّة تُحقِّق ذلك على الإطـلاق، بعد فشل إطـلاق شقيقتها «مارينر 8». وعندما وصلت «مارينر 9» إلى المرِّيخ عام 1971م، اكتشفت هـي ومركبتان سوفييتيتـان («مارس 2» و«مارس 3») أنَّ عاصفةً غُباريَّـة تَكتسح الكوكب بأكمله، واستغـلَّ مُراقبو المُهمَّة الوقت الذي قضوه في انتظـار زَوال العاصفـة ليتمكَّـن المسبـار مـن الالتقـاء بقمر فوبوس وتصويره. وعندما انقشعت العاصفة بما يكفـي لتصوير سطح المرِّيخ بوساطة «مارينر 9»، مثَّلت الصُّـوَر التي تمَّ إرسالها تقدُّماً كبيراً مُقارنةً بالمُهمَّات السَّابقة. كانت هذه الصُّوَر الأولى التي تُقدِّم أدلَّـةً أكثر تفصيلاً على احتمال تدفُّـق الماء السَّائل على سطح الكوكب في وقت ما. كما أنَّها مكَّنت أخيراً من تمييز الطَّبيعة الحقيقيَّة للعديـد من «سمـات البياض المرِّيخي»[4]. على سبيـل المثـال، كان «نيكس أوليمبيـكا» أحد المَعالم القليلة التي يُمكن رُؤيتها أثنـاء العاصفة الغُباريَّة الكوكبيَّة، ممَّا كشف عن كونه أعلى جَبل (بُركان، علـى وجه التَّحديـد) علـى أيِّ كوكـب في النِّظام الشَّمسـي بأكملـه، ممَّـا أدَّى إلى إعـادة تصنيفه باسم «أوليمبوس مونس».

ب- «برنامج ڤايكينغ»:

أطلَـق «برنامـج ڤايكينـغ» الأمريكـي مركبتَي «ڤايكينغ 1» و«ڤايكينغ 2» إلى المرِّيخ عام 1975م، وتألَّف البرنامج من مركبتَـين مَداريَّتَين ومركبتَي هبـوط؛ كانتا ثاني وثالـث مركبـة فضائيَّة تهبط بنجاحٍ على سطح المرِّيخ. في عام 1976م، هبطت مركبتـا «ڤايكينـغ 1» و«ڤايكينـغ 2» علـى سطـح المرِّيـخ، وكانـت هاتـان المركبتان أكـبر بكثير من مركبـة الهبـوط السوفييتية «مارس 3» (بلغ وزن «ڤايكينـغ 1» 3527 كـغ مُقارَنـةً بمركبـة الهبوط «مارس 3» التي بلغ وزنها 358 كغ فقط)، وتمكَّنتا من التقاط أولى الصُّوَر من سطح المرِّيخ.

عَملَـت «ڤايكينـغ 1» علـى سطح المرِّيـخ لمدَّة 6 سنـوات تقريبـاً (في 11 تشريـن الثَّـاني 1982م، توقَّفـت مركبـة الهبـوط التَّابعة لها عـن العمل بعد تلقِّيها أمراً خاطئـاً)، وعَملَت «ڤايكينغ 2» لأكثر من 3 سنـوات (انتهَـت المُهمَّة في أوائل عـام 1980م). كان قـد تمَّ تجهيـز كلتـا المركبتَين بـذراع آليَّة لأخذ عَيِّنـات، حيث نجحت تلـك الذِّراع في جمْـع عَيِّنات التُّربة واختبارهـا باستخـدام أدوات مثل «مطياف الكُتلـة الغـازي الكروماتوغـرافي»[5]، حيـث قاست المركبتان درجـات حرارة تراوحت بـين 86° مئويَّة تحت الصِّفر قبل الفجر، و33° مئويَّة تحت الصِّفر بعد الظُّهر. وواجهت المركبتان صُعوبات في الحصول على نتائج دقيقة من أجهزة قياس الزَّلازل.



الجليد في موقع مركبة «ڤايكينغ 2»، في 18 أيَّار 1979م

وتجـاوزت الصُّـوَر المُلتقَطـة مـن المركبتَـين والمَـدَارات كلَّ التَّوقُّعات من حيث الجودة والكمِّيَّة، حيـث تجـاوز العدد الإجمـالي 4500 صُـورة من مركبتَي الهبـوط التَّابعتَـين للمركبتَين، و52000 صُورة من المركبتَين المَدَاريَّتَين.

وسَجَّلـت مركبتـا ڤايكينـغ ضُغوطـاً جوِّيَّـةً تراوحـت بين أقلٍّ من 7 ميليبار (0.0068 بار)[6] وأكثر مـن 10 ميليبار (0.0108 بـار) على مَدَار السَّنـة المرِّيخيَّة، ممَّا أدَّى إلى استنتاج أنَّ الضَّغط الجوِّي يختلف بنسبة 30% خلال السَّنة المرِّيخيَّة، لأنَّ غـاز ثاني أوكسيـد الكربون يتكثَّـف ويتسامى (يرتفـع) عنـد الغـلاف القُطبـي. وتَهُـبُّ الرِّياح المرِّيخيَّـة عُمومـاً بوتيرة أبطـأ من المُتوقَّـع، وتَوقَّع العُلمـاء أن تصل سرعتهـا إلى مئات الكيلو مترات في السَّاعة مـن خلال رصد العواصف التُّرابيَّة، إلّا أنَّ مركبتَـي الهبوط لم تسجِّـلا هَبَّات رياح تتجاوز سرعتها 120 كم/سا، وكان مُتوسِّط السُّرعات أقلَّ بكثير. ومـع ذلك، رصدت المركبـات المَدَاريَّة أكثر من 12 عاصفة تُرابيَّة صغـيرة. واكتشفت مركبتا الهبـوط التَّابعتان لمركبتَـي ڤايكينغ النِّيتروجين في الغلاف الجوِّي لأوَّل مرَّة، وأنَّه كان مُكوِّناً مُهمَّاً من مُكوِّنات الغلاف الجوِّي للمرِّيخ. وتَكَهَّنَ العُلماء من خـلال تحليل الغلاف الجوِّي للمرِّيخ بأنَّه كان أكثر كَثافةً في السَّابق.

كانـت الأهـداف العلميَّـة الرَّئيسيَّـة لمُهمَّـة الهبـوط، هـي البحـث عـن البصمـات الحَيَويَّـة ومُراقبـة الخصائـص الجوِّيَّـة والزِّلزاليَّـة والمغناطيسيَّـة للمرِّيـخ. ولا تزال نتائـج التَّجارب البيولوجيَّـة على مـتن مركبتَي الهبـوط التَّابعتَين لمركبتَـي ڤايكينغ غير حاسِمة، حيـث تُشير إعادة تحليل بيانـات ڤايكينغ المَنشورة عام 2012م، إلى وجود علامات على حياة ميكروبيَّة على المرِّيخ.

وكشفت مركبات ڤايكينغ المَدَاريَّة أنَّ فيضانات مائيَّـة عارمـة حَفَـرَت وديانـاً عميقـة، وتآكلـت أخاديـد في الصُّخـور الأساسيَّـة، وامتـدَّت آلاف الكيلومـترات. وتُشير مناطق الجداول المُتفرِّعة في نصف الكُـرة الجنوبي للكوكـب إلى أنَّ المطر كان يَهطُل في الماضي.

ج- «برنامـج مارس باثفايـندر» (ومركبتـه الجوَّالة «سوجورنر»):

«مارس باثفايـندر»، هـي مركبـةٌ فضائيَّـةٌ أمريكيَّة، هبطت بمحطَّة أساسيَّة مع مسبار جَوَّال على سطح المرِّيخ، في 4 تمُّوز 1997م. وتألَّفت من وحدة هبوط ومركبـة رُوبوتيَّة صغيرة بعجلات بلغ وزنهـا 10.6 كـغ، تُسمَّى «سوجورنـر»، وكانت أوَّل مركبـة جَوَّالـة تعمل على سطح المرِّيـخ. بالإضافة إلى الأهداف العلميَّة، كانت مُهمَّة مارس باثفايندر أيضاً بمَثابة «إثبات لمَفهـوم» تقنيَّات مُختلفة، مثل «نظام هبـوط الوسـادة الهوائيَّة» و«نظـام تَجَنُّب العَوائـق الآلي»، وكلاهُمـا استغلَّتـه مركبتا «مُهمَّة استكشاف المرِّيخ» (MER) لاحقاً.

د- مسبار ناسا «غلوبال سيرڤيور»:

بعـد فشـل مسبـار «مارس أوبزرڤـر» المَدَاري التَّابـع لناسـا عـام 1993، أعـادت ناسـا تجهيـز وإطلاق مسبـار «غلوبال سيرڤيـور» (مَسَّاح المرِّيخ العالمي) إلى مَدَار المرِّيـخ، حيث أطلق في 7 تشرين الثَّـاني 1996، ودخل مَـدَاره في 12 أيلول 1997م. وبعـد سنـة ونصف مـن تقليص مَدَاره مـن شكل إهليلجـي (بَيضاوي) حلقـي إلى مَسَار دائري حول الكوكب، بدأ المسبار مُهمَّته الرَّئيسيَّة لرسم خرائط الكوكب في شهـر آذار 1999م، حيث رَصَدَ المسبار

الكوكب من مَدَار مُنخفض الارتفاع، شبه قُطبي، على مَدَار سنة مرِّيخيَّة كاملة، أي ما يُعادل سنتين أرضيَّتين تقريباً. وأتمَّ المسبار مُهمَّته الرَّئيسيَّة في 31 كانون الثَّاني 2001، وأكمل عدَّة مراحل مُمتدَّة حتَّى انقطاع الاتِّصال به عام 2007م.

وقد درست المُهمَّة سطح المرِّيخ بالكامل، وغلافه الجوِّي، وباطنه، وأعادت بيانات عن الكوكب الأحمر تفوق ما جمعته جميع مُهمَّات المرِّيخ السَّابقة مُجتمعةً، حيث تمَّت أرشفة البيانات ولا تزال مُتاحةً للعامَّة.

من بين النَّتائج العلميَّة الرَّئيسيَّة، التقطت المركبة الفضائيَّة «غلوبال سيرفيور» صُوَراً للوديان وخصائص مَجاري التَّضاريس، ممَّا يُشير إلى احتمال وجود مَصادر حاليَّة للمياه السَّائلة، مُشابهة لطبقة المياه الجوفيَّة على سطح الكوكب أو بالقُرب منها. تتشكَّل قنواتٌ مُماثلة على الأرض بوساطة مَجاري المياه المُتدفِّقة، ولكن على المرِّيخ، تكون درجة الحرارة عادةً باردةً جدَّاً، ويكون الغلاف الجوِّي أيضاً رقيقاً جدَّاً؛ بحيث لا يَدعَم وجود الماء السَّائل. ومع ذلك، يَفترض العديد من العُلماء أنَّ المياه الجوفيَّة السَّائلة يُمكن أن تطفو أحياناً على سطح المرِّيخ، وتُؤدِّي إلى تآكُل الوديان والقنوات، وتتجمَّع في القاع، قبل أن تتجمَّد وتتبخَّر.

وأظهرت قراءات مقياس المغناطيسيَّة أنَّ المجال المغناطيسي للكوكب لا يتولَّد في نَواة الكوكب، وإنَّما يتوضَّع في مناطق مُعيَّنة من القشرة. كما أظهرت بيانات درجة الحرارة الجديدة والصُّوَر المُقرَّبة لقمر المرِّيخ «فوبوس» أنَّ سطحه يتكوَّن من مادَّة مَسحوقة لا يقل سُمكها عن متر واحد، وهي ناتجةً عن ملايين السِّنين من اصطدامات النَّيازك. في شهر كانون الثَّاني 1999، تمكَّن العُلماء من الحصول على أولى الصُّوَر ثُلاثيَّة الأبعاد للغطاء الجليدي القُطبي الشَّمالي للمرِّيخ، من خلال بيانات مقياس الارتفاع بالليزر للمركبة الفضائيَّة.

تَظهَر الأخاديد في هذه الصُّورة التي التقطها مسبار «غلوبال سيرفيور» وهي مُشابهة لتلك التي تشكَّلت على الأرض

وتَسبَّب خللٌ في البرنامج الكومبيوتري المُحمَّل على المركبة في شهر حزيران 2006م، في توجيه المركبة لألواحها الشَّمسيَّة بشكل غير صحيح بعد عدَّة أشهُر من عملها، ممَّا أدَّى إلى ارتفاع درجة حرارة البطَّاريَّة وتعطُّلها لاحقاً. وفي 5 تشرين الثَّاني 2006م، فَقَدَت مركبة غلوبال سيرفيور الاتِّصال بالأرض، وأنهت ناسا جُهود استعادة الاتِّصال في 28 كانون الثَّاني 2007م.

هـ- مركبتا «2001 مارس أوديسي» و«مارس إكسبريس»:

في عام 2001م، وصلت مركبة الفضاء المَدَاريَّة «مارس أوديسي» التَّابعة لناسا إلى المرِّيخ، وتتلخَّص

مُهمَّتها في استخدام أجهزة قياس الطَّيف وأجهزة التَّصوير للبحث عن أدلَّة على وجود مياه ونشاط بُركاني سابق أو حالي على الكوكب. وفي عام 2002م، تمَّ الإعلان عن أنَّ «مطياف أشعَّة غاما» و«مطياف النِّيوترونات» في مسبار «2001 مارس أوديسي» قد رَصَدَا كمِّيَّات كبيرة من الهيدروجين، ممَّا يُشير إلى وجود رَواسب هائلة من الجليد المائي في الأمتار الثَّلاثة العُليا من تُربة المرِّيخ ضمن خطِّ عرض 60° من القُطب الجنوبي.

وفي 2 حزيران 2003م، انطلقت مركبة الفضاء «مارس إكسبريس» التَّابعة لوكالة الفضاء الأوروبِّيَّة من «قاعدة بايكونور الفضائيَّة» في دولة كازاخستان إلى المرِّيخ. تتكوَّن مركبة «مارس إكسبريس» من «مركبة مارس إكسبريس المَدَاريَّة» ومركبة الهبوط الثَّابتة «بيغل 2». حملت مركبة الهبوط جهاز حَفر وأصغر مطياف كُتلة صُنِعَ حتَّى الآن، بالإضافة إلى مجموعة من الأجهزة الأخرى، مَوضوعة على ذراع آليَّة لتحليل التُّربة تحت السَّطح المُغبَّر بدقَّة، بحثاً عن البَصمات الحَيَويَّة والجُزيئات الحَيَويَّة.

دخلت المركبة المَدَاريَّة مَدَار المرِّيخ في 25 كانون الأوَّل 2003م، ودخلت بيغل 2 غلافه الجوِّي في اليوم نفسه. مع ذلك، باءت مُحاولات الاتِّصال بمركبة الهبوط بالفشل. واستمرَّت مُحاولات الاتِّصال طوال شهر كانون الثَّاني التَّالي، ولكن أُعلن عن فُقدان بيغل 2 في مُنتصَف شهرَ شباط، وبدأت المملكة المُتَّحدة ووكالة الفضاء الأوروبِّيَّة تحقيقاً مُشتَركاً. وأكَّد مسبار مارس إكسبريس وجود جليد مائي وجليد من ثاني أوكسيد الكربون في القُطب الجنوبي للكوكب، بينما أكَّدت ناسا سابقاً وجودهما في القُطب الشَّمالي للمرِّيخ.

وبَقيَ مصير المركبة الفضائيَّة لُغزاً مُحيِّراً حتَّى تمَّ تحديد موقعها سليمةً على سطح المرِّيخ، وذلك في سلسلة من الصُّوَر التي التقطها مسبار «مارس ريكونيسانس أوربيتر» التَّابع لناسا، حيث تُشير الصُّوَر إلى أنَّ اثنين من الألواح الشَّمسيَّة الأربعة للمركبة الفضائيَّة لم يعملا، ممَّا أدَّى إلى حجب الهوائي الخاص باتِّصالات المركبة. ويُعَدُّ «بيغل 2» أوَّل مسبار بريطاني وأوَّل مسبار أوروبِّي يُحقِّق هبوطاً سَلِساً على سطح المرِّيخ.

و- مركبتا «مُهمَّة استكشاف المرِّيخ» (MER) ("أوبورتيونيتي" و"سبيريت" الجوَّالة):

بدأت «مُهمَّة استكشاف المرِّيخ» (MER) التَّابعة لوكالة ناسا عام 2003، وهي مُهمَّةٌ فضائيَّةٌ آليَّة شَمَلَت مركبتَين جوَّالتَين، "سبيريت" (MER-A) و"أوبورتيونيتي" (MER-B)، لاستكشاف جيولوجيا سطح المرِّيخ. كان الهدف العلمي للمُهمَّة هو البحث عن مجموعة واسعة من الصُّخور والتُّربة التي تحمل أدلَّة على نَشاط مائيٍّ سابق على المرِّيخ، وتوصيفها. وكانت المُهمَّة جزءاً من "برنامج استكشاف المرِّيخ" التَّابع لناسا، والذي تضمَّن 3 مركبات هبوط ناجحة سابقة، هي مركبتا الهبوط التَّابعتان لـ"برنامج ڤايكينغ" عام 1976، ومسبار "مارس باثفايندر" عام 1997.

ز- مُهمَّتا «روزيتَّا» و«داون»:

في 25 شباط 2007م، حَلَّقت مُهمَّة مسبار «روزيتَّا» الفضائي التَّابع لوكالة الفضاء الأوروبِّيَّة إلى المُذنَّب «67 بي/تشوريوموف-غيراسيمينكو»[7] على بُعد 250 كم من كوكب المرِّيخ، مُستخدمةً مقلاعاً جاذبيَّاً مُصمَّماً لإبطاء المركبة الفضائيَّة وإعادة توجيهها.

واستَخدَمت مركبة «داون» التَّابعة لوكالة ناسا جاذبيَّة المرِّيخ عام 2009م لتغيير اتِّجاهها وسرعتها في طريقها إلى جُرم «ڤيستا» (أحد أكبر الأجرام في «حزام الكُويكبات»)، واختبرت كاميرات داون وأجهزةً أخرى على المرِّيخ.

ح- مُهمَّات «إن سايت» (مُهمَّة الاستكشاف الدَّاخلي لكوكب المرِّيخ) و«ماركو»:

في شهر آب 2012، اختارت وكالة ناسا بعثة «إن سايت»، وهي مُهمَّة هبوط بتكُلفة 425 مليون دولار، مُزوَّدة بمسبار تدفُّق حراري وبمقياس زلازل، لتحديد البُنية الدَّاخليَّة العميقة للمَرِّيخ. هبطت إن سايت على المرِّيخ بنجاح في 26 تشرين الثَّاني 2018م، فجمعت بيانات قيِّمة عن الغلاف الجوِّي وسطح الكوكب والبُنيَة الدَّاخليَّة له. وتمَّ الإعلان عن انتهاء المُهمَّة في 21 كانون الأوَّل 2022م.

وقد تمَّ إطلاق قمرَين اصطناعيَّين مُكعَّبَين أُطلق عليهما إسم «ماركو» مع إن سايت في 5 أيَّار 2018، لتوفير بيانات قياس عن بُعدٍ في الوقت الفعلي في أثناء دخول إن سايت إلى مَدَار المرِّيخ وهبوطها عليه، حيث انفصل القمران الاصطناعيَّان عن صاروخ «أطلس» الخامس المُعزِّز، بعد ساعة ونصف من الإطلاق، وانطلقا في مَسَارهما الخاص إلى المرِّيخ.

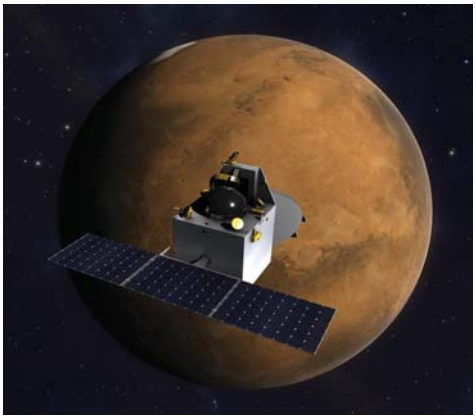
3- بعثاتٌ أخرى إلى المرِّيخ:

أ- مُهمَّة «فوبوس-غرنت»:

في 8 تشرين الثَّاني 2011، أطلقت وكالة الفضاء الرُّوسيَّة (روسكوزموس) مُهمَّةً طَموحة سُمِّيت «فوبوس-غرنت». كانت المُهمَّة عبارةً عن مركبة هبوط تَهدُف إلى جَلب عَيِّنة من قمر المرِّيخ «فوبوس»، ووضع المِسبار الصِّيني «ينغهو-1» (قمر اصطناعي) في مَدَار المرِّيخ. وقد عانت مُهمَّة فوبوس-غرنت من عطلٍ كامل في أنظمة التَّحكُّم والاتِّصالات عليها بعد وقت قصير من الإطلاق، وظلَّت عالقةً في مَدَار أرضيٍّ مُنخفض، ثمَّ عادت إلى الأرض. كما تَعرَّض القمر الاصطناعي ينغهو-1 والمركبة فوبوس-غرنت لعودة مُدمِّرة إلى الأرض في 15 كانون الثَّاني من عام 2012م، وتفكَّكا في النِّهاية فوق المُحيط الهادي.

ب- مُهمَّة مسبار المرِّيخ «مانغاليان»:

أطلقت «مُهمَّة مسبار المرِّيخ»، المَعروفة أيضاً باسم «مانغاليان»، في 5 تشرين الثَّاني 2013، من قِبَل «مُنظَّمة أبحاث الفضاء الهنديَّة» (ISRO)، واستقرَّت بنجاح في مَدَار المرِّيخ في 24 أيلول 2014. وتُعَدُّ هذه المُهمَّة عرضاً تقنيَّاً، وهدفاً ثانويَّاً، لدراسة الغلاف الجوِّي للمرِّيخ. وتُعَدُّ هذه البعثة أوَّل مُهمَّة هِنديَّة إلى المرِّيخ، وبها أصبحت ISRO رابع وكالة فضاء تصل بنجاح إلى المرِّيخ بعد وكالة الاتِّحاد السوفييتي، ووكالة ناسا الأمريكيَّة، ووكالة الفضاء الأوروبيَّة. وقد أُنجزت بميزانيَّة مُنخفضة قياسيَّة بلغت 71 مليون دولار



مِسبار المرِّيخ «مانغاليان» يدور حول الكوكب

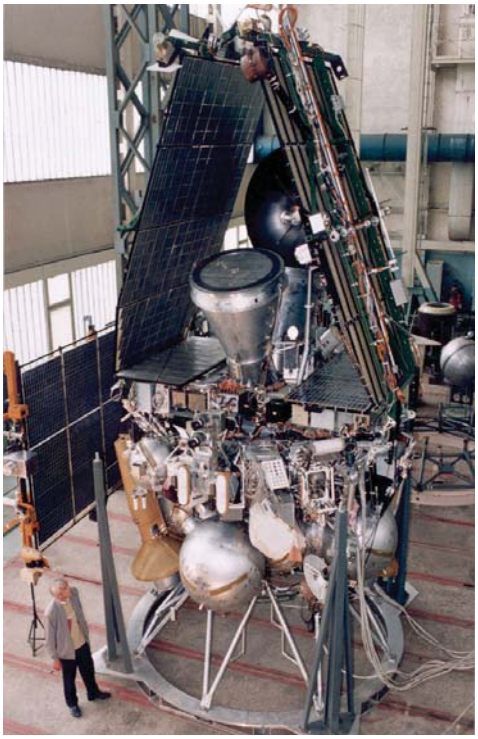
أمريكي، ممَّا يجعلها أقلَّ مُهمَّة مسبارٍ إلى المرِّيخ تُكلفةً حتَّى الآن. وانتهت المُهمَّة في 27 أيلول 2022، بعد فُقدان الاتِّصال بها.

الصُّعوبات التي تواجه مَسابر استكشاف المرِّيخ

أدَّى تحدِّي وتعقيد وطول مدَّة مُهمَّات المرِّيخ إلى العديد من إخفاقات البعثات. ويُطلَق على مُعدَّل الفشل المُرتفع للمُهمَّات التي تُحاول استكشاف المرِّيخ إسم «لعنة المرِّيخ»، وتُشير عبارة «الغول المَجرِّي» أو «الغول المَجرِّي العظيم» إلى وحش فضائيٍّ خيالي يعيش على مَسابر المرِّيخ، ويُستخدَم أحياناً -على سبيل المُزاح- لشرح الصُّعوبات المُتكرِّرة.

لقد أرسل السُّوفييت (الرُّوس) مسبارَين فضائيَّين إلى المرِّيخ عام 1988، كجزءٍ من «برنامج فوبوس»، حيث عَمِلَ «فوبوس 1» بشكل طبيعي حتَّى فشل جلسة الاتِّصالات معه في 2 أيلول من العام نفسه (1988م). وقد عُزيَت المُشكلة إلى خطأ بَرمَجي أدَّى إلى تعطيل مُحرِّكات الدَّفع الخاصَّة بمركبة فوبوس 1، ممَّا تسبَّب في توقُّف مَصفوفات (ألواح) المركبة الشَّمسيَّة عن توجيهها نحو الشَّمس؛ ما أدَّى إلى استنزاف بطَّاريَّاتها. بينما عَمِلَ «فوبوس 2» بشكلٍ طبيعي طوال مرحلتَي رحلته الفضائيَّة ودخوله مَدَار المرِّيخ في 29 كانون الثَّاني 1989، جامعاً بيانات عن الشَّمس، والوسط الكوكبي، والمرِّيخ، وقمره «فوبوس». وقُبَيل المرحلة الأخيرة من المُهمَّة -والتي كان من المُقرَّر خلالها أن تَقترب المركبة الفضائيَّة لمسافة 50 متراً من سطح فوبوس وتُطلق مركبتَي هبوط، إحداهما قافزة مُتحرِّكة، والأخرى منصَّة ثابتة- فُقِدَ الاتِّصال بفوبوس 2، وانتهت المُهمَّة عندما تَعَذَّر التقاط إشارة المركبة الفضائيَّة بنجاح في 27 آذار من العام نفسه (1989م). وتمَّ تحديد سبب العطل بأنَّه يَرجع إلى توقُّف جهاز الكومبيوتر الموجود على متن المركبة.

بعد بضع سنوات فقط، في عام 1992م، تعطَّلت مركبة «مارسَ أوبزرفر»، التي أطلقتها ناسا، في أثناء اقترابها من المرِّيخ. وتعطَّلت مركبة «مارس 96»، وهي مركبةٌ مَدَاريَّة أطلقتها روسيا في 16 تشرين الثَّاني 1996، عندما لم يتم الاحتراق الثَّاني المُخطَّط له للمرحلة الرَّابعة من صاروخ «بلوك دي-2».



تجميع مُكوِّنات مسبار «مارس 96» على الأَرض

وبعد نجـاح مُهمَّتَي ناسا «مارس غلوبال سيرڤيور» و«مارس باثفايندر»، حدثت سلسلةٌ أخرى من الإخفاقات في عامَي 1998 و1999م، حيث عانت مركبة «نوزومي» اليابانيَّة، ومركبة ناسا المَدَاريَّة «مارس كلايمت أوربيتر»، ومركبة الهبوط القُطبيَّة «مارس بولار لاندر»، ومركبة اختراق الفضاء العميق «ديب سبيس 2»، من أخطاء قاتلة مُختلفة. وقد اشتُهِرَت مركبة مارس كلايمت أوربيتر بخَلطها بين الوحدات الأمريكيَّة المتريَّة (خطأ بَرمَجي)، ممَّا تسبَّب في احتراقها أثناء دخولها الغلاف الجوِّي للمرِّيخ.

وحاولت وكالة الفضاء الأوروبِّيَّة أيضاً إنزال مسبارَين على سطح المرِّيخ؛ فكان «بيغل 2»، وهو مركبة هبوط بريطانيَّة الصُّنع فشلت في نشر ألواحها الشَّمسيَّة بشكلٍ صحيح بعد هبوطها على سطح المرِّيخ في شهر كانون الأوَّل 2003، و«شيابارِيلي إي دي إم»، التي حَلَّقَت على متن «مركبة إكسو مارس تراس غاز» المَدَاريَّة، إلّا أنَّ الاتِّصال انقطع بمركبة الهبوط شيابارِيلي قبل 50 ثانية من هبوطها! وتأكَّد لاحقاً أنَّ المركبة ارتطمت بسطح المرِّيخ بسرعةٍ عاليةٍ، وربَّما انفجرت؟!

المركبة	الوصول إلى الكوكب
فوبوس 1	فشلت
فوبوس 2	نجحت جُزئيَّاً
مارس أوبزرڤر	فشلت
مارس 96	فشلت
مارس باثفايندر	نجحت
مارس غلوبال سيرڤيور	نجحت
مارس كلايمت أوربيتر	فشلت
مارس بولار لاندر	فشلت
ديب سبيس 2	فشلت
نوزومي	فشلت

مركبات استكشاف المرِّيخ بين عامَي 1988 و1999م

مُقترَحات بعثات استكشاف المرِّيخ البشريَّة (المأهولة)

لطالما كان استكشاف كوكب المرِّيخ طُموحاً منذ الأيَّام الأولى لـ«علم الصَّواريخ الحديث»، حيث يُرجِع الفيزيائي والمُخترِع الأمريكي «روبرت غودارد» الفضل في فكرة الوصول إلى المرِّيخ إلى إلهامه الشَّخصي في دراسة فيزياء وهندسة رحلات الفضاء في النِّصف الأوَّل من القرن العشرين. وقد قُدِّمَت مُقترَحاتٌ للاستكشاف البشري للمرِّيخ على مَرِّ تاريخ استكشاف الفضاء. ويوجد حاليَّاً العديد من الخطط والبرامج النَّشطة لوضع البشر على المرِّيخ خلال السَّنوات العشر إلى الثَّلاثين القادمة؛ سواءً الحُكوميَّة أو الخاصَّة منها، وبعضها مُدَرَجٌ أدناه:

1- خطط «وكالة الطَّيران والفضاء الأمريكيَّة» (ناسا):

تمَّ تحديد الاستكشاف البشري للمرِّيخ من قِبَل الولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة كهدف طويل الأجل في رُؤيتها لاستكشاف الفضاء التي أعلن عنها الرَّئيس الأمريكي آنذاك «جورج دبليو بوش»، عام 2004. وستُستخدَم مركبة «أوريون» الفضائيَّة المُخطَّط لها، لإرسال بعثة بشريَّة إلى قمر الأرض بحُلول عام 2020، كخُطوة أولى نحو بعثة المرِّيخ، إلّا أنَّ مشروع القمر تمَّ تأجيله! وفي 28 أيلول 2007، صرَّح مُدير ناسا آنذاك «مايكل غريفين»، بأنَّ ناسا تَهدُف إلى وضع شخصٍ على المرِّيخ بحُلول عام 2037م.[8]

وفي 2 كانون الأوَّل 2014، أعلن مُدير أنظمة وعمليَّات الاستكشاف البشري المُتقدِّمة في ناسا «جيسون كروسان»، ونائب المُدير المُساعد للبرامج «جيمس روثر»، عن دعمٍ مَبدئي لـ«تصميم مُهمَّة

المرِّيخ بأسعارٍ معقولة» من شركة «بوينغ للدِّفاع والفضاء والأمن» الأمريكيَّة، بما في ذلك الحماية من الإشعاع، والجاذبيَّة الاصطناعيَّة الطَّاردة المَركزيَّة، وإعادة إمداد المواد الاستهلاكيَّة أثناء النَّقل، ومركبة هبوط يُمكنها العودة. وأشار روثنر إلى أنَّه في حال توفُّر التَّمويل الكافي، فمن المُتوقَّع أن تبدأ المُهمَّة المُقترَحة في أوائل ثلاثينيَّات القرن الحادي والعشرين (الحالي).

وفي 8 تشرين الأوَّل 2015، نشرت ناسا خطَّتها الرَّسميَّة لاستكشاف واستعمار المرِّيخ، وأطلقت عليها إسم «رحلة إلى المرِّيخ». تعمل الخطَّة من خلال 3 مراحل مُتميِّزة تُؤدِّي إلى استعمارٍ مُستدَام بالكامل:

• المرحلة الأولى (الجارية بالفعل)، هي مرحلة «الاعتماد على الأرض». واستمرَّت هذه المرحلة باستخدام «محطَّة الفضاء الدُّوليَّة» (ISS) حتَّى العام الماضي (2024م)، حيث تمَّ خلالها التَّحقُّق من صحَّة تقنيَّات الفضاء العميق، ودراسة آثار المُهمَّات الفضائيَّة طويلة الأمد على جسم الإنسان.

• المرحلة الثَّانية (وتُسمَّى "مرحلة أرض الاختبار")، وهي تَبتعد عن الاعتماد على الأرض، وتتَّجه إلى الفضاء القمري لتنفيذ مُعظَم مهامها. في هذه المرحلة، تُخطِّط ناسا لالتقاط كُويكب، واختبار مَرافق السَّكن في الفضاء العميق، والتَّحقُّق من صحَّة القُدرات اللازمة لاستكشاف المرِّيخ من قِبَل البشر.

• المرحلة الأخيرة (وتُسمَّى "مرحلة الاستقلال عن الأرض")، وهي تَشمُل مُهمَّات طويلة الأمد على سطح القمر، والتي تَستفيد من المَوائل (أماكن العيش الآمنة) السَّطحيَّة التي لا تتطلَّب سوى الصِّيانة الرُّوتينيَّة، واستغلال مَوارد المرِّيخ للحصول على الوقود والماء ومواد البناء.

ولا تزال ناسا تَهدُف إلى إرسال مُهمَّات بشريَّة إلى المرِّيخ في ثلاثينيَّات القرن الحادي والعشرين (الحالي)، على الرَّغم من أنَّ فكرة الاستقلال عن الأرض قد تَستغرق عُقوداً أطول!

وفي 28 آب من عام 2015م، قامت ناسا بتمويل برنامج مُحاكاة لمدَّة سنة كاملة لدراسة آثار مُهمَّة المرِّيخ على 6 عُلماء، حيث عاش العُلماء خلالها في قُبَّة حَيَويَّة على جبل "ماونا لوا" في "جُزُر هاواي" الأمريكيَّة، وكان اتِّصالهم بالعالَم الخارجي مَحدوداً، ولم يُسمح لهم بالخروج إلّا إذا كانوا يرتدون بذلات فضاء.

وتطوَّرت خطط ناسا لاستكشاف المرِّيخ من خلال "بعثات نَاسا المَرجعيَّة لتصميم المرِّيخ"، وهي سلسلةٌ من دراسات التَّصميم لاستكشاف المرِّيخ من قِبَل البشر.

وفي عام 2017م، تحوَّل تركيز ناسا إلى العودة إلى القمر (عبر رحلة مأهولة) بحُلول عام 2024م، من خلال "برنامج أرتميس" (تمَّ تأجيله إلى عام 2027م)، ويُمكن أن تَتبَعَ هذا المشروع رحلةٌ إلى المرِّيخ.

2- خطط شركة «سبيس إكس» الأميركيَّة:

إنَّ الهدف طويل المدى لشركة «سبيس إكس» الأمريكيَّة الخاصَّة هو إطلاق رحلات روتينيَّة إلى المرِّيخ لتمكين استعماره. ولتحقيق هذه الغاية، تعمل الشَّركة على تطوير مركبة «ستارشيب»، وهي مركبةٌ فضائيَّةٌ قادرة على نقل رُوَّاد فضاء إلى المرِّيخ والأجرام السَّماويَّة الأخرى، إلى جانب صاروخها المُعزِّز «سوبر هيفي». في عام 2016م، أعلنت سبيس إكس عن خطط لإرسال مركبتَي ستارشيب غير مأهولتَين إلى المرِّيخ بحُلول عام 2022م، تليهما رحلتان غير مأهولتَين ورحلتان

مأهولتان في العام الماضي (2024م). وتستهدف سبيس إكس حالياً إطلاق أولى رحلاتها غير المأهولة بحُلول العام القادم (2026م)، على أن تُطلق أولى رحلاتها المأهولة بحُلول عام 2028م.

ومن المُقرَّر أن تحمل مركبة ستارشيب حُمولة لا تقل عن 100 طن، وهي مُصمَّمة لاستخدام مزيج من الكبح الهوائي والهبوط الدَّافع، باستخدام وقود مُنتَج في مُنشأة على المرِّيخ (أي استغلال المَوارد في الموقع). وفي العام الماضي (2024م)، شَهِدَ برنامج تطوير مركبة ستارشيب رحلات تجريبيَّة مُتكاملة مُتعدِّدة، وهو يتقدَّم نحو إعادة الاستخدام الكامل (الاكتفاء الذَّاتي). تتضمَّن خطط سبيس إكس التَّصنيع الشَّامل لمركبة ستارشيب، مع الاعتماد في البداية على إعادة الإمداد من الأرض، والاستفادة من المَوارد في الموقع على المرِّيخ، حتَّى تصل مُستعمَرة المرِّيخ إلى الاكتفاء الذَّاتي الكامل. ومن المُرجَّح أن تتمَّ أيَّة مُهمَّة بشريَّة مُستقبليَّة إلى المرِّيخ خلال فترة الإطلاق المِثاليَّة (نافذة الإطلاق المُناسبة) للمرِّيخ، والتي تَحدُث كلَّ 26 شهراً.

3- خطَّة الباحث الأمريكي «روبرت زوبرين»:

إنَّ «مارس دايركت»، وهي مُهمَّةٌ بشريَّة إلى المرِّيخ مُنخفضة التَّكلفة، إقترحها مُهندس الفضاء والباحث الأمريكي «روبرت زوبرين»، مُؤسِّس «جمعيَّة المرِّيخ»[9]، ستَستخدم صواريخ ثقيلة من فئة «ساتورن 5»، مثل «آريس 5»، لتَجَنُّب عمليَّة البناء المَداري، ومحطّة التقاء المَدار الأرضي المُنخفض، ومُستودعات الوقود القمريَّة. ويتضمَّن اقتراحٌ مُعدَّل، يُسمَّى «البقاء على المرِّيخ»، عدم عودة المُستكشفين المُهاجرين الأوائل فوراً؛ إن أمكن![10] [11]

استكشافات العام الحالي (2025م)

لم يَعُد السُّؤال حول إمكانيَّة وجود حياة سابقة على المرِّيخ مُجرَّد خيال علمي، بل أصبح موضوعاً علميَّاً تتكشَّف فُصوله يوماً بعد يوم مع استمرار مُهمَّة مركبة ناسا الجوَّالة «بيرسيفيرانس» التي أُطلقت عام 2020م. ففي شهر أيلول من العام الحالي (2025م)، أعلنت وكالة ناسا، أنَّ المركبة اكتشفت صُخوراً طينيَّةً داخل «فُوَّهة جيزيرو» مُزيَّنةً ببُقع لافتة تُشبه «بُذور الخشخاش» أو «جلد النَّمر»، حيثُ أثارت اهتمام العُلماء ودفعتهم لطرح فرضيَّات جديدة حول الماضي الغامض للكوكب الأحمر. وهذه البُقَع ليست مُجرَّد أنماط بصريَّة جميلة؛ بل تحتوي على معادن نادرة، مثل «الفيفيانايت» و«الجريغايت»، التي تُعرَف على الأرض بارتباطها بالكائنات الحيَّة القديمة. كما يَعتقد الباحثون أن وجود مثل هذه المعادن قد يكون مُؤشِّراً على نشاط ميكروبيٍّ سابق، وهو ما يجعل هذا الاكتشاف من أكثر الأدلَّة إقناعاً حتَّى الآن على فرضيَّة أنَّ المرِّيخ كان يوماً ما مأهولاً بالكائنات الدَّقيقة.

ففُوَّهة جيزيرو، التي اختارتها ناسا كنقطة هبوط لمركبتها على المرِّيخ عام 2021م، كانت قبل نحو 3.5 مليار سنة بُحيرة واسعة تُغذِّيها الأنهار. وتُشكِّل هذه البيئة المائيَّة القديمة موقعاً مثالياً لتراكُم الطِّين والرَّواسب؛ ما يجعلها كنزاً بحثيًّا وأفضل مكانٍ للبحث عن آثار للحياة.

وقد أظهرت الدِّراسات الأوَّليَّة أنَّ الصُّخور الطِّينيَّة التي رصدتها بيرسيفيرانس لم تتعرَّض لحرارة عالية أو ضغط شديد يُغيِّر طبيعتها؛ ما يعني أنَّها رُبَّما حافظت على مُكوِّناتها الأصليَّة، بما فيها بصماتٌ كيميائيَّةٌ قديمة يُمكن أن تحمل أدلَّةً على وجود ميكروبات.

ورُغم هذه الاحتمالات المُثيرة، يُؤكِّد الخُبراء أنَّ النَّتائج الحاليَّة لا تعني إعلاناً رسميًّا عن اكتشاف حياة على المرِّيخ. فالمعادن نفسها قد تتشكَّل بطُرُقٍ غير حَيَويَّة عبر تفاعُلات جُيولوجيَّة طبيعيَّة. ومع ذلك، فإنَّ الطَّريقة التي توزَّعت بها هذه المعادن، والظُّروف الجُيولوجيَّة المُحيطة بها، تجعل من الصَّعب تجاهُل الفرضيَّة البيولوجيَّة. كما يوضحون أنَّ الحسم في هذه القضيَّة لن يتحقَّق إلّا بعد جلب العيِّنات إلى الأرض، وهو ما تُخطِّط له ناسا بالتَّعاون مع وكالة الفضاء الأوروبيَّة في مُهمَّة مُعقَّدة لإحضار الصُّخور إلى المُختبَرات الأرضيَّة بحُلول ثلاثينيَّات هذا القرن.

وإذا تبيَّن بالفعل أنَّ هذه المعادن نشأت من نشاط ميكروبي، فسيكون ذلك أوَّل وأوضح دليل مُباشَر على أنَّ الحياة لم تكن حكراً على الأرض. وسيُعيد ذلك صياغة تصوُّرنا عن الكون؛ إذ سيُثبت أنَّ الحياة يُمكن أن تنشأ في أكثر من بيئة داخل مجموعتنا الشَّمسيَّة، ورُبَّما في أماكن أخرى أبعد.

هذا ويَصِفُ العُلماء هذا النَّوع من الاكتشافات بأنَّه بمَثابة «أحجية كونيَّة»، حيث يُضاف كلُّ دليل صغير إلى الصُّورة الكُبرى التي نُحاول رسمها عن ماضي المرِّيخ. وحتَّى الآن، تبدو فُوَّهة جيزيرو كأنَّها كتابٌ مفتوح؛ كلُّ صفحة فيه تحمل أسراراً قد تُغيِّر فهمنا لتاريخ الحياة نفسها.

لكن إلى حين وصول العيِّنات إلى الأرض، سيُواصل العُلماء تحليل الصُّوَر والبيانات التي تبعثها بيرسيفيرانس يوميًّا. وهذه البيانات لا تُبقي الأمل قائماً فحسب؛ بل تُشعل خيال الباحثين حول إمكانيَّات أخرى، مثل البحث عن دلائل الحياة في أماكن مُختلفة من الكوكب؛ أو حتَّى في أقمار مثل «يوروبَّا» التَّابع لكوكب المُشتري و«إنسيلادوس» التَّابع لكوكب زُحَل.

وهكذا، يتحوَّل المرِّيخ يوماً بعد يوم من كوكبٍ جافٍّ وبارد إلى مسرح علميٍّ حَي، يفتح أبوابه لأسئلة أكبر بكثير: إذا وُجِدَت حياةٌ هناك، فهل يُمكن أن توجد في أماكن أخرى؟ وهل نحن حقًّا وحدنا في هذا الكون الواسع؟

المراجع:

- Porter, David S. F. (February 2001). Humans to Mars: Fifty Years of Mission Planning, 1950–2000. NASA Monographs in Aerospace History Series, No. 21 — NASA SP-2001-4521. Washington D.C.: NASA History Division. pp. 3, 4.
- «Mars Global Surveyor». CNN – Destination Mars. 2006-04-15.
- Knight, Matthew. «Beating the curse of Mars». Science & Space. 2007-03-27.

الهوامش:

1 – «مَـدَار موقف الأرض»: هو مَدَارٌ مُؤقَّت تدخله المركبة الفضائيَّة في أثنـاء الإطلاق، قبل مُواصلة رحلتها إلى وجهتهـا النِّهائيَّة أو مَدَار المُهمَّة. ويُعَدُّ هـذا المَدَار بمَثابة خُطوة وسيطـة مُستقرَّة، تسمح بإجـراء الفُحوصـات والتَّعديـلات والتَّحضيرات النِّهائيَّـة قبل أن تُتابع المركبـة الفضائيَّة مَسَارها المقصـود.. ويُستخـدَم مَسَـارٌ بديـل في بعض المُهمَّـات، وهـو «الحَقـن المُباشَـر»، حيـث يُطلَـق الصَّـاروخ باستمرار (باستثناء فـترة التَّحضير) حتَّـى ينفد وقوده، وينتهي الأمر بحُمولته في المَسَار النِّهائي.

2 – «الاحتجـاب»: هو حالـةٌ تَحدُث عندما يُحجَب جسـمٌ عنَ الرَّاصـد بسبب وجود جسـم آخر يَمُرُّ بينهمـا. يُستخدَم هـذا المُصطلَح غالبـاً في «علم الفلك»، ولكنَّه قد يُشير أيضاً إلى أيَّة حالة يَحجُب فيها جسـمٌ في المُقدِّمة جسماً آخر في الخلفيَّة عن الرُّؤية. بهـذا المعنى العام، يَنطبق الاحتجاب على المَشهَـد المَرئي المَرصـود من طائـرات تُحلِّق على ارتفـاع مُنخفض (أو من صُوَر مُولَّـدة حاسوبيًّا) عندمـاً تَحجُـب الأجسـام في المُقدِّمـة الأجسـام البعيدة ديناميكيًّاً، مع تغيُّر المَشهَد بمُرور الوقت.. وإذا لم يَحجُـب الجسـمُ الأقـرب الجسـمَ الأبعد تمامـاً، يُسمَّـى هـذا الحَـدَث «عُبـوراً». ويُمكـن الإشـارة إلى كلٍّ مـن العُبـور والاحتجـاب عُموماً باسـم «الانسـداد»؛ وإذا أُلقِيَ ظِلٌّ علـى الرَّاصِد، يُسمَّى عندها «كُسوفاً».

3 – «المُذنَّـب»، هو جسـمٌ جليديٌّ صغير يبدو على شـكل غيمة، يـدور في النِّظـام الشَّمسـي، ويَظهَر عندما يَمُرُّ بالقُرب من الشَّمس التي تُسخِّن نَواته، مُحـرِّرةً الغـازات من الجسـم السَّديمـي له ومن

- «NASA›s Mars Odyssey Shifting Orbit for Extended Mission». NASA. October 9, 2008.
- Mitchell, Cary L.; Purdue University. «Living in Space». The Universe. Season 2008–09. Episode 307.
- Raftery, M. L. (May 14, 2014). Mission to Mars in Six (not so easy) Pieces (Report). Boeing Co.
- Slawson, Nicola; agencies (2016-08-28). «Mars scientists leave dome on Hawaii mountain after year in isolation». The Guardian.
- Chang, Kenneth (September 27, 2016). «Elon Musk›s Plan: Get Humans to Mars, and Beyond». The New York Times.
- Foust, Jeff (2023-05-24). «Impulse and Relativity target 2026 for launch of first Mars lander mission». SpaceNews.
- Berger, Eric (2024-04-08). «Elon Musk just gave another Mars speech—this time the vision seems tangible». Ars Technica.
- «Viking 1 – Mars Missions – NASA Jet Propulsion Laboratory». NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL). 2024-12-08.
- «NASA Says Mars Rover Discovered Potential Biosignature Last Year - NASA». 10 September 2025.

سَحَابـة الهيدروجين فيه؛ ما يَنتُج عنـه جَوٌّ مرئيٌّ (أو «غَمامـة»، أي سَحَابـة)، فـإذا حـدث التَّأيُّن (إنتـزاع إلكترونات مـن الـذَّرَّات) يتبخَّر الجليد ويتكوَّن ذَنَـبٌ مُتأيِّنٌ للمُذنَّب، الذي يَندفع بالاتِّجاه المُضـاد للشَّمس بتأثير الرِّيـاح الشَّمسيَّة. وعندما يبتعـد المُذنَّب عـن الشَّمس لدرجـة لا يتبخَّر معها الجليد الموجود فيـه، يصبح عديم الذَّنَب، ويتكوَّن لـه ذَنَبٌ جديـد عند اقترابـه من الشَّمس ثانيةً، وهكذا... يتراوح نطاق نَواة المُذنَّب من بضع مئات من الأمتار إلى عشرات الكيلو مترات، وتتكوَّن من مجموعات كبيرة مـن الجليد والغُبار والجُسيمات الصَّخريَّـة الصَّغيرة. وقد يصـل قُطر المُذنَّب إلى 15 ضعفاً مـن قُطر الأرض، في حين أنَّ الذَّنَب قد يمتـدُّ إلى ما بعد وحدة فلكيَّـة واحدة! ويُعَدُّ مُذنَّب «هالي» الذي مَـرَّ بجانب الأرض في عام 1986م، وسيظهر مرَّةً أخرى بعـد 76 سنة، يُعَدُّ من أشهر المُذنَّبات.

4 - في جُيولوجيـا الكواكب، تُعرَف «سمة البياض» بأنَّهـا مساحـةٌ كبـيرة على سطـح كوكـب (أو أيِّ جُـرم آخـر في النِّظـام الشَّمسـي) تُظهـر تبايُناً في السُّطـوع أو الظَّـلام (البياض) مـع المناطـق المُجـاورة. تاريخيَّـاً، كانـت سمـات البياض هي السِّمات (المَعـالم) الأولى (والوحيدة عادةً) التي تُـرى وتُسمَّـى عَلـى كوكبَي «المرِّيـخ» و«عُطـارد». وقـد أظهَـرت الخرائـط الكلاسيكيَّـة المُبكِّـرة (مثل خرائـط عالِمَي الفلك؛ الإيطـالي «جيوفاني سكيابارياللـي»، واليوناني-الفرنسـي «ميشيـل أنتونيـادي») سمـات البياض فقـط، ولم يكن من المُمكن رُؤية سمات سطحيَّة أخرى، مثل الفُوَّهات، إلّا مـع وصـول المَسابـر الفضائيَّـة.. في الأجـرام الأخرى (غـير المرِّيخ وعُطـارِد)، يُطلَق على سِمة البياض أحيانـاً إسـم «منطقـة».. وفي الأجـرام ذات الغـلاف الجـوِّي السَّميـك جـدَّاً، مثل كوكب «الزُّهـرَة» أو قمـر «تيتـان» التَّابع لكوكـب «زُحَل»، لا يُمكـن رُؤية سمات البياض الدَّائمة باستخدام التِّلسكوبـات البَصَريَّـة العاديَّـة (الأرضيَّـة) لأنَّ سطـح الجُرم غير مَرئـي، ولا تُرى سـوى السُّحُب والظَّواهـر الجوِّيَّـة العابـرة الأخـرى. وقـد رَصَدَ مسبـار «كاسيني-هويغنـز» التَّابـع لوكالـة ناسـا ووكالة الفضاء الأوروبِّيَّة ووكالة الفضاء الإيطاليَّة، سمات بياض مُتعدِّدة على القمر تيتان بعد وصوله إلى مَـدَار زُحَـل عـام 2004م.. كانـت أوَّل سمـة بياض تُرى على كوكب آخر هـي بُركان «سيرتيس ماجـور بلانوم» على المرِّيخ، في القرن 17. واليوم، وبفضل المَسابر الفضائيَّة، تتوفَّر صُوَرٌ عالية الدِّقَّة لسمـات سطحَـي المرِّيـخ وعُطـارد.. وقـد تَراجَع استخـدام المُصطلَحات الكلاسيكيَّـة القائمة على سمـات البياض إلى حَدٍّ ما، على الرَّغم من أنَّها لا تزال تُستخدَم في عمليَّات الرَّصد الأرضيَّة للمرِّيخ مـن قِبَل هُواة الفلـك. ومع ذلـك، بالنِّسبة لبعض أجـرام النِّظـام الشَّمسـي (مثـل الكوكـب القَزَم «بلوتو» قبل مُهمَّة مسبـار ناسا «نيو هورايزونز»)، فـإنَّ أفضـل الصُّوَر المُتاحـة تُظهر سمـات بياض فقـط، وعادةً ما كانت تُلتقَط هذه الصُّوَر بوساطة «تلسكـوب هابل الفضائي» التَّابع لناسا أو بوساطة تلسكوبات أرضيَّـة تَستخدم البَصَريَّات التَّكيُّفيَّة.. وتُعَـدُّ منطقةٌ على سطـح المرِّيخ تُسمَّـى «سيدونيا مينساي» (التي تُعرَف بتشكيلات سطحها المُميَّزة، وربَّما أهم تلك الأشـكال ما يُعرَف بـ«وجه المرِّيخ»، الـذي يبدو وكأنَّه يُشبه وجهـاً بشريَّاً!)، مِثالاً على سمة بياض.

5 - «مِطيـاف الكُتلـة الغـازي الكروماتوغرافي»:

هـو طريقـةٌ تحليليَّـة تجمـع بـين خصائـص «كروماتوغرافيا الغاز» و«مطياف الكُتلة»، لتحديد المـواد المُختلفـة داخـل عَيِّنَـة الاختبـار. تَشمُـل تطبيقـات كروماتوغرافيـا الغاز-مطيـاف الكُتلة الكشف عـن المُخـدِّرات، والتَّحقيـق في الحرائق، والتَّحليل البيئي، والتَّحقيق في المُتفجِّرات، وتحليل الأطعمـة والنَّكهـات، وتحديد العَيِّنـات المجهولة، بما في ذلك عَيِّنات المـواد التي تمَّ الحصول عليها من كوكب المرِّيـخ خلال مُهمَّـات المَسابر في أوائل سبعينيَّـات القـرن الماضي. كما يُمكـن استخدام كروماتوغرافيـا الغاز-مطيـاف الكُتلـة في أمـن المطـارات للكشف عن المَواد الموجودة في الأمتعة أو مع المُسافرين. بالإضافة إلى ذلك، يُمكنها تحديد العناصـر النَّـزرَة (القليلـة) في المـواد التـي كان يُعتقَـد سابقاً أنَّها تحلَّلت بشـكلٍ يَصعُب تحديده. ومثل «مطيـاف الكُتلة السَّائـل الكروماتوغرافي»، تُتيح هذه التِّقنيَّة تحليل وكشف حتَّى كمِّيَّاتٍ ضئيلة من المادَّة.

6 - «البـار»: هـو وحـدة قياس للضَّغـط لا تتبـع «النِّظام الدُّولي للوحـدات»، وتُعادل تقريباً مقدار الضَّغـط الجـوِّي العادي علـى ارتفـاع 111 متراً عن سطـح البحر عند درجة حـرارة 15° مئويَّة، وتُساوي 1000 ميليبار أو 100 كيلوباسكال.

7 - مُذنَّب «67 بي/تشوريوموف-غيراسيمينكو»: هـو مُذنَّبٌ مـن عائلة كوكـب «المُشـتري»، وهو في الأصل من «حـزام كايبر»، وله فـترةٌ مَدَاريَّة تبلغ 6.45 سنـةً اعتبـاراً مـن عـام 2012م، وفـترة دورانٍ تبلـغ حوالى 12.4 ساعـة، وسرعةٌ قُصوى تبلـغ 135000 كم/سـا. يبلغ طول وأوسـع أبعاد تشوريوموف-غيراسيمينكو حوالى 4.3 كم × 4.1 كم. وتمَّ رصـده لأوَّل مرَّة على «ألواحٍ فوتوغرافيَّة» (وهـي وسيلـةٌ لالتقـاط الصُّـوَر استُخدمـت قبل الأفـلام) عـام 1969م، مـن قِبَـل عالِمَـي الفلك السُّوفييتيَّـين «كليـم تشوريومـوف» و«سفيتلانـا غيراسيمينكو»، اللذين سُمِّيَ باسمَيهما. وقد وصل المُذنَّـب مُؤخَّـراً إلى الحَضيـض (أقرب نقطة من الشَّمـس)، وذلـك في 2 تشرين الثَّـاني 2021م، وسيصـل إلى الحَضيض مرَّةً أخـرى في 9 نيسان 2028م.. كان تشوريوموف-غيراسيمينكـو وجهة مُهمَّةٍ «روزيتَّـا» التَّابعة لوكالة الفضـاء الأوروبِّيَّة، التي أُطلقـت في 2 آذار 2004م، والتي التقت معه في 6 آب 2014م، ودخلـت مَدَاره في 10 أيلول من العام نفسه، وهبطت مركبة الهبوط «فيله» التَّابعة لروزيتَّـا، على سطح المُذنَّـب في 12 تشرين الثَّاني 2014م، لتصبـح أوَّل مركبـة فضائيَّة تهبط على نَـواة مُذنَّب. وفي 30 أيلـول 2016م، أنهت مركبة الفضـاء روزيتَّـا مُهمَّتها بالهبوط علـى المُذنَّب في منطقة «ماعت» عليه.

8 - خـلال تَجَمُّـع انتخابـي أُجـري في ولايـة «كارولاينـا الشَّماليَّة يوم 21 أيلـول 2024، وقبل فـوزه بولايـة رئاسيَّـة جديـدة لمـدَّة 4 سنوات في الانتخابـات الرِّئاسيَّـة الأمريكيَّـة لعـام 2024م للمـرَّة الثَّانيـة في حياته، تَعهَّـد الرَّئيس الأمريكي الحالي «دونالـد ترامب» بإرسـال مركبة فضائيَّة إلى المرِّيـخ إذا انتُخـبَ رئيساً، حيث قـال: «أطلق يـا إيلون ماسـك مركباتكَ الفضائيَّـة، لأنَّنا نريد الوصـول إلى المرِّيخ قبـل نهاية ولايتـي الرِّئاسيَّة» (أي في نهايـة عـام 2028م) (و«إيلـون ماسك»، هو رَجُـل أعمالٍ جنـوب إفريقي-كندي-أمريكي، يُعدُّ أغنى شخصٍ في العالَم منذ عام 2021 وحتَّى الآن، حيث يُقدَّر صـافي ثروته اليوم بنحو 424.7 مليـار دولار أمريكـي، ويُعـرَف بقيادتـه لشركات

«تيسلا» للسَّيَّارات والمركبات الكهربائيَّة التي تعمل بالبطَّاريَّات، وشركة تقنيَّات استكشاف الفضاء «سبيس إكس»، ومنصَّة تويتر للتَّواصُل الاجتماعي «إكس»، و«وزارة كفاءة الحُكومة» التي استَحدَثتها إدارة الرَّئيس الأمريكي الحالي «دونالد ترامب» الثَّانية ضمن الحُكومة الاتِّحاديَّة الأمريكيَّة).

ويُعيد ترامب إلى الأذهان ما كان قد قطعه سَلَفَه الأسبق «جون كينيدي» على نفسه يوم 25 أيَّار 1961، عندما قال «على أمريكا خلال هذا العَقد إرسال إنسانٍ إلى القمر، على أن يعود سالماً إلى الأرض». وفي عام 1969م، وفى الأمريكيُّون بوعدهم قبل نهاية الموعد الذي حدَّده الرَّئيس الرَّاحل كينيدي بسنة؛ عندما أرسلوا أوَّل إنسانٍ إلى سطح القمر هو «نيل أرمسترونغ»، وعاد مع فريقه (رائدَي الفضاء الأمريكيَّين «باز ألدرين» و«مايكل كولينز») إلى الأرض سالمين. فهل ستفي الولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة بوعدها في إرسال أوَّل إنسانٍ إلى المرِّيخ كما فعلت مع القمر، بحَماس ترامب وجُهود «إيلون ماسك» وشركته «سبيس إكس»؟ أم أنَّ للرُّوس (روسيا) والأوربيِّين والهُنود، وغيرهم... رأيٌ آخر؟

9 - «جمعيَّة المرِّيخ»: هي مُنظَّمة غير ربحيَّة، تدعو إلى استكشاف واستعمار المرِّيخ من قِبَل البشر. أسَّسها مُهندس الفضاء والباحث الأمريكي «روبرت زوبرين» عام 1998، وتَستند مبادئها إلى فلسفة زوبرين «مارس دايركت»، التي تَهدُف إلى جعل البعثات البشريَّة إلى المرِّيخ مُمكنة قدر الإمكان. تُثير جمعيَّة المرِّيخ الاهتمام ببرنامج المريخ من خلال حشد الدَّعم من الجُمهور ومُمارسة الضَّغط. ويتمتَّع العديد من أعضاء جمعيَّة المرِّيخ الحاليِّين والسَّابقين بتأثير كبير في مُجتمَع رحلات الفضاء الأوسع، مثل «باز ألدرين» (ثاني إنسانٍ تطأ قدمه سطح القمر) و«إيلون ماسك» (مالك ومُؤسِّس شركة «سبيس إكس» الأمريكيَّة الخاصَّة).. ومنذ تأسيسها، نظَّمت جمعيَّة المرِّيخ فعَّاليات وأنشطة بحثيَّة، حيث استضافت مُؤتمَرها السَّنوي «جمعيَّة المرِّيخ الدُّوليَّة»، وأدارت مشروعات بحثيَّة مثل «محطَّة أبحاث فلاشلاين المرِّيخيَّة القُطبيَّة الشَّماليَّة» (في جزيرة «ديفون» الكنديَّة) و«محطَّة أبحاث صحراء المرِّيخ» (في بلدة «هانكسفيل» بولاية «يوتا» الأمريكيَّة)، وكِلاهُما يَستخدم مَوائل المرِّيخ التَّناظُريَّة (يحاكيان بيئة المرِّيخ)، حيث تقع كِلتا المحطَّتَين في مواقع نائية لأغراض البحث. ويقوم أعضاء طاقم المحطَّتَين بأنشطة مُحاكاة خارج المركبة، ويُنفِّذون مهام بحثيَّة، ويُقيمون في المحطَّتَين على إمدادات مُقنَّنة بدقَّة. كما تستضيف المُنظَّمة مُسابقة رُوبوتات جامعيَّة في ولاية يوتا، تُسمَّى «تحدِّي المركبات الجَوَّالة الجامعيَّة».

10 - تَقترح بعثات «البقاء على المرِّيخ» أن يُوافق رُوَّاد الفضاء المُرسَلون إلى المرِّيخ لأوَّل مرَّة، البقاء هناك! حيث ستتمُّ إعادة تدوير مركبات العودة الطَّارئة غير المُستخدَمة، في بناء المُستوطَنات هناك، حالما يتَّضح للرُّوَّاد الأوائل صلاحيَّة المرِّيخ للسَّكن. ويُنصَح ببعثات «البقاء على المرِّيخ» لخفض التَّكلُفة، وضمان الاستيطان الدَّائم على المرِّيخ... من بين أبرز دُعاة «البقاء على المرّيخ»، رائد الفضاء السَّابق في برنامج «أبولو» الأمريكي «باز ألدرين» (ثاني إنسانٍ تطأ قدمه

سطح القمر)، الذي كان صريحاً عندما قال في العديد من المُنتديات «لننسَ القمر، فلنتَّجه إلى المرِّيخ.»! وفي شهر حزيران 2013، رَوَّجَ ألدرين لبعثة مأهولة «للاستيطان على المرِّيخ، والتَّحوُّل إلى نوعٍ ثُنائي الكوكب.»! وقَدَّمَ ألدرين بالتَّعاون مع «معهد فلوريدا للتِّكنولوجيا» في شهر آب 2015، خطَّةً رئيسيَّة لدراسة ناسا لرُوَّاد فضاء يقومون بجولة خدمة لمدَّة 10 سنوات، لاستعمار المرِّيخ قبل عام 2040، كما تَبَنَّت مجموعات المُناصَرة ومُنظَّمات الأعمال، مثل مُنظَّمة «مارس أندر غراوند»، و«مشروع مسكن المرِّيخ» التَّابع لـ«مُؤسَّسة مارس»، ومُنظَّمة «مارس وَن» الهولنديَّة (التي توقَّف نشاطها عام 2019م)، و«مُجتمَع فنَّاني مارس»؛ تَبَنُّوا جميعاً مُبادرات سياسة «البقاء على المرّيخ»... وقد عُرِضَ أوَّل مُخطَّط رسمي لهيكليَّة مُهمَّة «البقاء على المريخ» في ورشة عمل أُطلق عليها إسم «حالة المرِّيخ 6» عام 1996، خلال عرض تقديمي بعنوان «طريقٌ واحد إلى المرِّيخ»! ولا ننسَ أنَّ أوَّل امرأة زارت الفضاء الخارجي (في عام 1963م)، وهي الرُّوسيَّة «فالنتينا تريشكوفا»، كانت قد أبدَت أيضاً في عام 2013م، استعدادها للقيام برحلة فضائيَّة إلى كوكب المرِّيخ؛ حتَّى لو كانت تلك الرِّحلة «من دون تَذكَرة عودة»!.

11 – وإذا كان الكوكب الأحمر هو الوجهة الحُلم للعديد من عُشَّاق الفضاء، فإنَّ الرِّحلة إليه تَستغرق وقتاً أطول من الرِّحلة إلى القمر. ولا يتوقَّف الأمر عند هذه المُعضلة، بل إنَّ الرِّحلة عبر الفضاء خطرة على صحَّة رُوَّاد الفضاء، لذلك درس الباحِثون طويلاً آثار الإشعاع الكوني على الجسم البشري، فقد يتسبَّب ذلك في زيادة الاحتمال بالإصابة بمرض «السَّرطان» مثلاً! في مشروع روسي–أوروبِّي–صيني مُشترَك سُمِّي «مرّيخ–500»، تمَّت بين عامَي 2007 و2011م مُحاكاة رحلة مأهولة إلى المرِّيخ في كبينة مُغلَقة هُنا على الأرض، حيث عاشت وعَمِلَت ثلاثة طواقم مُختلفة من المُتطوِّعين (الرِّجال والنِّساء) في أنموذج مركبة فضائيَّة، لتجربة عُزلة نفسيَّة اجتماعيَّة تراوحت بين 15 و520 يوماً! وقد أُجرِيَت المرحلة الأخيرة من التَّجربة، والتي كانت تَهدُف إلى مُحاكاة مُهمَّة مأهولة إلى المرِّيخ تبلغ مدَّتها 520 يوماً، بوساطة طاقم من الرِّجال فقط. وبعد 520 يوماً، فُتح الباب بعدما اجتاز الأشخاص المُتطوِّعون السِّتَّة التَّجربة بنجاح، لكنَّ الرِّحلة الطَّويلة والعُزلة أضعفتا الجهاز المناعي لهم! وأظهرت الفحوصات التي أُجرِيَت على المُتطوِّعين في عام 2013م، أنَّ الحالة الصِّحِّيَّة لمَن خاض التَّجربة باتت مُثيرةً للقلق، فأربعة من أفراد الطَّاقم السِّتَّة باتوا يُعانون من مشكلات كبيرة في النَّوم، وزيادة أوقات النَّوم والرَّاحة؛ في سلوك يُمكن مُقارنته بسُبات الحيوانات، كما عانى المُشاركون أيضاً من اضطراب إيقاعهم اليومي أثناء الحجز. ولذلك تمَّ التَّريُّث في إرسال البشر لاستكشاف الكوكب الأحمر، واقتصر ذلك بدايةً على الرُّوبوتات، مثل مُختبَر علوم المرِّيخ «كريوسيتي» الذي توصَّل إلى أنَّ الإشعاع تحت سطح المرِّيخ أقلّ بكثير، وهكذا تمَّ الالتفاف على مُشكلة الإشعاعات من خلال بناء المُستوطَنات المرِّيخيَّة تحت سطح الكوكب.

فنون الهندسة الهيدروليكية في البتراء النبطية

أ.د.غزوان سلوم*

البتراء العاصمة الوردية للحضارة النبطية، وحاضرتها لخمسة قرون على الأقل، أيقونة مدن الشرق المنحوتة في صخور الحجر الرملي، ذات عمارة مدهشة، وقصور فارهة، وحدائق مروية، درّة مدن المشرق العربي القديم خلال القرنين الأول قبل الميلاد والذي تلاه، اشتهرت بتجارة العطور والبخور، أفل نجمها تدريجياً بعد احتلال الرومان لها عام 106م، وصعود نجم مدينة تدمر، ثمّ استعادت ألقها في بداية القرن التاسع عشر كمقصد سياحي، وواحدة من أهم مواقع التراث العالمي التابعة لليونسكو حالياً.

نحتت المدينة في أودية جبلية وعرة، ذات مُناخ شبه جاف، مع هطل مطري قليل وغزير وقصير المدّة، ممّا يعني أنّ المهندس النبطي واجه بيئة عدائية، صحراوية-صخرية، فابتكر طرقاً وأساليبَ مجدية لحصاد مياه لم تكن معروفة مسبقاً، فبعد أن نحتوا بيوتهم وقصورهم ومعابدهم في الصخر، نحتوا القنوات الجرفية، والخزّانات الأرضية، وصنعوا أنابيب نقل المياه بأقطار تتوافق مع أفضل المعايير لضمان تدفّق المياه إلى خزّانات الترشيح وفق معدّلات تدفّق العيون المائية، كعين موسى، لتجميعها في صهاريج التخزين، ومنها إلى شبكات التوزيع لتأمين مياه الشرب النقية للبيوت والمعابد والقصور والحدائق والنافورات.

* أستاذ في جامعة دمشق – كلية الآداب والعلوم الإنسانية – قسم الجغرافيا.

ذكر سترابو عند حديثه عن البتراء: تمتلئ الأجزاء الداخلية من المدينة بالينابيع بكثرة، سواءً للأغراض المنزلية أو لسقي الحدائق.. وأنّ الأنباط أتقنوا فنون الري ويتمتّعون بحصاد وفير من الحبوب والفواكه من جميع أنحاء المملكة..

في ظلّ ظروف جغرافية قاسية، تولد مدن وتنمو لتزدهر لقرون، تخلّف آثارها بصمات هندسية مدهشة شكّلت لبنة أخرى في بناء الفكر الإنساني، والأمثلة على هذه الومضات الحضارية كثيرة في المنطقة العربية، تمتدّ من اليمن جنوباً إلى الشام شمالاً، ومن بلاد الرافدين شرقاً إلى بلاد المغرب غرباً مروراً بأرض النيل وشمالي أفريقيا.

أولاً- تعريف بحصاد المياه:

يُعرّف حصاد المياه Water harvesting (WH) بأنّه: "جمع مياه الفيضانات أو مياه الأمطار الجارية، وإدارتها لزيادة توافر المياه للاستخدام المنزلي والزراعي، بالإضافة إلى استدامة النظام البيئي". كانت أساس نشأة وازدهار العديد من الحضارات ذات الجغرافيا القاسية، ومنها أراضي المملكة الأردنية الهاشمية الحالية، والتي شهدت أقدم مظاهر حصاد المياه، كسد مستوطنة جاوا التي تعود إلى نحو (5000) عام، كما برع النبطيون منذ أكثر من (2500) عام في إدارة مواردهم المائية الشحيحة، من خلال بناء ونحت منظومة هندسية -مائية متقنة، ضمّت السدود التحويلية والقنوات والخزّانات والأنابيب لخدمة عاصمتهم البتراء (Al Zyoud & Hammad. 2022. 135).

تعدّ مدينة البتراء من عجائب الدنيا السبع الجديدة التي جرى عليها استفتاء دولي أدلى فيه الناس برأيهم بالاقتراع الحر. المباشر وأعلنت كالعجيبة الثانية من عجائب الدنيا السبع، أظهرها العالم السويسري يوهان بورخاردت Johann Ludwig Burckhardt للعالم عام 1812م (بليغ. 2011. 97).

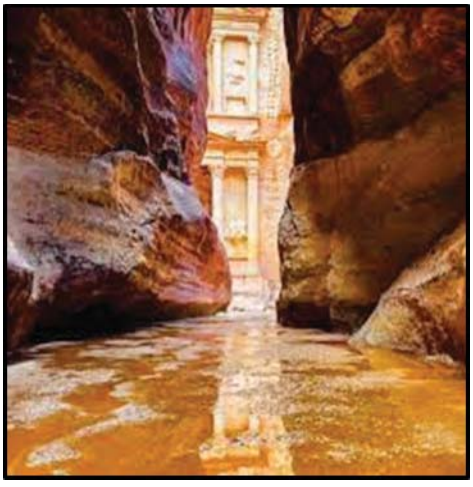
ثانياً - مدينة البتراء جغرافياً:

تقع البتراء في محافظة معان جنوبي المملكة الأردنية الهاشمية، تشتهر بعمارتها المنحوتة بالصخور ونظام قنوات جرّ المياه القديمة. أطلق عليها قديمًا اسم «سلع»، كما سُميت بـ «المدينة الوردية» نسبةً لألوان صخورها الملوّنة. أسّست البتراء تقريباً في عام (312) ق.م، كعاصمة لمملكة الأنباط، وتبوأت مكانةً مرموقةً لسنوات طويلة، حيث كان لموقعها على طريق الحرير، والمتوسّط لحضارات بلاد ما بين النهرين وفلسطين ومصر، دور مهم في نهضتها وهيمنتها.

يسيطر على المنطقة مُناخ شبه جاف إلى قاحل، حيث تتلقّى منطقة البتراء نحو (40) ملم فقط من الأمطار سنوياً، أمّا وادي موسى المرتفع شرقاً، فيستقبل (177) ملم/سنة (Berking. 2018. 22-19)، تتدفّق مياه الأمطار سيولاً في معظمها عبر الأودية الخانقية ذات المنحدرات الشديدة، وأحواض مياه صغيرة ذات معاملات جريان عالية، ممّا يجعلها مثالية لحصاد المياه والزراعة المروية. في المناطق شبه القاحلة يتبخّر ما بين 30 و50% من الأمطار من سطح التربة بعد تسرّب سطحي، ويمكن عدّ ذلك فقداناً غير منتج للمياه (Dries-sen & Abudanah. 2018. 137).

قدّر عدد سكان البتراء بنحو (20.000) مواطن، تمّ تأمين مياه الشرب لهم، وري حدائقهم، وسقي مواشيهم، مع احتياطيات لوصول القوافل الكبيرة، وما تتطلّبه مكانتها التجارية آنذاك بين شبكة النقل والتجارة للمدن الأفريقية والآسيوية

والأوروبيـة. يقع مركز المدينة علـى ضفاف وادي موسـى، ويغطّي مساحة تقـارب (650 × 500) م بـين ملتقـى وادي المطبّـة شرقـاً وتـل الحبيس الصخـري غربـاً. للمدينة ثلاثة مداخـل رئيسة: الأول ينطلـق مـن الشـرق، عبر السيـق وهو ممرّ خانقـي، ضيّق، طبيعـي، بطول حـوالى (2) كم، واتّسـاع يـراوح بـين (10-2.5) م، الصورة رقم (1) ينتهـي إلى المدينـة عـبر سلسلـة جبال جبل الخبثـاء، الصـورة رقـم (2). جروفـه الشمالية والجنوبيـة عموديـة تقريبـاً، مـع أقصـى ارتفاع يصـل إلى (80)م (Ortloff.2020.1-4). أمّـا المداخل الأخـرى، فتقع من الشمـال والغرب عـبر وادي التركمان والسياغ. على الرغم من كون المخانق الجبلية تؤمّن حمايـة عسكرية للمدن، إلّا أنّهـا جعلت من المدينـة عرضةً لمخاطـر السيول، في مواسـم الأمطار، وخاصّـة المناطق المنخفضة، بسبـب كثرة الوديان وانحداراتهـا التي رفعت من سرعة جريان المياه، وبالتالي خطورتها.



صورة رقم (1) ناظراً من السيق إلى الخزنة، شتاءً

صورة رقم (2) موقعا الخزنة (مؤشّر أحمر) والسيق (مؤشّر أصفر) فضائياً

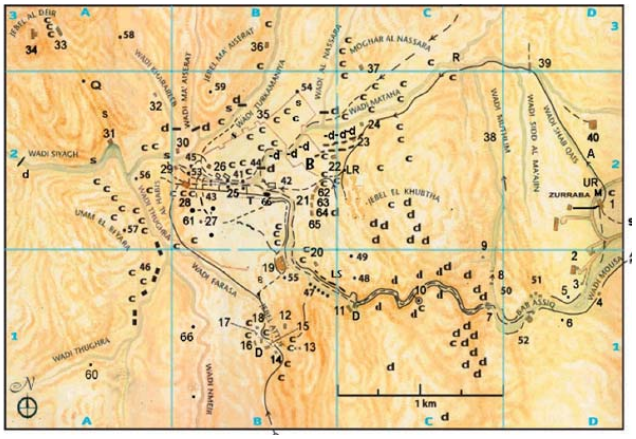
البـتراء خاليـة تقريبـاً مـن الينابيـع والمياه، باستثنـاء نبـع وادي موسـى، ووادي السياغ الذي يقع في الجانب الغربي من المدينة. وهو نبع ذو ماء قليـل يقع في منطقة منخفضة مـن المدينة. هناك بعض المناطق الأخرى التي تحتوي على القليل من المـاء، مثل منطقة قطار الديـر، بالإضافة إلى نبع صغير في وادي أبو عليقة، لكن مياهه مالحة وغير صالحـة للشـرب. (Shqiarat.2019.2-3)، وذكـر (Charles 2005. 95-98) مصـادر أخـرى منهـا: عـين أم سـراب، عـين بـراق، عين الدبدبـة، عين عمون، البيضا، عـين ببدبة، وفّرت الميـاه التي كانت تُنقـل عبر قنـوات أو أنابيب إلى المدينة.

ثالثـاً- نظـام حصـاد الميـاه في البـتراء
Water harvesting system in Petra

وُثّقـت شبـكات معقّـدة مـن قنـوات الميـاه والسـدود والمدرّجات والصهاريـج والخزّانات في جميـع أنحاء المدينة والمناطـق المحيطة بها، ممّا أتاح حسـاب معدّلات التدفّق، وقـدرات الإمداد، ومناطـق تجميـع الميـاه، وقـد اشتهـرت منشآت

متطـوّرة، مثـل مجمّع حدائـق ومسابـح البتراء the Petra Garden and Pool Complex (PGPC)، بوظائفهـا الهيدروليكيـة المتنوّعـة، فقـد لوحظ علـى سبيل المثـال، تزويد سـكان المساكـن الفاخـرة الخاصّـة في الزنطور ez-Zantur بإمدادات مائية من الخزّان نفسه الـذي كان يـزوّد المبـاني العامّـة الرئيسـة، مثل المعبد الكبير وهيئة الميـاه العامّة. وبالتالي يمكن القول إنّه كان هنـاك سياسة توزيع مائية، تعتمد على مفهوم "التسلسلات الهرمية للمياه water hierarchies" في المدينـة، حيث كانت السلطة السياسيـة والوصـول إلى المـوارد الهيدرولوجية مترابطين بشكل واضـح، إلّا أنّ قنوات المياه هذه كان عليها بالضرورة أن تمرّ عبر مجموعة واسعة من أحيـاء المدينـة والمناطق الزراعيـة (Plekhov.2021.1-3).

تشـير المواقع المرقّمـة في الشـكل رقم (1) إلى المعـالم الرئيسـة لنظام الـري، حيث تظهر سـدود تجميع المياه الرئيسـة والثانوية والسدود المتدرّجـة متعـدّدة المستويـات بالرمـوز (د، د، د)، والصهاريـج (ج)، وخزّانـات توزيـع الميـاه (ت)، والينابيع (ق). السدود (د) الواقعة على مجاري الأنهار هي هياكل حاجزة حجرية بُنيت لاحتجاز كمّيات كبيرة من مياه الأمطار المتدفّقة لإعادة توزيعها على المبـاني الحضرية والمناطق الزراعيـة المحليـة. تمثّـل الخطـوط المتّصلـة مسارات خطـوط الأنابيب الأصليـة التي نشأت مـن ينابيـع بعيدة، والتـي لا تُظهـر في كثير من الحالات الآن سوى قنوات قاحلة كانت تحتوي في السابق على عناصر أنابيب متشابكة من الطين. (Ortloff. 2020.3-4).

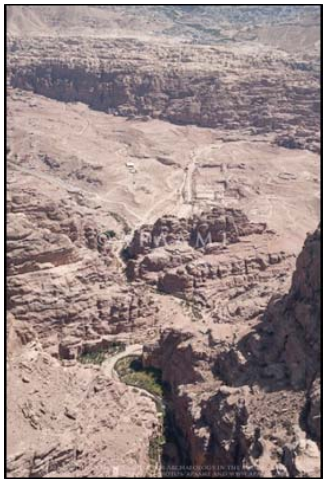


الشكل رقم (1) موقع البتراء وأنظمة توزيع المياه
d = major dams; c = cisterns; T = water-distribution tanks; S = springs
د = السـدود الكـبرى؛ ج = الصهاريـج؛ ت = خزانات توزيع المياه؛ س = الينابيع

اعتمـدت المراحـل الأولى مـن عمـران البتراء في القـرن الثالـث قبل الميـلاد على تأمـين المياه من خـارج المدينة، وتحديداً من وادي موسى، عبر وادي السيـق. اجتـازت قناة الميـاه طول المدينـة بالكامل قبـل أن تصـبَّ في وادي السياغ الصـورة رقم (3). تطلّـب إنشاء هـذا النظام تحويل مجـرى نهر وادي موسى المتقطّع، الذي كان يمرّ (سابقًا) عبر السيق، عن طريـق بناء السـدود والأنفـاق. تكشف المراحل اللاحقة من التحضّر عـن نهج متكامل لبناء وإدارة أنظمة المياه، وهو ما يتّضح من خلال ميزات جديدة مثـل الصهاريـج السطحيـة لالتقاط ميـاه الأمطار المتدفّقـة، والصهاريـج الجوفيـة العميقـة، وأنظمة الأنابيـب المتعـدّدة وخزّانات التجميـع، والتحكّم في ميـاه الفيضانات من خلال سدود التحويل والأنفاق،

وتكـرار نظـام الإمـداد لضمـان توصيل الميـاه من مصـادر متعـدّدة للينابيـع والخزّانـات، وأحواض ترشيح وإزالة جزيئـات الرمل عبر الأنابيب. تعكس التعديـلات اللاحقـة تطبيـق التقنيـات مكتسبـة مـن حضـارات مجـاورة ومدمجة مـع الابتـكارات الهيدروليكيـة المحلّيـة لتلبيـة الاحتياجـات المائيـة المتزايدة للمدينة. (Charles. 2005. 95). فمثلاً تمّ تحويـل إمدادات مياه عين موسى لاحقًا إلى نظام أنابيـب، وتمّ التخلّـي عـن القناة المفتوحـة. لا يزال جريان ميـاه الأمطـار وتدفّق الينابيـع يُمكّن خزّان زرابة من تكملة خطّ أنابيب السيق عند الحاجة.

صنعت بعض **الأنابيـب** من طين مُحمّى بحرارة عاليـة، بجـدران رقيقة عادةً ما تكـون في حدود (5) مم أو أقـل، وأطـوال أنابيب راوحت بـين (35-30) سـم، وقطر داخلي راوح بـين (23-14) سم.، وكانت بقصرها الخيار الأفضل للمسارات المتعرّجة، وتسمح بوصلات شبه مستوية تحدّ مـن التسرّب. وبأقطارها الأسرع لتدفّق المياه خلالها (Ortloff.2020.15).

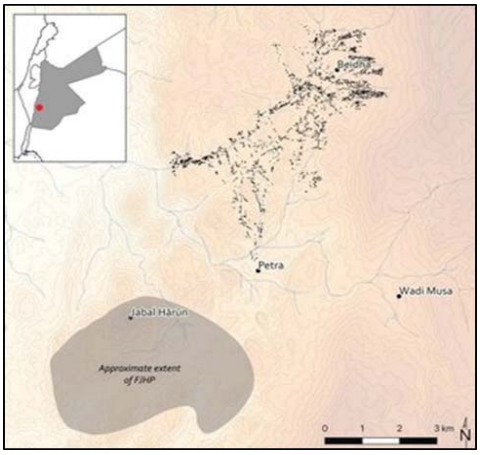


الصورة رقم (3) وادي السياغ

رابعـاً- نظـام الـري الزراعـي في ريـف البتراء:

وجـدت أدلّـة علـى تكثيـف الزراعـة وتوسّـع الاستيطـان الريفـي في جميـع أنحاء ريـف البتراء، تعود إلى الألف الأوّل قبل الميلاد. واستمرّ الاستيطان الريفـي في الانتشـار في المناطق النائيـة من البتراء خلال فترات الحكم الروماني، بعد (106) م، الشكل رقـم (2). ورافقـه تشييـد واسع النطـاق لمجموعة متنوّعـة مـن البنى التحتيـة الزراعيـة، بما في ذلك المدرّجات الزراعيـة واسعة النطاق، ومَعَاصر النبيذ والزيتون، وأنظمة إدارة المياه صغيرة الحجم، توجد مصاطـب معزولة، مثل مصاطـب الجيب الصغيرة المستخدمـة أساساً لزراعة الأشجـار، الصورة رقم (4). فـإنّ معظم سمات المصاطـب والسدود تعمل كجزء مـن أنظمـة أكبر لحجـب أو إبطـاء تدفّقات الميـاه، وحجـز الرواسـب العالقـة لبنـاء ردميـات زراعيـة، وتوزيـع المياه عبر الحقـول. وسـواء بُنيت عبر قيعـان الأودية وغيرها من المجـاري الطبيعية، أو تتبّع خطوط سفوح الجبال، فإنّ سمات المصاطب والسـدود تعمل معـاً على منحـدرات تسـود المشهد التضريسـين. أحد هذه الأنظمـة الموثّقة بالقرب من موقـع البيضـا يزيد طوله عن كيلـو مترين، ويتراوح عرضـه بـين (200-150) م، وتختلف هذه الأنظمة اختلافـاً كبيراً في مواد البناء والشكل والحجم، ممّا قد يعكس توافر مواد البناء المحلّية، واختلاف فترات البناء، أو الآثار التراكمية للإصلاح والصيانة طويلة الأمد. كذلـك تتنوّع الصهاريـج في الحجم وأسلوب البناء، حيث يُحفر العديد منها في الصخر الأساسي ويُغـذّى عبر قنوات وممرّات تحويـل. أمّا خصائص تخزين المياه الأخـرى، مثل الخزّانات، الصورة رقم (5) فهـي أكبر بكثير وتوجد فوق الأرض، وتستخدم

هيـاكل حجرية لسدّ الفراغات بـين نتوءات الصخر الأساسي من أجل تجميع المياه والاحتفاظ بها. كانت سعـة تخزين هـذه الخصائص هائلـة للغاية، حيث احتـوت في بعض الحالات على مئـات الأمتار المكعّبة من المياه. أمّا القنوات المحفورة في الصخر، الصورة رقـم (6) فهي أصعب بكثـير في التسجيل، إذ غالباً ما تمتـدّ لعشـرات الأمتار عـبر تضاريـس معقّدة، وتختفي في كثير من الأحيان في المنحدرات الطبيعية والأسطح المتآكلة. (Plekhov.2021.4-5)



الشكل رقم (2) تدلّ الخطوط السوداء على توزع الأراضي الزراعية وقنوات الري شمال مدينة البتراء

الصور رقم (4) المدرّجات الزراعية المبنية من صفوف الحجارة

الصورة رقم (5) بقايا خزان مائي شمالي البتراء يتسع لمئات الأمتار المكعّبة من المياه

الصورة رقم (6) تنوّع قنوات المياه، بعضها محفور في الصخر (يسار) وبعضها الآخر مُصمّم من أنابيب الطين (يمين)، لاستيعاب مئات الأمتار

خامساً- إدارة نظام الري:

يمكـن إطـلاق عبـارة «إدارة الميـاه النبطيـة Nabataean water management" علـى نظـام الـري – الاجتماعـي في البـتراء، ويشتمـل على التنوّع النمطـي للبنية التحتية للمياه، وتنوّعها الاجتماعي وعمقها الزمني. والأنظمة الهيدروليكية

المعقّدة التي بناها الأنباط، والتي استمرّت بأداء وظيفتها عبر القرون اللاحقة (Plekhov.2021.12-13). وقد دلّ تحليل شبكة المياه النبطية إلى تطبيق معايير تصميمية تعزّز استقرار التدفّقات وتستخدم أحواض ترسيب متسلسلة لتنقية إمدادات مياه الشرب. كما أنّها تضمن تدفّقات القنوات المفتوحة داخل الأنابيب بمعدّلات تدفّق حرجة (قصوى) تتجنّب التسرّب المرتبط بالأنظمة المضغوطة، وتتميّز بتصميم يتوافق مع معدّل إمداد الينابيع مع أقصى سعة حمل لخط الأنابيب. يشير هذا إلى القدرة الهندسية العالية والمهارة المعرفية في حلّ المشكلات الهيدروليكية المعقّدة لضمان استقرار إمدادات المياه، ويمكن اعتباره سبباً رئيساً وراء قرون عديدة من ازدهار حياة المدينة. (Ortloff. 2005. 93).

تشير وثيقة ب يادين3 (P. Yadin 3) إلى طبيعة نظام الري في الأراضي الزراعية لمنطقة البتراء، حيث يتّبع أحد مُلاك الأرض الدين اليهودي، وكان مهتمّاً بالحصول على المياه للري في جميع أيام الأسبوع ما عدا يوم السبت، بينما تضمّنت الوثيقة السابقة مشترياً نبطياً يسعى للري طوال أيام الأسبوع. مع ذلك، يُعدّ توضيح حقوق الري أمراً شائعاً وضرورياً لنجاح النظام ككل، بغضّ النظر عن الهويّة العرقية أو الدينية لمالك الأرض. فإنّ أيّ تعديل على جدول المياه للنظام ككل يتطلّب موافقة جميع المزارعين الآخرين المعنيين، وهو أمر مستبعد لو اقتصر على مراعاة الشعائر الدينية لمزارع واحد فقط. في هذه الحالة، تقدّم الوثيقة دليلاً مهمّاً حول نظام إدارة المياه الديناميكي والمتنازع عليه والمتّفق عليه جماعياً في هذا المجتمع (Plekhov.2021.5-6).

من المرجّح أنّ أنظمة المياه كانت متكيّفة ومرنة، وتتم إعادة التفاوض عليها باستمرار استجابة للظروف البيئية والاقتصادية المتغيّرة. وبينما تفتقر البتراء إلى مصادر مياه دائمة كبيرة، فإنّ كثرة الصهاريج والخزّانات وأنظمة القنوات الصخرية الواسعة في المناطق النائية، يدلّ على أنّ أنظمة ري قائمة على تدفّقات ثابتة مماثلة من المياه. وكما كان يحدث في قرية أذرح Udhruh النبطية، والتي تقع على بعد حوالى 13 كم شرق البتراء، فإنّ بناء بنية تحتية كبيرة لتخزين المياه، مثل الصهاريج والخزّانات، لم يكن ليغيّر جذرياً أنواع المحاصيل التي يمكن زراعتها فحسب، بل كان سيغيّر أيضاً "دورات الحياة الموسمية للمجتمعات المعنية". من خلال احتجاز مياه الأمطار والجريان السطحي الموسمية التي كانت تتسرّب أو تتبخّر، خلقت البنية التحتية لاحتواء المياه ظروفاً أشبه بوجود مصادر مياه دائمة، ممّا سمح بتوزيع المياه على مدار العام وفي فترات زمنية محدّدة، مثل نصف ساعة. وقد شهد هذا النظام توسّعات وتحسينات، استجابة لزيادة عدد السكان، والتكثيف الزراعي، وكان لإعادة تشكيل أنظمة إدارة المياه، وإنشاء مصادر مياه دائمة آثار كبيرة على إعادة التنظيم الاجتماعي لسكان الريف والحضر. وقد تطلّب ذلك بذل جهود أكبر في صيانتها وإصلاحها بعد عواصف الشتاء، وتوسيعها وتحويلها استجابةً للظروف البيئية المتغيّرة. بل إنّ استمرار الحياة الريفية على الرغم من اندثار الحياة الحضرية لاحقاً، ساعد في الحفاظ على بعض عناصر الري والتخزين في محيط البتراء الريفي حتى اليوم. (Plekhov.2021.11-12). الصورة رقم (7).

الصورة رقم (7) بعض أشكال النظام المائي
التي ما زالت مستمرّة في مهمتها
القنوات إلى اليسار، وخزّان إلى اليمين

كانت الصهاريج الجوفية الكبيرة ضرورية! كانت بعض الصهاريج عبارة عن كهوف موسّعة ذات أعمدة تدعم السقف؛ بينما كانت صهاريج أخرى من صنع الإنسان بالكامل، محفورة في طبقات الحجر الكلسي الحاملة للمياه بشكل طبيعي، ومبطّنة بالجصّ لمزيد من العزل المائي. كانت الصهاريج النبطية تُسقّف عادةً بألواح حجرية طويلة مدعومة بأقواس عرضية لمنع التبخّر والتلوّث. كانت الأبعاد الكلّية للصهاريج محدودة بامتداد القوس. تُظهر دراسة للصهاريج النبطية المسقوفة في الأردن وجنوب فلسطين أنّ عرضها كان يقتصر على 6 إلى 7 أمتار، وعمقها 5 إلى 6 أمتار. أدّى ذلك إلى تصميم مستطيل الشكل للصهاريج العامّة من أجل الحصول على السعة المطلوبة. (Shqiarat.2019.3).

سادساً- هندسة مائية رائدة في جبل الخبثة وخزّان الزرابة

يُعدّ خزان زرابة Zurraba أو البركة حالياً، الصورة رقم (8) مثالاً على التقدّم التكنولوجي في المدينة. فقد تمّ بناؤه لتخزين ونقل المياه على طول وادي شاب قيس حول الجهة الشمالية لجبل الخبثة، في قناة مرتفعة، تحتوي على أنابيب استمرّت فوق المقابر الملكية، لتزويد حوض كبير عند نهايته. بحجم (10.000) م^3 (Ortloff. 2020.13-14)، ساهم هذا النظام "عند الطلب" في تكملة إمدادات المياه في المركز الحضري للمدينة، فغذّت قنوات من الحوض صهاريج عند سفح الجبل، مضيفةً المياه إلى المياه المُجمّعة من جريان مياه الأمطار لتلبية احتياجات الإسكان الحضري والطقوس في مجمّعات المقابر القريبة. وبينما يُحتمل أن يكون تجميع مياه الأمطار قد زوّد خزّان زرابة، فإنّ مصادر الينابيع المحلية، بما في ذلك عين موسى، كانت مهمّة أيضاً في المرحلة المبكّرة من تطوير المدينة، وربّما ساهمت أيضًا في إمداد الخزّان بالمياه.

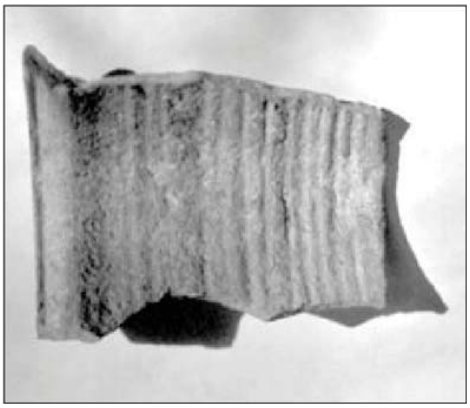
الصورة رقم (8) بقايا خزّان زرابة

أمّا نظام أنابيب جبل الخبثة، فقد تمّ مدّه بزاوية نحو (0.005) لتكون قادرة على نقل أكبر تدفّق حجمي لمياه الجبل، يبلغ أقصى ارتفاع للتدفّق داخل الأنابيب ما يُعادل ربّما (50)% أو أكثر من قطر الأنبوب. تعني هذه الحالة أنّ الماء يتدفّق في وضع القناة المفتوحة عبر الأنابيب،

مـع وجـود فـراغ هوائـي فـوق سطـح المـاء، وأنّ معـدّل التدفّق يبلغ أقصى حدّ لـه عند قطر وميل معينـين. يقلّل هذا النوع من التدفّق غير المضغوط هيدروستاتيكيًـا من التسرّب بين عناصر الأنابيب المجوّفـة، مـع توفـير أقصـى معدّل تدفّـق نظري لأنابيـب ذات زاويـة منخفضة تعمـل إمّا في وضع القنـاة المفتوحـة أو التدفّق الكامـل. يكون أقصى معدّل تدفّق مسموح به حينها هو السرعة الحرجة × مساحة المقطـع العرضي المبلّلة للأنابيب. عند انخفاض في ارتفـاع القناة يبلغ حـوالى (40) م على مسار خط الأنابيب البالغ (8) كم حول جبل الخبثـة، فإنّ أقصـى معدّل تدفّـق حجمي نظري يبلغ حـوالى (90) م^3/ سا لأنابيب قطرها (20) سم. عملياً، ونظراً لكـثرة الوصلات الملاطية بين أجـزاء أنابيب الطين الحراري البالغ طول الواحد منها وسطيـاً (0.3) م، فإنّه يُمكـن إعادة ضبط معـدّل التدفّق الحجمي المُنتـج إلى (45) م^3/سا على الأقل. (Ortloff. 2020.15) (Charles. 2005.104-107).

تميّـزت عناصـر الأنابيب النبطيـة القصيرة بانقباض طفيـف نسبيـاً عنـد التقاطـع، وداخل الأنابيـب، بأنماط تموّج جيبية بأطوال موجية تبلغ حوالى (1.0) سم وسعة (3) مم. تشير التجارب إلى انخفاض في مقاومـة السحـب لهندسـة التموّجـات، ما يسمـح بمعدّل تدفّـق أعلى بحدود (5 إلى 10) % لنفـس الرأس مقارنةً بالأنابيب الداخليـة الملسـاء. قـد يُمثّل هذا أقـدم ملاحظة تجريبيـة تُشير إلى أنّ الخشونة الداخلية الطفيفة في الأنابيـب يمكـن أن تزيـد مـن معـدّل التدفّق، خاصّةً عندما تكون وصلات التوصيل ملساء.

من التساؤلات المهمّة، حول ما إذا كانت أنماط التموّجات مُتعمّدة الصورة رقم (9) أم مجرّد ناتج ثانوي لعمليـات التصنيع، ولكنّ ظهورها بالتزامن مع وصلات توصيـل أكثر سلاسة قد يُمثّل تحسيناً في التصميـم لتحسـين معـدّل التدفّـق - ربّما تمّ الكشف عنه من خلال الملاحظة التجريبية فقط.



الصورة رقم (9) نمط جداري مموّج نموذجي في الجزء الداخلي من أنابيب المياه النبطية

يُفسّـر الارتفاع العالي لهـذا الخط (للحفاظ علـى انحدار منخفض) حول جبل الخبثة، ضمان تأثير الجاذبيـة لاستمرار التدفّـق. لذلك يتوافق التصميـم النبطـي، بالنظر إلى الانحـدار وقطر الأنبـوب، بشـكل وثيـق مـع «أفضـل الممارسـات الحديثة» حيث تتجاوز قدرته الاستيعابية القصوى سعـة نبع إمداد عين موسى، التي تتراوح بين (20-40) م^3/ سـا، والتـي يُفترض أن تكون مصدر إمداد مُتقطع للخزّان. كما يوفّر أعلى معدّل تدفّق ممكن مـن خـزان زرابة لتلبيـة متطلّبـات تدفّق كبـيرة «عند الطلـب» إلى مركـز المدينـة. مزايا

إضافية من التصميم النبطي تنتج هذه الميزة من استخدام التدفّق الجزئي في الأنابيب، ممّا يقلّل بشكل كبير من معدّل التسرّب مقارنةً بالنظام المضغوط. ونظراً لاستقرار الجسيمات في الخزّان، فلا يحدث أي نقل للجسيمات ممّا يؤدّي إلى انسداد الأنابيب – وهذا مهم بشكل خاص لأنّ الوصول إلى الأنابيب المرتفعة (25)م فوق سطح الأرض، على واجهة جبل الخبثة شبه العمودية من شأنه أن يمنع سهولة التنظيف. يشير الجمع بين كلّ هذه الميزات إلى أنّ الكثير من التفكير والخبرة قد تمّ إدخاله في تصميم هذا النظام الذي حقّق أهدافًا متعدّدة لم تضمن فقط طول عمر النظام، ولكن أيضاً توصيل المياه بسرعة وثبات عند الطلب مع الحد الأدنى من التسرّب. (Charles. 2005. 98-100). الصور أرقام (10-11-12).

الصورة رقم (10) حوض الترسيب المرتفع النموذجي لقناة/نظام الأنابيب الخبثة

الصورة رقم (11) عناصر الأنابيب على الجانب الشمالي للسيق

الصورة رقم (12) حوض القناة على الجانب الشمالي للسيق لوضع الأنابيب

سادساً- تجميل المدينة:

كانت الأنابيب النبطية تُوضع عادةً داخل قنوات محفورة في الحجر، بما في ذلك القنوات المحفورة في منحدرات الجبال، وجدران السيق، والبناء المدني، ثم تُغطّى بالملاط لتوفير حاجز

مائي، وتحسين المظهر الجمالي للمنشآت المدنية، وزيادة الأمن (حماية الإمداد).

أمّا تلك الأنابيب الإضافية التي كانت تغذّي نافورة نيمفايوم Nymphaeum والتي تتّخذ شكلاً نصف دائري، وتقع بالقرب من تقاطع وادي موسى ووادي المطاحة. تزين ستة أعمدة نبطية واجهتها، وتستقبل الماء من خزّان يقع على الجانب الآخر من الوادي. سُمّيت هذه النافورة تيمّناً بحوريات الأساطير الكلاسيكية، وكانت بمثابة نافورة شرب عامّة في البتراء، وملتقىً حيوياً لسكان المدينة. الصورة رقم (13).

الصورة رقم (13) رسم تخيّلي لنافورة النيمفايوم

ومن المظاهر التجميلية المائية أيضاً، الشلالات الصنعية، التي نحتها النبطيون، لتُضفي منظراً خلاباً، وذلك عن طريق حفر كوّة ضخمة في منحدرات الحجر الرملي المجاورة لمقبرة القصر، بلغ ارتفاعها حوالى (20)م. كانت المياه تُنقل عبر الحافّة الشمالية لجبل الخبثة إلى قمّة هذا الكوّة، ثم تتدفّق عبر الحافّة من شلّال رائع. وفي قاعدة الشلّال سلسلة من الأحواض المتدرّجة وخزّان (Shqiarat.2019.6).

سابعاً- أنظمة إمداد المياه التكميلية وفائض إمدادات المياه

يُنسب إنشاء شبكة أنابيب السيق عموماً إلى ماليخوس الثاني أو أسلافه، الحارث الرابع أو أبوداس الثالث، في القرن الأول قبل الميلاد أو أوائل القرن الأوّل الميلادي. كان الطلب على المياه جنوب وادي موسى مرتفعاً نظراً لقربه من السوق والمسرح والمعبد والمناطق السكنية، كما توفّرت موارد مائية كبيرة من أنظمة الأنابيب الشمالية. لذا، كان ربط النيمفايوم بهذه المنطقة منطقياً للمياه الفائضة لتطويرها. يُرجّح أنّ جسراً كان ينقل المياه من الجانب الشمالي لنظام جبل الخبثة في منطقة مقبرة الحبتر عبر وادي موسى بالقرب من المسرح، إلّا أنّ جميع الآثار فُقدت بسبب أضرار السيول. بالإضافة إلى المياه المُوَصّلة بهذه الوسائل، استُكمِلَ إمداد المسرح من خزّانات كبيرة عالية المستوى في منطقة وادي فراسة، وخطوط أنابيب تتبع من مصدري عين براق وعين عمون. ويشير هذا مرّة أخرى إلى وجود فائض في الإمداد من مصادر متعدّدة. لذلك، يبدو أنّ بعض الخزّانات الأكبر تعمل بالارتباط مع نظام إمداد الينابيع، وهي مُوَضّعة لجمع مياه الأمطار الموسمية. إلى جانب إعادة تغذية مياه الأمطار الموسمية، كانت مستجمعات المياه العديدة والمتناثرة على نطاق واسع تُلبّي احتياجات المجتمع المحلّي من إمدادات إضافية من المياه منخفضة الجودة عندما لم تكن المياه المنقولة بالأنابيب متاحة بسهولة. (Charles. 2005.100).

وُجِدت آثار نظام أنابيب على الجانب الجنوبي أمام المسرح. يستمرّ خطّا أنابيب متوازيان بعد المسرح على طول التلال فوق المنطقة التجارية

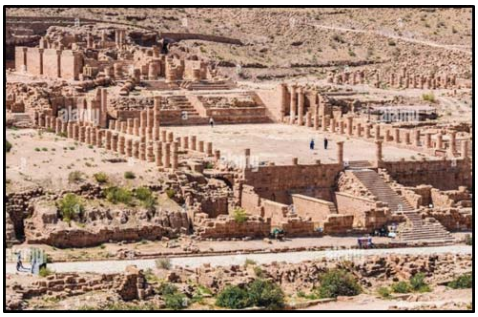
على طول الكاردو الروماني Roman Cardo –شارع الأعمدة التجاري الصورتان (14–15)– التي يُنسب بناؤها إلى الحارث الرابع، والأسواق العلوية والسفلية وحديقة باراديسوس المائية الصورة رقم (16) the paradeisos water garden إلى مواقع فوق المعبد الكبير، يستمرّ التزوّد بالمياه إلى قصر البنت الصورة رقم (17) عبر المعبد الكبير الصورة رقم (18) لتزويد منطقة المذبح القرباني ومعبد الأسود المجنّحة (19).. ربّما تمّ توجيه المياه الفائضة من الحديقة إلى الحمّامات السفلية أو الغرف أو الورش بالقرب من الجدران المحيطة بوادي موسى قبل تصريفها النهائي في وادي السياغ. وهذا يدلّ على تدوير استخدام المياه في الهياكل المتتالية المنحدرة. موزّعة على طول نظام الأنابيب.

تعمل عدد من الأحواض المرتفعة المبطّنة بالجصّ الهيدروليكي كأحواض استقبال، ونظراً لارتفاعها البالغ نحو (20)م على جرف فوق كاردو، كان هناك ارتفاع كاف لتوفير المياه المضغوطة للنوافير والأحواض في منطقة السوق أدناه وكذلك لـ المعبد الكبير (وربّما قصر البنت). وقد جلب هذا تدفّقات مشتركة من عين براق وعين عمون على بعد حوالى (5) كم جنوب شرق المركز الحضري على طول جوانب وادي فراسة إلى الجزء الجنوبي من المدينة. ربّما تمّ استكمال مياه هذه الينابيع بوساطة صهاريج مرتفعة في منطقة جبل عطوف في أحد الأماكن المرتفعة العديدة من المدينة. كانت مياه نافورة الأسد ومنطقة بركة الحمام المقدّسة بالقرب من مقابر النخبة تأتي من خطّ الإمداد هذا، والذي يستمرّ بعد ذلك إلى منطقة المعبد الكبير. (Charles. 2005. 101).

الصورة رقم (14) Roman Cardo شارع الأعمدة التجاري

الصورة رقم (15) خطوط أنابيب مزدوجة تمتدّ عبر مسرح العمليات لخزّانات الإمداد فوق كاردو

الصورة رقم (16) بقايا مجمّع حديقة باراديسوس المائية



الصورة رقم (17) بقايا قصر البنت

الصورة رقم (18) المعبد الكبير على الجانب الجنوبي من وادي موسى

يُمثّل تخزين المياه عبر السدود جانباً آخر من جوانب تعقيد نظام المياه في البتراء. فعلى الجانب الشمالي من وادي موسى، ترتبط العديد من المباني الفخمة مثل معبد الأسود المجنّحة الصورة رقم (19)، القصر الملكي الصورة رقم (20)، جدار الدفاع الشمالي والحصن، برج كونواي بسد حبس وخزن كمّية كافية من مياه الجريان السطحي لتوفير المياه للروافد السفلية لمعبد الأسود المجنّحة، على الرغم من عدم توفّر بيانات حفريات. (Charles. 2005. 102-103).

تضمن فلسفة التصميم هذه إمكانية تكوين إمدادات المياه لأي منطقة من مصادر مختلفة، وذلك تبعاً للاختلافات في معدّلات تدفّق الينابيع الفردية وإمدادات الخزّانات أو الصهاريج. ويجب أن يكون هناك إشراف إداري لمراقبة شبكة النظام والتحكّم فيها بكفاءة.

الصورة رقم (19) بقايا معبد الأسود المجنّحة

الصورة رقم (20) القصر الملكي

في حين أنّ الصهاريج موزّعة جيدًا في جميع أنحاء منطقة الاستيطان الحضري، تصف المصادر المحلية قناة رئيسية جوفية تبدأ من عين ببدبة شمال وتتجه نحو ملتقى وادي مطاحة ووادي

النصـارى، ثم تمرّ إلى الجانـب الشمالي السفلي أسفل مناطق المعابد. لم تُستكشف القناة الكاملة، ولكنّها أضافت بالتأكيد إمدادات مياه إضافية إلى الجانب الشمالي.

يوجد بئـر في الكنيسة البيزنطية شرق، وربّما كانت هناك آبار أخرى، ولم يُبلّغ عن أي منها حتى الآن من بيانات التنقيب المحدودة. بناءً على الموقع النبطـي لسد وادي مطاحـة، لا بدّ أنّه كان مصدر مياه احتياطـي إضافي ثالث لحوض النيمفايوم. وبمـا أنّ نبع عين موسـى كان بإمكانـه أيضاً ملء الخـزّان خلـف سـد وادي مطاحة عـبر فرع خط أنابيـب وادي شـاب قيس من زرابـة، فمن الممكن أن يكـون منسـوب الميـاه خلـف السد قـد حافظ على مستـوى كافٍ لتوفير ميـاه احتياطية لحوض النيمفايـوم على مـدار العام. وبالتـالي، كان من الممكـن تغذيـة حوض النيمفايوم بميـاه من سد وادي مطاحـة، أو عبر قناة أو خط أنابيب من عين بيدبـة، أو عبر خـط الأنابيب على طـول الواجهة الغربيـة لجبل الخبثة، أو عبر خـط أنابيب السيق الشمـالي. تشير هذه الدرجة من التكـرار إلى أنّ التخطيـط لتغـيّرات إمدادات الميـاه كان من أهم الاعتبارات. وقد عولج ذلك بتصميم معقّد يمكنه الاستفـادة من مـوارد مائية متنوّعـة وفق التوافر النسبي. كفل هذا التكرار توفير مصادر أخرى في حال انقطاع أحدهـا لضمان وصول المياه إلى قلب المدينـة على مدار العام. ويُظهر التكرار في حوض الحوريات التخطيـطَ الإدراكي للحفاظ على سوق المدينـة ومناطق معبدهـا على مـدار العام، رغم حـرارة الصيـف وقلة الأمطـار. ولا بـدّ أنّ براعة الأنبـاط كانـت واضحـة للتجّار الزائريـن الذين نشـروا شهرة ثـروة المدينة وإنجازاتهـا المعمارية وخبرتها في إدارة المياه إلى أقاصي الأرض.

مـن المنشـآت الخدميـة الرائـدة في مدينـة البـتراء، وجنـوب بوّابـة تيمينوس، حمّـام يعود تاريخـه إلى القـرن الأول قبل الميـلاد. يتكوّن من غرفة دائرية قطرها حوالى (5.12) م، ملاصقة لغرفـة مربّعة أخـرى. يقع الهيكل تحـت الأرض. تحتوي الغرفة الدائرية على ثمانية أعمدة نصفية ذات قاعـدة علية. سقفها على شكل قبّة، وقد بُني من ألواح حجرية مع نافذة دائرية في الأعلى. عُثر في الأنقاض على بقايا جصـ أحمر ورخام ملوّن. يتصـل بجـدار الغرفة الدائريـة درج كبير مُغطّى بالجصّ ذي الطـلاء الأحمـر والأصفر (Shqi-arat.2019.7).

تاسعاً - السيطرة على الفيضانات، وتغذية المياه الجوفية

عـرف الأنبـاط محيطهـم الجغـرافي معرفة تامّـة، وأدركـوا مخاطـره، مـن جفـاف وشـح بالميـاه، إلى نقيضيه أي حـدوث السيول السريعة (الفيضانـات الخاطفـة) flash Floods، لذلك بنـوا العديد من السـدود الصغيرة لاحتـواء مياه السيـول المفاجئـة، وتحويلهـا بعيـداً عـن السيق، ولتخفيف سرعة المياه في الأودية الجبلية الجانبية، وقد صـادق التاريخ الحديث علـى حسن إدارتهم للكوارث واستباقها بإجراءات احترازية، ففي عام (1963)م، لقي (20) سائحاً حتفهم في فيضان مفاجـئ في السيق، ولكن بعد إعـادة بناء السدود النبطيـة، انخفض خطـر حـدوث الفيضانـات المفاجئة (Angelakis & Others. 2024.9-10) (Mays. 2010. 34). كمـا وفّرت عمليات تحويل ميـاه فيضان وادي موسى مـن السيق عبر نفق جانبي نحو وادي السياغ. الصورة رقم (21)

وسد منخفض عند مدخل السيق، ورفع أرضية السيق بالقرب من المدخل، مزيداً من السيطرة على الفيضانات. وبينما أثبتت هذه الاستراتيجية فعّاليتها في تحويل الفيضانات الصغيرة، استمرّ ردم رواسب الفيضانات وتجميعها في السيق في المساعدة على الحماية من تسلّل مياه الفيضانات. تسبّبت الفيضانات الكبيرة في أضرار، ولكن كانت هناك أيضًا طرق مبتكرة للاستفادة من وفرة المياه المفاجئة. (Charles. 2005. 102-103)

الصورة رقم (21) نفق تصريف المياه النبطي الذي ينقل المياه بعيدًا عن مدخل السيق إلى وادي السياغ عبر قنوات تمتدّ من مجرى وادي مطروح وموازية له

فائدة أخرى للسدود، أنّها أعادت بالتسرّب تغذية منسوب المياه الجوفية، ممّا سمح بحفر الآبار خلال فترات الجفاف الطويلة. وهكذا، يُمكن استعادة بعض التسرّبات من خزّانات السدود والقنوات وخطوط الأنابيب واستخدامها كدفاع (مائي جوفي) ضدّ الجفاف على مستوى المدينة.

وفي حالات استثنائية كان لبعض المباني، وحدة تخزين خاصّة، فداخل المعبد الكبير، كان هناك نظام قنوات تصريف مُتطوّر يجمع مياه الأمطار المتسرّبة ويوجّهها إلى خزّان جوفي قريب بسعة (50)م^3، والذي يقع في الجزء العلوي من هيكل المعبد. كانت قناة من الجزء العلوي من هذا الخزّان تنقل مياه الفائض إلى المباني ذات المستوى الأدنى قبل أن تخرج إلى قصر البنت ووادي السياغ. ربّما كانت مصادر المياه الإضافية متوفّرة من ينابيع وادي خراب ووادي معصرة، وُزّعت مياه القنوات، المُكمّلة بمياه الصهاريج لتلبية الطلب في أوقات الذروة، إلى صهاريج مفتوحة فرعية تقع على الجانبين الشرقي والغربي للمعبد، ثمّ عبر قنوات جوفية أسفل منصّة التيمينوس السفلية إلى غرف بالقرب من درج مدخل المعبد. وهكذا، عمل الصهريج كخزّان، مضيفاً مياه الجريان السطحي المُخزّنة ومياه التسرّب من أقصى الجدار الخارجي الجنوبي إلى إمدادات القناة عند الحاجة في أوقات الذروة. وتتّضح أهمّية الخزان كمحطّة رئيسة للقناة ونقطة توزيع المياه، من خلال تعقيد القنوات والصهاريج والأنابيب المخفية. ربّما كان لنظام مياه المعبد، القادر دائماً على توفير إمدادات مياه وفيرة للطقوس، أهمّية خاصة لإثبات الدور الرئيس للدين في حياة الأنباط. ولم تُستخدم هذه الإمدادات إلّا لاحقاً، في ظلّ الحكم الروماني، لأغراض أكثر نفعية، ممّا قد يشير إلى ميل روماني إلى الاعتبارات العملية. (Charles. 2005. 102-103).

تقع العديد من السدود الموضّحة على قمم الجبال، وهي مصمّمة لتخزين مياه الأمطار لإبطاء دخولها إلى الموقع والحد منه خلال موسم الأمطار. وهي ليست خزانات في حدّ ذاتها، بل تعمل كحواجز تخزين مياه انتهازية للحدّ من دخول المياه إلى الموقع أسفلها. كما أنّها

توفّر مصدراً إضافياً لإمدادات المياه في حالات الطوارئ، حيث تُعزّز المياه المحبوسة خلفها إمدادات المياه المحفوظة للمدينة. إلّا أنّ الغاية الأهم من بناء هذه السدود الصغيرة، هو تنظيم تدفّق المياه، وليس تخزينها، فقد كانت توجد فتحات تصريف في أسفلها تسمح بتدفّق المياه بمعدّلات بطيئة (Berking.2018.27).

عاشراً- الابتكارات التقنية التي تميّز أنظمة الأنابيب النبطية

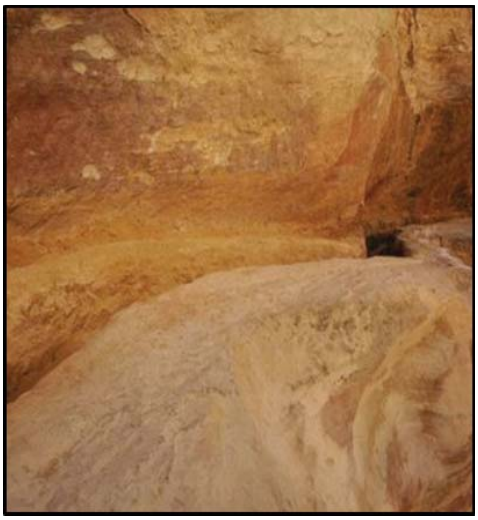
كان للنبطيين قصب السبق في الابتكارات التالية:

- تميّز النظام النبطي للتزوّد بالمياه، بالمرونة، فمثلاً كان بالإمكان تزويد حوض النافورات من عدّة أنابيب متّصلة لخزّانات مختلفة.
- كانت القوانين والأعراف من الضوابط الاجتماعية المنظّمة لتوزيع المياه كمّاً ونوعاً.
- كان مفهوم إخفاء قنوات ومصادر المياه بمثابة إجراء دفاعي لحماية مصادر المياه المعرّضة للخطر - وخاصّة مصادر الينابيع البعيدة عن مركز المدينة.
- تقطيع خطوط الأنابيب الطويلة، بأحواض مفتوحة تُوضع على طولها، وذلك لإنشاء فواصل أنابيب قصيرة بين أحواض الرفع (القابلة للتنظيف)، ما ساعد على تقليل تأثير احتكاك الجدار ممّا يحدّ من معدّل التدفّق، وتسهيل سريان المياه في الأنابيب في ضغط الرفع بشكل متناسب إلى زيادات معدّل التدفّق.. يسمح هذا النظام بمعدّلات تدفّق أعلى من خطّ الأنابيب المستمر من دون أحواض وسيطة.
- اختلاف وظيفة الأنابيب، فقد كانت الأنابيب على الجانب الشمالي من السيق توفّر مصدر مياه الشرب الرئيس للسكان. من ناحية أخرى، يُحتمل أنّ قناة الجانب الجنوبي كانت مخصّصة لسقي الحيوانات، وربّما كانت تُغذّى من قناة من عين براق، وتُكمّل من صهريج أعلى المنحدرات بفتحة تصريف إلى هذه القناة.
- تتميّز أنظمة المياه النبطية بالحفاظ على المياه، واستغلال الإمدادات المتقطّعة من الأمطار الموسمية لدعم المدينة خلال مواسم الجفاف. في جوهرها، استخدم الأنباط جميع منهجيات إمدادات المياه وتخزينها الممكنة فوق وتحت الأرض في آن واحد. وبينما ركز تخزين المياه في المدن الهلنستية المعاصرة أيضًا على الصهاريج للاستخدام المنزلي، طوّرت أنظمة البتراء هذه التقنية إلى أنظمة على مستوى المدينة، مع سدود وصهاريج متطوّرة تخدم أغراض تخزين المياه والتحكّم في الفيضانات.
- تمّ تعزيز تخزين المياه في طبقات المياه الجوفية من خلال السدود، ممّا أتاح استخدام الآبار كنظام احتياطي في حال انقطاع جميع الإمدادات الأخرى. وإذا أمكن بناء خزّان عميق بما يكفي، فسيتمّ إعادة تزويده بالمياه الجوفية، وهي تقنية معروفة جيداً في مدن العصرين البرونزي والحديدي في "الشرق الأدنى".
- سمح الشكل الأصغر للقنوات النبطية بمرونة أكبر في أثناء بناء أنظمة إدارة المياه. كانت هذه المرونة ضرورية نظراً لمستوى سطح الأرض. يتميز المشهد النبطي بتضاريس وعرة، فواجه المهندسون النبطيون سلسلة من المشكلات المختلفة التي كان عليهم التغلّب عليها. من بين التقنيات التي استخدموها: جدران دعم ثقيلة،

وجسور منخفضة، وقنوات محفورة في واجهات المنحدرات، وجسور من البلاط فوق أخاديد صغيرة. استُخدمت أنابيب من الطين في بعض الأحيان، ومن بينها السيق في البتراء (Mays. 2010.36-37).

➢ أتاح صغر حجم القنوات إجراء منعطفات حادّة وتغيّرات في الميل دون إجهاد النظام بشكل كبير. تتميّز القنوات الهلنستية والرومانية بتغيّرات طفيفة جدًّا في الميل. قال فيتروفيوس إنّ ميل (0.5) هو الأنسب، وأن القنوات المائية الباقية تتراوح عموماً بين (2.0 -0.03)%. لم يشعر الأنباط بمثل هذه القيود، إذ يبلغ متوسّط انحدار قناة الحميمة (2.45)% عند مرورها بجرف الشرارة، يتراوح الميل بين (45-10)%، وهو أمرٌ مثيرٌ للإعجاب. (Mays. 2010.36-37).

➢ تميّز المهندسون النبطيون بالتطوير والتجديد، فمثلاً: شهد نظام إمداد المياه تطوّرات بين القرنين الأول قبل الميلاد وما بعده، فقد تمّ تبليط أرض السيق لإمرار مياه السيول إلى المدينة بداية، ثمّ استعيض عن ذلك بنظام أنابيب على طول الجدار الشمالي للسيق، يُغذّيه خط أنابيب بطول حوالى (14) كم يحمل المياه من نبع عين موسى. شملت الميزات الجديدة خزّانات سطحية لجمع مياه الأمطار المتدفّقة، وخزّانات عميقة تحت الأرض، وأنظمة أنابيب متعدّدة تستمدّ مياهها من ينابيع وخزّانات تخزين مختلفة، والتحكّم في مياه الفيضانات من خلال سدود وأنفاق تحويلية، وتكرار نظام إمداد الأنابيب لضمان توصيل المياه من خزّانات متعدّدة من الينابيع والخزّانات عالية المستوى - ولا سيما خزّان زرابة الضخم الذي زوّد خزّانات توزيع وتخزين مياه أصغر حجمًا في المستوى الأدنى. (Ortloff.2020.5-6). الصورتان (23-22).



الصورة رقم (22) قناة لدعم خط الأنابيب في الجدار الشمالي لوادي السيق

الصورة رقم (23) خط الأنابيب في الجدار الشمالي لوادي السيق لاحظ البطانة الطينية

المراجع:

1 – بليـغ، رانـدا: تأثـيرات مصريـة في البتراء، دراسات في آثار الوطن العربي 13، حولية الاتحاد العام للآثاريين العرب، 2011م.

2- Al Zyoud. S & Hammad. R: Water harvesting in Archeological buildings in Jordan. J Biosens & Renew Sci 1(5)- 2022. JBRS. MS.ID.000124. DOI: 10.32474/JBRS.2022.01.000124.

3- Angelakis. A.N, Baba. A, Valipour. M, Dietrich. J, Fallah- Mehdipour. E, Krasilnikoff. J, Bilgic. E, Passchier. C, Tzanakakis. V.A, Kumar. R, et al. Water Dams: From Ancient to Present Times and into the Future. Water 2024, 16, 1889. https:// doi.org/10.3390/w16131889.

4- Berking. J (ed.) | Water Management in Ancient Civilizations | (ISBN 978-3-9818369-6-7; ISSN (Print) 2366-6641; ISSN (Online) 2366-665X; DOI 10.17171/3-53) | www.edition-topoi.org. 2018. 17-41.

5- Driessen. M & Abudanah . F: The Udhruh region: A green desert in the hinterland of ancient Petra . in Zhuang. Y & Altaweel . M (ed): Water Societies and Technologies from the Past and Present. UCL Press University College London Gower Street London. 2018.

6- Mays. L. W: Ancient Water Technologies. Arizona State University Tempe, AZ 85287-5306 USA mays@asu.edu. ISBN 978-90-481-8631-0 e-ISBN 978-90-481-8632-7. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. Springer Science+ Business Media B.V. 2010.

7- Ortloff. Ch. R: Hydraulic Engineering at 100 BC-AD 300 Nabataean Petra (Jordan). Water 2020, 12, 3498; doi:10.3390/w12123498. www.mdpi.com/journal/water. 2020. 1-33.

8- Ortloff. Ch. R: The Water Supply and Distribution System of the Nabataean City of Petra (Jordan), 300 BC–AD 300 .Cambridge Archaeological Journal 15:1, 93–109 © 2005 McDonald Institute for Archaeological Research. DOI: 10.1017/S0959774305000053 Printed in the United Kingdom.

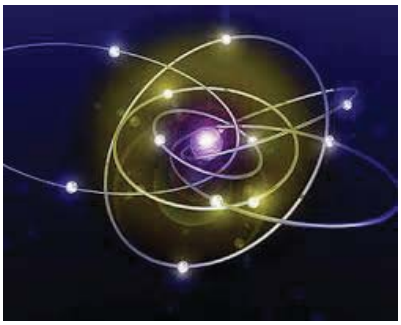
9- Plekhov. D: The social dimensions of water management at Petra, Levant, Jordan, Levant, DOI: 10.1080/00758914.2021.1879491. 2021.

10- ttps://www.researchgate.net/publication/281278615_drast_alwaml_altbyyt_walbshryt_almwthrt_ly_athar_albtra_-_drast_byyyt_mtkhsstthttps://doi.org/10.1080/00758914.2021.1879491

11- Shqiarat M: Water Management in Petra, Greece: An Overview of Nabataean Hydraulics. Anthropol Ethnol Open Acc J 2019, 2(2): 000128. 2- 11.

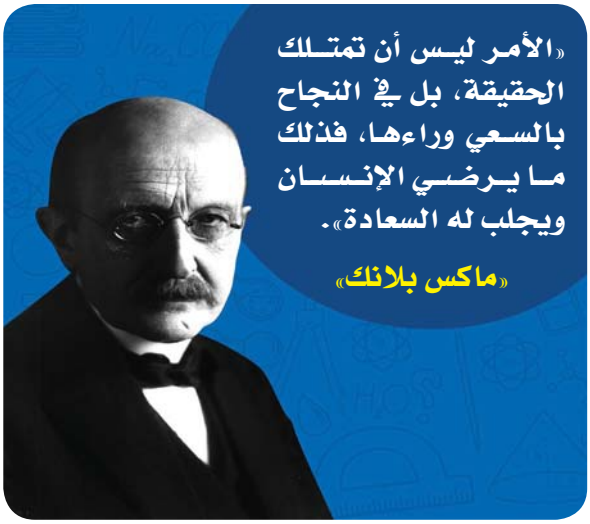
مواقع انترنت:

https://www.netherlandsandyou.nl/web/jordan-en/w/udhruh-archaelogical-project. The Udhruh Archaelogical Project. News item | 15-12-2024 | 11:54.



ماكس بلانك..
مؤسّس نظرية الكم

ترجمة : سلام الوسوف



كتب ماكس بلانك في أواخر حياته الطويلة هذه المقولة: إنّ الحقيقة العلمية الجديدة لا تنتصر بإقناع معارضيها وجعلهم يرون النور، ذلك لأنّ معارضيها في نهاية المطاف ينتهون جميعاً بالموت، وبالتالي يتنامى جيل جديد على أنّ هذه الحقيقة هي المألوفة". انطلاقاً من هذه النظرة، لربّما تكون هذه الجملة بمثابة نعوة علميّة، هذا إن لم تكن "إيماءة يأس"، متخلّياً عن أفكاره التي حاول بها منذ فترة طويلة.

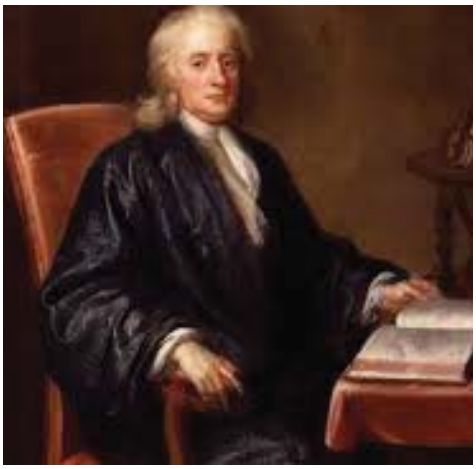
ومع هيئته الكاملة المتّشحة بالسواد، وقميصه الأبيض المطرّز، وربطة عنقه السوداء، استحضر بلانك نموذج الموظّف البروسي نهاية القرن التاسع عشر، لولا النظرة الثاقبة التي حدّج بها من تحت القبّة الواسعة لرأسه الأصلع الضخم". والفصاحة التي تعمّد إظهارها بحصافة فائقة قبل أن ينخرط بالمسائل العلمية أو حتى بأيّ موضوع آخر مهما كان. صرّح في إحدى المرّات لأحد تلامذته: «إنّ شعاري الدائم؛ هو أن تنظروا بعناية وحذق إلى كلّ خطوة نتقدّمها، لكن، فيما لو كان باستطاعتكم تولّي المسؤولية في مرحلة تالية، فلا تدعوا شيئاً يوقفكم».

ولم يكن بلانك ذلك الرجل الذي يبدّل رأيه بسهولة.. كانت سلوكياته ومظهره الخارجي توحي لطلّاب الفيزياء في برلين في سنوات العشرين 1920 بأنّه صعب التبدّل، "من المذهل أن يكون هذا الرجل هو من قاد الثورة، فالثوري نفسه لم يكن راغباً في تصديق ذلك». هذا باعترافه الخاص، كان بلانك «ذو طبيعة مسالمة» ويتجنّب كلّ المغامرات التي تركن إلى مواضع الشك. واعترف أنه كان يفتقد إلى التفكير السريع إزاء التحفيز الفكري. كان يتوجّب عليه غالباً ولسنوات التوفيق بين أفكاره الجديدة وبين مناقشاته العميقة المتجذّرة، ولذلك أطلق بلانك عام 1900 دونما قصد، وبعمر الثانية والأربعين **الثورة الكمومية** عندما اكتشف المعادلة التي تشرح وتفسّر توزّع الإشعاع الصادر عن الجسم الأسود.

جميع الأجسام فيما لو تمّ تسخينها بشكل كاف، سوف تصدر مزيجاً من الحرارة والضوء الذي تتغيّر شدّته ولونه مع تغيّر الحرارة. فإذا تركنا حافّة قضيب من الحديد تسخن في النار لفترة معيّنة، سيبدأ عندها على الفور بإطلاق وميض من اللون الأحمر الخافت بشكل ضعيف، وعند زيادة درجة حرارته، يتحوّل القضيب إلى اللون الأحمر القرمزي، ومن ثم إلى الأصفر – الأورانج الفاتح، وينتهي به المطاف إلى الأبيض المزرق. وبمجرّد أن قمنا وسحبنا قضيب الحديد المحمّى بالفرن وتمّ تبريده بإعادة إنزال نطاق الألوان حتى لم يعد الجو ساخناً بدرجة كافية لإصدار أدنى ضوء مرئي. وحتى ضمن هذه المرحلة، فإنّه يستمر أيضًا بالإشعاع الحراري غير المرئي. وفي غضون بعض الوقت يتوقّف هذا الإشعاع عند الاستمرار بالتبريد.. ويصبح أخيراً قضيب النار قاسياً حيث يمكننا الإمساك به.

الحزمة الضوئية

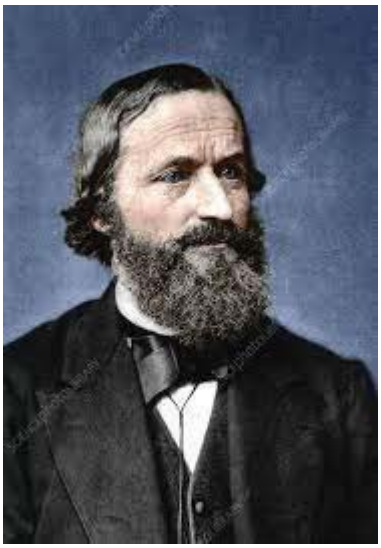
هذا ما كان اسحق نيوتن Issac Neuton قد أظهره عندما كان في الثالثة والعشرين من عمره في عام 1666، حيث أظهر أنّ الحزمة الضوئية منسوجة من خيوط مختلفة من الضوء الملوّن، وإن تمّ وضع موشور قبالة هذه الحزمة، فسيقوم فقط بفكّ التشابك بينها إلى سبعة خيوط من الألوان المختلفة: تبدأ من الأحمر، الأورانج، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، وأخيراً البنفسجي. فهل اللون الأحمر والبنفسجي يمثّلان حدود الطيف الضوئي أو أنّه فقط هو ما تراه بالعين الإنسانية؟



نيوتن

لم تكن الإجابة عن هذا السؤال متاحة في الحقيقة حتى بدأ عام 1800، وهذه الفترة كان ظهور مقياس الحرارة الزئبقي ذي الحساسية الكافية والدقيقة، حيث وضع عالم الفلك وليم هيرشيل William Herschel أمام الطيف الضوئي حاجزاً ووجد التنقّل من عصابة ألوان إلى الأخرى، من البنفسجي إلى الأحمر يتمّ برفع درجة الحرارة، ومفاجأته الكبرى، كانت بمواصلة الكشف عندما ترك مقياس الحرارة الزئبقي بشكل عشوائي على بعد بوصة واحدة وراء منطقة الضوء الأحمر. فاكتشف هيرشل أنّ الضوء المرئي في العين المجرّدة يصف لاحقاً الإشعاع تحت الأحمر، انطلاقاً من الحرارة التي تولّدت.

في عام 1801 استخدم الفيزيائي الألماني جوان ريتر حقيقة أنّ نترات الفضّة تتعتّم عندما تتعرّض إلى الضوء للكشف عن الضوء غير المرئي بعد البنفسجي- الأشعّة فوق البنفسجية.



غوستاف كريتشوف

في حقيقة الأمر، كلّ الأجسام عندما تسخن تصدر الضوء اللون نفسه وبدرجة الحرارة نفسها، حيث كانت أطوال موجاتها معروفة المقادير، قبل أن يبدأ الفيزيائي الألماني ذو الرابعة والثلاثين عاماً غوستاف كريتشوف، في عام 1859 في جامعة هايدلبرغ تحقيقاته النظرية حول طبيعة هذه العلاقة المتبادلة، وفي النهاية تبسّط تحليله، أعلن كريتشوف مفهوماً أنّ الجسم الذي يمتصّ ويصدر الإشعاع بشكل كامل يسمّى الجسم الأسود. وهذا المصطلح كان خياراً جيداً. فالجسم الذي سيمتصّ الأشعّة بشكل كامل لن يتمكّن من عكس أي منها، وسيكون بالتالي في مظهره جسماً أسودَ، ومع ذلك، وعلى اعتبار أنّ الإصدار ناقص، فسيكون أيّ شيء غير أسود، فيما لو بقيت درجة الحرارة مرتفعة كي يتمكّن من الإشعاع في أطوال

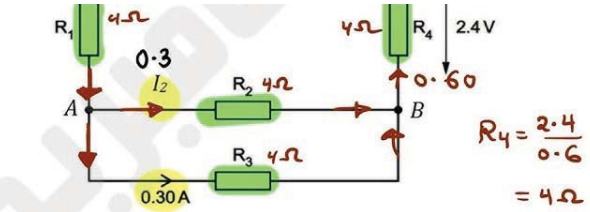
موجية بجزء من الجزء المرئي من الطيف.

سوف يقوم كريتشوف بتمثيله للجسم الأسود من خلال تخيّله إناءً أجوفَ يحتوي ثقباً صغيراً للغاية ضمن أحد جدرانه، حيث تدخل كل الأشعّة الحرارية أو الأشعّة الضوئية المرئية، منها أو غير المرئية، ضمن الإناء عبر هذا الثقب، وهذا الثقب بالحقيقة يحاكي جهاز امتصاص مثالي ويتصرّف كجسم أسود. بمجرّد دخول الشعاع المرسل إلى أحد جدران التجويف إلى الجدار الآخر سيتمّ امتصاصه بالكامل. متخيّلاً الجسم الأسود من الخارج كان معزولاً، أدرك كريتشوف أنه لو تمّ تسخينه، فقط السطح الداخلي للجدران هو من سيصدر الإشعاع الذي ملأ التجويف.

في البداية، تشابه هذه الجدران تماماً، القضيب المحمي حرارياً، والذي يصدر وهجاً أحمرَ قرمزياً داكناً، على الرغم من أنّها تشعّ بشكل أساسي ضمن المنطقة تحت الحمراء. ومن ثم مع تزايد درجة الحرارة سوف يتحوّل من الأحمر القرمزي إلى الأصفر الأورانج. وأخيراً عندما ترتفع درجة الحرارة إلى درجة أعلى، تصدر الجدران الضوء الأبيض المزرق حيث تشعّ بكامل النطاق الترددّي، بدءاً من الأشعّة تحت الحمراء العميقة إلى فوق البنفسجية. وسوف يتصرّف الثقب كمصدر مثالي للأشعّة لأنّ كلّ الأشعّة التي ستفلت منه ستكون دليلًا أو مثالاً لكل الأطوال الموجية الممثّلة ضمن الحفرة عند درجة الحرارة المعنية.

مشكلة الجسم الأسود

أثبت كريتشوف رياضياً بأنّ الخزّافين والذين يعملون بالبورسلين كانوا قد لاحظوا منذ فترة طويلة هذا ضمن مواقد الأفران. ويصرّح قانون كريتشوف أنّ النطاق الطيفي وشدّة الإشعاع داخل التجويف لا تعتمد على المادّة التي يمكن أن يتكوّن منها الجسم الأسود، ولا على شكلها، ولا حجمها. بل تعتمد فقط على درجة حرارتها. ومهمة كريتشوف تفترض –ويفرض على زملائه– بأنه سينتهي به الأمر إلى ما يسمّى مشكلة الجسم الأسود: من حيث قياس توزّع طيف طاقة إشعاع الجسم الأسود، وكمّية الطاقة الصادرة لكلّ طول موجة، من الأشعّة تحت الحمراء إلى الأشعة فوق البنفسجية واشتقاق المعادلة لإعادة إنتاج هذا التوزّع عند أية درجة حرارة.



التيار الكهربائي المار خلال المقاومة R_3 هو $0.30\ A$

فرق الجهد على المقاومة R_4 هو $2.4\ V$

(أ) باستخدام قانون كيرشوف الأول، احسب شدة التيار (I_1)

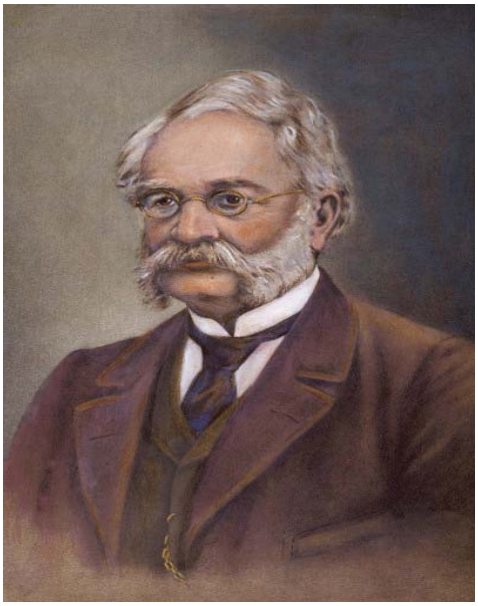
لم يكن بمقدوره الذهاب بعيداً في نظريته، لعدم وجود تجارب حقيقية على الجسم الأسود. ومع ذلك استطاع كريتشوف توجيه الفيزيائيين ضمن الاتجاه الصحيح، إذ أخبرهم أنّ حقيقة توزّع طيف الإشعاع. لا تعتمد على المادّة التي تكوّن الجسم الأسود! مشيرًا إلى أنّ المعادلة يجب أن تحتوي على متغيّرين فقط: درجة حرارة الجسم الأسود. وطول موجة الإشعاع الصادر. لأنّه اعتقد أنّ الضوء كان موجة، وكل لون يتميّز عن لون آخر بسمة خاصة: من حيث طول موجته، والمسافة التي تفصل بين ذروتين أو قاعين متعاقبين ينتج

موجة. تتناسب هذه الموجة عكسيًا مع طول الموجة، والتردّد ببساطة هو عدد القمم -أو عدد القيعان- التي تمرّ عبر أي نقطة ثابتة في أي ثانية. لكن هنالك أيضاً طريقة مختلفة، بل تعادل قياس تردّد الموجة: وهي عدد المرّات التي تصعد فيه الموجة وتنزل" – بالثانية.

المصاعب التقنية التي أثارها تشييد الجسم الأسود حقيقة والتي انتهجها كريتشوف واستخدمها لموضوع تصوّره، وتصميم الأجهزة الدقيقة الضرورية لكشف وقياس إشعاعه على مثل هذا المجال الموجي، كانت قد أجريت على مدى ما يقارب أربعين عاماً، ولم يكن عمليًا هناك أيّ تقدّم يُذكر. في عام 1880 حاولت الصناعات الألمانية تصميم المصابيح الأكثر كفاءة كالتي صنعها منافسوهم البريطانيون والأمريكيون، وإنّ قياس طيف الجسم الأسود، واكتشاف المعادلة الأسطورية لكريتشوف ستصبح من الأولويات.

كان المصباح الكهربائي بسلك متوهّج هو الأخير بسلسلة الاختراعات، وكذلك المصباح القوسي – والدينامو، والموتور الكهربائي، والتيليغراف، الذي سرعان ما غذّى الصناعة الكهربائية، وفي كلّ اختراق جديد، نحن بحاجة ماسّة وملحّة إلى منظومة من الوحدات والمعايير والتي تجرى عليها المصادقة من قبل المستويات العالمية.

في عام 1881 اجتمع في باريس 250 مندوبًا من 20 بلدًا في إطار المؤتمر الأول العالمي لتحديد الوحدات الكهربائية. وعلى الرغم من أنّ الفولط والأمبير وبقية الوحدات الأخرى كانت معروفة ومسمّاة. إلّا أنّنا لم نصل إلى أي اتفاق حول معيار الإضاءة، الأمر الذي أدّى إلى إعاقة تطوير الوسائل الأكثر فعّالية في مستوى الطاقة لإنتاج ضوء صناعي. وعلى اعتبار أنّ المصدر المثالي لجميع درجات الحرارة المحدّدة للجسم الأسود، تصدر كمّية من الحرارة بحدّها الأعلى على شكل الإشعاع تحت الأحمر. فطيف الجسم الأسود سوف يستخدم كأداة اختبار مرجعية للمعايرة وتصنيع المصابيح الكهربائية التي ستصدر الضوء بالحد الأعظمي مع الحفاظ على إطلاق الحرارة عند الحدود الدنيا.



فيرنر فون سيمنس

وبالتالي، «ضمن المنافسة بين الأمم، والتي انغمسوا فيها بصورة فعّالة. كان البلد الأول في قرصنة الأصوات الجديدة والأوّل في تناول جزء من فروع المؤسّسة الصناعية هو من تميّز بالحسم»، هذا ما كتبه الصناعي ومخترع الدينامو فيرنر

فون سيمنس werner Vov Siemens محدّدا أنّ المكانة الأولى كانت لألمانية، وأنّ الحكومة أسست في عام 1887 المعهد الملكي للفيزياء والتكنولوجية. والواقع في شارلوتنبورغ Char-lottenburg ضمن ضاحية برلين على أرض منحتها الدولة لسيمنس، كانت الشركة PTR معروفة كمؤسّسة على مستوى الإمبراطورية كلّها، وصمّمت للمنافسة الاقتصادية من قبل بريطانية العظمى وأمريكا. امتدّت البنية المعقّدة بالكامل لهذا الصرح على مدى أكثر من عقد من الزمن، وأصبحت PTR مؤسّسة البحث الأفضل تجهيزاً بأفضل والأكثر كلفة. كانت مهمّتها إعطاء السيادة في تطبيق العلم وصناعة المعايير واختبار المنتجات الجديدة. ومختبر شدّة الكثافة الضوئية المعترف بها عالمياً، كان مدرجا ضمن أولوياتها. كانت الحاجة والأهمية لتصنيع المصابيح الكهربائية الأكثر فعّالية المحفّز الداعم لبرنامج البحث على الجسم الأسود في PTR ضمن سنوات 1890. وستقود إلى الاكتشاف الصدفوي للكوانتوم عندما سيكتشف ماكس بلانك أنه رجل الموقف في المكان المناسب وفي اللحظة المناسبة.

من هو ماكس بلانك؟

ولد ماكس كارل ايرنيست لودفيج بلانك Max Karl Ernst Ludwig Planck في كيل kiel، التي كانت آنذاك جزءًا من أولستاين Hol-stein الدانماركية، في 23 نيسان من عام 1858 ضمن عائلة مخلصة للكنسية وللدولة. كان التفوّق الفكري بالنسبة له حقّاً مكتسباً منذ الولادة، فجدّه الأكبر وجده لوالده كانا من البارزين في الفكر اللاهوتي، أصبح والده أستاذًا في القانون الدستوري في جامعة ميونيخ. هؤلاء الرجال كان من واجبهم ونزاهتهم تقديس القوانين الإلهية وكان الرجل أيضًا نموذجًا للحزم العميق والحسّ الوطني العالي. كذلك ماكس بلانك فلن يكون خارج السرب بالطبع لن يخرج عن هذا الإطار العائلي الرفيع.

التحق بلانك في المدرسة الثانوية الأكثر شهرة في العاصمة البافارية، Mximiliansgymna-sium. وكان دائماً القمّة في صفّه، لكنّه لم يكن الأول أبداً، تفوّق بلانك من خلال العمل الجاد والدؤوب والانضباط. وكان دقيقاً بالمؤهّلات التي تتطلّب نظاماً تثقيفياً! حيث كانت البرامج تؤسّس حرفيًا على التدريب والتثقيف بكميات ضخمة من المعارف الواقعية. تشير بطاقته المدرسية الخاصة على أنه، على الرغم من كلّ طفولته فقد كان يملك فعلاً في العاشرة من عمره عقلا منطقياً، وبمنتهى الوضوح، وتعهّد بأن يصبح شخصية جيدة وعظيمة. في السادسة عشرة من عمره لم تكن الحانات مشهورة في ميونيخ، لكن الأوبرا وقاعات الحفلات الموسيقية هي من ستجذب الشاب بلانك. كانت تداعبه فكرة أن يتابع مسيرته الفنية ويصبح بروفسوراً في العزف على البيانو، وعند الشك والتساؤل، كان يطلب النصيحة ويسمع الرد بقسوة: «إذا كنتم بحاجة إلى طرح سؤال ما، فمن الأفضل دراسة شيء آخر!».

في تشرين الأول 1874، وفي عمر السادسة عشرة التحق بلانك بجامعة ميونيخ واختار دراسة الفيزياء مدفوعا برغبة متأجّجة لفهم آلية عمل الطبيعة، على عكس الجيمانسيان، ومنظومتهم الشبيهة بالنظم العسكرية، حيث تطلق الجامعات الألمانية الحرّية لطلابها جميعًا وبشكل كامل. لم يكن هناك بالكاد مراقبة تربوية لجزء من المعلمين، ولم يكن هناك اشتراطات تركّز على مادّة ضمن البرنامج: كانت منظومة تسمح للدارسين الذهاب من جامعة إلى أخرى لمتابعة المحاضرات التي يختارونها. وفي نهاية المطاف، هؤلاء الذين يرغبون بالعمل بوظيفة مهنية ضمن مجال خاص كانوا يتابعون محاضرات في الجامعات الأكثر عراقة لأساتذة بارزين، وفي غضون ثلاث سنوات في ميونيخ قيل له "ليس من فائدة مرجوّة العمل بالفيزياء كثيرًا" لأنّه لم يبقَ شيء ذا أهمية يمكن اكتشافه، والتحق بلانك في أول جامعة بالعالم ناطقة بالألمانية، في برلين.

مع تأسيس ألمانية الموحّدة والنصر المؤزّر على فرنسا، بفضل بروسيا، ضمن حرب 1870، ستصبح برلين العاصمة الجديدة. والقوّة الأوربية الوطنية. سمحت له تعويضات الحرب الفرنسية على الفور بتطوير نفسه، رغم إنها تبحث على أن تصبح معادلة للندن وباريس. فمن 856 ألف قاطن في عام 1871، ارتفع تقريبًا إلى مليوني نسمة في عام 1900، عمل في برلين الواقعة عند ملتقى، Havel ،Spree وهي ثالث أكبر منطقة حضرية في أوروبة. وفهم الوافدون الجدد أنّ اليهود فرّوا من الاضطهاد في أوروبا الشرقية، وخاصّة من مذابح روسيا القيصرية، ومن المؤكّد أنّ تكلفة المعيشة والإيجارات تصاعدت بشكل مطّرد، وخلقت أعدادًا متزايدة من الفقراء وعديمي المأوى. كانت الشركات المصنّعة للتعبئة والتوضيب تفاخر «بالعبوات الجيدة المنخفضة التكاليف ذات الاستخدام السكني»، بينما الأحياء الفقيرة تم بناؤها ضمن أقسام معينة من العاصمة.

ألمانية.. تدخل عصر التنمية الصناعية

على الرغم من الواقع المرير الذي اكتشفه الكثير من القادمين إلى برلين، فقد دخلت ألمانية في عصر التنمية الصناعية، والتقدّم التكنولوجي والازدهار الاقتصادي غير المسبوق. فعندما اندلعت الحرب العالمية الأولى، ألغت ألمانية الرسوم الجمركية الداخلية عن المنتجات الصناعية، وعزّزت القوة الاقتصادية، وعملت على تعويضات الحرب الفرنسية، ولم يكن من الممكن أن تتفوّق على ألمانيا إلّا الولايات المتحدة الأمريكية بفضل هذه الاستراتيجية. وبالفعل فقد أنتجت ألمانيا أكثر من ثلثي صناعة الفولاذ في أوروبا، ونصف الكربون الخاص بها، وولّدت معظم الكهرباء بأكثر ممّا تنتجه بريطانية العظمى، وفرنسا، وإيطاليا مجتمعة. وحتى في العشر سنوات من الركود الاقتصادي والآلام التي أثّرت في أوروبا بعد انهيار سوق الأوراق المالية عام 1873 لم تتباطأ إلّا خلال بضع سنوات من التطوّرات في ألمانية.

مع التوحيد جاءت الرغبة العارمة والضامنة أن تكون برلين هي العاصمة والقدوة الجديدة للإمبراطورية الألمانية أو الرايخ، وأن تملك أفضل جامعة على الإطلاق. وتمّ إقناع الفيزيائي الأكثر شهرة في ألمانية ايرمان فون ايلمهولتز بمغادرة هايدلبرغ. كان ايلمهولتز في الخمسين من عمره جرّاحًا مدرّباً، وكان أيضا فيزيولوجيا ومؤلّفا مشهورًا للعديد من المساهمات الأساسية التي تشرح آلية عمل العين البشرية بعد اختراعه المنظار العيني. وأدرك هذا العقل الكوني قيمته. بالإضافة إلى أن مرتّبه وصل إلى أعلى قيمة بعدّة مرّات خلافًا عن المألوف، وطالب ايلمهولتز ببناء معهد عظيم وجديد للفيزياء، إذ كان لا يزال في طور الإنشاء، عندما وصل بلانك إلى برلين ليمضي هنالك عاماً عام 1877، ويبدأ في حضور محاضرات ايلمهولتز في المبنى الأساسي للجامعة، القصر القديم، الواقع على اونتر دن ليندن Un-ter den Linden، بمواجهة الأوبرا.

وعلى اعتبار أن ايلمهولتز كان مدرساً. "سيقول بلانك بعد فترة من الزمن، من الواضح جدّا أنّ ايلمهولنز لم يقم بتحضير محاضراته بشكل جيد على الإطلاق"، وهذا ما دعا بلانك لأن يشعر بخيبة أمل عارمة. فقدم إليه من هايدلبرغ أيضاً غوستاف كريتشوف، ليشغل منصب أستاذ الفيزياء النظرية، والذي كان أستاذًا بغاية التنظيم والمحاضرات التي يبثّها "كأنّها نص محفوظ، جاف وممل". فلم يكن هذان الأستاذان بالنسبة لبلانك على مستوى ما توسّم بهما، وأدرك أنّ "محاضرات الأستاذين لم تجلب له أي مكسب مرتقب".. فبحث عن إرواء ظمئه للمعارف العلمية المتقدّمة، باكتشافه أعمال رودولف كليزيوس الفيزيائي، ذي الساسة والخمسين من العمر. الذي كان يدرس في جامعة بون.

وعلى الفور كان بلانك يندهش "للأسلوب الواضح" الذي يتمتّع به كلوزيوس وعلى الوضوح الساطع لعقلانيته، على بعد ألف ميل من التعليم الباهت لكلا الأستاذين. وعاد إليه الحماس عندما جابت كتابات كلوزيوس في رحاب الترودينامك الحرارية. حيث تهتم المبادئ الأساسية لهذا العلم بالحرارة وعلاقاتها مع بقية أشكال الطاقة، وسوف يستنتج في عصره مبدأين فقط، الأول كان يهتم بالصياغة الدقيقة لحقيقة أنّ الطاقة مهما كان شكلها، فإنّ لديها خاصّية خاصّة تتمثّل في الاحتفاظ بنفسها. والطاقة لا يمكن أن تخلق ولا يمكن بأن تفنى، لكنّها فقط تتحوّل من شكل إلى آخر، فالتفاحة المعلّقة على غصن الشجرة تملك طاقة كامنة بموجب موقعها ضمن حقل جاذبية الأرض، وارتفاعها فوق الأرض، فعندما تقع التفّاحة، تتحوّل الطاقة الكامنة فيها إلى طاقة حركية، وهي طاقة الحركة.

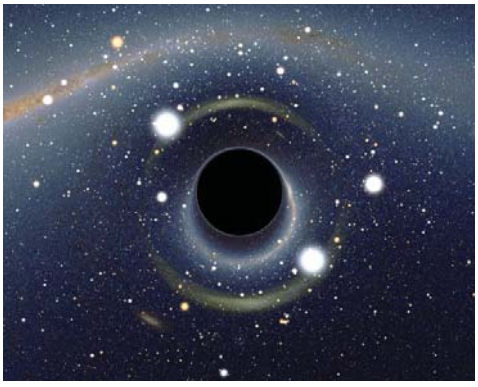
بلانك وكلوزيوس.. والطاقة

كان بلانك في المدرسة الثانوية عندما اكتشف لأوّل مرّة القانون الأساسي في انحفاظ الطاقة وقد صدمه هذا الاكتشاف "وكأنّه الهام"، لأنّه امتلك الصلاحية المطلقة، والشمولية، والمستقلة عن كلّ

فعل إنساني. وفي هـذه اللحظة لمح الأبدية، وشرع في اعتبـار البحث عـن قوانين أساسيـة أو مطلقة للطبيعـة"، بمثابة العمليـة الأكثر وقارًا ومهابة في الحياة. فقد كان مبهورًا عندما قرأ لاحقًا صياغة كلوزيوس للمبـدأ الثـاني لقانـون الترودينـاميك الذي ينصّ على: "أنّ الحرارة لا تنتقل تلقائيًا من الجسـم الأكثر برودة إلى الجسـم الأكثر سخونةً، الاخـتراع اللاحق "للثلاجة" يثبـت أن كلوزيوس هو مـا أراد قوله بمصطلح "عفـوي". فالثلاجة بحاجـة لأن تكـون موصولة بمصـدر خارجي من الطاقة- الكهربائية، مثالاً كي تجري الحرارة من الجسم الأكثر برودة إلى الجسم الأكثر حرارة.

أدرك بلانك أنّ كلوزيوس لم يكتف بتصريحه الواضـح بل أفصـح عن شيء هـو أعمق من ذلك بكثـير. وهو أن الحرارة، ونقـل الطاقة من A إلى B يتـمّ بموجب تمايـز درجـات الحـرارة، وفسّر الظواهر المألوفة كفنجان قهوة ساخن يتمّ تبريده أو مكعّـب الثلج الذي يذوب في كأس ماء. لكن هذا يحـدث دون تدخّـل إنسـاني، والعكـس لن يحدث أبـدًا، لماذا لا يحـدث؟ فمبدأ انحفـاظ الطاقة لا يعترض على تسخـين فنجان القهـوة الذي يتبرّد بالهـواء المحيـط بـه، أو أن المـاء في الكأس يتـمّ تسخينـه أو أنّ مكعّـب الثلـج يـبرد. ولم يعترض أبـداً على أنّ الحـرارة تنتقل عفويًـا، من الجسم البـارد إلى الجسم الساخن. ومع ذلـك فإن شيئاً ما يمنع حدوث هذه الظاهرة، فاكتشف كلوسيوس هذه الكينونـة أو هذه المنظومة، وأطلق عليها اسم الأنتروبيـة entropie. كانـت هـذه الخاصّية في صميـم العوامل التـي تجعل بعض العمليات تنتج ضمن الطبيعة والأخرى لا تنتج.

عندمـا يـبرد فنجان القهـوة الساخـن، سوف يسخـن الهـواء المحيط بالفنجـان وتتبـدّد الطاقة وتفقـد، ولا يمكن استعادتها، لذلـك فهو يؤكّد على أنّ العمليـات العكوسة لا يمكن أن تحدث. وإذا كان الحفـاظ علـى الطاقة هـو العملية التي تـوازن بها الطبيعـة على توازنهـا في كلّ معاملتهـا الفيزيائية الممكنة، سوف تطلب الطبيعة ثمناً لكلّ عملية يمكن أن تحـدث فعليًا. ووفقـا لكلوزيوس كانت الانتروبية هـي الثمن الـذي يجب دفعـه كي يحـدث شيء ما أو لا يحـدث. فضمـن أي منظومـة معزولـة كان السماح فقط للعمليات أو المعاملات التي تبقى فيها الانتروبيـة كما هـي أو تتزايـد، وكلّ العمليات التي ستقود إلى تناقص الانتروبية كانت محظورة بقوّة.



الأنتروبية.. ومفهوم اللاعكوسية

عرّف كلوزيوس الأنتروبية بأنها كمّية الحرارة التي تدخل ضمن جسم أو التي تخرج منه، مقسومة علـى درجة الحـرارة التي تحـدث العمليـة، فإذا سخّنا الجسم إلى درجـة حرارة 500 درجة يفقد 1000 وحدة طاقة لصالـح الجسم الأكثر برودة، بينمـا الانتروبيـه تتناقص مـن -1000/500= -2. والجسـم الـذي يـبرد إلى درجـة 250 يربح 1000 وحـدة طاقـة وتـزداد الانتروبيـة مـن

+1000/250=4، فالانتروبية عمومًا لمنظومة الأجسام المسخّنة والمبرّدة مجتمعة تزداد بمقدار وحدتي طاقة لكلّ درجة. وكلّ العمليات في الواقع غير عكوسه، لأنّها ستؤدّي الى زيادة في الانتروبية. إنّها الطريقة التي ترتّب فيها الطبيعة نفسها كي لا تمرّ الحرارة عفويًا من الجسم البارد إلى الجسم الساخن. فقط العمليات المثالية التي تبقى فيها الانتروبية دون تغيير هي غير عكوسه. لذلك فهي لا تنتج أبداً في الواقع، بل تحدث فقط في مخيّلة الفيزيائيين. وانتروبية الكون تميل نحو الحد الأقصى.

مع الانتروبية انتهى بلانك إلى اعتبارها وكأنّها "الخاصّية الأكثر أهمّية في المنظومات الفيزيائية". فبعد أن قضى عاماً واحداً في برلين عاد مجدّدًا إلى ميونيخ، وكرّس أطروحته في الدكتوراه إلى شرح مفهوم اللاعكوسية. وأصبحت هذه الأطروحة تشكّل له أملاً في أن تكون بطاقة عبور لزيارته. لكنّه ذهل كثيراً، لأنّه لم يجد أي اهتمام بها، ولم يتم التطرّق إلى المصادقة عليها، حتى في أوساط الفيزيائيين الذين شغلوا أنفسهم بهذا الموضوع. لم يقرأ ايلمهولتز أطروحته، أمّا كريتشوف فقد قرأها لكنّه أعرب عن معارضته. وكلوزيوس الذي كان يمارس تأثيرًا كبيرًا على بلانك، لم يرد حتى على أطروحته.. وسيذكر بلانك ذلك، بعد أن شارف على السبعين من العمر لكن ليس بمرارة قائلًا: «كان أثر أطروحتي على الفيزيائيين في هذه المرحلة صفراً»، لكنّه كان مدفوعاً "بزخم داخلي"، ولم تثبط هذه الظروف عزيمته. حيث بدأ قانونه وخصوصًا الثاني في الترموديناميك من السيطرة على الفكر العلمي لبلانك عندما بدأ حياته المهنية الأكاديمية في الجامعة.

كانت الجامعات الألمانية هي المعاهد في الدولة! وكان الأساتذة (الاستثنائيون والجامعيون والمساعدون والعاديون من الأساتذة)، هم العاملين المعينين والموظفين في وزارة التعليم العالي. في عام 1880، عين بلانك بمنصب متخصّص (محاضر غير مدفوع الأجر) في جامعة ميونيخ. ولم يكن موظّفًا لدى الدولة ولا لدى الجامعة، وكان له الحق بالتعليم بكلّ بساطة مقابل تبادل الرسوم الدراسية التي يدفعها الطلاب الذين يحضروا محاضراته. وبعد مضي خمس سنوات، كان يتوقّع من خلالها أن يعيّن بمنصب أستاذ استثنائي لكن دون جدوى، ونظراً لأنّ العالم النظري لا يهتم بتقديم البحوث التجريبية، أدرك بلانك أنّ حظوظه في التقدّم كانت ضعيفة جدّاً. ولم تكن الفيزياء النظرية مؤسّسة بعد، بشكل راسخ، كتخصّص متميّز. إذ لم يكن في ألمانيا إلّا ستة أساتذة متخصّصون في الفيزياء النظرية حتى عام 1900.

فإذا كانت مسيرة حياته المهنية لا بدّ من تقدّمها، فقد أدرك بلانك أنّه يتوجّب عليه العمل بطريقة أو أخرى كي يساهم بدفعها قدماً، ولكي يحظى أيضاً بمكانة رفيعة ضمن الأوساط العلمية. ابتسم له الحظ عندما أعلنت جامعة غوتينجن أنّ موضوع مسابقة مقالته المرموقة كانت تحمل عنوان "طبيعة الطاقة". لذلك، وحتى قبل أن ينهي مذكراته، في أيار من عام 1885، وصلت إليه إحدى الرسائل. كان فحواها هو توفير منصب أستاذ استثنائي له في جامعة كيل، المدينة التي ولد فيها. واشتبه بأمر تلك الرسالة أن تكون من خلال صداقة تربط والده مع مدير قسم الفيزياء هي التي أدّت إلى هذا الاقتراح. ومع ذلك فقد وافق ووضع اللمسات

الأخيرة على مقالة مسابقته كي يتنافس فيها في غوتينجن بعد وقت قصيرة جدّاً من وصوله إلى مسقط رأسه.

بلانك في المرتبة الثانية

في الوقت الذي عرض فيه ثلاث دراسات، وأمضى عامين مدهشين قبل أن يعلن أنه لن يكون هناك فائز. صنّف بلانك بالمرتبة الثانية، ورفض القضاة منحه الجائزة الأولى بسبب الدعم الذي كان يقدّمه لايلمهولتز في الجدلية العلمية مع أحد أعضاء الهيئة التدريسية في غوتينجن. وهذا ما أثار اهتمام هيلمهولتز ببلانك وبأعماله.

هيلمهولتز

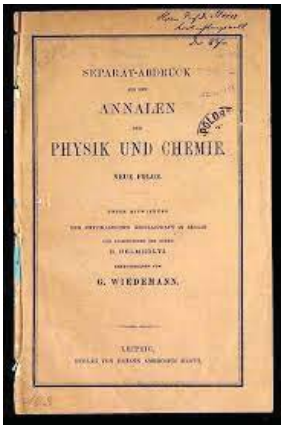
ففي غضون ما يزيد عن ثلاث سنوات في كيل، وفي التحديد في تشرين الثاني 1888 سوف يحيي بلانك حدثاً سعيداً غير متوقّع. إذ لم يكن الأول ولا حتى الثاني في الاختيار، بل بعد أن رفض الآخرون المنصب، ها هو بلانك ينال الدعم من قبل ايلمهولتز الذي طلب منه أن يكون خليفة غوستاف كريتشوف في جامعة برلين كأستاذ للفيزياء النظرية.

في ربيع 1889، لم تكن العاصمة هي المدينة التي غادرها بلانك منذ إحدى عشر عامًا خلت، فالرائحة الكريهة التي صدمت على الدوام الزائرين كانت قد اختفت عندما تمّ استبدال منظومة قديمة للصرف الصحي بقنوات حديثة تحت السماء المفتوحة، وفي الليل كانت الطرق الرئيسية منارة بالمصابيح الكهربائية.. لم يعد ايلمهولتز المدير لمعهد الفيزياء في الجامعة: بل كان المسؤول عن معهد PTR المؤسّسة البحثية المرموقة الجديدة التي تبعد عن هناك خمسة كيلو مترات فقط. وخلف ايلمهوتز في منصبة أوغست كوند August Kundt الذي لم يؤدِّ أي دور حاسم في تعيين بلانك، لكنّه استقبله "كمتفوّق ناجح"، و"كرجل رائع".

في عام 1894 كان ايلمهولتز في الثالثة والسبعين من العمر وكوند في الخامسة والخمسين، لكنّهما، فارقا الحياة بفارق بضعة أشهر فقط. وبعد عامين فقط على ترقية بلانك لرتبة أستاذ جامعي، سيجد نفسه وهو في السادسة والثلاثين من عمره، أول فيزيائي في أفضل جامعة ألمانية.. لم يكن له خيار آخر إلّا ضمان سيطرته على المسؤوليات الإضافية الملقاة على عاتقه، وخاصة تلك المتعلّقة بمجلس الفيزياء النظرية لمجلة آنالين دير فيزيك Annalen der Physik . وبفضل هذا المنصب الرفيع تمتّع بنفوذ واسع، الأمر الذي منحه فعليًا الحق في ممارسة الرفض "حق الفيتو" حول كلّ المقالات النظرية الخاضعة لأهم المجلات الفيزيائية الألمانية. وتحت ضغط منصبه الرفيع وشعوره بالفراغ العميق بعد وفاة اثنين من

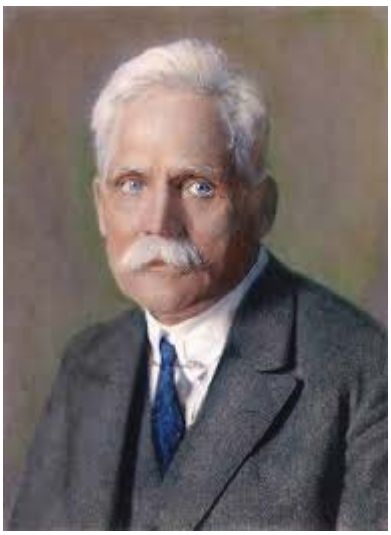
الزملاء وجد بلانك بعمله هذا السلوان والصبر.

ونظراً لأنّه عضو بارز في مجتمع الفيزيائيين الصغير في برلين. كان على اطّلاع كامل على برنامج البحث المتعلّق بالجسم الأسود في مؤسّسة البحث العلمية PTR، الموجّهة من قبل الصناعة، وعلى الرغم من أنّ الديناميكا الحرارية كانت مهمّة بالنسبة للتحليل النظري للضوء وللإشعاع الحراري الصادر عن الجسم الأسود، وكذلك الافتقاد إلى المعطيات التجريبية الموثوقة، منعت بلانك من محاولة اشتقاق صيغة مضبوطة لمعادلة كريتشوف غير المعروفة. وبالتالي الاختراق الكبير التي أحدثه صديقه القديم الذي يعمل في PTR جعل بلانك لا يتجاهل لفترة أطول مشكلة الجسم الأسود.



علاقة رياضية بسيطة

في شباط من عام 1893، اكتشف فيليلم فين Wilhelm Wien البالغ من العمر 99 عامًا العلاقة الرياضية البسيطة التي تصف أثر تغيّر درجة الحرارة على توزّع إشعاع الجسم الأسود. ووجد فين عند إجراء قياس لتزايد درجة الحرارة الجسم الأسود، إن طول الموجة الأقصر تترافق مع شدّة الإشعاع الأقوى. وأدرك بالفعل أنّ تزايد درجة لحرارة يقود إلى تزايد الكمّية الكلّية للطاقة المشعّة، لكنّ "قانون الحركة" لـ "فين» كشف شيئاً دقيقًا جدًا: وهو أنّ طول الموجة التي تكون فيها كمّية الإشعاع الصادر بحدّها الأعظمي مضروبة بدرجة حرارة الجسم الأسود هو دائمًا ثابت. فإذا تمّت مضاعفة درجة الحرارة، فإنّ طول الموجة "الذروة" ستكون نصف طول الموجة السابقة.



فيليم فين

يشير اكتشاف قانون فين إلى أنه، بمجرّد حساب الثابت الرقمي عن طريق قياس الطول الموجي للقمّة، والتي تتوافق مع الإشعاع الأعظمي عند درجة حرارة معينة - يمكننا حساب هذا الطول الموجي للذروة بالنسبة لأي درجة حرارة. الأمر الذي فسّر أيضًا تغيّرات ألوان القضيب الواصل "إلى اللون الأحمر". ففي البداية،

عنـد درجات الحـرارة المنخفضة نسبيـاً، يصدر القضيـب المحمـي بشـكل أساسـي إشعاعًا بطول موجـي أعظمي ضمن المنطقـة تحت الحمراء من الطيف. ومع ارتفاع درجة الحرارة، فهناك المزيد مـن الإشعـاع في كلّ منطقـة الطيـف ويتناقص الطـول الموجـي للـذروة. الـذي "ينـزاح" نحـو الأطوال الموجية الأكثر قصراً، وبالنتيجة فإنّ لون الضوء الصادر يمرّ من الأحمر إلى الأورانج، ومن ثمّ إلى الأصفر وأخيراً إلى الأبيض المزرق بمجرّد زيـادة كمّية الإشعاع الصادر عـبر أقصى الأشعّة فوق البنفسجية للطيف.

سرعان ما أصبح فين عضوًا ضمن هذا الحشد مـن الفيزيائيـين الذيـن كانـوا في بعض المـرّات منظّريـن منجزيـن وتجريبيين لامعـين. واكتشف قانـون الانزياح خـلال أوقات فراغـه، وكان يركّز على نشره تحت صيغـة "التواصل المختصر" دون تصريح رسمي مـن مؤسّسة PTR. وفي تلك الآونة عمل كمساعد في مخبر البصريات للـ PTR تحت إشـراف المشـرف اوتو لوميـه Otto Lummer. ووفّـر له هـذا التـوزّع الأسـس العمليـة الضرورية للاكتشاف التجريبي لإشعاع الجسم الأسود.

كانـت المهمّـة الأولى بالنسبـة إليـه هـو تشييد مقياس ضوئي متطوّر، جهازاً قادراً على مقارنة شدّة الضـوء -كمّيـة الطاقة ضمن مجـال موجي محدّد- الصـادر عن مصـادر مختلفة كالمصابيـح الغازية، والمصابيـح الكهربائيـة. في خريـف عـام 1895، طـوّر كلٍّ من لوميه وفين جسماً أسـود مجوّفاً جديداً ومحسّناً، قابلاً للتسخين إلى درجة حرارة موحّدة.

في الوقـت الـذي كان لوميـه وهـو يركّـزان علـى أبحاثهـم في أثنـاء النهـار علـى الأجسـام السـوداء، كان فـين يتابـع بأمسياتـه البحث عن معادلـة كريتشـوف الأسطورية التـي تصف توزّع إشعـاع الجسـم الأسـود. وفي عـام 1896، وجـد فـين الصيغة. وسرعـان ما أكـد فريدريك باشين Friedrich Paschen من جامعة هانوفر، على تطابـق البيانـات التي جمعهـا حول تـوزّع الطاقة ضمن الأمواج القصيرة لإشعاع الجسم الأسود.

أوتو لوميه يلقي محاضرة في عيد ميلاده الستين عام 1920

في حزيـران 1896، وفي الشهـر نفسـه الذي تمّ نشر قانون توزّع الجسم الأسود غادر فين معهد PTR لتولّي منصب أستاذ فوق العادة في معهد Technis-che" Hochschule d'Aix –la –chapelle". تلقّـى جائـزة نوبل في الفيزيـاء على أبحاثـه المتعلّقة بإشعاع الجسم الأسود عام 1911، لكنّه عهد بالمهمّة إلى لوميـه لوضـع قانونـه تحـت الفحص الصارم. ومـع ذلك فقـد تطلّـب الأمر تغطيـة قياسـات كامل نطاق الإشعاع الأكـثر شمولاً ودرجات الحرارة الأكثر ارتفاعـاً ممّـا كان في السابـق. وتوجّـب علـى لوميه ومعاونيـه فردينـاد كيورلبـوم Ferdinand Kurl-baum وارنست برينغسيم Ernst Pringsheim، التوثيـق والتعديـل علـى مـدى عامين قبـل الحصول

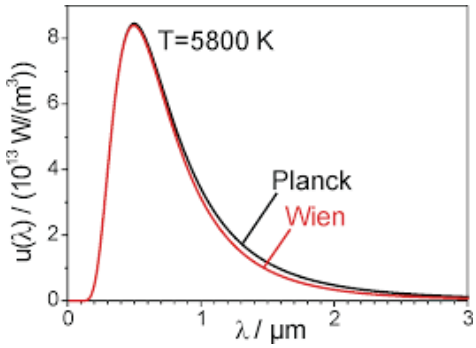
على جسم أسود مثالي عام 1898. يكون قادرًا على الوصول إلى درجة حرارة 1500 درجة، وكان تتويجًا لأكثر من عقد من العمل الدقيق في معهد PTR.

عند تمثيل شدّة الإشعاع على المحور العمودي لصفيحة فوتوغرافية، وطول موجته على المحور الأفقي، وجد كلّ من لوميه وبرينغسيم أنّ شدّة الإشعاع تزداد طردًا مع طول الموجة إلى حدّ نصل فيه إلى القمّة، ومن ثم تبدأ بالتناقص. كان الشكل المنحني لتوزّع الطاقة الطيفية لأشعّة الجسم الأسود تقريباً على شكل جرس ويشابه بالضبط الزعنفة الظهرية لسمكة القرش. ومع ازدياد الحرارة يصبح شكل المنحني واضحًا. فكلّما ارتفعت درجة الحرارة، كلّما كان شكل المنحني أكثر وضوحًا، مع زيادة شدّة الإشعاع الصادر. تظهر القراءات والمنحنيات التي استندت على تسخين الجسم الأسود إلى درجات حرارة مختلفة أنّ -الطول الموجي الأعظمي هو الذي يشع بأقصى شدّة- وتنزاح نحو نهاية الأشعّة فوق البنفسجية من الطيف على اعتبار تزايد درجة الحرارة.

قدّم كلّ من لوميه وبرينغسيم نتائجهما في أثناء اجتماع للجمعية الفيزيائية الألمانية المنعقد في برلين في 3 شباط 1899. وأعلم لوميه المؤتمرين من الفيزيائيين، والذي كان بلانك من بينهم أنّ نتائجهم وافقت قانون الإزاحة لفين. ومع ذلك كانت الظروف أقل وضوحاً بالنسبة لقانون التوزّع. وعلى الرغم من توافق البيانات التجريبية بشكلٍ تقريبي مع التنبّؤات النظرية لنظرية فين، كانَ هناك بعض الفوارق ضمن منطقة الأشعّة تحت الحمراء من الطيف. ومن المرجّح أنها كانت ناجمة عن الأخطاء التجريبية، لكن المشكلة، التي أكّدها لوميه وبرينغسيم، لا يمكن حلّها إلّا "بتجارب أخرى تجرى على نطاق واسع من الأطوال الموجية واستطاع إجراؤها على نطاق واسع من درجات الحرارة".

بعد أكثر من ثلاثة أشهر، أعلن فريدريك باشن نتائجه الخاصّة، على الرغم من أنّها أُجريت على درجات حرارة أكثر انخفاضاً من تلك التي أجراها لوميه وبرنغسيم، وكانت منسجمة بشكل كامل مع تنبّؤات قانون التوزّع لفين. تنفّس بلانك الصعداء وقرأ مقالة باشين علانيةً في أثناء جلسة أكاديمية العلوم البروسية، وبالمقابل، فقد مارس القانون عليه قوّة جذب. فبالنسبة لبلانك، لم يكن البحث النظري لقانون توزّع طيف طاقة إشعاع الجسم الأسود شيئاً أقل من البحث عن المطلق، "ولأنني كنت أعتبر منذ فترة طويلة أنّ البحث عن المطلق بالنسبة لي هو الهدف الأكثر سموًّا من كلّ الأنشطة العلمية، فقد نفد صبري بالعمل".

قانون فين - بلانك



في عام 1896، وبعد فترة قصيرة من نشر فين قانونه في التوزيع الطيفي. بدأ بلانك بمهمة حاول من خلالها التحرك على أساس صلب كالصخرة التي تتزعزع من خلال اشتقاقه المبادئ الأولى. وبعد ثلاث سنوات، وبالتحديد في أيار من عام

1899، اعتقد أنه نجح باستخدام القوّة والطاقة للمبدأ الثاني في الترموديناميك وأبدى زملاؤه الآخرون المصادقة وبدؤوا بالتحدّث عن قانون فين" قانون فين - بلانك" Wien – Planc;k استناداً على مزاعم المجرّبين. حافظ بلانك على الثقة بما يكفي ليؤكّد أنّ «حدود الصلاحية لهذا القانون على افتراض أنّه قد يكون هناك توافق مع ما يخصّ المبدأ الأساسي الثاني للديناميكا الحرارية". وشدّد على ضرورة التحقّق مجدّدًا من قانون التوزّع لأنّه سيكون بالنسبة إليه بمثابة فحص بسيط للمبدأ الثاني، وتحقّقت رغبته.

في بداية شهر تشرين الثاني 1899، وبعد أن مضى تسعة أشهر على توسيع نطاق قياساتهم كلّها، فضلاً عن استبعاد مصادر الخطأ الممكنة تجريبياً، إلّا أنّ كلًّا من لوميه وبيرنغسيم وجدا "أنّ الفجوات هي من طبيعة منهجية بين النظرية والتجربة، وعلى الرغم من أنّ قانون فين كان متوافقاً بشكل تام مع النتائج المتعلّقة بطول الأمواج القصيرة، إلّا أنّه بالغ باستمرار بالتركيز على شدّة الإشعاع عند أطوال الأمواج الطويلة. وبعد أكثر من بضعة أسابيع، عارض باشين لوميه وبرينغسيم. واقترح مجموعة جديدة من البيانات وأكّد أنّ قانون التوزّع «بدا قانونًا طبيعيًا وساري المفعول بشكل قاطع".

وكما هم معظم الخبراء من المستوى الأول أقام وعمل في برلين، وأصبحت اجتماعات الجمعية الفيزيائية الألمانية التي كانت تعقد ضمن العاصمة المنتدى الرئيسي للنقاشات المتعلّقة بإشعاع الجسم الأسود، ومكانة قانون فين. الموضوع الذي سيطر على نقاشات الجمعية في أثناء انعقادها 2 شباط 1900 مرّتين بالأسبوع.

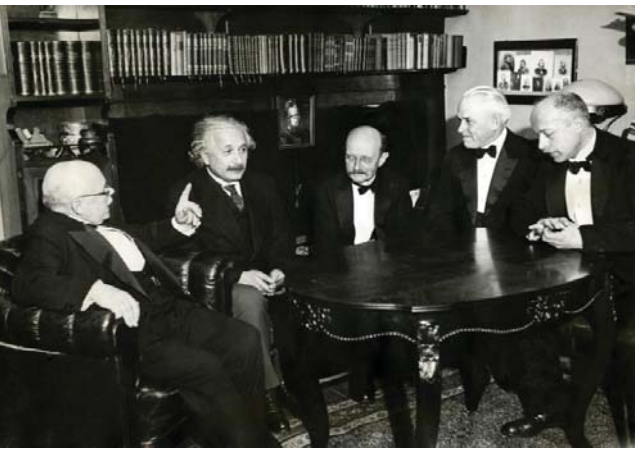
وعندما كشف كلّ من لوميه وبرينغسيم كلّ قياساتهم الأخيرة، وجدوا أنّ هناك تباينات بين قياساتهم وتنبّؤاتهم فيما يتعلّق بقانون فين ضمن الأشعّة تحت الحمراء، حيث لم يستطيعوا استنتاج الأخطاء التجريبية.

ارنست برينغسيم

قاد هذا الخلل في قانون فين إلى التهافت لإيجاد بديل. لكن هذه المحاولات المؤقّتة سوف تكشف أنّها غير مرضية، وأعرب بعضهم عن أنّ الاختبارات مستمرّة بالنسبة لأطوال الموجات الأكبر.. بغية تأسيس مدى لأي عجز محتمل في قانون فين، ورغم كلّ شيء فقد توافقت بشكل جيّد مع البيانات المتوافرة لتغطية أطوال الأمواج الأقصر، وكلّ التجارب الأخرى، باستثناء تلك المتعلّقة بلوميه وبرينغسيم، وقد حسم الأمر لصالحه.

وبما أنّ بلانك كان واعياً جدّاً لحقيقة أنّ أي نظرية تقع تحت رحمة المعطيات التجريبية الأولية، لكنّه اعتقد بشدّة أنّ "حسم الخلاف بين المراقبة والنظرية لا يمكن أن تؤكّد صحّته ولا الشك فيه، إلّا إذا تطابقت نتائج المراقبين المختلفة بشكل جوهري بعضها بين بعض". إلّا أنّ الخلاف بين التجربتين ألزم بلانك بإعادة النظر في دقّة وصواب أفكاره. في نهاية أيلول 1900، وبينما كان يتابع مراجعة وتنقيح اشتقاقاته، تمّ تأكيد عمق فشل قانون فين ضمن الأشعّة تحت الحمراء.

وأخيرًا حُسمت المسألة بشكل نهائي من خلال اينريش روبينس Heinrich Rubens، الصديق الحميم لبلانك، وعبر فرديناند كورلبيوم Ferdinad Kurlbaum. المرتبط بالمدرسة التقنية العليا Techinsch Hochchile de la Berlinestrasse، والذي كان في الخامسة والثلاثين من العمر، تمّت ترقيته للتو إلى منصب أستاذ جامعي، أمضى روبينس معظم وقته كضيف مساعد مقرّب لمعهد PTR. وأنشأ هناك مع كورلبيوم جسمًا أسودَ يسمح بالقياسات ضمن إقليم غير معروف بعمق منطقة الأشعّة تحت الحمراء.. وخلال أشهر الصيف، قام بفحص قانون فين في الأطوال الموجية بين 0.03، 0.0 6 ميلي ميكرون. وبدرجات حرارة مختلفة تتراوح بين 1500–200 درجة. واكتشف ضمن الأطوال الموجية العالية، أنّ الاختلافات بين النظرية والمراقبة كانت تشير إلى علامة تعني شيئًا واحدًا فقط: هو الخلل في قانون فين.



من اليسار إلى اليمين: فالتر نيرنست، ألبرت أينشتاين، ماكس بلانك، روبرت أندروز ميليكان، وماكس فون لاو في حفل عشاء أقامه فون لاو في 12 تشرين الثاني/نوفمبر 1931 في برلين

رغب كلٌّ من روبنس وكيورلبيوم أنّ يصرّحا عن نتائجهما ضمن مقالة أرسلاها إلى الجمعية الفيزيائية الألمانية. وكان الاجتماع المقبل قد حدّد يوم الجمعة 5 تشرين الأول.. ولم يبقَ الكثير من الوقت لإدراج المقالة. لذا فقد انتظرا إلى الاجتماع التالي، بعد أكثر من أسبوعين. وفي تلك الأثناء أدرك روبينس أنّ بلانك سيكون متحمّسًا لمعرفة النتائج الأخيرة كلّها.

هنا، في ضاحية غرنوفالد GrÜnewald الفاخرة، ووسط الفيلات الأنيقة للمصرفيين والمحامين، وبقية أساتذة الجامعات، يعيش بلانك ذو الخمسين عامًا ضمن منزل فخم وحديقة واسعة.

الأحد 7 تشرين الأول، جاء روبنس لتناول الغداء، ومن المحتم أنّ المناقشات بين الصديقين لم تتوقّف حول العمل بالفيزياء ومشكلة الجسم الأسود. وشرح

روبنس أنّ كلّ القياسات التي جرت في الفترة الأخيرة لم تدع مكانة للشك: فقانون فين فشل بالأطوال الموجية العظمى وبدرجات حرارة مرتفعة. وكشفت هذه القياسات أنّ بمثل هكذا أطوال موجية كانت شدّة إشعاع الجسم الأسود متناسبة مع درجة الحرارة.

في ذلك المساء، عندما غادر آل روبنس، قرّر بلانك محاولة العثور على صيغة كاملة يكون من شأنها مكاملة الطيف الطاقي لإشعاع الجسم الأسود. كان لديه ثلاثة معلومات حاسمة لمساعدته في الوصول إلى ذلك، أولًا، صرّح قانون فين على شدّة الإشعاع بالنسبة لأطوال الأمواج القصيرة. ثانياً، فشل في الأشعّة تحت الحمراء، حيث اكتشف كلٌّ من روبنس وكيورلبوم أنّ شدّة الإشعاع متناسبة مع درجة الحرارة.

ثالثاً، قانون الإزاحة لفين صحيح، ولكي يشيد صيغته كان يجب على بلانك إيجاد وسيلة جمع هذه المستندات الثلاثة لأحجية الجسم الأسود. كانت سنواته التجريبية باهظة الثمن وسرعان ما وضعت حيّز التنفيذ عندما بدأ باستخدام الرموز الرياضية في المعادلات الموجودة.

فردیناند کیورلیبوم

بعد عدّة محاولات فاشلة، وبفضل مجموعة من التخمينات الملهمة والبصيرة العلمية، وجد بلانك الصيغة. لقد كانت الصيغة الموعودة! لكن، هل كانت معادلة كريتشوف صعبة المنال وغامضة؟ وهل كانت صالحة لأي درجة حرارة معينة بالنسبة لكامل الطيف؟ نشر بلانك وعلى عجل مذكّرة موجهة إلى روبنس، وخرج في منتصف الليل إلى ساعي البريد، مضى يومان على المراسلة، ومن ثم تمّ الرد وحضر روبنس إلى عند بلانك. وتحقّق من الصيغة الجديدة لبلانك عبر مقارنة المعلومات، وعثر على اتّساق كامل تقريباً.

عندما اجتمعت الجمعية الفيزيائية الألمانية يوم الجمعة 19 تشرين الأول، كان كلٌّ من روبنس وبلانك مع الحضور عندما أعلن فرديناند كيورليبوم بشكل قاطع أنّ القياسات التي أجراها هو وروبينس أثبتت بطريقة استنتاجية أنّ فانون فين لم يكن صالحًا إلّا بالأطوال الموجية القصيرة! وفشل في الأطوال الموجية العظمى في المنطقة تحت الحمراء. وعندما كان كيورلبيوم جالسًا، نهض بلانك ليعلن باختصار "تعليقاً» بعنوان «تحسين معادلة فين بالنسبة للطيف». بدأ بلانك بالإقرار أنّه كان يعتقد "أنّ قانون فين يجب أن يكون بمقتضى الظروف صحيحًا" والذي عبّر عن شعوره في أثناء الاجتماع داخل الجمعية. وبسياق مداخلته كان من الواضح أنّ بلانك لم يكن راضيًا عن اقتراح "التحسين"، مقتصرًا عمليًا فقط على قانون فين ليجعله متناسقًا مع البيانات الأخيرة، لكنّ القانون في اعتقاده كان جديدًا بالكامل.

صيغة بلانك.. أدقُّ الصيغ

بعد أن تحدّث لأقلّ من عشر دقائق، كتب بلانك على اللوح الأسود المعادلة التي عثر عليها بالنسبة لطيف الجسم الأسود. وعندما التفت لينظر إلى وجوه زملائه المألوفة، أخبرهم أنّ هذه المعادلة «تعني أنه يمكنني الحكم عليها حاليًا، وتتسق إلى الآن مع المعلومات التجريبية المنشورة". وعندما جلس مرّة أخرى، حصل على حق الموافقة من إيماءات الرؤوس الصغيرة. ردّة الفعل الحذرة هذه كانت مبرّرة. وعلى أيّة حال فما أتى بلانك ليقدّمه، كانت واحدة من هذه الصيغ لا تزال معدّة خصيصاً ليشرح النتائج التجريبية، ومن جهة أخرى كان بالفعل يفترض معادلات كان باعتقاده أنّها تملأ الفراغ، وعلى أيّة حال فقد جاء ليؤكّد إعلان قانون فين ضمن الأطوال الموجية العظمى.

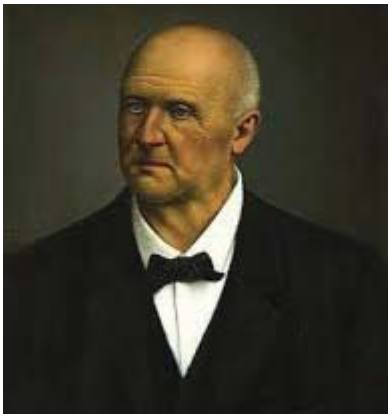
في اليوم التالي، قام روبنس بزيارة جديدة لبلانك ليطمئنه. "يتذكّر بلانك قائلاً: أتى ليخبرني أنّه بعد انتهاء الاجتماع قام في المساء نفسه وتحقّق من خلال نتائج قياساته من صيغتي، ووجد اتّساقًا مُرضيًا حول كلّ النقاط. وبعد أقل من أسبوع، أعلن كلّ من روبنس وكيورلبوم أنّهما قارنا قياساتهم مع خمس صيغ مختلفة تمّ التنبّؤ بها، ووجدا أنّ تلك المتعلّقة ببلانك كانت أكثر دقّة بكثير من كلّ الصيغ الأخرى، وأكّد باشين له أنّ معادلة بلانك توافقت مع بياناته.. بيد أنّه وعلى الرغم من التأكيد السريع لأفضلية صيغته من خلال المجرّبين، ألّا أنّ بلانك كان متوتّراً.

لقد رأت صيغته النور، لكن، ماذا كانت تعني هذه الصيغة؟ وما الفيزياء التي كانت وراءها؟ ولعدم وجود إجابة عن هذه التساؤلات، أدرك بلانك أنّها لن تكون بأفضل حالاتها، إلّا كتحسين "لقانون فين»، وستكون ببساطة «حالة قانون اكتشف عبر صدفة سعيدة"، وبالكاد يملك أكثر من "صيغة رسمية". لهذا السبب، قال لاحقاً: «منذ اليوم الأول حيث قمت بصياغة هذا القانون، بدأت بتكريس نفسي إلى مهمّة استثمارها بمعنى حقيقي صحيح". ولم يستطع الوصول إلى اشتقاق معادلة جديدة خطوة بخطوة باستخدام المبادئ الفيزيائية. فأدرك بلانك تميّزه، لكن توجّب عليه إيجاد وسائل للوصول إلى ذلك الأمر. وكانت المعادلة نفسها هي الدليل لنيل جائزة مرموقة -هي مرموقة-، لكن ما الثمن الذي تمّ دفعه لمثل هذا الشحن؟

كانت الأسابيع الستة من العمل التي تلت، "من أكثر الفترات مشقّة في حياتي"، هذا ما تذكّره بلانك. وبعد ذلك "تلاشى الغموض وتبدّد، والآفاق غير المتوقّعة بدأت في التكشّف". ففي 13 تشرين الثاني كتب إلى فين: "أنّ صيغتي الجديدة مضمونة جيداً، وفي الوقت الحالي، أحضرت أيضًا نظرية سوف أقدّمها هنا في (برلين) إلى الجمعية الفيزيائية خلال أربعة أسابيع. "لم يحاول بلانك أن يهمس ببنت شفة إلى فين لا بالجهود الفكرية المكثّفة التي قادته إلى نظريته، ولا إلى النظرية بحدّ ذاتها، وفي سياق الأسابيع الطويلة كان شرسًا بالتوفيق بين معادلته وبين أعظم نظريتين في الفيزياء في القرن التاسع عشر: نظرية الترموديناميك والكهرومغناطيسية. ولكنّه لم يصل إلى مبتغاه.

«لذلك، توجّب عليه الاعتراف، بإيجاد تفسير نظري بأي ثمن كان، فيما لو تمّ الكشف عنه"، وكان مستعدّاً للتضحية إلى الآخر بكلّ قناعاته

الماضيــة والمتعلّقة بقوانين الفيزياء. ولم يكن يهتمّ بالوقت الحالي لا للتكلفة، ولا للوقت كي يتمكّن من "خلق نتيجة إيجابية». وبالحقيقة، بالنسبة لرجل مثل بلانك شحيــح العواطف، كان يعبّر عن نفسه بحرّيــة فقط علــى البيانــو، وكان لغويــاً متفجّراً، مدفوعــاً إلى حافّة الجنون بكفاحــه لفهم صيغته الجديدة، وكان بلانك محاصرًا "بخطوة يائسة" التي قادته إلى الكمومية.



آنتون بروكنير

ونظــراً لأنّ جــدران الجسم الأســود مسخّنة، فستصدر الأشعّة تحــت الحمراء، والأشعّة المرئية وفوق البنفسجية في قلــب التجويف. وضمن بحثه عن اشتقاق متماسك نظريــاً لقانونه، كان بلانك مرغمــاً في البحث عــن نموذج فيزيائــي كي يعيد إنتاج توزيــع طيف إشعاع الجســم الأسود.. كانت بالفعــل هــي فكــرة لمعــت في ذهنــه! ولا يهــم أنّ نموذجه لن ينجــح حقيقة في فهم ما جرى حقيقة داخــل جــدران التجويف. بــل كلّ مــا كان بلانك بحاجــة له، هو وسيلة للحصول على مزيج صحيح مــن كلّ الــتردّدات -وبالتــالي أطــوال الموجــات- للأشعّة الموجودة داخل التجويف، واستلّ جزءًا من الحقيقــة أنّ هــذا التوزيع يعتمد فقــط على درجة حــرارة الجســم الأســود! وليــس على المــادّة التي تكوّنه كي يتصوّر نموذجًا ممكنًا وأكثر بساطة.

فرضية المادّة المستمرّة

كتــب بلانك في عــام 1882: «على الرغم من النجاحــات العظيمــة التــي حظيت بهــا النظرية الذرّيــة إلى الآن، فقــد انتهــى بهــا المطــاف إلى التخلّــي عنها لصالــح فرضية المــادة المستمرّة". وبعــد 18 ســنــة، وبغيــاب الدليــل الدامــغ علــى وجودهــا، لم يعتقــد بلانك دائما بالــذرّات. فبعد نظريــة الكهرومغناطيسيــة، أدرك بلانــك أنّ الشحنــة الكهربائية تهتزّ عند تــردّد معيّن تصدر وتمتصّ الإشعاع حصريًا بهذا الــتردّد. وبالتالي فقد اختار تمثيل جــداري جسم الأسد كمصفوفة عملاقــة من الاهتــزازات. على الرغم مــن أنّ كلّ مذبذب يصدر تردّدًا واحــدًا فقط، إلّا أنّه يُصدر بشــكل مشترك نطاقــاً كاملاً من الــتردّدات التي تجتمع داخل تجويف الجسم الأسود.

البندول هو مذبذب وعدد الذبذبات في الثانية نسمّيــه تواتر أو تردّدًا، والتذبذب هو المسيرة التي يقوم فيها البندول ذهابًا وإيابًا بشكل كامل! ويعود بعدها إلى نقطة انطلاقه. والوزن المعلّق على أحد النوابض هو أيضًا يعدُّ مذبذبًــا. ويعبّر عن تردّده بعدد المرّات التي يصعد فيها الوزن وينزل بالثانية الواحــدة بعــد إزاحــة الوزن مــن موضعــه وتركه محــرّراً. كانــت فيزياء هــذه التذبذبــات مفهومة بالفعــل منــذ وقت طويل تحــت مسمّــى "الحركة الهارمونيــة البسيطــة" عندمــا استخــدم بلانك "المذبذبات" ضمن نموذجه النظري.

تصوّر بلانك مجموع اهتزازاته وكأنّها نوابض بكتلة معدومة. ذات صلابة متغيّرة كي تحدث تردّدات مختلفة، وكلّ واحدة منها مزوّدة بشحنة كهربائية مربوطة بنهايتها. وعند تسخين جدران الجسم الأسود سيزوّد بطاقة كافية لجعل المذبذبات بحالة حركة. والحقيقة أن المذبذب يكون فعّالاً، أو إنّه لا يعتمد فقط على درجة الحرارة، وإذا كان الأمر كذلك، فسيصدر إشعاعًا ضمن التجويف وسيمتصّ الإشعاع المنبعث منه، ومع مرور الوقت، فيما لو تمّ الحفاظ على درجة حرارة ثابتة، فهذا التبادل الديناميكي للطاقة الإشعاعية بين الاهتزازات والإشعاع داخل التجويف سيستقر ونحصل بالتالي على حالة من التوازن الحراري.

ونظرًا لتوزّع طيف طاقة الإشعاع للجسم الأسود تعكس الطريقة التي يتمّ فيها تشارك الطاقة الكلّية بين التردّدات المختلفة، فافترض بلانك أنّ عدد الاهتزازات لكلّ تردّد معيّن هو الذي يحدّد التوزّع. وبعد أن وضع نموذجه الافتراضي على قدم وساق كان يتوجّب عليه اختراع طريقة لتقسيم الطاقة المتوافرة بين الاهتزازات. وفي غضون الأسابيع التي تلت إبراز صيغته، اكتشف بلانك في أثناء حساباته أنّه لم يستطع الاشتقاق باستخدامه الفيزياء التي وافق عليها منذ فترة طويلة وكأنّها عقيدة. لكنّه سينعطف ضمن إحباطاته نحو أفكار الفيزيائي النمساوي، لودفيج بولت زمان، الذي كان أحد أهم البارزين في الدفاع عن الذرّة. وحول مسار تقديم صيغته عن الجسم الأسود، سيتحوّل بلانك لقبول فكرة أنّ الذرّات كانت أكثر من مجرّد خيال مناسب، بعد أن كان لسنوات خلت يصرّح بعلانية عن "اعتراضه" على النظرية الذرية.

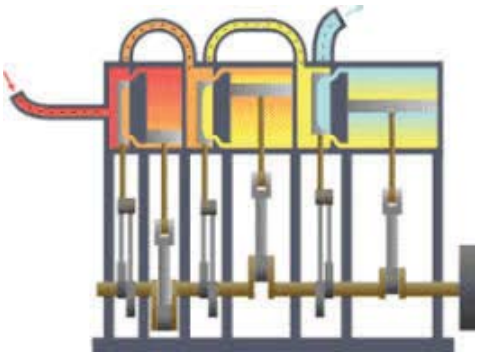
كان لودفيغ بولتزمان Bolzmann Ludwig ابن أحد مسؤولي الضرائب في القرن التاسع عشر، قصيراً وضخماً ويتميّز بلحية مثيرة جدًا للإعجاب. ولد بولتزمان في فيينا في 20 شباط 1844، استثمر وقتاً مهمّاً في التعلّم على آلة البيانو عند الملحن الموسيقي آنتون بروكنير Anton Bruckner وهو أفضل فيزيائي، على عازف البيانو، حصل بولتزمان على إجازة الدكتوراه من جامعة فيينا في عام 1866. وسرعان ما حظي بسمعة طيبة لمساهمته الأساسية في النظرية الحركية للغازات، والتي سُمّيت كذلك لأنّ أتباعه اعتقدوا أنّ الغازات مكوّنة من ذرّات أو جزيئات وتكون في حالة من الحركة المستمرّة. بعد فترة لاحقة وبالتحديد في عام 1884 وفّر بولتزمان المبرّرات النظرية على الاكتشاف الذي قدّمه أستاذه القديم جوزيف ستيفان Josef Stefan، أنّ إجمالي الطاقة الإشعاعية الصادرة عن الجسم الأسود تتناسب مع درجة الحرارة مرفوعة للقوة أربعة T4 أو T.T.T.T وهذا يعني أنّ مضاعفة درجة حرارة الجسم الأسود زادت بعامل 16 كمّية الطاقة التي كان يشعّ بها.

بولتزمان

كان بولتزمان مدرّساً مشهوراً وعلى الرغم من كونه منظّراً، إلّا أنه كان تجريبيًا "ماهراً" رغم قصر بصره الشديد. وفي كلّ مرّة كان يشغل فيها منصبًا ضمن أعرق الجامعات الأوربية، وكان اسمه بصورة اعتيادية يتصدّر قائمة المرشّحين المحتملين. وهذا لم يكن إلّا بعد رفض منصب الأستاذية الشاغر في جامعة برلين وبمستوى أقل شهرةً ممّا افترضه بلانك، إثر وفاة كوستاف كيرشوف. وفي عام 1900 سيجد لودفيغ بولتزمان المشهور في تحرّكاته في جامعة ليبزيغ، أحد أعظم المنظرين عالميًا. وكما بلانك كان العديد من هؤلاء يجدون أنّ مفهومه في الترموديناميك الحراري غير مقبول.

النظرية الحركية للغازات

اعتقد بولتزمان بأنّ خصائص الغازات، كالضغط كانت تجلّيات جهاريه الظواهر مجهرية محكومة بقوانين الميكانيك والاحتمالات. وبالنسبة للذين اعتقدوا بالذرّات، فإن الفيزياء الكلاسيكية لنيوتن تحكم حركات كلّ جزيئة من جزيئات الغاز. لكنّ استخدام القوانين النيوتونية في الحركة لتحديد جميع جزيئات الغاز التي لا يحصى عددها كانت بالنهاية عمليًا عملية غير ممكنة. نجح الفيزيائي الاسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل ذو الثامنة والعشرين عاما في عام 1860، في ضبط حركة جزيئات الغاز دون قياس سرعة واحدة منها فقط. وبمساعدة العمليات الإحصائية والاحتمالية، وفق ماكسويل توزّع أعظم احتمال لسرعتها في الوقت الذي تتعرّض فيه الجزيئات الغازية لاصطدامات مستمرّة بعضها مع بعض ومع جدران الإناء. كان إدخال العمليات الإحصائية والاحتمالية اختراعاً جريئاً سمح لماكسويل بتفسير عدد من الخصائص المرصودة للغاز. تابع بولتزمان خطا ماكسويل ليساهم في ترسيخ النظرية الحركية للغازات رغم إنه يصغره بثلاث عشر سنة، ففي سبعينيات القرن التاسع عشر 1870، اتخذ خطوة أخرى نحو الأمام وطوّر تفسيراً إحصائياً للمبدأ الثاني في (الديناميكا الحرارية) عبر ربط الأنتروبية بالاضطراب.



ضمن ما سيطلق عليه لاحقًا مبدأ بولتزمان، تقيس الأنتروبية احتمالية العثور على نظام في حالة معينة. فعلى سبيل المثال، في لعبة الأوراق والتي يتمّ فيها خلط البطاقات جيداً، يعبّر عنها بمنظومة مضطربة مع أنتروبية مرتفعة. ومن جهة أخرى، لعبة الأوراق التي تكون جديدة بالكامل، وتكون أوراقها مرتّبة بألوانها، ومع أرقام متزايدة، تعدُّ منظومة مرتّبة بقوّة وأنتروبية ضعيفة. بالنسبة لبولتزمان، يتعلّق المبدأ الثاني في الترموديناميك بتطوّر منظومة باحتمالية منخفضة أي بأنتروبية ضعيفة، نحو حالة احتمالية مرتفعة الأنتروبية. ولا يعدُّ المبدأ الثاني في الترموديناميك قانوناً مطلقًا. إذ يمكن لمنظومة ما أن تمرّ من حالة فوضوية إلى حالة أكثر تنظيمًا واستقرارًا،

كما هو الحال في لعبة الأوراق التي تعرّضت للخلط، فإذا أعدنا خلطها من جديد وتغلّبنا على فوضى خلطها، ستصبح منظّمة. وستكون حظوظ أحداث هذا الأمر لا نهائية، إذ سينقضي عدّة أضعاف عمر الكون كي تنجح العملية.

اعتقد بلانك بأنّ المبدأ الثاني في الديناميكا الحرارية كان مطلقاً -أنّ الأنتروبية تتزايد دائماً- ضمن التفسير الإحصائي لبولتزمان.. فالأنتروبية شبه متزايدة. بالنسبة لبلانك كان هنالك عالم مختلف بين هذين المفهومين. وبالانعطاف نحو بولتزمان، فقد تخلّى عن كلّ ما كان يعتزّ به كفيزيائي، لكن، لم يكن له الخيار ضمن مهمّته في البحث عن اشتقاق صيغة الجسم الأسود: «إلى الآن لم أكن مستعدّاً للاهتمام بالعلاقة بين الأنتروبية والاحتمالية، التي لم تثر اهتمامي، وذلك لأنّ كلّ القوانين الاحتمالية تسمح بالاستثنائيات. وفي تلك الآونة، افترضت أنّ المبدأ الثاني في الترودينامیك كان صالحًا دون استثناءات".

حالة الأنتروبية العظمى، والفوضى العظمى، بالنسبة لنظام هي الحالة الأكثر ترجيحاً هي حالة الأنتروبية العظمى. وبالنسبة للجسم الأسود، هذه الحالة هي التوازن الحراري - الحالة التي واجهها بلانك بالتحديد هي عندما حاول إيجاد التوزّع الطاقي الأكثر ترجيحًا بين اهتزازاته. فإذا كان هناك بالمجمل ألف ذبذبة فإن التردّد v هو عشرة، والاهتزازات هي التي تحدّد شدّة الإشعاع الصادر بهذا التردّد. وبالتالي فإنّ تردّد كلّ الذبذبات الكهربائية لبلانك هي محدّدة، وكمّية الطاقة التي تصدر، وتمتصّ تعتمد فقط على السعة وعلى نطاق تردّداته.. فالبندول الذي يجري بالضبط خمسة رحلات ذهابًا وإيابًا خلال خمس ثوان له تردّد واحد في الثانية. وبالتالي إذا تذبذب على قوس كبيرة، فسيكون للبندول طاقة عظمى أكبر ممّا توصف على قوس صغيرة. ويبقى التردّد دون تبدّل لأن طول البندول هو الذي يثبته، لكن الطاقة الإضافية له تسمح بالنبض بسرعة أكبر على القوس الطويلة. إذن، يجري البندول نفس عدد الاهتزازات في الزمن نفسه الذي يجريها بندول مطابق على قوس أضيق.

وبتطبيق تقنية بولتزمان، اكتشف بلانك أنّ باستطاعته اشتقاق صيغته لتوزيع إشعاع الجسم الأسود فقط فيما لو امتصّت المذبذبات أو أصدرت حزمًا من الطاقة تتناسب مع تردّد التذبذب. "وهي النقطة الأكثر أهمّية من كلّ الحسابات"، وخلص بلانك: إلى اعتبار طاقة كلّ تردّد وكأنّها كانت مكوّنة من عدد من عناصر الطاقة المتعادلة وغير القابلة للتجزئة والتي دعاها لاحقًا بالكوانتا.

مسترشدًا بصيغته، كان بلانك مضطرًّا لتجزئة الطاقة E إلى شرائح hv، حيث v (الحرف يوناني mu) ترمز إلى تردّد المذبذب، وh هو ثابت. وستصبح E=hv هي المعادلة الأكثر شهرة في كلّ العلم. وإذا كان على سبيل المثال، التردّد 20 وh كانت 2، فإن كلّ كمّية من الطاقة ستكون لها القيمة 40. وإذا كانت الطاقة الكلّية المتاحة لهذا التردّد 3600، فسيكون 3600/40 =90 كوانتوم متوزّعة بين عشرة ذبذبات لهذا التردّد، وتعلّم بلانك من بولتزمان كيف يحدّد التوزيع الأكثر رجحانًا لهذه الكمّيات بين الذبذبات.

ووجد أنّ هذه الذبذبات لا يمكن أن تملك إلّا الطاقات 0، 4، 3hv، 2hv، hv... وهكذا دواليك، حتى nhv حيث n هي العدد الكلّي. وهذا ما يتلاءم

على حدّ سواء مع امتصاص، أو إصدار عدد كامل من "عناصر الطاقة" أو «الكوانتا» لقيمة hv. حيث نشبّهها بالمحاسب المصري في الذي لا يمكن أن يحتفظ، ويعطي نقودًا إلّا عبر فئات من قيمة 1،2، 5،10،20 و50 ليرة. لأن مذبذبات بلانك لا يمكن أن يكون لديها طاقة أخرى، وسعة ذبذباتها يخضع إلى التقييد. على سبيل المثال تتجلّى هذه التطبيقات غير المألوفة في حياتنا اليومية عندما نحمّل وزنًا معلّقاً على نابض في أثناء صعودنا السلم.

فإذا كان هذا الوزن المهتز بمدى اسم، سنقول إنّ لديه طاقة بمقدار (مع إغفال واحدات قياس الطاقة). وإن كان الوزن أخفض من 2سم ثمّ تحريره، فسوف يهتزّ بنفس التردّد الذي تردّد به سابقاً. وطاقته متناسبة مع مربع السعة وهي الآن 4. وإذا تمّ تطبيق قيود مفروضة على مذبذبات بلانك بوزن يكون بين اسم، و2سم فلا يمكن أن تهتز إلّا بمدى معيّن يقدّر بـ 1.42سم و1.73سم، لأنّها تعطي طاقات 2 و3. وعلى سبيل المثال، لا يمكن أن تهتزّ بمدى 1.5سم، لأنّ الطاقة المصاحبة لها ستكون 2.25. وكمّية الطاقة غير قابلة للتجزئة. ولا يمكن للمذبذب أن يستقبل جزءاً من كمّية الطاقة. فإمّا أن تكون عددًا صحيحًا أو لا. وهذا من شأنه إحداث مواجهة مع فيزياء العصر. ولم يضع أي قيود على مدى الذبذبة، وبالتالي على كمّية الطاقة التي يمكن للمذبذب إصدارها أو امتصاصها بالمعاملة الواحدة – ويمكن أن تكون بأي كمّية.

في سياق إحباطه، اكتشف بلانك شيئاً مذهلاً وغير متوقّع، لم يكن ليفهم معناه. إذ لا يمكن لهذه الذبذبات أن تمتصّ أو تصدر طاقة دون حل مسألة الاستمرارية، كما هو الحال تمامًا عند جريان الماء من الصنبور. وبدلاً من ذلك، لا يمكنهم فقدان الطاقة أو اكتسابها إلّا بطريقة متقطعة، على شكل وحدات صغيرة غير مجزّأة من E=hv حيث v هو التردّد الذي يهتزّ به هذا المذبذب والذي يتزامن بالضبط مع تردّد الإشعاع الذي يمكنه إصداره أو امتصاصه.

إذا كانت المذبذبات في أعلى مستوى لها لا تتصرّف بشكل واضح أبداً كما هو عند بلانك. والتي هي في المستوى الذرّي حيث ثابت بلانك h يعادل 6،626 × ⟦10⟧^(-34) جول بالثانية، وتكون 6،626 مقسومة على عشرة ملايين من مليار مليار مليار. ووفقًا لصيغة بلانك لا يوجد هناك درجة دنيا للطاقة أصغر من h ضمن تزايد أو نقصان الطاقة، لكن القيمة اللامتناهية لـ h ترجع للتأثيرات الكمومية غير المرئية ضمن الكون العادي عندما يتعلّق الأمر بالبندول أو الأرجوحة أو الأثقال المهتزّة.

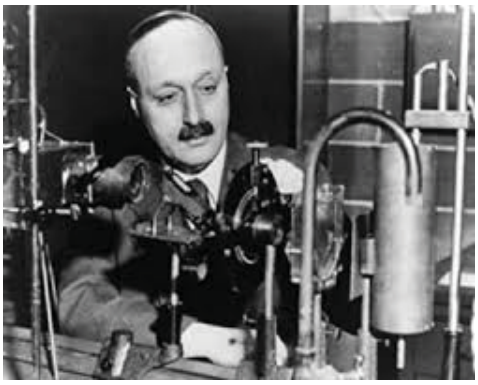
مذبذبات بلانك أجبرته على تحطيم قائمة طاقة الإشعاع من خلال تغذيتها بجرعات من hv مقاسة بشكل صحيح. ولم يعتقد أنّ طاقة الإشعاع كانت حقيقة مجزّأة إلى كمّيات من الطاقة. وهي الطريقة الوحيدة التي يمكن للاهتزازات أن تتلقّى الطاقة وتصدرها. فالمشكلة عند بلانك كانت في الطريقة التي اقترحها بولتزمان لتجزئة الطاقة، إذ تتطلّب في نهاية المطاف التقطيع الدقيق والمستمر للشرائح إلى حين يعبّر عنها رياضيًا بأن سماكتها صفر وتختفي التقطيعات في الوقت الذي يتمّ فيها إعادة بناء الكل. ولسوء الحظ بالنسبة لبلانك، أنّه لو انتهج الطريقة نفسها فسوف تختفي أيضًا صيغته. لذلك فقد فحافظ على الكمومية، ولكنّه لم يقلق. فقد استطاع بلانك الاشتغال فيها مستقبلاً.

بعد 17 ساعة فقط من يوم الجمعة الواقع 14 كانون الأول 1900 وجه بلانك إلى أعضاء الجمعية الفيزيائية الألمانية المجتمعين في قاعة معهد الفيزياء في جامعة برلين رسالة. ومن بين هؤلاء الذين نظر إليهم كان روبنس، ولوميه وبرينغسيم عندما استهلّ طرحه حول نظرية قانون التوزيع الطيفي الطبيعي قائلاً: "أيّها السادة.. منذ عدّة أسابيع، كان لي الشرف باستقطاب انتباهكم حول معادلة جديدة بدت لي مناسبة جدّاً للتعبير عن قانون توزيع الطاقة في كلّ مناطق الطيف الطبيعي". وعرض الفيزياء الأساسية كلّها بهذه المعادلة الجديدة من خلال اشتقاقها.

في نهاية الاجتماع، هنّأه زملاؤه دون تحفّظ! لأنّ بلانك نفسه، هو الذي اعتبر المدخل إلى الكمومية، هذه الحزمة من الطاقة، كمقترح لصيغة واضحة والتي "لم تكن حقيقة مدروسة كثيراً". وإلى ذلك اليوم لم يكن هناك أي شخص قادر على أن يفكّر بها كثيرًا. وما كان مهمّا لزملائه، أنّ بلانك نجح في توفير تبرير فيزيائي للصيغة التي قدّمها في تشرين الأول. ففكرته بتجزئة الطاقة إلى كمّيات صغيرة فيما يتعلّق بالمذبذبات كانت بلا شك غريبة، بل مآلها إلى الزوال في يوم ما. وباعتقاد الجميع أنّها لم تكن أكثر من ألاعيب نظرية أو خدعة سحرية، ومنهجية رياضية أنيقة تسمح بالمضي قدمًا نحو الحل الصحيح.. وليس لها معنى حقيقيًّا بالفيزياء. وما استمرّ في إثارة أعجاب زملاء بلانك الفيزيائيين، كان دقّة قانونه الجديد المتعلّق بالإشعاع.. وبالنهاية أدرك بلانك، أنه ما من أحد استقطبه علم الكوانتوم من صميم قلبه وكان شغوفاً به.

ثابت بلانك

في الصباح الباكر، غادر بلانك منزله برفقة نجله ايرفين البالغ من العمر سبع سنوات. حيث توجّه الأب والابن في نزهة امتدّت لرحاب الغابة القريبة من غرينيفالد. كانت هذه النزهة في وقت مضى هي المفضّلة على قلب بلانك، مستمتعاً باصطحاب ابنه. وسيتذكّر ايريفين بعد فترة لاحقة، أنهما كانا يتبادلان الأحاديث على امتداد الطريق وأنّ والده أخبره قائلًا: "لقد أجريت اليوم اكتشافًا مهمّاً جدًّا أكثر أهمّية من ذلك الذي اكتشفه نيوتن". وعندما روى هذه الحكاية في السنوات المتأخّرة، لم يتذكّر اريفين بلانك بالضبط التاريخ الحقيقي لهذه النزهة. وعلى الأغلب كانت قبل تصريح 14 كانون الأول. فهل استطاع بلانك أن يفهم على وجه الدقّة كلّ ما تضمّنته الكوانتا؟ أو إنه حاول أن يبث إلى ابنه الشاب القليل عن أهمّية قانونه الجديد حول الإشعاع؟، في الواقع، لم يكن لا هذا الأمر ولا ذاك. فقد عبّر بلانك ببساطة عن سعادته في اكتشاف ثابتين أساسيين وليس ثابتاً واحداً: الثابت الأول هو k وأطلق عليه ثابت بولتزمان، والثاني هو h وأطلق عليه اسم "العمل الكمومي» وسيطلق عليه الفيزيائيون اسم ثابت بلانك.. لقد كانا ثابتين وأبديين، وكلاهما مطلقين في الطبيعة.



جيمس فرانك

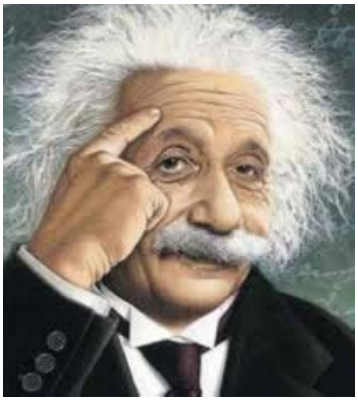
اعترف بلانـك بمديونيتـه لبولتزمـان! فبعد أن عـاد من تكريمه في النمسـا بمنح اسمه للثابت k الـذي اكتشفـه ضمـن أبحاثه المقدّمـة لصيغة الجسـم الأسـود، اقترح علاوة علـى ذلك ترشيح بولتزمـان لنيل جائزة نوبل عـام 1906-1905، لكـن الأوان قد فات فـ "بولتزمـان» كان منذ فترة طويلـة يعاني من مشكلات صحّية، إذ كان مصابًا بالربو، والشقيقـة أيضًا، وقصر البصر، والتهاب اللوزتـين، لكـن، لم يكـن أيّ مـن هـذه الأمراض يهلهكه أكثر من هجمات الاكتئاب النفسي الشديد «الاكتئـاب الهوسـي» الـذي يعانيـه. ففـي أيلـول 1906، وبينمـا كان في عطلـة في الدينو Duino بالقرب من Trieste، شنق نفسه. وكان في الثانية والسـتين من عمره. وعلى الرغم من أنّ بعضًا من زملائه كانوا يخشون مـن الأسوأ منذ فترة طويلة مـن حياتـه، والجديـد في موتـه أنّـه كان صدمة قاهرة. كان بولتزمان يشعر شيئًا فشيئًا أنّه معزول ومُهان. وهذا لم يكن حقيقة! فقد كان عند العديد من الفيزيائيين وبالإجماع الأكثر احتراماً وتقديراً في عصـره. لكـنّ الجدليات المستمـرّة حول وجود الذرّات جعلته هشّاً ضعيفاً خلال فترات الإحباط. إلى درجـة الاعتقاد أنّـه كان في طور تقويض عمل حياتـه كلّها. عاد بولتزمان إلى جامعة فيينا للمرّة الثالثـة والمرة الأخيرة كانت في عام 1902. وطلب من بلانك أن يكون خلفه. بلانك الذي وصف عمل بولتزمان بأنّـه "أحد أكبر الانتصارات في البحث النظـري"، كانت المقترحـات الفينوية قد أغرته، لكنّه رفضها.

كان ثابـت بلانـك والـذي يرمز لـه بحرف h هـو المبضع الذي جزّأ الطاقـة إلى كمات صغيرة، وهـو أوّل من رفع رايتها، وما حدّده بالضبط كانت الطريقة التي تصوّر فيهـا إمكانية إرسال أو تلقّي المذبذبات للطاقة. لم يجزّئ بلانك الطاقة نفسها التـي لها مضاعفات hv . فهنـاك فرق بين العمل علـى الاكتشـاف وبـين الفهـم الشامـل، وخاصة ضمن عصر التحوّل. فعلى الرغم من أنّ مبادرات بلانـك كانت متضمّنـة فقـط في اشتقاقها، حتى إنّهـا غـير واضحـة بالنسبة لـه. لم يحـدّد أبدًا تفسـيراً للمذبذبات الفردية، كمـا كان يجب عليه أن يفعل، لكنّه فسّر فقط المجموعات التي بينها..

كان باعتقـاد بلانـك أنّ جـزءًا مـن المشكلـة يكمـن في التخلّص مـن الكوانتم. وهذا لم يكن إلّا بعـد فترة متأخّرة عندما فهـم جسامة عواقب ما أدركـه. ومع ذلـك فتوجّهاته المحافظـة المتجذّرة بشكلٍ أساسي حفّزتـه إلى محاولات دؤوبة لإدراج الكوانتوم ضمن إطار الفيزياء الحالية دامت عشر سنوات كاملـة، وأدرك أنّ بعضًا مـن زملائه رأى أنّ هنـاك شيئـاً يلامس المأسـاة. "إذ كتب يقول: لكنّنـي أحتفظ بذكرى مختلفـة. وأنا اليوم، أدرك تمـام الإدراك أنّ الكوانتـوم ﴿h﴾ كفعل جوهري لعب في الفيزيـاء دورًا أكثر أهمّية من توجّهي إلى التشكيك بأصله».

في السنـوات التـي تلـت وفاة بلانـك في عام 1947 عـن عمـر 89 سنـة، سوف يتذكّـر تلميذه وصديقه القديم جيمس فرانك james Franck ضمـن مشاهدتـه لكفاحـه اليائـس "ليتجنّـب نظرية الكوانتا، ولمعرفـة أنّه لا يستطيع على الأقل اختزال تأثيرها إلى أقصى حدّ ممكن». فبالنسبة لفرانـك، كان واضحًـا لـه أنّ بلانـك كان "ثورياً رغماً عنه" الـذي وصل أخيرًا إلى خلاصة تقول: «ليـس هناك فائـدة، فنحن ماضـون في التزامنا العيش مع نظريـة الكوانتا، وثقوبـي، وصدقوني،

أنّها سـوف تنتشر كما تنتشر النـار في الهشيم". كانت عبارة "ثوري رغمـاً عنه» مرثية ملائمة كي تنقش على شاهدة قبره.



في الواقع كان الفيزيائيون ملزمون "بالتعايش مـع الكوانتـا". وأول من عمل بها ليس أحد زملاء بلانـك المتميّزيـن، بـل هـو الشـاب الـذي عاش في سويسـرا وفي بـيرن، إنّـه الوحيد الـذي أدرك الطبيعـة الجذريـة للكوانتـوم. ولم يكـن يمتهـن الفيزياء. بل كان موظّفًا مبتدئاً، والذي نسب إليه بلانـك اكتشاف أنّ الطاقـة نفسها مكمّمة ويدعى ألبرت أينشتاين.

المرجع:

اسم الكتاب: (الرواية العظمى لفيزياء الكم- أينشتاين، بور.. والجدل حول طبيعة الواقع).

LE GRAND ROMAN DE LA PHYSIQU QUNTIQUE

Einstein ، Bohr… et le débat sur la nature de la réalité

2- المؤلف: مانجي كيومارManji Kumar.

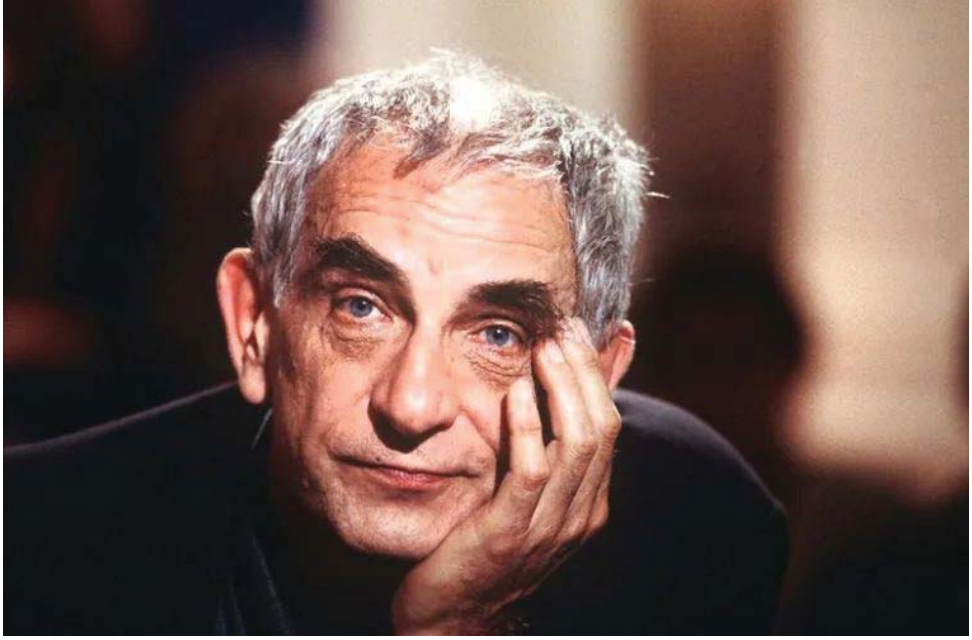
3- طبعة أولى - نيسان 2011

4-عنوان الطبعة الأصليـة: الكوانتوم، نشرت عبر أيقونة الكتب

5- ترجمهـا عـن الإنكليزيـة: بيرنـار سيغود Bernard Sigaud

6- صفحات الكتاب 523 صفحة.

المقال ترجمة للفصل الأول من 52-22.



الدراسات النفسيّة الإنسانية في أفلام البولوني الأشهر كيشلوفسكي*

د.يمـــان عمـــــران**

من المهم قبل الدخول في أي عملية تحليل لأفلام المخرج البولندي كريستوف كيشلوفسكي، فهم طبيعة الحياة في المجتمع البولندي وارتباطها بالنظام السياسي الذي كان قائماً في البلاد والمرتبط بالاتحاد السوفييتي (السابق) قبل انهياره في عام 1991.

* كريستوف كيشلوفسكي: آخر البولنديين الذي أقل ما يمكن أن يُقال عنه إنّه شاعر سينمائي يتفرّد برؤية خاصّة عن الحياة البشرية في الوحدة والألم وغربة النفس! وهذا هو طريقه إلى الإبداع، أفلامه دروس عميقة في السينما لأنّه يكشف كيف تستطيع السينما أن تكون شعرًا سحريًا خالصًا ونافذًا ومؤثّرًا ويصبح الفيلم قصيدة عن الآلام والوحدة داخل النفوس البشرية المعذّبة، ولكن طريق الأمل الذي يُضاء وسط التمزّق نحو الخلاص.

** مدرّس في كلية العلوم السينمائية والمسرحية في جامعة بدر بالقاهرة.

تأتي هذه الأهمّيــة من تأثير النظام السياسي في أيّ بلـد حـول العالم على شـكل وطريقة تفكير المجتمـع، وشكل حياته أيضاً، وهـو ما كان له بالغ التأثـير على المخـرج البولندي الراحـل، سواء في الحكايات التي ترويها هذه الأفلام، أم في عناصر الفيلم نفسه وكيفية تطويعها من قبل كيشلوفسكي لخدمـة أفلامه، ليظهـر التأثير بشـكل أكبر على أفلامـه من أفلام مخرجين آخرين، حتى لو كانوا ينظـرون إلى السينما من الزاوية نفسها التي نظر إليها كيشلوفسكي.

تعـدُّ بولنـدا حاجزاً بـين دول أوروبـا الغربية والاتحـاد السوفييتـي (السابـق)، إذ يحدّها من الشرق كلّ مـن أوكرانيا وليتوانيا وبيلاروسيا ومن الغرب كلّ من ألمانيا والتشيك.

امتلكـت بولندا موقعـاً جغرافياً مهمّـاً للغاية بالنسبـة للسوفييت الراغبين بإبعـاد خطر القوى الغربيـة عنهم، ودعم المـدّ الشيوعي، لذا كان من الضـروري الحفـاظ علـى الشيوعيـة في بولنـدا، وتجلّت هذه الأهمّية بإنشـاء حلف «وارسو»، الذي شُـكّل كردٍّ على حلف «النيتو» الـذي ضمّ الولايات المتحدة الأمريكية وحلفاءها.

وجدت بولندا نفسها في خضمّ الحرب الباردة بـين الطرفـين، ومـع استمـرار وتكريـس الحكم الشيوعي فيها، تأثّرت البـلاد اجتماعياً وسياسياً بهذا المدّ وهو ما ظهر جلياً في أفلام كيشلوفسكي.

لم يُخـرج كيشلوفسكـي أفلامـاً تجاريـة ترفيهيـة غرضها الأساسـي الترفيه عن الناس أو لاستخدامها كقوّة ناعمة للحكومات، بل إنّ أفلامه علـى قلّة عددها، حملـت رسائل ثابتـة وبحثاً عن إجابات على المجتمع ككل أن يسألها لنفسه ليصل إلى مجـرّد التفكـير بالتغيـير في ظـلّ التعقيدات الاجتماعيـة الناتجة عـن السياسـة والاستقطاب والإيديولوجيـا كذلـك، هذا فيما يخصّ المجتمع البولندي.

إلّا أنّ كيشلوفسكـي، وفي ثلاثيتـه «أزرق- أبيض- أحمـر»، يحمل الأسئلة نفسها تقريباً التي سألهـا في أفلامـه البولندية، عن الفقـد والبؤس والبحـث عـن الخلاص والبحـث المضنـي، إلى الطـرف الأوروبـي الغربـي، إلى فرنسـا، ليبحث عـن إجابـات الأسئلـة في رمـوز العلـم الفرنسي نفسـه وشعـارات الثـورة الفرنسيـة، وشخصيات هـذا المجتمع وآلامهـا، وكأنّه يقول بـأنّ شكل هذا العـالم متشابه ولو تغـيّرت السياسة العامّة للدولة أو الإيديولوجيا فيها.

الإجابـات التي بحث عنها أبطـال الحكايات، هي ذاتها التي بحث عنها كيشلوفسكي في أفلامه، وربّما في حياته أيضاً.

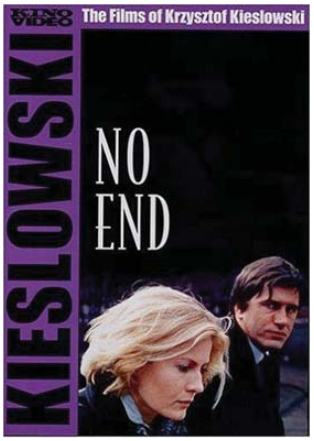
علم النفس في أفلام كيشلوفسكي

تُسمّى السينمـا بالفن السابع على اعتبار أنّها سابع الفنون البشرية بعد المسرح والشعر والنحت والموسيقا والرسم والهندسة المعمارية، ولكن ماذا لـو أضفنا إلى ما سبـق علم النفـس إلى السينما أيضاً؟

ينطلق السؤال هنا من المزج الذي صنعه قلّة من المخرجين طوال تاريخ السينما، الشعر وعلم النفس في السينما، وهي إحدى أهم خصائص سينما كيشلوفسكي.

إحدى أهم خصائص الشعر هو الصور البلاغية والتعبير باللغة، يمكن ملاحظة هذا الأمر بسهولة في أفلام كيشلوفسكي عبر منح المساحة الزمنية لأبطال الأفلام للتعبير عمّا في داخلهم من مشاعر الحزن والغضب والبؤس والفقد والحب والضياع، بطريقة شعرية، والشعرية هنا المقصود بها التعبير تحديداً سواء من خلال القصّة أو الشخصيات أنفسها، أي نقل المشاعر بشكل كامل وفي كثير من الأحيان بالاعتماد على الممثّل ووضع باقي العناصر في خدمته.

ربّما من الصعب تخيّل الجمع بين علم النفس والشعر ضمن فيلم ما، نظراً للتعقيد الذي يشوب كلا الطرفين، النفس البشرية أمر معقّد للغاية والتعبير عن مكنوناتها بشكل فنّي لا يقلّ تعقيداً ولا صعوبة، إلّا أنّ كيشلوفسكي نجح بالفعل في تحقيق هذا الاتجاه، عبر مناقشة عمق النفس البشرية وآلامها، ومحاولة صياغة حياتها بشكل جديد ومختلف، وكذلك محاولة مواجهة التحدّيات التي من الممكن اكتشافها إثر صدمة عنيفة (نلاحظ وجود هذه الصدمة في فيلمي لا نهاية "No End" وأزرق "Blue" وسنناقش الرابط بين الفيلمين لاحقاً)، وكيفية التعامل مع هذه الصدمات، والتعامل هنا لا يأتي من تأجيج صراع واضح مع خصم أو طرف آخر، بل بتأجيجه مع صاحب الصدمة نفسه.



من جهة أخرى، يُمكن القول إنّ السينما، ومنذ دخول المونتاج إليها واكتسابها لـ«لغتها الخاصّة» عبر أحجام اللقطات وعملية المزج، أصبحت تمتلك أيضاً الفلسفة، وهذه الفلسفة صاحبها هو المخرج ولسانه هو المونتاج، وتتصل الفلسفة في أفلام كيشلوفسكي بالمجتمع وعلم النفس البشري ونقلها إلى الشاشة، وبالتالي محاولة ترجمة علم النفس بذاته، عبر نماذج بشرية حيّة مستمدّة من واقع الحياة في بولندا وفي فرنسا لاحقاً، إلى شاشة السينما.

وهنا يبرز سؤال أعتقد أنّه يحمل من الأهمّية ما يكفي لطرحه ونقاشه، كيف نقل كيشلوفسكي هذه الفلسفة عبر المونتاج والشخصيات وتالياً أسئلته الشخصية حول المجتمع والسياسة إلى الشاشة؟ والمقصود هنا بالطبع ليس العملية التقنية للقصّة والسيناريو بقدر ما هي طبيعة هذه الفلسفة التي نتحدّث عنها، والإجابة ليست بتعقيد السؤال المطروح.

لو أنّ أيّ متفرّج شاهد أفلام كيشلوفسكي لاعتقد في الوهلة الأولى أنّ المونتاج ليس هو

العنصر الذي يعتمد عليه المخرج بشكل أساسي بقدر اعتماده على أداء الشخصيات والموسيقا وحركة الكاميرا (وهو هنا يتبع للمدرسة الشكلية السينمائية)، ولكن بنظرة أعمق، نجد ببساطة أنّ كيشلوفسكي حدّد سلفاً أنّ على المونتاج «ضبط الإيقاع البطيء» لهذه الأفلام وبالتالي ضبط حياة الشخصيات على الشاشة بما يشبه حياة المجتمع البولندي نفسه، وهو ما يعيدنا إلى نقطة البداية التي ذكرنا خلالها تأثير النظام السياسي على شكل وطريقة تفكير وحياة المجتمع نفسه، ويصوّر كيشلوفسكي هذه الحياة بوصفها حياة بطيئة مهما بلغت ذروة الأحداث من توتّر، هناك نوع من البطء المقصود في الحكاية نفسها، ولا يقصد كيشلوفسكي هنا بالتأكيد إدخال المشاهد في دوّامة الملل بقدر ما يضبط عملية إيقاع الفيلم بما يشبه إيقاع حياة هذه الأشخاص.

وبالعودة إلى ما ذكرناه حول أنّ أفلام كيشلوفسكي تنتمي إلى المدرسة الشكلية باعتمادها على الموسيقا وحركة الكاميرا... إلخ من عناصر هذه المدرسة، ولكنّها في الوقت نفسه تنتمي إلى مدرسة واقعية بحتة، ليست سينمائية، لكنّه واقع الحياة.

استثمر كيشلوفسكي المونتاج لبثّ الروح في أفلامه، كما هي وظيفة المونتاج الأساسية بطبيعة الحال، ولكن في الوقت نفسه لم يُطلق العنان لعملية المونتاج بل أبقاها حبيسة عملية الروتين لتنضم إلى عملية البحث بالتي تقوم بها الشخصيات أيضاً، وبالتالي تجلّت القدرة الإبداعية لكيسلوفيسكي في إضفاء طابع البطء والتعب والبؤس، وعليه تحوّل المونتاج إلى ضابط لعملية الإيقاع نفسه.

هذه العملية لم تختلف كثيراً في الأفلام التي صنعها كيشلوفسكي في بولندا، عن الثلاثية الفرنسية لاحقاً، لأنّ الرسالة واحدة في النهاية، والواقع المرير لن يختلف كثيراً بين بولندا وفرنسا التي حملت شعارات الثورة «الحرية- المساواة- الإخاء»، رغم اختلاف الظروف السياسية والاجتماعية بين بلدين، إلّا أنّ الإشارة إلى ما يمكن تسميته «بؤس الإنسان»، (سبق أن ألف عنها الفيلسوف الفرنسي بيير جوزيف برودون كتاباً حمل الاسم نفسه، وردّ عليه الفيلسوف الألماني كارل ماركس بكتاب أسماه «بؤس الفلسفة»، وكلا الكتابين يتحدّثان عن البؤس الذي يصيب الإنسان بسبب الأنظمة الاقتصادية والاجتماعية وإن اختلفت وجهات نظرهما حول الأمر نفسه).

ومع التمعّن في أفلام كيشلوفسكي نجد أنّه يتحدّث بالمنطق نفسه، لذا من النادر أن نجد أفلاماً تتحدّث عن الفلسفة الإنسانية بهذا العمق الذي يولّد الألم لدى المشاهد دون أن يدخل في «فلسفات» أخرى لا تتعلّق بالموضوعات الأساسية التي تطرحها الأفلام، أو يمزجها مع حالة من «الترفيه المتعمّد»، والذي يفقد الفيلم قيمة هذه الفلسفة بحدّ ذاتها.

ولهذا الأمر تجدر الإشارة إلى دور الفلسفة في أفلام كيشلوفسكي، ولو بشكل مبسّط يمكن التوسّع فيه من خلال العناصر الفنّية في الصفحات التالية، وإن كان هذا البحث الصغير لا يكفي للحديث عن دور هذه الفلسفة في أفلام كيشلوفسكي».

(حرية- مساواة- إخاء).. أفكار عامّة تحليلية

يلجأ الكثير من المخرجين السينمائيين لفكرة «التناص» لربط عمل من أعمالهم بآخر، يظهر هذا الأمر عادة في مشهد أو مشهدين، لكن المتمعّن في أفلام كيشلوفسكي لا يجد «تناصّاً» بين عملين، بل عملية تشابه شاملة بين الشخصيات والحكايات عبر عدّة أفلام.

لا تعني هذه الفكرة إطلاقاً أنّ المخرج أفلس أو انتهت أفكاره فقرّر العودة إلى مربّع يعرفه جيداً وإضافة بعض التجديدات أو التعديلات، بل يأتي من مبدأ طرح سؤال فلسفي وعميق، ماذا لو أنّ ظروفاً مشابهة قليلة حصلت لشخصية فرنسية (جولي في فيلم Blue) بدلاً من «أولا»، بطلة فيلم «No End»؟ كيف سيختلف الأمر مع اختلاف الشخصيات وكيف ستنظر إلى جلال الحدث؟

كلا البطلتين، أولا وجولي، فقدا أزواجهما في حادث سير، وكلتاهما اكتشفتا خيانة من نوع ما تجاههما، وأيضاً بحثتا عن الخلاص بطرق متشابهة مع فارق القرار الشخصي في اختيار النهايات، والعائد إلى العديد من العوامل الشخصية، كذلك فإنّ كلا الزوجين يعملان في الشأن العام (البولندي محام يترافع عن قضايا العمال والثاني موسيقار فرنسي).

ورغم الفارق الزمني بين إنتاج الفيلمين، إلّا أنّ كيشلوفسكي طرح الفكرة نفسها والمرتبطة بعوامل السياسة والخذلان والاختيار، اختيار طريقة الخلاص من العذاب والآلام الناتجة عن الصدمات المتلاحقة التي تعرّضن لها، لذا نرى على سبيل المثال أنّ كلا البطلتين لم تختارا ممارسة الجنس مع أشخاص آخرين لأسباب غريزية، بل لأسباب أخرى مختلفة، بينما تتشابه الدوافع لدى كلّ من «جولي» و«أولا».

كذلك يمكن تبيان هذا الأمر في فيلمي لا نهاية «No End» وحظ أعمى «Blind Chance" حيث يتواجد عنصرا الفقد والموت، وكلاهما عنصران مؤثران في مسيرة البطلين، على اختلاف جنسيهما ونهايات الأفلام.

ومن هذا المبدأ يمكن القول إنّ أفلام كيشلوفسكي لم تكن "تناصّاً"، وإنّما عوامل إنسانية مشتركة موجودة هي نتيجة الأنظمة السياسية والاجتماعية.

تناول كيشلوفسكي في ثلاثيته (Blue- Red- White) وتمثّل ألوان العلم الفرنسي ورموزه الإخاء والمساواة والحرّية، هذه المفاهيم، ولكن يمكن أيضاً ربطها بدلالات ورموز الألوان في علم السينما.

ففي حين يرمز اللون الأزرق في العلم الفرنسي إلى الحرّية، يرمز كذلك إلى الحزن، وبينما يرمز الأبيض إلى المساواة فإنّه كذلك يمكن أن يرمز إلى الفراغ، وبقدر ما يرمز اللون الأحمر إلى الإخاء، فإنّ دلالاته تذهب إلى الغضب والدم والإثارة أيضاً.

يمكـن ربط كل قصّـة فيلم برمزيـن: الرمز الذي يمثّلـه العلم الفرنسي والرمز الـذي يمثّله في السينما، وبقـدر ما شاهدنا في فيلم أزرق «Blue» أحزان البطلة التي حاولت الهروب منها بشتّى الطرق، رأينا محاولاتها لنيل حرّيتها من الماضي والحزن الذي رافقها.

وبقـدر مـا يشـير فيلـم أبيض «White» إلى المسـاواة عـبر قصّـة الفيلـم، تشـير بشكل مـا إلى الفـراغ الذي يعيشه القاضي، والفتاة وكذلك الشاب، والفـراغ هنا ليس بالضـرورة أن يكون فراغاً عاطفياً بل فراغاً ناتجاً عن انعدام الرغبة والتعب أيضاً، وهو كذلك يطرح سؤالاً مهمّاً في مشهد قاعة المحكمة «أي مساواة بين مواطنة فرنسية ومواطن بولندي يتعرّض للظلم لأنّه لا يتحدّث اللغة الفرنسية؟».

أمّـا فيلـم أحمـر«Red» الذي يرمـز لونه في العلم الفرنسي إلى الإخاء فإنّه يرمز إلى الغضب، وهـذا الغضب كان المحرّك الرئيسي لبطل القصّة عندمـا شعر بأنّـه تعرّض للظلم وعـاد إلى بولندا مجدّداً.

ويمكـن ربـط أسمـاء الأفـلام ودلالاتهـا ورموزهـا، سواءً السينمائية منها أم تلك المرتبطة بألوان العلم الفرنسي، بأنّها تمثّل الدافع الأساس لتحرّكات أبطال الأفلام الثلاثة أيضاً.

ويمكن القـول إنّ الثلاثية التي صنعها المخرج هـي ليست نظـرة إلى فرنسا فقـط، بل هي نظرة إلى العـالم ككل، وذلـك لسببين رئيسيـين: الأوّل هـو التأثير الكبـير للثـورة الفرنسية علـى العالم الجديـد، وتحديـداً القـارّة الأوروبيـة، وهنا تقع بشـكل ما مقارنـة بين تأثـير الثـورة البلشفية في روسيا عام 1917، والثورة الفرنسية.

والسبب الثاني، وهنا أعود إلى نظرية الفلسفة في أفلام كيشلوفسكي، هو أنّ العالم متشابه أصلاً ولو اختلف في سطحه وشكله العام.

وبنـاءً على مـا سبق، فـإنّ الثلاثيـة تحديداً، وأفـلام كيشلوفسكـي عمومـاً، ليس مـن مهمّتها تقـديم الإجابات بل التسـاؤلات، لما وصـل البشر إلى مـا وصلوا إليه؟ وهل يمكن أن تتحوّل شعارات الثـورة الفرنسيـة إلى واقـع وتُطبق بشـكل عملي حقيقـي على الأرض؟ حتى ولـو كان هذا التطبيق من منظور شخصي وليس منظور عملي أو سياسي أو براغماتي، بل منظور اجتماعي أولاً وأخيراً.

وفي الوقـت الذي يحمـل فيلمـا لا نهاية «No End» وحـظ أعمـى «Blind Chance» نقاشـاً واسعـاً حـول دور المجتمـع النـاتج عـن السياسة (والسياسـة هنا لا يدور الحديـث عنها من خلال

عمل سياسي مباشر في الفيلم الأول لكنّه كذلك في الثاني)، بل بتأثير السياسة على علم الاجتماع وعلى المجتمع، بينما في الثلاثية يدور الكلام بشكل أكبر عن الأوضاع المعيشية اليومية والتي بدورها متأثّرة بشكل مباشر بالسياسة (هي دائرة مغلقة تدور بين الفرد والسياسة والمجتمع).

كما يلاحظ أنّ الشعارات التي تحدّثت عنها الثلاثية الفرنسية، هي ذاتها الشعارات التي رفعها بطل فيلم (Blind Chance).

«No End» «لا نهاية»

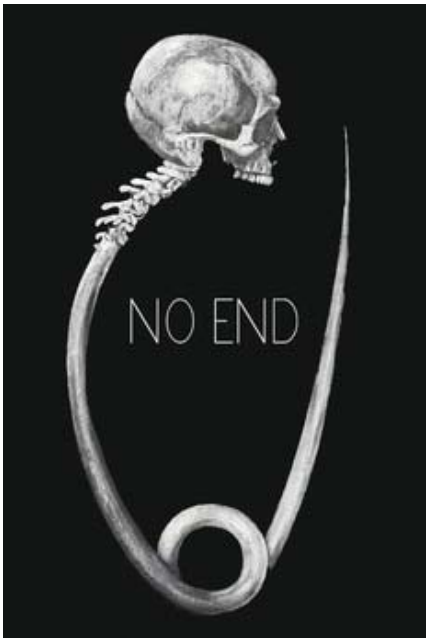
تُصدم «أولا» بوفاة زوجها المحامي بحادث سير، وبعد أيام قليلة تُفاجأ بزيارة من زوجة أحد المعتقلين الذين تولّى زوج «أولا» الدفاع عنهم وتطالبها بملف القضية.

وفي أثناء ترتيب «أولا» لبعض الحاجيات المتعلّقة بزوجها، تكتشف أنّه قام بإزالتها من صورهما، وهو ما يدفعها للاعتقاد بأنّها عاشت لفترات طويلة مع رجل غريب لا تعرف عنه شيئاً.

تدفع هذه التفاصيل «أولا» للبحث عن تفاصيل حياة زوجها، وهو ما يوصلها للتعرّف على عالم آخر لا تعرف عنه شيئاً، عالم عائلات النضال العمالي والقضايا السياسية وألعاب المحامين والحقوقيين، لتنتقل من غربة فُرضت عليها بوفاة زوجها، إلى عالم غريب آخر، قبل أن تقرّر الانتحار في النهاية.

السيناريو: الإخراج: المونتاج:

من أهم مميّزات سيناريو هذا الفيلم، والتي يمكن تعليمها لطلبة السينما والمهتمّين، هو ابتعاده عن أي فلسفة زائدة، لا في الشخصيات ولا في أحداث القصّة وذلك لسبب بسيط وواضح، القصّة تحمل أبعاداً اجتماعية ونفسية عميقة، وفيها من تعقيدات النفس البشرية ما يكفي، لذا لعب دوره لسرد الحكاية فقط، وإفساح المجال أمام الشخصيات لسرد حكايتها ورواية مشاعرها وإظهار انفعالاتها، وهنا غلب دور الشخصيات التي تحكي حكاياتها الشخصية على القصّة نفسها، وبالتالي لعب السيناريو دور الربط بين هذه الحكايات المستمدّة والمتأثّرة بشكل ما من المجتمع البولندي وتأثّره بظروفه السياسية.



في إحدى محاضرات مادّة التذوّق السينمائي، روى الدكتور هشام أبو النصر قصّة في أثناء تصويره لأحد أفلامه، إذ طلب من أحد الممثّلين تخفيف انفعالاته، وعندما استغرب الممثّل طلب الدكتور أبو النصر، أجابه الأخير بأنّ المشهد يحمل ما يكفي من الدراما، وفي حال انفعل بشكل مبالغ فيه فإنّ المشهد ككل لن يكون مقنعاً.

يبرز هنا سؤال مهم: من هو الحامل الأكبر للسيناريو؟ الشخصيات أم الحدث أم باقي العناصر الفنية من موسيقا وإخراج وخلافه؟

هنا بالضبط ما فعله كيشلوفسكي، اعتمد بشكل مباشر على الدراما العالية التي تعاني منها الشخصيات في حكاياتها، وفضّل الاعتماد ومنح المساحة للممثّلين لرواية الحكاية وتخفيف أدوار باقي العناصر الفنية في خدمة دراما السيناريو نفسه.

هل يمكن تقسيم سيناريو الفيلم عموماً إلى (بداية ووسط ونهاية)؟ كنظرة عامّة نعم يمكن بسهولة تقسيم السيناريو إلى هذا الشكل العام، ولكن هذا التقسيم نفسه لا يبدو مهمّاً في ظلّ الحكايات التي رواها الفيلم.

يتكوّن السيناريو كما هو معروف من ثلاثة عناصر أساسية، الحكاية والحبكة والصراع.

في الحكاية: «أوّلا امرأة في منتصف الثلاثينيات تُصدم بوفاة زوجها، ثم تكتشف أسراراً غير معروفة لها عن حياته، فتقرّر الغوص في بعض تفاصيل هذه الأسرار، خاصةً تلك المتعلّقة بالشأن العام ومحاولة إيجاد قيمة لحياتها قبل أن تقرّر الانتحار».

يبدو من الحكاية، في موجزها، بداية ووسط ونهاية، لكن التفاصيل الشخصية والمتعلّقة بالحبكة نفسها تختلف وتتصل بهذه الحكاية البسيطة التي يمكن أن نراها في أي مجتمع على سطح الكرة الأرضية.

وتتصل الحبكة في الحكاية هنا من خلال السببية، ما الذي يدفع «أولا» للبحث عن معلومات لا تعرفها عن زوجها؟ وما السبب الذي يدفعها للتعرّف على أشخاص لا يشبهونها بل والدفاع عنهم والبحث عن محام عريق وإقناعه بتغيير اختصاصه الحقوقي؟ يجيب السيناريو عن هذه الأسئلة ببساطة ووضوح.

هل كان يمكن للسيناريو وأحداثه أن تكون أكثر احتداماً وعنفاً؟ كان ممكناً بالطبع، لأنّ لكل حكاية زوايا مختلفة تروى من خلالها، لكن أعود لأشير هنا إلى أنّ الحكايات في أفلام كيشلوفسكي، وليس هذا الفيلم فقط، متعلّقة ببؤس الإنسان والحياة التي يعيشها في ظلّ نظم عالمية ربّما يولد ويموت دون أن يتغيّر منها أيّ شيء.

بحث السيناريو فكرة هروب من القاتل إلى القاتل، رفضت «أولا» منذ البداية الانجرار والانخداع بما عرفته من معلومات عن زوجها، وفضّلت الهرب إليه والبحث بشكل عملي عمّا خفي عنها، وهنا يوضّح السيناريو عامل «الرغبة» أو «الدافع» الموجود لدى البطل للتحرّك باتجاه هدف ما، بغضّ النظر عن النتيجة النهائية أو الوصول إلى الهدف أم لا، وكان ذلك واضحاً في مشهد النهاية في الفيلم.

وبناءً على ما أوردته في ما يخصّ الحكاية والحبكة، يبدو واضحاً أنّ العنصر الثالث (الصراع)، هو ليس صراع «أولا» مع المجتمع، بل مع نفسها أولاً، وهو يبدو صراعاً مناسباً باعتبار أنّ «أولا» لا تملك القدرة أصلاً (بناءً على الشخصية المرسومة لها) على الخوض في صراعات أكبر، مع الحكومة أو السلطة القائمة أو مع المجتمع.

على نمط السيناريو نفسه كان إخراج كيشلوفسكي للفيلم، والذي فضّل بدلاً من استعراض جماليات حركة الكاميرا والمونتاج، إعطاء دور البطولة للشخصيات، عبر منحها المساحة الزمنية الكافية دون تقطيع أو تدخل، وهو ما يوضّح دور المخرج في صناعة الفيلم نفسه، حكي الحكاية وإدارتها.

ما المقصود هنا بدور المخرج؟ من أكثر التعريفات انتشاراً لعملية الإخراج السينمائي هي: «كيف تحكي حكاية؟» ويتجلّى هذا المعنى بشكل واضح في أفلام كيشلوفسكي، إذ إنّ إدارته لدور ومساحة كلّ عنصر من العناصر الفنية في الفيلم بدقّة متناهية، تعطي التميّز لأفلامه عموماً، وهذا الأمر نجده بالضبط في هذا الفيلم (وكذلك باقي الأفلام)، ولأنّ الغاية في النهاية أن تُحكى الحكاية كما يجب لدى كيشلوفسكي فليس مهماً إن كان إيقاع أفلامه بطيئاً (كما هي الحياة عموماً في البلاد الواقعة تحت سطوة النظم الشيوعية في فترة الثمانينيات من القرن العشرين)، طالما أنّ هذا «الإيقاع البطيء»، يخدم الحكاية نفسها وكيف ستروى، والحديث هنا عن أسلوب كيشلوفسكي عموماً وليس فقط عن هذا الفيلم وحده.

كما ذكرت في الأعلى، منح كيشلوفسكي مساحةً واسعة لأداء أبطاله، وحول الكاميرا من مساهم مباشر في تصوير الحكاية إلى راصدة لانفعالات الشخصيات وتحرّكاتها، دون أن يغوص بشكل مباشر في «المدرسة الواقعية» في السينما التي تحدّ كثيراً من دور المونتاج والموسيقا وباقي العناصر الفنية الأخرى.

وبالتالي يمكن ملاحظة بسهولة اعتماد كيشلوفسكي على اللقطات الواسعة واللقطات المتوسّطة، إذ إنّ كلا اللقطتين تمنحانه القدرة على الوصول إلى نقطتين مهمّتين: الأولى هي منح الحرّية للمثل للتعبير جسدياً عمّا يعتريه من مشاعر وأحاسيس (خاصّةً في المشاهد التي تتضمّن حوارات اجتماعية وسياسية عميقة كما مشهد اللقاء الأوّل للمحامي العجوز مع موكّله)، والثانية هي أنّ هذه اللقطات التي تمتلك مساحة أكبر على الشاشة، تمنحه القدرة على التأثير على المشاهد عبر تفاصيل أخرى على الشاشة.

هذا لا يعني بالطبع غياب أي لقطات ضيّقة (close shot) في الفيلم، إلّا أنّ معظم هذه اللقطات كان لها غرض واحد، التأكيد على عمق المشاعر التي يحسّها الممثّل أمام الكاميرا، ومرةً أخرى وضع كيشلوفسكي الإخراج أيضاً في خدمة الممثّل، والفرد، مهما كان حجم دوره أو المساحة الممنوحة له في الفيلم.

بالاستمرار في الحديث عن تطويع كيشلوفسكي العناصر الفنّية لرواية الحكاية العامّة، وقصّة البطل الشخصية فإنّه يمكننا أن نستنتج الحالة نفسها في المونتاج كذلك، عبر مونتاج هادئ ومتناسق يلعب دور ضابط الإيقاع الذي لا يمكن له أن يفلت زمام الأمور من يديه، إذ إنّ الدراما في الفيلم تمشي ببطء وفق إيقاع مدروس، وأي خلل في هذا الإيقاع سيؤدّي فوراً إلى مستوى آخر في رواية الحكاية، ومن هذا المنطلق يلعب المونتاج في الفيلم دوره الأهم.

ما الذي يعنيه هذا الكلام؟ هل كان دور المونتاج «مجرّد عنصر لحكي الحكاية»؟ بطريقة أو بأخرى نعم، من المعروف بأنّ المونتاج هو روح

أي فيلـم، وأنّه لولا وجود المونتاج لما كان هناك لغة سينمائيـة ولا فلسفة سينمائية لدى المخرج ليروي حكايته، وبالتالي فـإنّ الحديث عن أنّ المونتاج في هـذا الفيلم لعب دور ضابط الإيقـاع فهذا لا يقلّل من شأن دوره، هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإنّ استخدام كيشلوفسكـي للمونتاج في الفيلم يذهب أيضـاً لخدمـة الفلسفـة الرئيسيـة المطروحة في فيلمه (كما في أفلامه الأخـرى والتي أشرنا إليها في مقدّمة هذا البحث).

إنّ المونتاج هنا لا يتعلّـق فقط بقواعد المونتاج الأساسيـة وقواعد القطع السلس والنقلات الفنية (المزج أو التلاشي... إلخ)

بـل يتعلّق بكيفيّة ربط عملية المونتاج بالفلسفة المجتمعيـة ومشـكلات المجتمـع البولنـدي وشرق أوروبـا بحكاية حكايا وروايـات الناس، وهنا يبرز السؤال: كيف فعل كيشلوفسكي ذلك؟

يُلاحظ، وكما ذكرت سابقاً، بأنّ كيشلوفسكي مـزج بشكل ما بـين المدرستين الواقعيـة والشكلية في السينمـا، وبالتـالي فهـو لم يعتمد بشـكل كلّي على المونتاج كمـا في الشكلية ولم ينـهِ دوره تماماً كما في الواقعية، هو فقط ذهب لاستخدامه بشكل آخـر قائم علـى «دور المونتـاج أن يساهم في حكي الحكايـة لا أن يعقّـد الأمـور ولا أن يضيف فلسفة إضافيـة فوق الفلسفـة الأصلية التـي يقوم عليها الفيلم»، على عكس أفلام أخرى لعب فيها المونتاج دوراً أكـبر في سـرد الحكايـة نفسهـا عندما كان هناك مساحة لهذا الأمر بالأساس، والحديث هنا تحديداً عن فيلمـي (الحياة المزدوجة لفيرونيك) و(حظ أعمى).

اكتفـى كيشلوفسكـي بتوليـف الفيلـم عـبر المونتاج.. ببساطة، وهذه النظريات المذكورة هنا، هـي بالضبط التي تتطابق مـع عمليات المونتاج في ثلاثية (أزرق، أبيض، أحمر) أيضاً... ولو بأشكال مختلفة.

بالطبـع ليـس المقصود مـن التحليـل السابق أن المونتير اكتفى بسمـاع ملاحظات كيشلوفسكي وتطبيقها تقنياً، بل القصد أنّ المونتير كان متفهّماً لمـا يريده المخرج ويعـرف دوره جيـداً وأهمّيته في رواية الحكاية بهذا الهـدوء وهذه الدقّة، وبالتالي كان دوره منح المساحـات اللازمة لكلّ عنصر من عناصـر الفيلـم لمساعـدة المخـرج والممثّلين على رواية حكايتهم، ونقطة منح المساحات بهذا الشكل لم تكـن لتنجح لولا وجود مونتير فهـم دوره وفهم مخرجه وما يريده بشكل واضح.

Blind Chance «حظ أعمى»

السيناريو: الإخراج:

صرخة، مشهد مؤثّر، دماء، ثم موسيقا جنائزية مؤثّرة ترافق لقطات غير مترابطة!

بهذه اللقطات السريعة بدأ سيناريو الفيلم، الذي يمنح المشاهد شعوراً بأنّه يرى القصّة من خلال شخص ما.

تتدفّق المشاعر الإنسانيـة خلال السبع دقائق الأولى والتـي تمثّل عدداً مـن المشاهد التي تتراوح بـين القلـق والألم والقـرف والغضـب والخـوف والجنس.

لجأ السيناريو إلى المشاهد السابقة لبداية تشير مسبقاً إلى قصّة تمثّل كمّاً كبيراً من الحزن والألم، لكنّها أيضاً قادرة على شدّ المشاهد للبقاء والاستماع للحكاية.

حمل السيناريو، بشكل أكبر من الأفلام الباقية لكيشلوفسكي، حديثاً سياسياً مباشراً هذه المرّة، من خلال القصّة نفسها التي تروي علاقة شاب يدخل ضمن حزب سياسي، وبالتالي ندخل من خلال الفيلم في عمق وجهة نظر كيشلوفسكي عن العمل السياسي والساسة البولنديين من جهة، وشكل المجتمع المتأثّر بشكل ما بعمل هذه الأحزاب السياسية والأيديولوجية المفروضة قبل سقوط الاتحاد السوفييتي (السابق).

سعى السيناريو لشرح فترة سياسية من خلال قصّة إنسانية، لذا بدأ بتكثيف للمشاعر الإنسانية خلال العشر دقائق الأولى، نلاحظ زخماً عاطفياً كبيراً قبل أن يهدأ الإيقاع عبر الحوار وأداء الشخصيات، وتحديدًا من خلال مشهد طويل لرجل عجوز يشرح علاقته بامرأة ما.

ومع تتالي الأحداث في السيناريو، نلاحظ أيضاً إغراقًا في تفاصيل وطريقة العمل السياسي وتفكير السياسيين البولنديين في تلك الحقبة.

عمومًا تتميّز أفلام كيشلوفسكي بوضوح شخصياتها مهما بدت الأفلام وقصصها معقّدة، شخصيات بسيطة قادرة على التعبير عن نفسها ضمن أصعب المواقف واللحظات الدرامية الفارقة.

وإذا ما أردنا مقارنة هذا السيناريو، بسيناريوهات سابقة لكيشلوفسكي، فإنّنا نرى هنا خروجاً للمخرج من مربّعه المريح أو منطقته الآمنة قليلاً، إذ واجه كيشلوفسكي من خلال السيناريو تحدّي السرد الزمني للقصّة التي تحمل فرضيات ثلاثة، وهذه النقطة تحديدًا في القصّة فرضت شكلًا مختلفًا للسيناريو وكذلك للإخراج، كذلك بدت عناصر السيناريو الأساسية (الصراع والحبكة...إلخ)، أكثر وضوحاً للمشاهد من أفلام أخرى (الحياة المزدوجة لفيرونيك، لا نهاية) التي تمّ التركيز فيها على الشخصية وما تعانيه بشقّها النفسي بغضّ النظر عن شكل الصراع في الحكاية نفسها.

ولأنّ الحكاية فرضت شكلًا معيّنًا للسرد في السيناريو، انعكس هذا الأمر على الإخراج كذلك، دون أن يخرج كيشلوفسكي من طريقته المعتادة والمتضمّنة المزج بين المدرستين الواقعية والشكلية، لذا فإنّ دور المونتاج عمومًا في هذا الفيلم كان أكبر من غيره.

خلال السبع دقائق الأولى، وباستثناء اللقطات الخاصّة بالطفل، سيطرت اللقطات المتوسّطة والمتوسّطة- الضيّقة، على المشاهد، لتوضيح مشاعر الأبطال، بل حتى اللقطة العامّة للطفل تحوّلت من خلال حركة الكاميرا إلى لقطة ضيقة، وكأنّ كيشلوفسكي يطلب من المشاهدين التمعّن جيداً في وجوه أبطاله وحكاياتهم لفهم ما ينتظرهم.

والبطل الحقيقي لهذا العمل هو المونتاج القادر على ضبط الإيقاع وربطه برؤية المخرج من جهة، وما تحتاجه الحكاية من جهة أخرى، ولعلّ هذا الفيلم من أفلام كيشلوفسكي يُعدّ مثالاً يصلح للتدريس لطلبة المعهد العالي للسينما لشرح معنى ومفهوم «الرؤية».

نلاحظ أنّ كيشلوفسكي اعتمد في المشاهد الخاصّة بالحوارات والعمل السياسي على

لقطات طويلة (ون شوت)، وحوارات طويلة بين الممثّلين، بطء في الإيقاع العام للمشهد، بشكل يدلّ على عقم وبطء وروتين طريقة تفكير النخب السياسية في بولندا الذين يفكّرون بطريقة عفا عليها الزمن ضمن إيقاع الحياة المتسارع للناس، لذا هناك تقطيع قليل مقارنة بباقي الأحداث الأخرى، وعليه فإنّ الإشارة هنا واضحة إلى الفجوة بين السياسيين والناس في بولندا.

وعلى العكس تمامًا في باقي المشاهد، نجد إيقاعًا أسرع ولقطات أكثر تنوّعاً، كذلك الأمر بالنسبة لألوان المشاهد نفسها، ففي الوقت الذي تضجّ فيه المشاهد المرتبطة بالناس والشوارع والحياة بالألوان المبهجة والفاتحة، نجد ألواناً قاتمة في جميع مشاهد العمل السياسي تقريباً.

الفجوة التي أشار إليها كيشلوفسكي في فيلمه نجدها أيضاً في تصرّفات الشاب الذي ضحّى بنفسه لأجل قضية ما، أو موقف سياسي، وفي الوقت نفسه فإنّ الشخصية السياسية سخرت منه ومن تضحيته، بل وطالبه بالاتصال بالسلطات (المشاهد الخاصّة بالإضراب)، بينما أشار كيشلوفسكي في مشهد المواجهة بينهما إلى سيطرة هذا السياسي على الشاب من خلال اللقطة التي وضعت البطل في زاوية محاصرة وظهره للكاميرا وكأنّه للحائط، بينما السياسي جالس ضمن كادر أوسع وبطريقة مرتاحة أكثر.

وهنا كذلك نجد الاهتمام بالتفاصيل لدى كيشلوفسكي، ففي الوقت الذي يرتدي فيه السياسي القائد ملابس رسمية وقاتمة، نجد الشاب يرتدي بنطال جينز وملابس شبابية دون ربطة عنق (دقيقة 47) وهو ما يشير بشكل ما إلى التزامات أقل.

لذا، ولهذه الأسباب السابقة قلت إنّ المونتاج لعب الدور الأساسي في شرح رؤية المخرج (وهو أكثر أفلام كيشلوفسكي وضوحًا من ناحية الرؤية والأفكار السياسية ونقاشها وتأثيرها)، وكان هذا الشرح من خلال ضبط الإيقاع وفهم دور أحجام اللقطات في رواية الحكاية نفسها.

Blue «أزرق» قصّة الفيلم: السيناريو:

تتعرّض جولي لحادث سير تفقد على إثره زوجها وابنتها وتتغير حياتها بالكامل بعدها، وتقرر الهرب من كلّ شيء، قبل أن تعود لتتحدّى نفسها باتّجاه آخر، وتكمل ما بدأه زوجها من عمل، وتدور تيمة العمل الرئيسية حول الانتقام! ربّما يبدو الحديث عن الانتقام غريباً بعض الشيء، بالتالي يعدّ هذا السيناريو هو الجزء الأول من ثلاثية كيشلوفسكي، والذي يمثّل اللون الأول أيضاً من ألوان العلم الفرنسي (الأزرق).

وفي حين يرمز اللون الأزرق في العلم الفرنسي إلى الحرّية، يرمز كذلك إلى الحزن، وحتى في اللغة الإنجليزية تُستخدم كلمة (blue) للدلالة أو الشعور بالحزن كذلك.

وركّز كيشلوفسكي من خلال أحداث السيناريو على المصطلحين معاً، حيث يبدأ السيناريو

بالإشارة إلى الحرّية بشكل مباشر عبر لقطة اليد الخارجة من الشبّاك وهي تمسك بورقة قبل أن تطير، يتبعها أوّل لقطة يظهر فيها اللون الأزرق في مشهد حادث السيارة.

وبرغم التشابه في حكاية الفيلم مع فيلم (No End)، إلّا أنّ هناك فارقاً جوهريًّا لعب دوراً في مسار السيناريو كلّه، وهو الدافع المحرّك للشخصية، والدافع هنا هو «التمرّد».

جاء تمرّد الشخصية هنا كدافع للانتقام ممّا تعرّضت له، وأوّل تمرّد تفعله البطلة عندما كسرت زجاج المستشفى، وهنا يبرز السؤال يبقى مرافقاً للشخصية حتى منتصف الفيلم تقريباً: هل تتمرّد «جولي» على القدر أم على حياتها السابقة؟ فحتى محاولة الانتحار التي قامت بها وإن كنّا سنربطها بالفلسفة التي يطرحها كيشلوفسكي في أفلامه هي بشكل أو بآخر نوع من أنواع الفلسفة أيضاً.

ونقطة التمرّد التي قام عليها الفيلم كلّه تقريباً لم تتوقّف على مشهد محاولة الانتحار فقط، بل استمرّ عبر الخطوات التي اتّخذتها البطلة لاحقاً: التخلّص من أثاث المنزل كلّه، ترك المنزل والعيش في مكان آخر، ممارسة الجنس مع أحد معجبيها دون أي رغبة حقيقية أو إعجاب أو عاطفة لديها، محاولة بيع المنزل.

لكن هذا التمرّد الذي أورده السيناريو، هو واحد من الصراعات التي تخوضها الشخصية، التي لم تستوعب لفترة طويلة صدمة ما حدث، وحاولت التعبير عن ذلك عبر إيذاء النفس عدّة مرّات وتحديداً في الثلث الأوّل من الفيلم: عبر تناول الأدوية، إغلاق غطاء البيانو على يديها في أثناء العزف، جرح اليد عبر الصخور (دقيقة 29.50).

مع من تخوض البطلة صراعها؟ مع نفسها بالدرجة الأولى ومع القدر تالياً، ومن المعروف أنّ عنصر الصراع هو أهم العناصر في السيناريو باعتباره المحرّك الأساس للشخصية وتصرّفاتها، لماذا أقول إنّه مع نفسها أولاً؟ لأنّ تحليل شخصية «جولي» يسير بنا إلى هذا التحليل، ولو لم تكن بصراع مع نفسها لما تراجعت لاحقاً عن كل القرارات التي اتّخذتها سابقاً، وهي شخصية نستطيع وصفها بالشجاعة عبر حدثين: الحدث الأوّل هو تراجعها عن القرارات ومواجهتها لنفسها واتّخاذ قرار معاكس، وليس دائماً يدلّ هذا الأمر على اضطراب (ولو أنّه مبرّر هنا باعتبار وجود الصدمة التي تعرّضت لها بفقدان زوجها وابنتها).

أمّا النقطة الثانية فهي مواجهة عشيقة زوجها في مشهد يُدرّس من خلاله عناصر دوافع الشخصيات والأحداث وكيف تكون ردود الأفعال المبنيّة على المنطق الدرامي، وبالتالي ردّ فعل الشخصية نفسها.

وكما أنّ الانتحار في الفيلم هو نوع من أنواع الانتقام، فإنّ العودة إلى الحياة هي انتقام أيضاً

إذن، على عكس فيلمي (لا نهاية) و(الحياة المزدوجة لفيرونيك)، يبدو الدافع، والذي يعدّ من أهم عناصر السيناريو، أكثر وضوحاً، ويدور السؤال بشكل أساسي حول: كيف ستتعامل الشخصية مع الحياة البائسة التي فُرضت عليها؟ وجميع هذه النقاط التي ذُكرت في الأعلى هي في الدقائق الخمس الأولى من الفيلم، وهنا يعطي السيناريو وكذلك الإخراج درساً في كيفية تقديم عناصر الفيلم الأساسية إلى المشاهد: الفكرة

الرئيسية، الدوافع، الحدث الأساسي، الشخصية الرئيسية، ليبدأ الصراع بعد ذلك.

كما أنّ السيناريو يمتلك وضوحاً أكبر من أفلام كيشلوفسكي السابقة، يعود ذلك ربّما لعامل أساسي وهو اختلاف ظروف حياة الشخصيات نفسها، واختلاف الأنظمة السياسية والاجتماعية التي نشأت في ظلّها عن تلك الموجودة في بولندا، ولا يعني هذا الأمر بشكل من الأشكال أنّها أقل تعقيداً، لكن شكل التعقيد يمنح فرصةً أكبر لتسير الحكاية بشكل مختلف كذلك، لذا نلاحظ أنّ أحداث السيناريو وإن لم تكن سريعة للغاية (سنتحدّث أكثر عن الإيقاع لدى الحديث عن الإخراج والمونتاج)، لكنّها ليست غامضة بالدرجة نفسها، وفي الوقت نفسه فإنّ القصّة ليست بأقل شاعرية من القصص الأخرى.

ربط السيناريو حياة الشخصية بالمجتمع الفرنسي وبالمجتمع الأوروبي، والحياة الجديدة التي تنتظر الفرنسيين وذلك عبر تأليف زوج البطلة، وهي تالياً للنشيد الرسمي السياسي للاتحاد الأوروبي، وفي هذه الجزئية يتمثّل صراع البطلة مع نفسها ومع المعايير الجديدة المتوقّعة نتيجة الاتحاد الأوروبي، عندما ترفض البطلة إكمال المقطوعة، ويمكن تحليل هذا الرفض من ناحيتين، الأولى هي الناحية السياسية المذكورة في الأعلى والمتعلّقة بالاتحاد الأوروبي، والثانية هي رفض ضمني لاستمرار حياتها أيضاً.

هنا، في هذا الفيلم، كما الأفلام الأخرى، عملية بحث طويلة عن شيء ما، والبحث في الثلاثية الفرنسية يختلف كلياً عمّا بحث عنه كيشلوفسكي في الأفلام الثلاثة الأولى، لكن الاختلاف يكمن، في تأثّر البحث بشكل وتفاصيل وحياة الشخصيات مهما بلغت القوّة الدافعة لها للتغيير، إذ دائمًا هناك نوع من القيود التي لا تتكسّر لدى الإنسان.

المراجع:

1- Ostria, Vincent 1992. Krzysztof Kieslowski: Wolnosci nie ma. [Krzysztof Kieslowski: There is no Freedom.] Kino 8, 10–11.

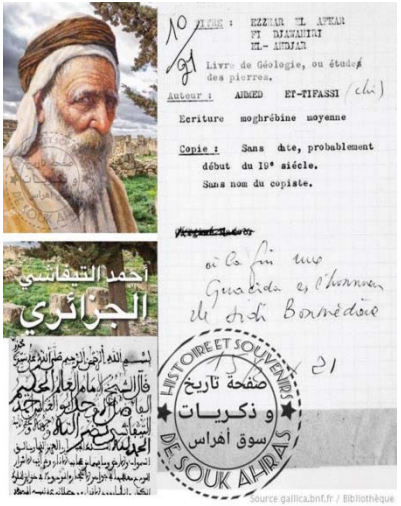
[2]- Plantinga, Carl, Rhetoric and Representation in Nonfiction Film. Cambridge: Cambridge University Press, 1997, P147

[3]- Nichols, Bill, Representing Reality: Issues and Concepts in Documentary.Bloomington: Indiana University Press, 1991, P 134

[4]- Sobchack, Vivian, The Address of the Eye. Phenomenology of Film Experience, Princeton: Princeton University Press, 1992, P181

[5]- Sobchack, Vivian, The Address of the Eye. Phenomenology of Film Experience, Princeton: Princeton University Press, 1992, P182

[6]- Sobchack, Vivian, The Address of the Eye. Phenomenology of Film Experience, Princeton: Princeton University Press, 1992, P199.



الأحجار ومنافعها

لدى عطارد بن محمّد الحاسب والتيفاشي

محمّد علي حبش

يحفل التراث العربي بكثير من الأسس العلمية والفلسفية لعلم المعادن، ويعتقد المؤرّخ الأمريكي "جورج سارتون" في كتابه « تاريخ العلم» أنّ عطارد بن محمّد الحاسب (ت: 206هـ، 821م)، هو مؤلّف أقدم كتاب عربي في علم المعادن، وهذا الكتاب هو كتاب (منافع الأحجار)[1]، فيه ذكرٌ لأنواع الجواهر والأحجار الكريمة، ودراسة لخواص كلّ منها، كما ذكر الرازي هذا المؤلّف في كتابه (الحاوي).. وهناك من العلماء من يعزو كتاب الأحجار لأرسطو إلى أصل سوري أو فارسي، وكتبت النسخة العربية منه في أخريات القرن الثاني الهجري، وعلى الرغم من قلّة المادّة العلمية فيه، إلّا أنّها تعكس آراء المسلمين عن المعادن في ذلك الوقت.

تحدّثنا في مقالات سابقة عن المعادن وعلم التعدين لدى جابر بن حيان، والبيروني، وأخوان الصفا، والرازي والكندي وابن سينا، والحسن بن أحمد الهمداني..

هذا مقال نفرده للحديث عن المعادن وعلم التعدين لدى عطارد بن محمّد الحاسب، وشهاب الدين أبي العباس أحمد بن يوسف التيفاشي، حيث ندرس كيفية تناولهما الأحجار في مؤلّفيهما: (منافع الأحجار).. و(أزهار الأفكار في جواهر الأحجار).

أولاً- من هو عطارد بن محمّد الحاسب؟

هو عطارد بن محمّد البابلي البغدادي (ت: 206هـ/ 821م)، حاسب منجّم.. وكان أوّل من ألّف كتاباً في الأحجار باللغة العربيَّة، وهذا الكتاب هو (منافع الأحجار)، ذكر فيه أنواع الجواهر والأحجار الكريمة، ودرس خواصَّ كلٍّ منها، وقد ذكر الرازي هذا المؤلَّف في كتابه (الحاوي)... وأورد خير الدين الزركلي عنه أنّه: «عطارد بن محمّد البابلي البغدادي: حاسب منجّم، ونقل عن ابن النديم قوله: «كان فاضلًا عالمًا،وذكر كتبًا له، منها «العمل بالأسطرلاب» و«تركيب الأفلاك»، وزاد صاحب الهدية: «فصول في الأسرار السماوية»، وبقي مخطوطًا من تصنيفه «الأنوار المشرقة في عمل المرايا المحرقة»[2].

وقال القفطي في كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء: «عطارد بن محمّد الحاسب رجل مشهور بأنواع علوم الهيئة مذكور في وقته مصنّف وَلَهُ من التصانيف كتاب: تركيب الأفلاك، كتاب المرايا المحرقة»[3].

وذكره المجريطي باسم: (عطارد البابلي) حين تحدّث عن كتابه «سر الأسرار»[4]، وسمّاه البغدادي (الحاسب البابلي، المنجم البغدادي)[5]، ومن المحتمل أن يكون عطارد اسمًا مستعارًا اختاره عطارد لنفسه؛ لأنّ عطاردًا هو إله الحكمة والكتابة لدى أكثر الأمم القديمة، وقد عرفه العرب باسم (الكاتب)، وعلى أية حال فإنّ نسبته إلى بغداد تدلّ على أنّه كان من علمائها المبرزين.

سكت الأقدمون عن تحديد سنة وفاته، وإنّ كان يفهم أنّه من أهل القرن الثاني الهجري (الثامن الميلادي)، وحدّدها البغدادي في هدية العارفين، مع أنّه متأخّر جدًّا، ولم يذكر مصدره على عادته..

لعطارد محمّد الحاسب تصانيف عدّة، فُقِد معظمها، ولم يسلَمْ منها إلّا قليل، ووردت عناوين بعضها في عدد من مؤلّفات الأقدمين، ومنها: (تركيب الأفلاك، العلل السماوية، الجفر الهندي[6]، تفسيره، العمل بالأسطرلاب، العمل بذات الحَلَق، المرايا المحرقة، سرّ الأسرار، أو الفصول في الأسرار السماوية، محنة المنجّمين، في النظر فيما يكون في العالم يومًا بيوم).

ورد في الفهرست لابن النديم: «عطارد بن محمّد: الحاسب المنجم وكان فاضلًا عالمًا، وله من الكتب كتاب الجفر الهندي تفسيره، كتاب العمل بالأسطرلاب، كتاب العمل بذات الحَلَق، كتاب تركيب الأفلاك، كتاب المرايا المحرقة»[7].

وجاء في هدية العارفين تحت تسمية البابلي: «عطارد بن محمّد الحاسب البابلي المنجّم البغدادي المتوفّى سنة 206 هجرية، صنّف تركيب الأفلاك، فصول البابلي في الأسرار السماوية، كتاب الجفر الهندي تفسيره، كتاب العمل بالاسطرلاب، كتاب العمل بذات الحلق، كتاب المرايا المحرقة»[8].

تكشف عناوين هذه التصانيف، ومحتويات ما تبقّى منها، عن أهمّيتها غير العادية في تاريخ التراث العلمي العربي؛ فإنّ تناولها موضوعات علمية محضة في هذه الحقبة المبكرة (النصف الثاني من القرن الثاني للهجرة)، يثير جملة أسئلة عن مصادر معلومات عطارد نفسه، واللغات التي كتبت بها تلك المصادر، وتواريخ نقلها إلى العربية، ممّا يوضّح أمر تحديد زمن اتصال تلك المصادر وسبله بالفكر العربي الإسلامي.

كما أن تنوّع مؤلّفاته يدلّ على طبيعة اهتمامات عصره العلمية فيما عرف بالعلوم

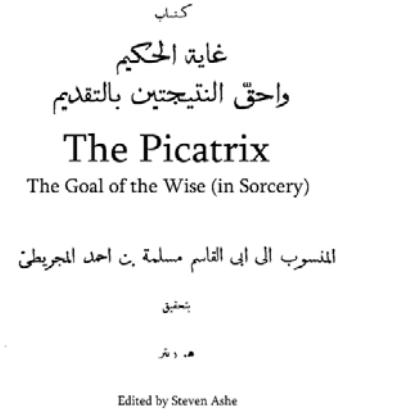
الدخيلة، واتجاهات الثقافة الأولى بوجه عام، فإذا استثنينا كتابه (المرايا المحرقة)، وهو في علم فيزياء الضوء، وربّما كان الهدف من تأليفه عسكريًّا محضًا[9]، فإنّ كتبه الأخرى تبحث في موضوع واحد تقريبًا، هو الفلك والتنجيم..

ثانياً- كتاب منافع الأحجار لـ«عطارد»

لدى البحث عن مؤلّف «منافع الأحجار» لعطارد بن محمّد الحاسب، لم نجد سوى دراسة أعدّها الباحث عماد عبد السلام رؤوف (كلية التربية – جامعة بغداد)، وهي بعنوان: منافع الأحجار، دراسة في أوّل مخطوط عربي في علم الأحجار الكريمة، نشرتها مجلة المورد (وهي مجلة محكّمة)، صدرت عن وزارة الثقافة والإعلام، دائرة الشؤون الثقافية، المجلد رقم 15 – العدد الأول، شهر شباط 1986، العراق- بغداد، الصفحات (85-96).. ومنها استقينا معظم المعلومات عن خبايا هذا المخطوط (منافع الأحجار).

وتبيّن أنّ هذا الكتاب تردّدت الإشارة إلى عنوانه في بعض الكتب، دون الخوض في تفاصيل ما ورد فيه، فالمجريطي كان أوّل من أشار إلى هذا الكتاب، حين لخّص فقراته في كتابه: (غاية الحكيم، وأحق النتيجتين بالتقديم) في الفصل العاشر بعنوان (في الأحجار)، ثم نوّه به البيروني في (الجماهر في معرفة الجواهر)، حين قال في ذكر حجر الباذزهر، وهو حجر معدني على ما ذكره الأوائل وإن لم يفصّلوا صفاته وعلاماته، إذ ينقل عن عطارد بن محمّد قوله عن هذا الحجر: "إذا وضع قبالة الشمس عرق وسال منه الماء وأظنّه همرا"[10].. كما أشار إليه البيروني حين تحدّث عن حجر الألماس، في الكتاب نفسه حين قال: «ومن قلّه تميّز **عطارد** بن محمّد أنّه ذكر في كتابه الألماس وأنه لا يعمل فيه شيء، ثم نسي ذلك وأمر بنقش امرأة على فص منه قائمة على أربعة أفراس بيدها اليمنى مرآة، وفي اليسرى مقرعة، في رأسها سبع شعاعات، فيا ليت الراوي أشار إلى حجر يعمل منه ذلك فيه وكأنّه ظنّ أن بالأسرب ينقش ذلك عليه وقد وصف انقياده له»[11]..

منافع الأحجار


كتاب
غاية الحكيم
واحقّ النتيجتين بالتقديم
The Picatrix
The Goal of the Wise (in Sorcery)
المنسوب الى ابى القاسم مسلمة بن احمد المجريطى
بتحقيق
Edited by Steven Ashe

لكن هـذا النقد لم يحُـلّ دون نقـل المتأخّرين منـه، فاعتمـده أحمـد بـن عوض المغربـي، وهو مـن أبرز علمـاء القـرن الحادي عشـر الهجري، في كتابـه: (قطـف الأزهار في خصـائص المعادن والأحجـار)[12]، وأشـار إليه حاجـي خليفة (من أهل القرن نفسه) دون أن يذكر اسم مؤلّفه، فقط أورد اسم الكتاب (منافع الأحجار)[13].

ويذكـر الباحث د.عماد عبد السـلام رؤوف أنّ: "حظ هذا الكتاب أحسن من حظ غيره، فقد حفظت لنا خزائن الكتب في العالم بعض نسخه، منها نسخة في خزانة كتب آيا صـوفيا باستانبول برقم (3610) كتبـت برسـم السـلطان قايتبـاي، سـلطان مصـر والشـام (872 - 910هـ/1471 - 1496م)، وهي بخـط نسـخ متقن مشـكول مذهب، تمّ نسـخها على يد محمد بن أحمد الفرنوي في مسـتهل شـعبان سنة 888هـ/1483م، ووقفهـا علـى الخزانـة المذكورة السـلطان العثمـاني محمـود خـان الأول، وثانية في بعض الخزائن الخاصة بالهند، وثالثة في خزانة كتب بانكبـور بالهنـد أيضًـا برقـم (2217)، وترقى إلى القرن التاسـع الهجـري (الخامس عشـر للميلاد)، ورابعـة في المكتبـة الوطنيـة بباريس برقـم (2782 عـرب)، كمـا توجـد في مكتبـة الإمـام الحكيـم في النجف قطعة من نسخة مختصرة من الكتاب"[14]، ولقد اعتمد الباحث د.رؤوف نسـخة باريس في إعداد دراسته هذه[15].

يميّز د.عماد عبد السـلام رؤوف في دراسـته لمخطوط (منافع الأحجار)، الذي وصـفه بأنّه أول مخطـوط عربي في علـم الأحجار الكريمة، سـتة أقسام رئيسة في كتاب منافع الأحجار، هي:

القسم الأول: لم يصرّح بمصدره.

القسـم الثـاني: «شـيء يختصّ بأمّهـات الأحجار».

القسـم الثالـث: «كتـاب الأحجـار السـبعة ومـا نفـع منهـا في اختـلاف ألوانها مأخـوذة من كتـاب اوجايقـي».. وفي آخره: «تم كتـاب الأحجار والفصوص».

القسـم الرابع: «خواص الأحجـار والنبات»، ينتهـي بقولـه: «تمّ كتـاب الأحجـار والفصـوص لعطارد بن محمّد»، فهذا القسـم هو آخر أقسـام الكتـاب، ويظهر أنّه تقدّم بسـبب خطـأ من مجلّد النسخة التي نقل عنها ناسخ المخطوطة المذكورة.

القسـم الخامس: «كتـاب اوجايقـي في الطلسـمات».. ومكانه الصحيح بعد القسم الثالث مباشرة للسبب المذكور نفسه.

ويقول رؤوف عن أسـس الكتـاب النظرية أنّها تقوم -على الرغم من اختلاف مصـادرها- على التأليـف بـين جملـة مـن المعـارف والاعتقـادات الشائعة لدى الشعوب القديمة في الفلك والتنجيم والجيولوجيـا والصـيدنة والسـحر، فهـو بذلـك

يكشف عن مرحلة أولى من مراحل نشأة هذه العلوم، وخاصّة في الحقبة التي لم تكن توضّحت فيها الفروق بين كلّ علم وآخر.

ويمكن تلخيص أول أسس الكتاب بأنّ للكواكب والأجرام السماوية الأخرى حركات مختلفة، تؤثّر على عناصر العالم الأساسية، ومنها تؤدّي إلى تكوين أنواع الأحجار في باطن الأرض، يقول عطارد: «إنّه لما كانت الأشخاص العلوية بحركتها مؤثّرة في جميع عالم الكون والفساد، وأنّه عن حركتها تتلقّح المعادن وتحمل في أرحامها أنواع الجواهر المائعة والجامدة والجارية، ويتولّد النامي والماشي، ويأتلف المتفرّق ويتفرّق بعد الائتلاف والاجتماع ويفسد بعد الكون»[16].

إن تقسيم عطارد أنواع الجواهر إلى المائعة والجامدة والجارية يشبه تقسيم أرسطو لها إلى السائلة والجامدة والجارية، وقوله: النامي والماشي يشبه قول أرسطو: النامي والسالك... وهذا التشابه الشديد يؤكّد أنّ كتاب أرسطو المذكور نقل إلى العربية في حياة عطارد.

حاول عطارد أن يضفي على كتابه طابعًا مشوّقًا غامضًا، فلم يشر إلى المصادر الحقيقية التي استقى منها أفكاره، وإنّما أشار إلى مصادر أسطورية قديمة صرّح بعناوينها وأسماء مؤلّفيها في مقدّمة كتابه، وهي: «كتاب الأحجار تأليف هرمس الحكيم[17]، كتاب الطلسمات للحكماء السبعة"[18].

احتوى كتاب (منافع الأحجار) لعطارد أسماء ما يزيد على أربعين حجرًا، سجّل عليها ملاحظات قليلة لكنها تدلّ على دقّة ملاحظته، من ذلك أنّه «أوّل عالم عربي يسجل خاصّيتين أساسيتين من خواص الأحجار، هما: خاصية الصلادة، حين وصف بعض الأحجار بالرخاوة مميّزًا إيّاها عن سواها من الأحجار غير الرخوة؛ أي: الصلدة، وخاصّية الدهنية، وهي التي عبّر عنها بالدسامة»[19].

ويقول الدكتور رؤوف عن المخطوطة التي درسها: «إنّ لمخطوطة **منافع الأحجار** أهمّية فنية غير عادية؛ لأنّها تحتوي على عدد من الصور التخطيطية غير الملوّنة، يبلغ عددها 35 صورة، وهي تمثّل ما يوصي المؤلّف بنقشه على فصوص الخواتم من أشكال مختلفة، ورغم معرفتنا بتأخّر نسخة باريس عن عهد المؤلّف بعدّة قرون، فإنّنا نرى أنّ هذه الصورة ما هي إلّا تقليد متقن للصور التي وضعها **عطارد** في نسخته الأصل، ودليلنا على هذا القول أنّ الصور تمثّل ركنًا أصيلًا من أركان الكتاب؛ لأنّها تحتوي على صفات سحرية لا يمكن أن تؤدّي مفعولها في حالة حدوث أي تغيير عليها»[20].

وفيما يأتي قائمة بأسماء الأحجار والمعادن الواردة في كتاب منافع الأحجار لعطارد بن محمّد الحاسب[21].

معجم بأسماء الأحجار والمعادن الواردة في كتاب (منافع الأحجار)

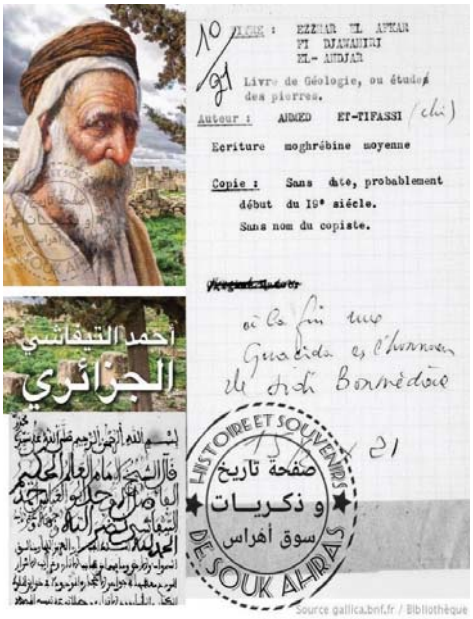
اسم الحجر والمعدن	ملاحظات عطارد
ابريطس	يشبه الهر الصغير، يشبه لون المها وربّما ضرب إلى صفة غبراء.
ابقاطوريون	
ابنرقس	
روس	
ارومس	
اسانوس	حجر قاتل

اسبارس	أسود اللون، وهو جنسان: أسود مظلم، وأسود مشرق
الأسرب	
الاسطريس	حجر أبيض رخو دسم يشبه الرخام، يكون من معادن الجزع، وتستعمله الصاغة أيضًا
اطاطيس	
افوديطس	
اقرويس	
اتسانيس	
اماطاطليس	حجر أحمر
امينونيس	هو الخمست
الآنك	هو الأسرب
انيطس	هجر هرمس
اعليابوطيس	هو الكهربا
البجادى	
البلور	
الجزع	
الجزع الأبيض	يزيد بياضه بزيادة نور القمر
الجزع الأسود	
حجر الدم	هو الشادنج
الحديد	
الخمست	
دوريق	هو فرسطاليس، وهو المها
الذهب	
الرخام الأبيض	
الرصاص الأسرب	

ساروس	هو اللازورد
السبج	هو الحجر الصافي
سلانيطس	كشعاع الشمس، وهو ثمين يضيء بالليل حتى يغني عن ضوء المصباح
سليطس	هو جزع اسو
السنباذج	
الشب	هو حجر الغلبة
الشبه الأصفر	
القلعي	
الطلق	إذا أخذ فصير في خل حريف لان وصار كالعجين، إذا جعل مع الرصاص وأدخلا النار ذابا جميعًا
العقيق	
العقيق الأحمر	
الفضة	
الفيروزج	
القاطوى	
الصرون	
اللازورد	أجوده ما كان فيه خطط حمر ذهبية
الماس	
المرقشيتا	
المغناطيس	الحجر الذي يجذب الحديد
المها	
النحاس	
النحاس الأحمر	

ثالثاً- من هو التيفاشي؟

جاء بعد البيروني عالم المعادن العربي شهاب الدين أبو العباس أحمد بن يوسف التيفاشي[22] وهو عالم من تراثنا العربي من القرن السادس الهجري، ولد في تيفاش[23]، وكان لإسهاماته العلمية الأثر العظيم على نشأة علم المعادن الحديث في أوروبا، فقد ألّف في علوم لم يُسبق إليها كعلم الجيولوجيا وعلم الأرصاد الجوّي وتاريخ وجغرافية الأنهار وغيرها... وتميّزت مصنّفاته بالدقّة العلمية والموضوعية، واعتمد في منهجه العلمي على الملاحظة والتجربة. وما زال جزء من مؤلّفاته قابعاً في مكتبات متفرّقة من العالم كمكتبة الكونغرس الأمريكي، ومكتبة جامعة أكسفورد، ومكتبة باريس، ومكتبة هولندا، ومكتبة اسطنبول بتركيا، وغيرها. تنتظر من يبعث فيها الحياة[24].

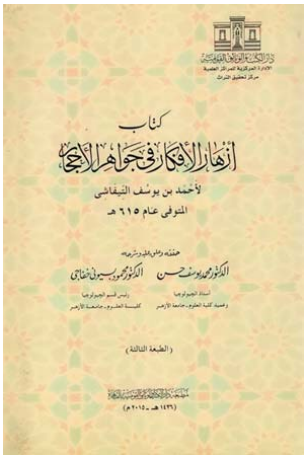


من كتبه المؤلَّفة في المعادن وخصائصها: كتاب: «أزهار الأفكار في جواهر الأحجار» الذي ألّفه في مصر سنة 641 هـ، وتحدَّث فيه عن الصخور الزجاجية المعروفة باسم «الأنبا زهر» بعدّها كلمة فارسية تعني روح السم، وهناك طبقات من الرقاقة في أصلها طبقة بعد طبقة، ولا يوجد سوى ذلك، وهي تحكّ بسرعة إذا خدشت، وتلامسها من أجل البياض... والحيوان الذي نجده فيه هو الغزال...».

قضى التيفاشي بقية حياته بمصر يصحب ويجالس العلماء والأدباء، يتبادل معهم المناقشات العلمية والفكرية ويتناشدون الأشعار، ويدوّنون الأخبار، ولم يتوقّف عن الكتابة والتأليف حتى أصيب بالصمم وضعف البصر في السنوات الأخيرة من عمره، وكانت وفاته رحمه الله في سنة 651 هجرية بالقاهرة ودفن بمقبرة باب النصر[25].

رابعاً- كتاب: أزهار الأفكار في جواهر الأحجار»

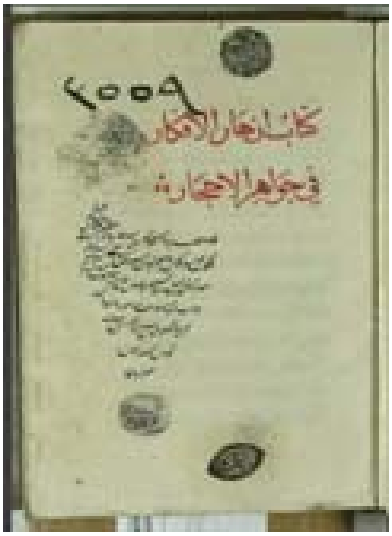
تميّز التيفاشي بنزعة علمية متحفّظة، إذ كان يردّ الكثير من الخرافات والأساطير التي كان يزخر بها التراث والكتابات اليونانية، وإذا اضطر إلى إيراد شيء منها كان ينسبه إلى مرجعه، كما كان ميالاً إلى التجريب بنفسه، والحصول على نتائج بحوثه، وكذلك كانت لديه موهبة الوصف الدقيق للأشياء، وعموماً كان له منهج يقوم على التجربة والملاحظة الشخصية والواقعية والأمانة في النقل وتسجيل الحقائق والنتائج العلمية.



يقـوم تصـنيفه العلمـي للمعادن على أسـاس تشـابه الخواصـ، أي ضـم المعـادن المتقاربـة في فصـل واحد، وقد كان العلماء من قبله يصـنّفون المعادن وفق الترتيب الأبجدي، إذ كانوا لا يعرفون شـيئاً عن تركيـب المعادن! وكانوا لا يعرفون شـيئاً عن الخصائص الفيزيائية الحقيقية لها باستثناء اللون، كما وضع نظريات في أصل تكون الخامات.

ولما كان العرب أوّل من عرف التشـقّق، وسَمُّوا الشـقوق الرفيعة في الأحجار الشـعيرات، وعرفوا الثقـل النوعـي وأجـروا الاختبـارات الكيميائيـة علـى المعـادن والجواهـر، وعالجـوا بعضـاً منها بالأحماضـ، فقـد كان التيفاشـي أوّل من شـرح ظواهر التشـقّق، والتسـويس، والطرائق، وغيرها مـن الظواهـر في علـم المعـادن، والتشـقّق هـو التشـعير، والطرائـق هـي التوأمـة حيـث تكـون البلّـورة مـن توأمـين أو أكثر، علاوة علـى أنّه أوّل من اسـتخدم اختبار اللهـب في التحقّق من جوهر المعدن أو الحجر الكريم. وأوضح التباين في سلوك الضـوء بعد مروره خلال المعادن المختلفة انكساراً وتشـتيتاً، وكان يسـمّي الظاهرة كلّها الشعاع، وقد ميّز منه الشـعاع العادي والشـعاع العظيم، وشرح ظواهـر أخـذت في مـا بعد أسـماء حديثـة، مثل: التكوّن الثنائي الذي يميّز بلّورات الياقوت الداكنة الألوان من غيرها من المعادن الملوّنة[26].

خلّف التيفاشـي تراثاً موسـوعياً ضـخماً شمل موضوعات شتّى، في علوم البلدان، والمعادن، والطب، والأدب، والشـعر، والفنون، كما نبغ أساسـاً في علم «الجيولوجيـا» (Géologie)، وبصـفة خاصـة في الدراسـات والبحـوث المتصـلة بـ"علـم المعادن"، و"الأحجار" (Minéralogie)، لكنّه أحاط أيضاً إحاطة واسـعة بعلـوم الجغرافيا والأرصـاد الجوّية وألّف فيها، يعود له شرف السبق بوضع أوّل تصنيف علمي صـحيح للمعادن، وهذا التصنيف يعدّ أساس التصـنيف العلمـي الحديث المعمول به في عصـرنا الحـالي. كما اهتـمّ بالبحث في أصـول المعادن التي تناولهـا بالدراسـة، ودأب في مؤلّفاتـه عـن المعادن والأحجار، على محاولة تفسـير أسـباب وجودها في الطبيعة، وممّا يُحسـب له أنّه وضـع نظرية خاصّـة بأصـول بعض المعادن الثانويـة تتفق في جوهرها مع النظريات الحديثة في هذا المجال.



ومن مؤلّفاته في الجيولوجيا وعلم المعادن: «أزهار الأفكار في جواهر الأحجار»[27]: وهو كتاب في علم المعادن، ورد ذكره في كتاب «كشف الظنون» لحاجي خليفة (ت: 1067ه)، وقد انتهى من تأليفه سنة 640ه (1242م)، يقع في خمسة وعشرين فصلاً، يختصّ كلّ فصل بدراسة معدن من المعادن. وقد درس كلّ نوع من حيث: تكوّن الحجر في معدنه، جيّده ورديئه، خواصه في ذاته، قيمته وثمنه.

طُبع أوّل مرّة سنة 1818م مع ترجمة للغة الإيطالية، بمطبعة مدينة فلورانسا من طرف الكونت الإيطالي «رينريه بيشيا»، وهي طبعة ناقصة عن النسخ الخطّية الموجودة في خزائن العالم، منها نسخة بمكاتب القسطنطينية كتبت سنة 695ه، وعدّد «بروكلمان» ما يربو عن عشرين مخطوطة لهذا الكتاب بالمكتبات المختلفة عدا ما لم يره، مثل: مخطوطة مكتبة الكونغرس الأمريكي وغير ذلك. وقد أعيد طبعه سنة 1977م من طرف الهيئة المصرية للكتاب بالقاهرة، وهي طبعة منقّحة ومحقّقة ومذيّلة بتعليقات مهمّة للدكتور محمّد بسيوني خفاجي.

يعدّ هذا الكتاب أكثر دراسة مفصّلة ومكتملة عن الأحجار وخصائصها في العصور الوسطى، ألّفه التيفاشي، (ما بين 1253-1184)، ودرس فيه 25 حجراً، (بينما سجل عطارد أسماء ما يزيد على أربعين حجرًا، سجّل عليها ملاحظاته) وقد خصّص التيفاشي فصلاً لكلّ منها، وهي: (في الجوهر، في الياقوت، في الزمرد، في الزبرجد، في البلخش، في البنفش، في البجادي، في الماس، في عين الهر، في البازهر، في الفيروزج، في العقيق، في الجزع، في المغناطيس، في السنباذج، في الدهنج، في اللازورد، في المرجان، في السبج، في الجمشت، في الخماهان، في اليشم، في اليصب، في البلور، في الطلق).

يبدأ كلّ فصل بمناقشة أصل الحجر، ويتبعه وصف للعوامل التي تتسبّب في تكوينه وموقع المناجم الرئيسة التي يتواجد بها وتحليل لخصائصه الفيزيائية الأساسية، بما في ذلك الصلابة.

يقدّم الكاتب بعد ذلك قائمة بالاستخدامات الطبّية والسحرية للحجر، ويناقش قيمته وسعره في السوق، أخذاً بعين الاهتمام الدرجات المختلفة للنقاء والخصائص البصرية للأحجار التي كانت متاحة للبيع في وقته.. وهذا ما لم يتطرّق له عطارد بن محمّد الحاسب.

تمّ تأليف كتاب العالم التيفاشي وفقاً لمنهج علمي تجريبي متقن، إذ استهلّ كتابه بمقدّمة تدلّ على معرفته الموسوعية، فنجده يقول: «هذا كتاب غريب الوضع، عجيب الجمع عظيم النفع، ضمّنته ذكر الأحجار الملوكية التي توجد في خزائن الملوك وذخائر الرؤساء ممّا لا يستغنى عن اقتنائه ملك كبير ولا وزير خطير لما يشتمل عليه من عظيم المنافع وعجائب الخواص. ولم أشرك بها شيئاً من الأحجار القديمة المنافع ولا أذكر شيئاً من الأحجار الشاذّة المتداولة في أيدي العوام العارية عن الخواص الجسام والمنافع العظام ولا أشرك بها ذكر شيء من الأحجار الشاذّة الأسماء النادرة الوقوع المتعذّرة الوجود، إذ كان ذلك ممّا لا طائل في ذكره وإنّما ينتفع بذكر الحاصل في الوجود لا الداخل في خبر المعدوم المفقود».

وفي منهجه التجريبي، اعتمد في كثير من المعلومات التي أوردها في كتابه على التجارب

وتدوين مشاهداته، مثل: إجراء العديد من الاختبارات الكيميائية للمعادن والأحجار الكريمة، كمعالجتها بالأحماض والخل، كما في باب الجوهر، حيث ذكر ما نصّه: «ماء حماض الأترج يحلّ الجوهر إلّا أنّه يحلّه خاثراً».

وكذلك تجارب التسخين على النار أو التكلّس، واستثنى أنواعاً من الأحجار بعينها من الخواص النافعة إلّا من خاصّية معيّنة حدّدها بنفسه من التجربة المتكرّرة، وهو أمر علمي أقرّته العلوم الحديثة يتجنّب فيه الباحث حدوث خطأ في التجربة أو الفحص والتحليل لعيّنة واحدة بتعديد عدد العيّنات الخاضعة للفحص وكذلك عدد التجارب، ومن ثَمَ عمل متوسّطات للنتائج أو التأكّد من تأثير معيّن بالإثبات أو النفي، ومن ذلك على سبيل المثال لا الحصر ما ذكره في باب البازهر قائلاً: «وهذا النوع منه أبيض وفيه نقط من ألوان صفر وغير ذلك من الألوان، وليس لشيء منه نفع في السموم أصلاً، وهو حجر رخو المحك أبيض الحكاكة سريع الانحكاك ليس له خاصية ولا نفع إلّا أنّه يحكّ بالماء ويطلى بما انحك منه موضع الضربة أو السقطة الوارم المتغيّر اللون بالزرقة والسواد فيبرؤه ويفشّ ورمه ويزيل ألمه ويردّ لونه إلى اللون الطبيعي في أسرع وقت حتى لا يكاد يتأخّر فعله في ذلك عن يوم وليلة لا أكثر، جرّبت ذلك بنفسي غير ما مرّة فوجدته كما ذكرت لك».

أيضاً ما ذكره في باب الفيروز قائلاً: «الفيروز إذا أصابه شيءٌ من الدهن أفسد حسنه وغيّر لونه؛ وكذلك العرق يفسده ويطفئ لونه بالكلية، وقد وقفت علي ذلك منه بالتجربه».

بذلك يكون التيفاشي من أوائل العلماء الذين طبّقوا المنهج التجريبي في علم المعادن، وليس ذلك فحسب، وإنّما اعترض على بعض ما أورده سابقوه بعد نقله عنهم، مثال ما ذكره في باب الفيروز أيضاً ونصّه: «وأمراء برابرة المغرب وقوّادهم يطلبونه ويتغالون في ثمنه، وربّما بلغوا الفصّ منه عشرة دنانير مغربية ويجعلونه في أسلحتهم ويتختّمون به كثيراً ويزعمون أنّه يدخل في أعمال الكيمياء».

يؤكّد المنصفون من مؤرّخي العلم الأوربيين، أنّ هذا الكتاب كان له الأثر العظيم على نشأة علم المعادن الحديث في أوروبا على يد الفيزيائي الألماني «جورجيوس أغريكولا» (1555-1494م)، (وهم يؤكّدون أيضاً أنّ بعض العلماء الأوربيين اقتبسوا الكثير من أبحاث التيفاشي ونظرياته التي حفل بها هذا الكتاب، ونسبوها لأنفسهم من دون الإشارة إلى صاحبها الأصلي".

أيضاً له مؤلّف بعنوان: "الأحجار التي توجد في خزائن الملوك وذخائر الرؤساء"، رتّبه على 35 باباً، ذكر فيها 35 حجراً، تكلّم على كلّ منها بخمسة أوجه، تكوّنه وتكوّن معدنه، وجيده ورديئه،

وخواصه وقيمته، طبع قسم منه في الأحجار الكريمة والجواهر في مدينة أوتراخت على نهر الراين في هولندا سنة 1784م".

ومن كتبه أيضاً في علم المعادن والجيولوجيا، "خواص الأحجار ومنافعها": توجد نسخة منه بباريس وهي نسخة مبتورة وناقصة، ووفق ما يبدو من عنوانه فهو يذكر خواص الأحجار سواء الكريمة منها وغيرها وفائدة كلّ نوع ومنافعه[28].

خلاصة القول: لقد أغنى التيفاشي المعرفة الإنسانية بمؤلّفات علمية دقيقة في علوم لم يُسبق إليها، وهي مؤلّفات قدّمت الكثير للغرب خاصة، فكتبه في علم الجيولوجيا كان لها الأثر العظيم في نشأة هذا العلم عند الغرب، كما أنّ منهجه اتّسم بالعلمية والموضوعية وهو الأساس الذي تقوم عليه العلوم، فقد كان يعتمد على الملاحظة والتجربة لاستخلاص النتائج، لذلك جاء تصنيفه للمعادن وحديثه عن خصائصها دقيقاً ومبنياً على أساس علمي.

خامساً- أراء في المنهج التجريبي للتيفاشي:

أ- في كتابه (المنهاج التجريبي عند التيفاشي بالاستناد إلى كتابه أزهار الأفكار في جواهر الأحجار)[29] يؤكّد المؤلّف: زاهد خلف الروسان منهج التيفاشي التجريبي، إذ يقول: «اتّضح لنا بأنّ منهجه الذي اتّبعه في معالجة الأحجار الكريمة كان تجريبياً يعتمد الخطوات العلمية الآتية: الملاحظة والفرضية والتجريب، وذلك وصولاً إلى القانون؛ الأمر الذي جعله يتّسق إلى حدٍّ ما مع خطوات المنهج العلمي الحديث، على الرغم من اختلاف العصور والظروف والوسائل والتقنيات».

وتوصّل الباحث الروسان من خلال منهج التيفاشي إلى مجموعة من الحقائق، منها: «نظريته في القيمة والمنفعة، التي مفادها أنّ الشيء يحمل قيمة أو منفعة بقدر ما يكون مرغوباً فيه، والمرغوب فيه هو الذي يتضمّن معنى الاستحسان والزينة والتجمّل، وذلك لوجود خاصّية حسنة وجميلة في الشيء، فإذا لم يوجد في الشيء أو كانت ثم انعدمت، فإنّ ذلك يؤدّي إلى انخفاض قيمة ثمن الجوهر. وهنا نلمس لدى التيفاشي ليس فقط ربطه بين «المنفعة» وبين «القيمة الجمالية» بل إيمانه بمبدأ السببية، ويبدو هذا المفهوم في حديثه عن المعادن حين خصّص لكلّ معدن من المعادن فصلاً قصيراً يبيّن فيه جملةَ تكوّنه، كما يبدو هذا المفهوم كذلك حين يتحدّث عن تأثير المعادن أو الأحجار في حياة الإنسان. ومن نظرياته الأخرى يمكن أن نذكر نظريته في تكوّن رواسب البرقة، ونظريته المتعلّقة بالكثافة النوعية العالية للياقوت، وغيرها كثيراً».

لقد وضع التيفاشي كتابه على منهج موحَّد في وصف المعادن والأحجار الكريمة التي أوردها؛ وقد التزَم بذكر ستَّة موضوعات محدَّدة يتعرّض لها بانتظام عند دراسته لكلِّ معدن أو حجرٍ من المعادن الـ(25) التي ذكَرها، وهذه الموضوعات هي: علَّة تكوّنه في معدنه، معدنه الذي يتكوّن فيه، جيِّده ورديئه، خواصه في ذاته، خواصه في منافعه، قيمته وثمنه... إضافة إلى أنّه كان يُناقش لغة اسم الحجر أو المعدن.

وذكر التيفاشي نفسه أنّ كتابه يمتاز عن سابقيه بأنّه أورد ثمن الأحجار الكريمة، وبذلك يعمُّ نفعُها، وقد استنَد في كتابه هذا إلى الكتاب المنسوب لأرسطو، وبلينوس، والكندي، وابن الجزار، وغيرهم من علماء الأحجار، وقد طُبع هذا الكتاب مع ترجمةٍ إيطالية له في فلورنسا سنة 1818م.

وبلُغة العصر الحديث؛ فإنّ هذه الموضوعات تقابل الكلامَ عن: تكوّن المعدن «Genesis"، الوجود وأمكنته "Occurrence"، الخواص الطبيعية "physical Props"، الخواص الكيميائية "Chemical Props"، الاستعمالات "Uses"، الثَّمَن "Price".

ب- يورد المؤرّخ ابن العديم في كتابه بغية الطلب في تاريخ حلب معلومات عن أحمد بن يوسف أبو العباس التيفاشي القاضي، فيقول: «تيفاش قرية من قرى قفصة إحدى بلاد إفريقية، وكان أبو العبّاس قاضي قفصة، وكان شيخاً حسناً فاضلاً، عارفاً بالأدب وعلوم الأوائل، وله شعر حسن، ونثر جيد، ومصنّفات حسنة في عدّة فنون كثيرة الفائدة. اجتمعت به بالقاهرة، وقد توجّهت إليها رسولاً، فوجدته شيخاً كيّساً، ظريفاً، حريصاً على الاستفادة لما يورده في تصانيفه ويودعه مجاميعه، وأوفقني على شيء من تصانيفه الحسان، وأهدى إليّ بخطّه منها كتاباً وسمه «بالدرّة الفائقة في محاسن الأفارقه»، وأنشدني مقاطيع من شعره. وذكر لي أنّه ولد بقفصة من بلاد إفريقية، وأنّه خرج وهو صبي، واشتغل بالديار المصرية على شيخنا أبي محمّد عبد اللطيف بن يوسف البغدادي، ورحل إلى دمشق وقرأ بها على شيخنا أبي اليمن زيد بن الحسن الكندي، وأحبّ المقام بها، ثمّ إن نفسه اشتاقت إلى الوطن، فعاد إلى قفصة، ثم إنّه حنّ إلى المشرق وطالبته نفسه بالمقام بدمشق، فباع أملاكه وما يثقل عليه حمله، وأخذ معه أولاده وزوجه وماله، وركب البحر في مركب اتّخذه لنفسه، ففرق أهله وأولاده، وخلص بحشاشة نفسه، وخلص عرب برقة بعض متاعه، فخرج معهم متفكّراً خوفاً منهم أن يهلكوه بسبب أخذ متاعه، وسبقهم إلى الاسكندرية، وتوصّل بعمل مقامة يذكر فيها ما جرى له في طريقه، وعرف الملك الكامل أبو المعالي محمد بن الملك العادل أبي بكر بن أيوب ملك الديار المصرية بذلك فكتب له إلى الاسكندرية بتخليص ماله، فخلص له منه جملة، ثم إنّه لما رحل الملك الكامل إلى آمد وافتتحها، توجه إلى دمشق، ومنها إلى حلب، ومنها إلى آمد، فوجد الملك الكامل راجعاً إلى الديار المصرية، فعاد معه إليها، وسكن بها. وذكر لي أنّ مولده بقفصة في سنة 580، وأنّ ولايته القضاء، كانت بعد رجوعه من المشرق إليها، وحكى لي غيره أنّ سبب عزله عن القضاء أنّه وجد في داره خمر، فعزل بسبب ذلك. وسمعت صاحبنا نور الدين أبا الحسن علي بن موسى بن محمّد بن سعيد يحكي أنّ أبا العباس التيفاشي لما حصل مع عرب برقة وخاف منهم، كتم نفسه، وسألوه من هو، ومن أين هو، وما صنعته؟ فقال لهم: أنا قواد، فقالوا: الله الأحد، وأنفوا منه، وكان ذلك سبب خلاصه منهم»[30].

استأنف التيفاشي بعد ذلك رحلاته العلمية، وكان هدفه الوحيد هذه المرّة هو دراسة علم المعادن والحجارة، وفي سبيل ذلك سافر إلى كلّ من أرمينية وبلاد فارس وتركستان وبلاد ما وراء النهرين والهند وسرنديب واليمن

والمغـرب والأندلس... حيث كان يقـوم بجولات ميدانية لاسـتخراجها والبحث عنهـا ومعاينتها ومحادثـة المتخصّصـين والمهتمّين بهـذا العلم، فـكان يدارسـهم ويناقشـهم ويقـوم بالرحلات الميدانيـة معهم مدوّنـاً كلّ ما يسـمعه منهم من أوصافها وعن أماكن تواجدها، كما كان يجالس التجّـار للتعـرّف علـى أثمانهـا وقيمتهـا. ودوّنَ كلّ ذلـك في كتابـه الشـهير: أزهـار الأفـكار في جواهر الأحجار... ويقول عن نفسـه: «إنّي امرؤ استنبطتُ العلوم وحذقت النجوم وطالعت جميع الكتب من العلوم بأسرها على اختلاف أجناسها وأصنافها».

الهوامش:

1 - ذكـره البيروني في كتابه (الجماهر في معرفة الجواهـر – صـ217) حـين تحـدّث عـن حجر (الشـاذنج)، حيـث قـال: «ولعطـارد بـن محمّد الحاسـب كتاب سـمّاه «منافع الأحجـار أكثر فيه من هـذا الباب»؛ (أي الشـاذنج)، وانتقده قائلاً: «إلّا أنّه خلطه بمثل العزائم والرقى فاسترذل كما رفض السغد في الخرز وحكاكها».

2 - خـير الدين بن محمـود بن محمّد بن علي بن فارس، الزركلي الدمشـقي: الأعلام، الناشر: دار العلم للملايين، طبعة خامسة عشر – أيار 2002، (ج4، ص236).

3 - جمـال الدين أبو الحسـن علي بن يوسـف بن إبراهيم الشـيباني القفطي: إخبار العلماء بأخبار الحكماء، المحقّق: إبراهيم شمس الدين، الناشر: دار الكتـب العلميـة، بيروت – لبنـان، طبعة أولى 1426 هجرية=2005 ميلادية، ص191.

4 - أبو القاسـم مسلمة بن أحمد المجريطي: غاية الحكيم وأحق النتيجتين بالتقديم، ص319.

5 - (هدية العارفين، استانبول 1951، 1/ 665).

6 - الجفر: علم قديم هدفه معرفة المستقبل أو التنبّؤ بالحوادث قبل وقوعها، وربّما معرفة الحوادث الماضية أيضًا، قال حاجي خليفة: "هو عبارة عن العلم الإجمالي بلوح القضاء والقدر، المحتوي على كلّ ما كان وما يكون كليًّا وجزئيًّا"، والجفر الهندي: "هو معرفة ذلك عن طريق التركيب العددي"، مصطفى بن عبد الله، الشهير بـ (حاجي خليفة): كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون، عُني بتصحيحه وطبعه وتعليق حواشيه: محمّد شرف الدين يالتقايا، ورفعت بيلكه الكليسى، طبع بعناية: وكالة المعارف بإسطنبول (1941م = 1360هـ) - (1943م = 1362هـ)، صَوّرتْه بالأوفست: (دار النشر الإسلامية ومكتبة الجعفري التبريزي بطهران)، (وعَنها) صَوّره كثيرٌ من الناشرين (كمكتبة المثنى ببغداد، ومؤسّسة التاريخ العربي ودار إحياء التراث العربي ببيروت)، ج1، ص ص592-591.

7 - ابن النديم: الفهرست، اعتنى بها وعَلّق عليها: الشيخ إبراهيم رمضان (دار الفتوى - بيروت)، الناشر: دار المعرفة، بيروت - لبنان طبعة ثانية 1417 هجرية=1997 ميلادية، ص338.

8 - إسماعيل باشا البغدادي: هدية العارفين أسماء المؤلفين وآثار المصنّفين، طبع بعناية: وكالة المعارف باستانبول 1951م، دار إحياء التراث العربي، بيروت-لبنان، عدد الأجزاء: 2 الجزء الأول، ص665.

9 - يقول حاجي خليفة حول تعريف علم المرايا المحرقة نقلاً عن أبي الخير: "هو علم يتعرّف منه أحوال الخطوط الشعاعية المنعطفة والمنكسرة والمنعكسة ومواقعها وزواياها ومراجعها وكيفية عمل المرايا المحرقة بانعكاس أشعة الشمس عنها ونصبها ومحاذاتها ومنفعته بليغة في محاصرات المدن والقلاع"، مصطفى بن عبد الله، الشهير بـ (حاجي خليفة): كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون، عُني بتصحيحه وطبعه وتعليق حواشيه: محمد شرف الدين يالتقايا، ورفعت بيلكه الكليسى، طبع بعناية: وكالة المعارف بإسطنبول (1941م = 1360هـ) - (1943م = 1362هـ)، صَوّرتْه بالأوفست: (دار النشر الإسلامية ومكتبة الجعفري التبريزي بطهران)، (وعَنها) صَوّره كثيرٌ من الناشرين (كمكتبة المثنى ببغداد، ومؤسّسة التاريخ العربي ودار إحياء التراث العربي ببيروت)، ج2 ص1652.

10 - أبو الريحان محمّد بن أحمد البيروني الخوارزمي: الجماهر في معرفة الجواهر، عالم الكتب، بيروت د.ت (ص201).

11 - أبو الريحان محمّد بن أحمد البيروني، المرجع السابق، (ص ص99-98).

12 - أحمد بن عوض المغربي: قطف الأزهار في خصائص المعادن والأحجار ونتائج المعارف والأسرار، تحقيق بروين بدري توفيق، سلسلة خزانة التراث، دار الشؤون الثقافية العامة، العراق، طبعة أولى 1990.

13 - كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون، مرجع سابق، ص1834.

14 – للاستزادة، راجع الدكتور عماد عبد السلام رؤوف: منافع الأحجار، دراسة في أوّل مخطوط عربي في علم الأحجار الكريمة، مجلة المورد، وزارة الثقافة والإعلام، دائرة الشؤون الثقافية، المجلد رقم 15 – العدد الأول، شهر شباط 1986، العراق– بغداد، ص ص87–86)..

15 – يقول الدكتور رؤوف: (تقع المخطوطة في 29 ورقة عدا ورقة العنوان، وقد كتب عليها بخط ثلث كبير ما يأتي: "كتاب خواص الأحجار"، وبحرف أصغر: "ومنافعها وما ينقش عليها من الطلسمات من المنافع والخواص الشريفة"... ويختلف عنوان مخطوطة آيا صوفيا عن هذا، فهو فيها: (كتاب الجواهر والأحجار)، وفي نسخة بانكبور (كتاب الأحجار والخرز ومنافعها).. أمّا المخطوطة نفسها فمكتوبة بخط النسخ الجيد، مشكولة الحروف في معظمها، وفي كلّ صفحة منها 11 سطرًا، يتردّد عدد كلمات السطر بين 6 و7 كلمات، وتحتوي بعض صفحات الكتاب على صور تخطيطية بالحبر لتوضيح فقرات معينة منه).

16 – وفق المخطوطة، التي درسها رؤوف– الورقة 2.

17 – يذكر الدكتور رؤوف في دراسته: "إنّ نسخة بانكبور تصرّح بأنّ هذا الكتاب ليس إلّا قسمًا من أقسام مصحف هرمس "المعروف بارحانيقي الجامع لذكر الأحجار والأشجار والطير والحيوان والحيتان ومنافعها"، في حين يفهم من نسخة باريس أنّهما كتابان مستقلّان مع اختلاف في رسم عنوان الكتاب الأخير، فهو فيها (اوجايقي)، ويبدو أنّ تحريفات مختلفة اعتورت هذا اللفظ الغريب في نسخ الكتاب الأخرى، ويذكره ابن النديم باسم (كتاب الادخيقي) عادًّا إيّاه من كتب هرمس في الصنعة، وهذا ما يتفق مع النص الوارد في نسخة بانكبور، وهو "كتاب البرابي والأحجار لهرمس الحكيم في مصحفه المعروف بارحانيقي..الخ".. انظر: الدكتور عماد عبد السلام رؤوف: منافع الأحجار، دراسة في أوّل مخطوط عربي في علم الأحجار الكريمة، مجلة المورد، وزارة الثقافة والإعلام، دائرة الشؤون الثقافية، المجلد رقم 15 – العدد الأول، شهر شباط 1986، العراق– بغداد، ص89)..

18 – ينقل الدكتور رؤوف في دراسته عن عطارد قوله في مخطوطة باريس: "كنت نظرت في كتاب الأحجار لهرمس، وفي الصحف المعروفة باوجايقي الجامعة لذكر الأحجار والأشجار وجميع الحيوان، فوجدتها ومنافعها في كتاب الطلسمات للحكمة (الحكماء) السبعة"، وكأنّه أراد القول بأنّ كتاب الطلسمات هذا هو الوعاء الذي يحتوي الكتابين السابقين، أمّا عبارة نسخة بانكبور فيفهم منها أنّ الكتاب المذكور مستقل بنفسه.

19 – الدكتور عماد عبد السلام رؤوف: منافع الأحجار، دراسة في أوّل مخطوط عربي في علم الأحجار الكريمة، مجلة المورد، وزارة الثقافة والإعلام، دائرة الشؤون الثقافية، المجلد رقم 15 – العدد الأول، شهر شباط 1986، العراق– بغداد، ص91)..

20 – الدكتور عماد عبد السلام رؤوف: المرجع السابق، ص93)..

21 – الدكتور عماد عبد السلام رؤوف: المرجع السابق، ص ص95–94)..

22 – هو شهاب الدين أبو العباس أحمد بن يوسف التيفاشي، ولد سنة (651-580هـ=-1184 1253م) في عهد دولة الموحّدين بتيفاش، وهي بلدة بولاية سوق أهراس، لقّب أحياناً بـ"القفصي"، وأحياناً أخرى بـ"القيسي"، وهو قاض وطبيب ولغوي وأديب وشاعر وجغرافي وفلكي، والأهم أنّه اشتهر كعالم معادن وحجارة، كما أنّه يعدُّ أوّل من ألّف من المسلمين في علم الأرصاد الجوّية. ويعدُّ أحد أعلام المسلمين، ومن مفاخر الإنسانية كلّها، إذ استطاع أن يبدع في إنتاجه وبخاصة في حقل علم المعادن، ممّا جعل حتى علماء أوروبا يعترفون له بالفضل والسبق والنبوغ، وهو مجال لم يُسبق إليه، فقد كان له شرف تصنيف كتب علمية، إذ يرجع إليه الفضل في ابتكار أوّل تصنيف علمي صحيح للمعادن.

23 – في كتاب "الروض المعطار في خبر الأقطار"، لمحمد بن عبد المنعم الحمْيَري، وهو معجم جغرافي مع فهارس شاملة، حقّقه الدكتور إحسان عبّاس، صادر عن مكتبة لبنان، بيروت، طبعة ثانية 1984، ص146، جاء أن تيفاش "ببلاد إفريقية، بينها وبين الأربس مرحلة، وهي بقرب ملاق وهي مدينة أولية شامخة البناء، فيها عيون ومزارع كثيرة، وهي في سفح جبل وفيها آثار كثيرة وعليها سور قديم بالحجر، ولها بساتين ورياضات وأكثر غلّاتها الشعير، وفي عصر السلطان الإفريقي الأمير أبي زكريا علي هوارة (636هـ) كانت تيفاش تابعة لمدينة قفصة التونسية، لذلك يُكنّى في بعض المراجع بالقفصي، كما يُكنّى بالقيسي وذلك نسبة إلى قبيلته... كان أبوه حاذقاً في حرفة الأحجار الكريمة، وقد تولّى منصب القضاء في مدينة مسكانة (المعروفة اليوم بمسكيانة بولاية أم البواقي شرق الجزائر)، وقد ورث عشقه للأحجار والجواهر عن أبيه، إضافة إلى ميله إلى علم الجيولوجيا).

24 – مليكة بن عطاء الله: أحمد التيفاشي وإسهاماته العلمية، مجلة الذاكرة، الصادرة عن مخبر التراث اللغوي والأدبي في الجزائر، العدد 5 تاريخ أيار 2015. ص73.

25 – صلاح الدين خليل بن أيبك الصفدي: الوافي بالوفيّات، المحقّق: أحمد الأرناؤوط وتركي مصطفى، الناشر: دار إحياء التراث – بيروت 1420 هجرية – 2000 ميلادية، الجزء الثامن، ص188.

26 – مليكة بن عطاء الله، مرجع سابق، ص ص78-77 .

27 – ورد ذكره في "كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون"، لـ مصطفى بن عبد الله، الشهير بـ (حاجي خليفة) وبـ (كاتب جلبي)، عُني بتصحيحه وطبعه وتعليق حواشيه: محمد شرف الدين يالتقايا، والمعلم رفعت بيلكه الكليسى، دار إحياء التراث العربي، بيروت، ج1، ص72.

28 – مليكة بن عطاء الله، مرجع سابق.

29 – زاهد خلف الروسان: (المنهاج التجريبي عند التيفاشي بالاستناد إلى كتابه أزهار الأفكار في جواهر الأحجار)، جامعة مؤتة، عمادة البحث العلمي، الكرك، الأردن، 2001.

30 – عمر بن أحمد بن هبة الله بن أبي جرادة العقيلي، كمال الدين ابن العديم: بُغْيَة الطَّلَب في تاريخ حلب، المحقّق: د.سهيل زكار، دار الفكر، ج3، ص1289.

الوردة الشامية الدمشقية

وصناعة العطور والصابون

أ.د.عمّار محمّد النهار×

الوردة الشامية الدمشقية اسمها من موطنها الأصلي دمشق، ذكرها المؤرّخ الإغريقي هوميروس في ملحمتي الإلياذة والأوديسيا، كما ذكرها الشاعر الإنكليزي شكسبير في إحدى مسرحياته بقوله: (جميلة كجمال وردة دمشق)، وكتب عنها الشاعر الكبير نزار قباني في رائعته (القصيدة الدمشقية).

أخذت هذه الوردة شهرتها وأهمّيتها لكثرة فوائدها العطرية والطبّية والغذائية والتجميلية، وإلى تحوّلها إلى حرفة أساسية وعريقة، ويقدّر سعر الغرام من الزيت العطري للوردة الشامية بما يعادل سعر غرام من الذهب الخالص، في حين أنّ ثمن 1 كغ من زيت الورد يبلغ ما بين 10 - 12 ألف دولار، فكل 10 أطنان من الورد تنتج 1 كغ من الزيت.

وتعدّ الوردة الدمشقية من أهم ورود الشرق، فهي وردة عطرية تمتاز برائحتها النفّاذة القويّة، وتدخل في تركيب العطور الشهيرة والنفيسة والثمينة، تمتاز رائحتها بالنعومة والعذوبة، والعطور التي تستخلص من الورد الجوري أو الوردة الدمشقية من أفضل الأنواع في العالم، وقد اعتمدت شعاراً لمعرض الزهور الدولي الذي يُقام سنوياً في مدينة دمشق.

* أستاذ في جامعة دمشق – كلية الآداب والعلوم الإنسانية – قسم التاريخ.

أولاً - الوردة الشامية الدمشقية:

1- وصفها:

هي شجيرة صغيرة قائمة قويّة النمو والتحمّل للظروف البيئية المختلفة، كثيرة التفرّع، أوراقها مركّبة ريشية فردية الطرف، لها أذينات ظاهرة تلحم بعنق الورقة، والوريقات بيضاوية الشكل مسنّنة منشارية تصل أعدادها من 3 إلى 7 أزواج، تبلغ 2 م أو أكثر، متعدّدة السوق، مستقيمة، ذات إبر معكوفة متماثلة، ونسيج حريري صلب وأوبار قاسية مفرزة، الورقة المركبة مؤلّفة من 7-5 وريقات ذات أسنان بسيطة جرداء، من الوجه العلوي، وأوبار قليلة على الوجه السفلي ذات أذينات بسيطة مشطية الشكل، حامل الزهرة ذو أشواك خشنة ولون الزهرة زهري.

2- تاريخها:

هي من أهم أنواع الورد القديم، عُرفت منذ آلاف السنين، تنتشر شجيرتها في غوطة دمشق وريفها الواسع، كذلك تتميّز منطقة النيرب شرقي مدينة حلب بزراعته حيث يتمّ تصديره إلى دول عديدة من أهمّها فرنسا حيث يستخدم كمكوّن أساسي في صناعة العطور الشهيرة، وهي من الشجيرات المهدّدة بالانقراض بسبب قلّة الاهتمام بها ولدخول أصناف عديدة من الورد الحديث.

وأول من اكتشف أهمية هذه الوردة الطبيب الشهير ابن سينا في مطلع القرن الحادي عشر الميلادي.

وممّا يدلّ على قدمها أنّ اليونانيين سمّوها في مؤلفاتهم القديمة (Rosa Damascena)، وتمّ اكتشافها في رسم لها على جدار قصر في جزيرة كريت منذ نحو 2000 سنة قبل الميلاد، وذكرتها الشاعرة الإغريقية سافو في القرن السادس قبل الميلاد، وأطلقت عليها: ملكة الأزهار، ثم نقلها اليونانيون والرومان والمصريون قديماً إلى أوروبا وإفريقيا.

وانتشرت إلى العالم من خلال الغزوات التي تعرّضت لها بلاد الشام، وتواجدت منذ القدم في سورية في جبال القلمون والحرمون، ووُجدت بكمّيات كبيرة في قرية المراح التي تبعد 60 كم شرقي دمشق.

وانتقلت الوردة الشامية إلى أوروبا وإلى فرنسا خاصّة في عصر الحروب الفرنجية الصليبية خلال القرون الوسطى.

وأشير لها في كتاب (قانون الدواء) المعدّ في عهد الملك إدوارد الأوّل عام 1306م وهو أوّل ملك استخدم الورود كرمز لعرشه.

وقد كانت الوردة الدمشقية أيضاً ضمن الرسومات الفنية التي تمّ إنجازها في العصور الوسطى، فقد رسمت مع زهور أخرى في لوحة للسيدة العذراء، حتى إن الكاتب شكسبير قد ذكرها في تعابيره الجمالية: (هي حلوة جميلة كجمال وردة دمشق) لعدم وجود منافس يفوقها جمالاً وعطراً.

وممّا يدلّ على استمرار الاهتمام بها أنّه صار لها جهاز تقطير في العصر العباسي.

3- منتجات الوردة الشامية:

الوردة الدمشقية نبات جمالي تزييني يزرع في الحدائق، وله حقول زراعية في سورية، وكذلك تمّ نقل زراعتها إلى بعض دول أوروبا، من ألوانها: الزهري والأحمر الفاتح والأحمر الزاهي والأبيض المائل قليلاً إلى الأحمر والأبيض المائل للصفرة والأصفر.

لها منتجات عديدة ذات فوائد عميمة، منها: شراب الوردة الشامية الطبيعي الدمشقي، وزهورات الوردة الشامية من أزرارها المجفّفة، وماء أو زيت الورد الطبيعي المقطّر ذو الاستعمالات المفيدة الكثيرة، إذ يُستعمل في العديد من الصناعات التجميلية مثل المراهم والصابون والشامبو، وفي الصناعات الدوائية

كمهدئ للأعصاب وطارد للغازات ومنشّط للدورة الدموية والكبد والمرارة وتنشيط الجسم.

وأهمّ ما في هذه الوردة استخلاص العطور منها وهي العطور الأشهر والأثمن عالمياً، إذ تحتوي الوردة الشامية على زيت عطري طيَّار يُعرف بزيت روز كام، وعلى مركّبات مهمّة مثل الجيرانيول السيترونيلوم، ويُستعمل الزيت العطري المستخرج منها لصناعة أفخر أنواع العطور في العالم وأغلاها ثمناً.

ثم إنّ عطورها الطبيعية تدخل في تحسين أمّهات العطور الغربية، فلا يوجد عطر غربي إلّا ويدخل في تركيبه إمّا الورد أو الياسمين أو البنفسج أو المسك أو العنبر.

4- زراعتها وتكاثرها:

تكمن أهمّية توسيع زراعة الوردة الشامية الدمشقية والاهتمام بها كحرفة إلى أنّ سورية يمكن أن تصبح بلداً أساسياً لتصدير الزيوت العطرية لما تمتلك من كنز من الورد والأزهار.

يُفضّل زراعة غراس الورد خلال طور سكون العصارة في نهاية فصل الشتاء، ويستحسن زراعة الغراس في غضون 12 ساعة من استلامها، وقد يكون من المفيد نزع الغطاء الحافظ للرطوبة ثمّ تغطية النبات بقطعة خيش مبلّلة أو على الأقل رشّها بالماء أو غمر الجذور بماء حاوٍ على كمّية من التراب لمدّة ساعتين لتساعد في إبقائها رطبة.

تُحفر حفرة بعمق 45 سم وتخلط التربة بمثل حجمها من السماد العضوي، ثمّ يُوضع قليل من هذه الخلطة في قاع الحفرة على شكل هرمي يسهل توزّع الجذور، وبعد التأكّد من وضع الغرسة بالشكل المناسب يردم خليط التراب والسماد وترصّ التربة ثمّ تروى الغرسة.

وتختلف المسافة بين شجرة الورد والأخرى وفق الهدف من الزراعة ونوع الصنف ورغبة صاحب العمل.

ويجب إبقاء نقطة اتصال الطعم بالأصل تحت سطح التربة بنحو 2.5 سم في المناطق الباردة جداً وتترك فوق سطح التربة في سورية بنحو 2.5 سم، وتتصف جذور الورد بضعف القدرة على منافسة جذور النباتات الأخرى التي قد تكون موجودة في الحوض نفسه، ويفضّل في مثل هذه الحالة وضع فواصل معدنية على عمق نحو 40 سم للفصل بين الجذور.

وتتكاثر الوردة الدمشقية بعدّة طرائق، منها التكاثر بالترقيد الأرضي والتطعيم والتكاثر الجنسي والتكاثر بتقانة زراعة الأنسجة.

الأرض المناسبة لزراعة الورد

تجود زراعة الورد في الأراضي الصفراء (الرملية) الغنية بالمواد الغذائية بشرط أن تكون جيدة الصرف وخاليه من الأملاح، وتُسمّد بالسماد البلدي القديم، ولا يحتاج إلى الأسمدة الكيميائية لأنّها تضرّ بالأرض وتلوّث المياه الجوفية.

5- ظروف نموّه:

يحتاج نبات الورد إلى الإضاءة الشديدة والحرارة المرتفعة، ويلاحظ أنّ الإنتاج الأعظمي منها يكون في الربيع والصيف حيث الإضاءة والحرارة كافيتان، وعليه فلا يُنصح بزراعة الورد في الأماكن الظليلة لكون النبات بحاجة على الأقل إلى ست ساعات من أشعّة الشمس يومياً.

ويُفضّل الورد التربة العميقة متوسّطة القوام الغنية بالمادّة العضوية، ولا تنجح الشجرة في الأراضي الغدقة أو ضعيفة التهوية حول الجذور، لذلك من المفيد عزق التربة وتحريكها وتفكيك التربة السطحية وتهويتها.

6- الري والتسميد:

لسقي الوردة الشامية تُفضّل طريقة الري بالتنقيط، وإذا استُخدم الري العادي يفضّل عدم رشّ الساق والأوراق منعاً من الإصابة بالأمراض، وتختلف احتياجات النبات من الماء بحسب الموقع والصنف ونوع الأرض ومرحلة النمو وعمر الشجيرة وبحسب الظروف البيئية، وتؤدّي عملية الري المنتظمة إلى زيادة النمو الخضري وزيادة نسبة الإزهار المتكوِّنة.

ويُضاف السماد العضوي قبل الزراعة بمعدّل نصف كيلو غرام للمتر المربّع أو بمعدّل 10-5 كغ للدونم، ويضاف السماد العضوي المتحلّل بسماكة 5 سم حول الشجرة بعد التقليم الشتوي، ويُضاف السماد الكيماوي وبمعدّل مقبول يحدّده الخبير.

وفي حال زراعة الورد في أراضي كلسية يضاف الآزوت على شكل سلفات الأمونيوم بطيئة التحلّل، ويمكن في حال ظهور أعراض النقص وتوفر الإمكانيات إضافة العناصر النادرة من حديد ومنغنيز، مغنزيوم وغيرها.

7- التقليم:

تختلف طريقة التقليم بحسب هدف تربية الشجرة لأنّ هناك التربية العالية والتربية القصيرة، وتتناسب عملية التقليم مع طبيعة الصنف، فتتمّ عملية التقليم خلال فصل الشتاء وبداية فصل الربيع أي قبل بدء النمو الجديد، وتُزال الأفرع الميّتة والتالفة كما تُزال التفرّعات المتّجهة إلى وسط الشجرة، ويكون التقليم حسب الصنف والغاية من الزراعة، وتكون عملية القص فوق العيون بميل 45 عن محور الساق، وذلك لمنع تجمع قطرات الندى والمطر التي تؤدّي إلى حدوث تعفّن.

8 - الفرك والقطف:

تهدف عملية الفرك إلى إزالة البراعم الزهرية الموجودة على الفرع المزهر أسفل الزهرة الطرفية مباشرة، وذلك لتوفير الطاقة اللازمة للزهرة الطرفية أو القمية وللحصول على أزهار كبيرة الحجم.

ويكون قطف الزهور بمقصّات نظيفة وحادّة وبعد وضع قفّازات حماية اليد من ضرر الأشواك، ويكون القص على ارتفاع 6 مم من قاعدة الورقة الخماسية الوريقات.

9- الإصابات:

من الممكن أن تُصاب هذه الوردة بآفات عديدة، مثل المنّ والتربس: وهما حشرتان صغيرتان جدّاً متعدّدة الألوان، ومثل البياض الدقيقي وهو مرض فطري يصيب الأوراق والأفرع والبراعم الزهرية، ومثل الصدأ وهو من الأمراض الخطرة التي تصيب الورد.

10- استخلاص العطر والتقطير:

تستخدم الوردة الشامية بكثرة للحصول على عطورات عديدة شهيرة، ويتمّ ذلك بتقطير بتلات الأزهار، فللحصول على لتر واحد من العطر يلزم نحو أربعة أطنان من أزهار الورد، وبعد التقطير يعطي عادة زيتاً أصفر مخضرّاً يستعمل في صناعة العطور.

ويتم استخلاص الزيوت العطرية من النباتات العطرية بطريقة التقطير والتي تعتمد على تطاير الزيوت العطرية مع البخار حيث إنّ درجة غليان الزيوت العطرية تنخفض عند خلطها بالماء أي بمعنى آخر إنّ درجة غليان المزيج أقل من درجة غليان الزيت لوحده، أي يتم التبخّر عندما يكون الضغط في المزيج يساوي الضغط الجوّي، وطريقة التقطير تُستخدم للنباتات التي لا تتأثّر بالحرارة.

وطرق الاستخلاص بالتقطير عديدة، منها التقطير بالتبخّر المباشر، والتقطير ببخار الماء، والتقطير بالتشرّب المائي.

ولم تغب صناعة عطر الوردة الشامية عن الحرفيين السوريين المهرة، فهي كانت قائمة، ولكن بشكل محدود، وتقتصر على الأسر التي تتوارث أسرار المهنة، وتصدر كمّيات قليلة إلى الدول الأوروبية وعدد من البلدان العربية، رغم إنّه لا توجد أيّة إحصائيات رسمية عن الكمّية المصدّرة.

11- واقعها الحالي:

كانت الوردة الشامية موجودة ولا تزال في حدائق البيوت في المدن السورية، وعلى أطراف بعض البساتين، لكنّها لم تكن تُزرع بهدف الاستثمار الاقتصادي، فمن الملاحظ تراجع زراعة الورد الشامي وعدم زراعته بشكل اقتصادي، بينما بدأت تشتهر بزراعتها دول كثيرة كفرنسا وبلغاريا والمغرب العربي وتركيا وإيران.

لذلك يمتلك السوريون كنوزاً ثمينة من الورد والأزهار الفوّاحة، يمكن أن تدرَّ عليهم مئات الملايين من الدولارات سنوياً، لكنّ هذا الكنز عانى من إهمال طويل، ولم يُنظر إليه بعين الجدّية إلّا منذ سنوات فقط، إذ تتوجّه الأنظار الآن إلى توسيع حدود هذه الحرفة لإنتاج كمّيات أكبر من العطور الذهبية مع ازدياد زراعة الوردة الشامية والانتباه إلى قيمتها الاقتصادية، ويرجّح المختصّون والمهتمّون أنّ سورية يمكن أن تصبح من أعظم الدول المصدّرة للزيوت العطرية مع امتلاكها لكنز من الورد والأزهار شريطة أن يتم توسيع المساحات المخصّصة للزراعة وإدخال التقنيات الحديثة في هذه الصناعة الجمالية.

ثانياً - حرفة صناعة العطور:

العطور مستخلص من مواد طبيعية نباتية أو حيوانية أو صناعية، يتم من خلالها الحصول على الروائح الذكية لتجميل رائحة الجسم، وصناعة الصابون، والكريمات، ومستحضرات التجميل، وغير ذلك.

والعطر هو عبارة عن مزيج من الروائح المختلفة المقسّمة إلى ثلاثة أقسام، فعندما يُلامس العطر البشرة تنتقل رائحته خلال هذه الأقسام، أوّل قسم منها هو ما تشتمّه وغالباً ما يختفي خلال ربع ساعة، وتكون رائحته حمضية كالليمون أو إكليل الجبل، والقسم المتوسّط هو الذي يُميّز نوع العطر من خلال المجموعة التي ينتمي إليها كرائحة الزهور مثل الياسمين، أو رائحة ترابية كالقرفة أو الهيل، أو رائحة منعشة مثل رائحة الورد، أمّا القسم الأخير فهو أساس العطر وتبقى رائحته من أربع إلى خمس ساعات على البشرة كرائحة الفانيلا، أو الصنوبر، أو الزنجبيل.

1- تاريخ صناعة العطور:

مرَّت صناعة العطور بتاريخ طويل، فمنذ القدم كان يسعى الإنسان إلى تجميل حياته سواء بالروائح أو بالأشكال، فعرف الإنسان البدائي العطر من استنشاقه للورود والأعشاب،

فكان يقطع الأعشاب العطرية ويحرقها لتعطيه الروائح العطرة، واستخدمها الفراعنة في مصر القديمة للتعطير، ولصناعة البخور المستخدم في معابدهم، كما عُرفت العطور في شرق آسيا، وفي الصين والهند.

وكان لمصر الدور الأكبر في تأسيس صناعة العطور عن طريق وضع الورود في إناء فخاري صغير وحرقه لإعطاء رائحة عطرة كجزء من القرابين المقدّمة للآلهة، أو عن طريق وضع الأزهار في لوحة كبيرة من ورق البردي، وتوضع الورود مع قليل من الماء في داخل اللوح ثم تُدوِّر كل سيدة الطرف الذي تمسك به عكس اتجاه السيدة الأخرى، فيتم عصر الورود، وكان يوضع تحتهما إناء كبيرة ليسع الكمية المعصورة، ثم بعد ذلك تحفظ في أواني فخارية وخزفية.

وفي زمن حضارة ماري السورية قبل الميلاد كان فيها ثلاثون نوعاً من العطور، لكل عطر مناسبته ووقته.

وكان العرب منذ 1300 عام هم أوّل من استخدم تاج الزهرة لاستخراج ماء الزهور، ولم يستعملوا تاج الأزهار كعطر فقط بل استعملوها كدواء أيضاً، وكان (عطر الورد) أقدم أنواع العطور في العالم رائجاً عند بعض القبائل العربية.

فكانوا يستقطرون تيجان الأزهار مع الماء عبر وضع رقائق من الزجاج في إطارات خشبية تُغلف بدهن نقي وتغطّى بتيجان الأزهار وتُكدّس الواحدة فوق الأخرى، ويجري تبديل التيجان بين حين وآخر إلى أن يمتصَّ الدهن النقي الكمّية المطلوبة من العطر.

وكان العرب يستخرجون العطور من أزهار الياسمين وزهر الليمون والبنفسج والورد وغيرها، وكانوا يستخرجون جوهر العطر من مصادر أخرى غير الأزهار، كالخشب ولا سيما خشب الأرز وخشب الصندل، ومن جذور معينة مثل الزنجبيل والسوسن، ومن الأوراق مثل النعناع والغرنوق والخزامى.

ثم ظهر ذكر العطر كصناعة في مؤلّفات الحضارة العربية الإسلامية، مثل كتاب العالم الشهير الفيلسوف الكندي (كيمياء العطور)، وذكر فيه قائمة طويلة لعطور مختلفة، وكذلك الطبيب ابن سينا الذي اكتشف طريقة استخراج العطر من الورود والتي سمّيت فيما بعد التقطير.

وأكثر مكان ازدهرت فيه العطور عبر العصور هو سورية وخاصّة دمشق، إذ تعدّ الزيوت العطرية كنزاً حقيقياً وطبيعياً، وزيت عطر الوردة الشامية والياسمين الذي انطلق من دمشق وانتشر في العالم من أغلى الزيوت العطرية ثمناً، وما زالت بيوت الماركات العطرية المشهورة تصنع أفخم أنواع العطور مستخدمة الزيوت العطرية الشامية، إذ استطاعت الأيدي السورية ابتكار وتركيب أجمل العطور من بنك الزيوت العطرية الدمشقية الذي منحته للعالم.

لذلك فإنّ العطارة الدمشقية حرفة عريقة جدّاً عمل فيها الكثير من الدمشقيين، كما أنّ التجّار ومن كلّ أنحاء العالم ابتاعوا الزيوت العطرية من دمشق كمادّة أوليّة لتركيب العطور منذ مئات السنين.

ثم إنّ أوروبة ورثت طرق تصنيع العطور من العرب، وخاصّة الهنغاريين، ومن الملكات اللاتي اهتمّوا بصناعة العطور إليزابيت ملكة المجر في القرن الرابع عشر الميلادي، وكاترين دي ميديشي ملكة فرنسا، ثمّ استطاعت فرنسا في

عصر النهضة أن تتسيّد صناعة العطور في أوروبة، وعُرفت طائفة في فرنسا خلال القرن السابع عشر باسم: صُنَّاع العطور، وخلال القرن الثامن عشر كانت عربة الملك لويس الخامس عشر تُدهن كلّ صباح بالعطور وكذلك أثاثه وملابسه، ثمّ أوجد مزارع للنباتات العطرية، وكذلك نابوليون بونابرت الذي اهتمّ بدهن العربة الملكية بالعطور، ويقال إنّه في وقت من الأوقات كان يستخدم 60 زجاجة من عطر الياسمين، وكان أحبّ العطور إليه هو عطر الجوزفين لاحتوائه على المسك العربي الأصيل، ثم دخلت هذه الصناعة إنجلترة في عهد هنرى الثامن، هكذا إلى أن جاءت الكيمياء الحديثة فتطوّرت صناعة العطور كثيراً وانتشرت.

2- عطور سورية :

إنّ سورية غنيّة بالفل والياسمين والورد الجوري والريحان والقرنفل والزنبق والبنفسج والنرجس، ويعدّ الياسمين الأكثر انتشاراً في البيوت والحدائق ولا سيما في دمشق التي ارتبط الياسمين بها، ويعدّ الياسمين مادّة مهمّة في صناعة العطور المتميّزة الفاخرة، ولا تقلّ أسعار عطوره عن عطر الوردة الشامية، وكذلك الفل الذي يتواجد في منازل السوريين.

ومن ذلك عطر الشوح، فإذا كان كيلو جرام واحد من عطر الوردة الشامية يحتاج إلى سبعة أطنان من الورود الطبيعية، ويصل سعره في الأسواق العالمية إلى أكثر من خمسين ألف دولار، فإنّ سعر الكيلو جرام الواحد من عطر الشوح المرغوب والمطلوب عالمياً يصل إلى أكثر من ذلك، وهو موجود بوفرة في الطبيعة السورية.

ومع هذه الميزة لسورية وبيئتها بوفرة الورود، فإنّ جميع هذه الأزهار تحتاج إلى زراعة منهجية وإلى التوسّع بأراضي زراعتها كي تعطي مردوداً اقتصادياً عالياً وعالمياً.

إنّ صناعة العطور في سورية ودمشق خاصّة شهدت تطوّرات كثيرة وعلى مراحل عدّة، إذ أصبح العطّارون يمزجون زيت العطر مع زيت الأعشاب حيث تطوّرت الزيوت العطرية وأصبح هنالك ثلاثة أنواع من الزيوت العطرية منها للاستعمال الشخصي وعطور صناعية إضافة لمركزات عطرية تستخدم في تنكيه الأغذية.

إنّ أفخر العطور العالمية تستخدم الزيوت العطرية المستخرجة من الزهور الشامية آنفة الذكر، وسُمِّي العطر قديماً بالريحة نسبة إلى الأثرياء الذين كانوا يزورون دمشق ويبتاعون

زجاجة ريحة من أسواقها كهديّة مميّزة لأقاربهم ويفتخرون أنّهم جلبوها من أرض الياسمين.

واشتهرت في دمشق في الثلاثينيات والأربعينيات من القرن المنصرم الزيوت العطرية المحلية؛ كالورد الشامي الجوري والفل والياسمين والزنبق والنرجس والبنفسج وغيرها، أما اليوم فأغلب أنواع العطور تعتمد على استيراد (روح العطر) (الأسانسات) لأشهر أنواع العطور العالمية، ثم يُحضرون المستلزمات بخلط روح العطر مع الكحول والمثبتات.

ويدأب العطّار الدمشقي على ابتكار الروائح الجديدة لتبقى صناعته رائجة وفي حالة تطوّر دائم تواكب متطلّبات العصر الحديث.

وانتشرت فيما بعد العطور الفرنسية بعد اكتشاف مادة الكحول كمثبّت وممدّد للزيت العطري، وأصبح هناك ثورة في عالم العطور حيث طغى الاسم الفرنسي على العطور الممدّة عالمياً، فسُمِّي: ادوتواليت أوبارفيون.

3- طريقة الصناعة:

عند صناعة العُطور يجب أولاً إضافة الرائحة الأساسية، ثمّ الرائحة المعتدلة، ومن ثمّ الخفيفة بنسبة ثلاثين بالمئة من الرائحة الأساسية، وخمسين بالمئة من الرائحة المعتدلة، وعشرين بالمئة من الرائحة الخفيفة، وهذه هي النسب المثالية لصناعة العطر، ولكن لمزج هذه الروائح كلّها معاً يجب أن تُخلط مع أساس من زيت خفيف، وغالباً ما يكون من الهوهوبا، أو اللوز الحلو، أو زيت بذر العنب.

ثالثاً - حرفة صناعة الصابون:

هي من أعرق الصناعات في تاريخنا العربي الإسلامي، وقد كان لها تاريخ عريق لما كانت فضلاً لحضارتنا بانتقالها إل أوروبة.

1- تاريخ الحرفة:

من الصعوبة بمكان تحديد من اختراع الصابون بدقّة، ولعلّه كان موجوداً منذ نشأة الحضارات البشرية، فمنذ العصور القديمة كان الإنسان يهتمّ بنظافة جسمه وثيابه وإن كان ذلك بطرق بسيطة، فقبل استخدام الصابون كان اليونانيون مثلاً ينظّفون أجسادهم بطليها بالطين والرمل والرماد باستخدام بعض أنواع الحجارة المناسبة ثم يدهنونها بالزيت ومن ثم يزيلون كلّ ما عليهم بمكشطة الجلد.

ويُقال إنّ من اخترع الصابون هم السومريون، إذ اكتشف في خرائب سومر قطع من الفخار يعود تاريخها إلى 2500 سنة ق.م وعليها كتابة تصف طريقة صنع الصابون، ومن خلال النقوش المسمارية السومرية أيضاً التي تعود إلى 5000 عاماً تبيّن أنّه كان يمزج غلي الرماد مع الدهن النباتي والحيواني لصنع طينة يمكن أن تقوم بعمل مادّة التنظيف.

وورد في صحائف أوراق البردي أيام الفراعنة قبل قرابة 1500 ق.م أنّ الصابون كان يتم تصنيعه بنفس الوصفة من المكوّنات بخلط الأملاح القلوية مع الزيت.

ويُقال إنّ الملكة المصرية كليوباترا والملكة زنوبيا في سورية حرصتا على اقتناء صابون الغار، أمّا المصريون فقد كان للصابون لديهم أهمّية طبّية! فبحسب الآثار المدوّنة والتي تعود إلى عام 1500ق.م كانوا يخلطون الزيوت النباتية والحيوانية مع الأملاح ليحصلوا على الصابون المستخدم في الغسيل والعلاج من أمراض كثيرة.

واستخدم الرومان الصابون إذ تشير الآثار الرومانية المكتشفة منذ عام 2800 ق.م أنّ الناس كانوا يغلون الشحوم والرماد لصنع الصابون، فتتجمّع الشحوم والرماد ليغسلها المطر بعد ذلك فتسير لتستقرّ على حافّة نهر التايبر فيكون ذلك فرصة لغسيل الثياب.

وفي القرن الأول الميلادي وصف المؤرّخ الروماني بلايني الكبير أنواعاً مختلفة من الصابون الذي يحتوي على أصباغ، وقد كانت النساء تستعمله في تنظيف شعورهن وإضفاء ألوان برّاقة عليه.

أما أهل الغال في العصور القديمة فقد كانوا يصنعون الصابون من شحم أمعاء الحيوانات والرماد والكلس، وقد استخدموه للتجميل فقط.

وقد نصح الطبيب الإغريقي كلاوديوس غالين باستخدام الصابون بشكل مستمر بسبب أهمّيته في التنظيف والتطهير، وكذلك فعل الطبيب الروماني جالينوس في القرن الثاني الميلادي.

ولقد كان للكيميائيين العرب المسلمين دور مهم في تطوير صناعة الصابون وتحسينه وذلك بإضافة مواد كالبوتاس والصودا جعلت الصابون أكثر تنظيفاً وتطهيراً، إنّما كان لهذه المواد المضافة بعض الأضرار على الجسم والثياب، حتى جاء عز الدين الجلدكي وهو من علماء الرابع عشر الميلادي فأضاف بعض المواد التي تقلّل من تأثير الصودا الحارقة.

كما كان الجلدكي أوّل من صنع مساحيق خاصّة بغسيل الثياب لتنظّفه وتحافظ عليه، وجاء على لسانه في كتابه رتبة الحكيم: "الصابون مصنوع من بعض المياه الحادّة المتّخذة من القلي والجير، والماء الحاد يهرئ الثوب، فاحتالوا على ذلك بأن مزجوا الماء الحاد بالدهن الذي هو الزيت، وعقدوا منه الصابون الذي ينقي الثوب ويدفع ضرر الماء الحاد عن الثوب وعن الأيدي".

والقلي هو المادة القوية أي من القلى أي جذور النباتات وخاصّة المالحة منها.

واسم الصابون أو سافون، كما يسمّونه في الغرب، إمّا مأخوذ من اسم مدينة صافونا الإيطالية حيث كان يصنع بكمّيات تجارية، أو مأخوذ من (مونت سابو) وهو المكان الذي كان الرومانيون يذبحون فيه القرابين لآلهتهم.

ولقد تفرَّدت مدينة حلب في صناعة صابون الغار عن غيرها من المدن نظراً لتوفّر أشجار الزيتون والغار بكثرة في المدينة، فضلاً عن ملائمة الظروف المُناخية للإنتاج في مدينة حلب، وما زال الحلبيون يحافظون على إنتاجه بالطريق التقليدية منذ 1200 عام، ويُقال من 2000 سنة قبل الميلاد، ويعود أصل تسمية صابون الغار إلى شجر الغار دائمة الخضرة المعروفة بفوائدها وأهمّيتها منذ القديم، وقد ذُكرت في الحضارة اليونانية والإغريقية، فقد كانوا يستخدمون أغصان شجر الغار أكاليل للنصر، وما زالت أوراق الغار تُستخدم في الطبخ إلى يومنا هذا، أما زيت الغار فيُستخرج من ثمار أشجار الغار يدوياً وهو زيت عطري يدخل في صناعة الصابون بالإضافة إلى

زيت الزيتون.

وعرفت أوربة الصابون القشتالي الذي تعود أصوله إلى بلاد الشام، ويُعتقد أن الفرنج لما احتلوا سواحل بلاد الشام جلبوا الصابون الحلبي إلى أوروبا في القرن الحادي عشر الميلادي، فتأسّست في فرنسا مصانع الصابون من زيت الزيتون في مرسيليا، ثم ليتمدد إنتاجه لمنطقة البحر المتوسط بأسرها.

2- طريقة هذه الحرفة:

لصناعة الصابون طرق عدّة، بحسب المكوّنات المُراد إدخالها، فبالنسبة لصابون الغار الحلبي مثلاً؛ تبدأ عملية صناعته في فصل الشتاء من بداية شهر كانون الأول لغاية شهر نيسان، وتتوقّف في فصل الصيف، ويتكوّن صابون الغار الحلبي من مكوّنين أساسيين هما: زيت الغار وزيت الزيتون، وتُضاف إليهما مادّة الصودا لتحويل المزيج السائل إلى مادّة صلبة، أمّا قديماً فكانت تُستخدم مادّة (القلى) وهي عبارة عن نبات حشيشي ينمو في البادية لكنّها تستغرق وقتاً أطول في عملية التحويل، ويتكوّن الصابون الحلبي التقليدي من زيت المطراف، وهو زيت يُستخرج من عصر الزيتون مرّة ثانية، بعد استخراج زيت المائدة منه في العصرة الأولى.

ثم يُغلى هذا المزيج على درجة حرارة عالية تصل (200) مئوية، ثم يُضخ على أرضية مستوية، ويحتاج من (6- 9) أشهر حتى يجف الخليط وتصبح الألواح قاسية جاهزة للتقطيع على شكل مكعّبات، وتنتهي عملية صناعة الصابون في ختم اسم المصنع على كلّ قطعة صابون، بعدها تصبح قطعة صابون الغار جاهزة للاستخدام ولو مضى على عمر تصنيعها سنوات عديدة، إذ تبقى محافظة على جودتها دون أن تفقد رغوتها الكثيفة ورائحتها العبقة.

ويختلف لون صابون الغار عن غيره من أنواع الصابون بوجود طبقة خارجية ذات لون أصفر ذهبي، أمّا لونه في الداخل فهو أخضر فاقع،

ويعود اختلاف لون الصابون إلى تأكسد الصابون من العوامل الجوية المحيطة به، فاللون الأصفر للصابون يدلّ على قِدمه، أمّا اللون الأخضر فدليل على حداثته.

وتزداد تكلفة الصابون تبعاً إلى نسبة زيت الغار فيه التي تتراوح بين (2–40%) فكلّما زادت كمّية زيت الغار ازدادت جودته، بينما يحتوي على ما نسبته (60-98%) من زيت الزيتون، وهناك بعض الأنواع يُطلق عليها (البلدي) وتخلو تركيبته من زيت الغار، ولبعض أنواع الصابون المرتبطة ببلدان معروفة تاريخ عريق وشهرة كبيرة كالصابون الحلبي والصابون النابلسي والصابون الطرابلسي، ويطلق العراقيون على الصابون الحلبي صابون (الركة)، وقد استبدلوه بالصابون الإنكليزي بعد اكتشافهم فوائده الطبّية ومكوّناته الطبيعية.

والمكوّن الرئيسي للصابون النابلسي هو زيت الزيتون البكر، ويتميّز عن غيره من الأنواع الشهيرة الأخرى مثل الصابون الحلبي والطرابلسي بلونه الأبيض، ويتم طبخه على نار حامية وصبّه على الأرض، ثم يتم تقطيعه يدوياً، ويكاد لا يملك أي رائحة.

3- الأدوات المستعملة في حرفة صناعة الصابون:

الحلّة: وهي حوض دائري مقعّر من النحاس.

المخّاضة: وهي قضيب خشبي يستعمل للتحريك عند بداية علمية التصبّن.

الدكشاب: يشبه المجداف أو المعلّقة، ويستعمل لتحريك الطبخة في أثناء عملية التصبّن.

الشمّامة: وهي أداة من الخشب لأخذ عيّنة من الصابون لفحصها.

العوّامة: وهما قضيبان من الخشب يستعملان في نهاية السفي حيث يتمّ بها تجميع الصابون في أسفل الحلّة فوق ماء الخمير.

علبة البسط: وهي وعاء دائري من الصفيح.

الشوكة: وهي قطعة من الحديد تستعمل لتحديد سمك الصابون عند عملية البسط.

المالج: وهي قطعة مستوية من الحديد تستعمل لتسوية سطح الصابون بعد علمية البسط.

المقشرة: وهي صفيحة معقوفة تشبه في شكلها شفرة الحلاقة.

السكين: وهي سكين خاص مثبّت على ذراع.

الدوبارة: وهي خيط طويل من الكتان.

الفرجار.

الأختام: وهي عبارة عن قطعة منقوشة من النحاس تحمل الماركة المسجّلة للمنتج.

4 – فوائده:

لا تقتصر قيمة الصابون في التنظيف ورائحته العطرة فحسب، بل له فوائد عديدة، فهو معقّم للجلد ويرطّب البشرة ويساعد على تغذيتها ونضارتها كما يُؤخّر ظهور التجاعيد.

وله دور في القضاء على أمراض الحساسية، عدى أنّه يؤخّر ظهور الشعر الأبيض (الشيب) ويقلّل منه، وتكمن فوائد صابون الغار في احتوائه العديد من الفيتامينات والمعادن، خاصّة فيتامين E.

ويؤدّي الصابون دوراً كبيراً في قتل البكتيريا المؤذية والتي قد تهدّد حياتنا.

ومن فوائد الصابون الذي يدخل زيت الزيتون في تكوينه أنّه يحافظ على رطوبة الجسم مع المحافظة على زيوت البشرة الطبيعية، ويعدّ من المواد المضادّة للأكسدة، ويحتوي صابون زيت الزيتون على دهون نباتية وليست حيوانية تضرّ بصحّة الناس.

وأخيراً: هذه حضارتنا التي قدَّمت خدمات جليلة ومفيدة للبشرية، خاصّة ما يتعلّق بضروريات الحياة اليومية، وهذا يُضاف إلى سلسلة طويلة من الأفضال وفي كلّ العلوم والصناعات، وحتى في الأذواق وفن الحياة الجميلة.

المراجع:

1- التراث الثقافي اللامادي السوري: المهارات المرتبطة بالفنون الحرفية التقليدية، وزارة الثقافة، الأمانة السورية للتنمية، ج1، 2014.

2- خير، صفوح: مدينة دمشق، وزارة الثقافة السورية، دمشق، 1982م.

3- دبس، المطران يوسف: تاريخ سورية الديني والدنيوي، تاريخ شعوب سورية القدماء، 1994.

4- رفاعي، أنور: تاريخ الفن، دار الفكر، ط2، 1977.

5- القاسمي، كمال وآخرون: تقرير عن الصناعات والحرف اليدوية الفنية والتقليدية في القطر السوري، د.ن، 1975.

6- قساطلي، نعمان: الروضة الفناء في دمشق الفيحاء، الطبعة الثانية، بيروت، 1982م.

7 - كرد علي، محمد: دمشق مدينة السحر والشعر، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، القاهرة 2013.

8- لابدوس، إيرا: مدن إسلامية في عهد المماليك، ترجمة علي ماضي، بيروت، 1987.

أشعّة الليزر في الطبيعة

اكتشاف ظاهرة كونية قبل أن تكون تقنية بشرية

د.سائر بصمه جي

عندما نسمع كلمة «ليزر»، تتبادر إلى الذهن صور الأجهزة الحديثة المستخدمة في الجراحة، أو الاتصالات الضوئية، أو قصّ المعادن بدقّة فائقة. يُنظر إلى الليزر غالباً على أنّه اختراع بشري حديث، ظهر في منتصف القرن العشرين، وتحديداً عام 1960 عندما بنى تيودور مايمان أوّل جهاز ليزر عملي باستخدام بلورة الياقوت. لكن الحقيقة الأكثر إثارةً هي أنّ الليزر، كظاهرة فيزيائية، سبق الإنسان بملايين السنين، ووجد في أقاصي الكون، في أعماق السدم النجمية، وفي محيطات الأرض، بل وحتى في ريش طائر الطاووس.

الليزر، أو ما يُعرف بـ«تضخيم الضوء بالانبعاث المحفّز للإشعاع» Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation))، ليس مجرّد تقنية ميكانيكية أو كهربائية، بل هو نتيجة لقانون فيزيائي دقيق يُمكن أن يحدث طبيعياً في ظروف معيّنة. هذا يطرح سؤالاً عميقاً: هل اخترع الإنسان الليزر، أم أنّه اكتشف فقط ما كانت الطبيعة تمارسه منذ نشأة الكون؟

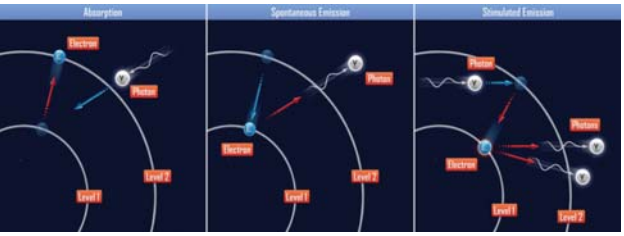
في هذه المقالة، نستعرض بالتفصيل كيف أنّ الليزر ليس حكراً على المختبرات البشرية، بل هو ظاهرة طبيعية تحدث في الفضاء الخارجي، في الكائنات الحيّة، وفي الهياكل البيولوجية الدقيقة. سنبدأ بشرح المبادئ الفيزيائية الأساسية لليزر، ثم ننتقل إلى أمثلة طبيعية مذهلة مثل "الميزر" الكوني، والليزر في النجوم، وصولاً إلى اكتشافات حديثة تُظهر أنّ ريش الطاووس، والخلايا الدهنية، وحتى بعض الكائنات البحرية، يمكن أن تعمل كليزرات حيوية. وسنختتم بتحليل الفلسفة العلمية وراء هذه الظواهر، ودورها في إلهام التكنولوجيا المستقبلية.

• مبدأ الليزر: تضخيم الضوء بالانبعاث المحفّز

لفهم كيف يمكن لليزر أن يحدث في الطبيعة، يجب أولاً توضيح المبادئ الفيزيائية التي يقوم عليها. الليزر لا ينشأ من العدم، بل هو نتيجة لسلسلة من العمليات الذرّية التي تحدث في المواد عندما تُعرض لطاقة خارجية.

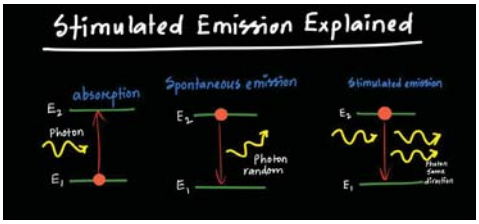
1. الانبعاث التلقائي Spontaneous Emission

عندما تمتصّ ذرّة فوتوناً من الضوء، ينتقل أحد إلكتروناتها من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى أعلى، ويُقال إنّ الذرّة أصبحت في "حالة مثارة". لكن هذه الحالة غير مستقرّة، لذا يعود الإلكترون تلقائياً إلى حالته الأساسية، وعند عودته، يُطلق فوتوناً جديداً. هذا الانبعاث العشوائي للضوء يُعرف بالانبعاث التلقائي، وهو ما يحدث في المصادر الضوئية التقليدية مثل المصابيح.



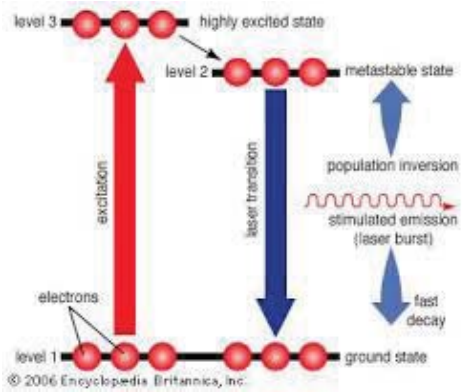
2. الانبعاث المحفّز Stimulated Emission

الانبعاث المحفّز هو القلب النابض لظاهرة الليزر. يحدث عندما يصطدم فوتون بذرّة في حالة مثارة، فيحفّز الإلكترون على العودة إلى حالته الأساسية، ولكن بدلاً من إطلاق فوتون عشوائي، يُطلق فوتوناً مطابقاً تماماً للفوتون الحافز من حيث الطول الموجي، الطور، والاتجاه. النتيجة: فوتونان متماسكان بدل واحد. هذا التضخيم المتسلسل هو ما يجعل شعاع الليزر قوياً ومركزاً.



3. التهيئة العكسية Population Inversion

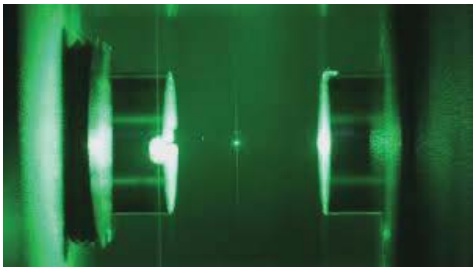
لكي يطغى الانبعاث المحفّز على الانبعاث التلقائي، يجب أن يكون عدد الذرّات في الحالة المثارة أكبر من عدد الذرّات في الحالة الأساسية. هذه الحالة غير الطبيعية تسمّى "التهيئة العكسية"، وهي شرط أساسي لعمل الليزر. في الأجهزة الصناعية، تُحقّق هذه الحالة باستخدام مصادر طاقة خارجية مثل الكهرباء أو الضوء (عملية تُعرف بـ "الضخ").



4. التجويف الرنيني Optical Cavity

في الليزر الصناعي، يتم وضع المادّة المضخّمة (مثل الياقوت أو الغاز) بين مرآتين، واحدة عاكسة بالكامل، والأخرى شبه شفّافة. يرتد الضوء ذهاباً وإياباً داخل هذا التجويف، ممّا يعزّز عملية التضخيم. عند تجاوز عتبة معينة، يخرج شعاع ليزر متماسك عبر المرآة الشفّافة.

السؤال الآن: هل يمكن أن تحدث كلّ هذه الظروف في الطبيعة؟ الجواب: نعم، وربّما بشكل أكثر تعقيداً مما نتصوّر.



• الليزر الطبيعي في الفضاء: الميزر والليزر الكوني

أوّل دليل على وجود الليزر في الطبيعة لم يكن في عالم الجزيئات أو الكائنات الحيّة، بل في أعماق الفضاء. في الخمسينيات من القرن العشرين، رصد الفلكيون إشعاعات ميكروويف قويّة وحادّة جدّاً في مناطق تكوّن النجوم. وقد أدركوا لاحقاً أنّ هذه الإشعاعات ليست عشوائية، بل هي ناتجة عن عملية تضخيم تشبه تماماً عمل الليزر، ولكن في نطاق الميكروويف بدل الضوء المرئي. وُصفت هذه الظاهرة باسم «الميزر» (Maser)، وهو اختصار لـ "تقوية الإشعاع بالانبعاث المحفّز للميكروويف" Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation

1. الميزر في سديم الجبّار

واحدة من أشهر الأمثلة على الميزر الطبيعي هو ما يُكتشف في سديم الجبّار Orion Nebula، أحد أكثر السدم دراسة في الكون. في هذا السديم، تُكتشف خطوط انبعاث حادّة جدّاً من جزيئات الماء H_2O، وأول أكسيد الكربون CO، والهيدروكسيل OH، وفي بعض الأحيان الميثان

CH_3OH هذه الجزيئات تُثار بوساطة الحرارة أو الإشعاع النجمي، وتُحقّق شرط التهيئة العكسية، ممّا يؤدّي إلى انبعاث ميكروويف متماسك.

ما يميّز هذه الميزرات أنّها لا تحتاج إلى تجويف رنيني صناعي. بدلاً من ذلك، تعمل السحب الغازية الكثيفة كـ"تجويفات طبيعية"، حيث يرتدّ الإشعاع داخل السحابة، ويُضخّم تدريجياً. وُجد أنّ بعض هذه الميزرات الطبيعية أقوى بملايين المرّات من الميزرات المخبرية.

2. الليزر الكوني Cosmic Laser

بينما يُعدّ الميزر أكثر شيوعاً في الفضاء، فإنّ الليزر في نطاق الضوء المرئي أو الأشعّة تحت الحمراء نادر، لكنّه ليس مستحيلاً. في الثمانينيات، رصد العلماء ما يُعرف بـ"الليزر الكوني" في النجوم العملاقة الحمراء، مثل نجم IRC+10216، وهو نجم في طور النهاية من حياته، محاط بسحابة كثيفة من الغبار والغاز.

في هذه البيئة، تُثار ذرّات مثل الألومنيوم Al والمغنيسيوم Mg بوساطة الإشعاع النجمي، وتُحقّق التهيئة العكسية. الضوء الناتج عن الانبعاث المحفّز يُضخّم عبر تفاعل مع الجزيئات المحيطة، مشكّلاً شعاعاً ضوئياً متماسكاً جزئياً. ومع أنّ هذا الشعاع لا يشبه الليزر الصناعي من حيث الاتجاهية أو التماسك الكامل، إلّا أنّه يفي بتعريف الليزر كظاهرة فيزيائية.

• الليزر في الكائنات الحيّة: من ريش الطاووس إلى الخلايا الدهنية

إذا كان الليزر يحدث في الفضاء، فهل يمكن أن يحدث أيضاً على كوكب الأرض؟ الجواب، في العقدين الأخيرين، أصبح نعم – وبطرق مذهلة.

1. ريش الطاووس: بلّورة ضوئية طبيعية

لطالما أثار ريش الطاووس إعجاب العلماء والفنانين على حدّ سواء. ألوانه الزاهية ليست ناتجة عن صبغات كيميائية، بل عن هياكل نانوية دقيقة في الريش. في عام 2013، أظهرت دراسة نُشرت في مجلة Nature Materials أنّ هذه الهياكل، المصنوعة من ميلانين وكيتين، مرتّبة بشكل دوري تشبه البلّورات الضوئية Photonic Crystals.

البلّورات الضوئية هي مواد تمنع انتقال موجات ضوئية معينة (حسب الطول الموجي) بسبب تكرارها الدوري. في ريش الطاووس، تعمل هذه البلّورة كتجويف رنيني طبيعي. عندما يسقط ضوء الشمس على الريش، يتمّ حبس بعض الموجات الضوئية (مثل الأخضر والأزرق) داخل الهيكل النانوي، ممّا يزيد من احتمالية حدوث

انبعاث محفّز. النتيجة: تضخيم جزئي للضوء، أي ما يُعرف بظاهرة الليزر الحيوي الخافت Weak Biological Lasing.

هذه الظاهرة لا تُنتج شعاعاً قويّاً كالليزر الصناعي، لكنّها تُظهر أنّ مبدأ الليزر يمكن أن يظهر في عالم البيولوجيا. وقد تمّ تأكيد هذا الاكتشاف تجريبياً في مختبرات باستخدام أشعّة ليزر خارجية لتنشيط الريش، فعلاً أُنتج شعاع ليزر خافت.

2. الليزر في الكائنات البحرية: الأسطوانة الزرقاء

في أعماق المحيط، تعيش كائنات بحرية تُعرف بالأسطوانة الزرقاء Ctenophores، وهي كائنات هلامية تُضيء بألوان زاهية. في عام 2015، اكتشف فريق من جامعة كاليفورنيا أنّ بعض خلايا هذه الكائنات تحتوي على هياكل نانوية على شكل صفائح دورية، تشبه أيضاً البلّورات الضوئية.

عندما يُسلط ضوء أزرق على هذه الكائنات، تُلاحظ إشارات ضوئية متماسكة تشبه الانبعاث الليزري. يبدو أنّ هذه الهياكل تعمل كمُضخّمات ضوئية طبيعية، حيث تُركّز الضوء وتُحفّز انبعاث فوتونات متطابقة. ورغم إنّ هذه الظاهرة لا تُستخدم في «إطلاق شعاع»، إلّا أنّها تُظهر كيف أنّ الطبيعة تُطوّر آليات بصرية متقدّمة لتحسين الإضاءة الحيوية Bioluminescence.

وفي دراسة نُشرت في مجلة Science Advances عام 2022، أظهر باحثون من ألمانيا أنّ بعض البكتيريا الزرقاء (Cyanobacteria) تحتوي على هياكل داخلية تُشبه البلّورات الضوئية، وقد تُظهر خصائص ليزرية عند التعرّض لضوء عالٍ. كما تمّ رصد تفاعلات تضخيم ضوئي جزئية في أوراق بعض النباتات، حيث تعمل الجدران الخلوية كحواجز رنينية طبيعية.

وهناك بحث جارٍ في جامعة ستانفورد لاستخدام الليزر الحيوي في «الحوسبة الخلوية»، حيث تُستخدم الخلايا كوحدات معالجة ضوئية، تُرسل إشارات ليزرية داخل الأنسجة.

3. الليزر في الخلايا الحيّة: الخلايا الدهنية والبروتينات الفلورية

في عام 2011، أحدث باحثون من جامعة هارفارد صدمة في عالم البصريات الحيوية عندما أعلنوا عن اكتشافهم أصغر ليزر في العالم – وهو ليس جهازاً صناعياً، بل خلية دهنية بشرية.

اكتشف الباحثون أنّ القطيرات الدهنية Lipid Droplets الموجودة في الخلايا الدهنية Adipocytes يمكن أن تعمل كتجويف رنيني طبيعي. عند توجيه ضوء ليزر خارجي إليها، تمّ حبس الضوء داخل القطيرة بسبب انكسارها العالي، ممّا أدّى إلى تضخيم الضوء وانبعاثه كشعاع ليزر خافت. هذه الظاهرة، المُعرّفة باسم Biolaser، تُظهر أنّ الخلايا نفسها يمكن أن تكون وسائط ليزرية.

وفي تجربة أخرى، استخدم العلماء البروتينات الفلورية الخضراء GFP، التي تُستخرج من قنديل البحر Aequorea victoria، كوسيلة ليزرية. عند وضع خلية تحتوي على GFP داخل تجويف رنيني صغير، وتحفيزها بضوء أزرق، أُنتج شعاع ليزر أخضر دقيق جدّاً. هذا الاكتشاف يفتح آفاقاً هائلة في الطب الحيوي، حيث يمكن استخدام "الليزر الخلوي" كمستشعر داخلي لرصد التغيّرات الجزيئية في الوقت الحقيقي.

• الفرق بين الليزر الطبيعي والليزر المصنع

مع أنّ الليزر الطبيعي يعتمد على المبادئ الفيزيائية نفسها، إلّا أنّ هناك فروقاً جوهرية بينه وبين الليزر الصناعي:

الليزر الطبيعي، إذاً، ليس أداة عملية للقطع أو الجراحة، لكنّه دليل على أنّ الطبيعة تُتقن الفيزياء المتقدّمة بطرق غير مباشرة.

الخاصية	الليزر الطبيعي	الليزر الصناعي
التماسك (Coherence)	جزئي، ضعيف	عالي جداً
الاتجاهية (Directionality)	محدودة، غير مركزة	شديدة التركيز
الأحادية الطيفية (Monochromaticity)	ليست مثالية	عالية جداً
الشدة	ضعيفة جداً	قوية (حتى تصل لمليارات)
التجويف الرنيني	طبيعي (سحابة، هيكل نانوي)	مصمم بدقة (مرآتان)

• الليزر الطبيعي في التطبيقات العلمية

1. علم الفلك: الميزر كأداة لرصد الكون

استخدام الميزر الطبيعي في علم الفلك يُعدّ أداة قوية لفهم الكون. على سبيل المثال:

– قياس المسافات الكونية: من خلال دراسة انزياح دوبلر في خطوط الميزر، يمكن قياس سرعة حركة السحب الغازية، وبالتالي تحديد المسافات بدقّة.

– رصد تكوّن النجوم: الميزرات تُظهر أماكن تراكم الغاز والغبار، أي «مهد» تكوّن النجوم.

– دراسة الحقول المغناطيسية الكونية: بعض الميزرات تُظهر استقطاباً ضوئياً، ممّا يدلّ على وجود حقول مغناطيسية قوية.

في عام 2020، استخدم تلسكوب «آتاكاما»ALMA في تشيلي رصد ميزرات في مجرّة بعيدة، ممّا ساعد في رسم خريطة لتوزيع الجزيئات في الفضاء بين النجمي.

2. الطب الحيوي: من الليزر الخلوي إلى التشخيص الدقيق

يُعدّ الليزر الحيويBiolaser ثورة محتملة في الطب. بعض التطبيقات المستقبلية تشمل:

– مستشعرات داخل الخلايا: يمكن تعديل خلية لتكون ليزراً حيوياً، بحيث يتغيّر طول موجة الليزر عند حدوث تغيّر كيميائي (مثل ارتفاع مستوى الجلوكوز أو وجود فيروس). هذا يُمكّن من تشخيص الأمراض من الداخل.

– التصوير الطبّي: الهياكل النانوية المستوحاة من ريش الطاووس تُستخدم في تطوير أجهزة تصوير طبّية أكثر دقّة، تُعرف باسم "البصريات المستوحاة من الطبيعة" Bio-inspired Optics

– علاج الأمراض الوراثية: استخدام الليزر الدقيق لتعديل الحمض النووي داخل النواة دون إتلاف الخلية.

• الطبيعة كملهم للعقل البشري: دروس من الليزر

إنّ وجود الليزر في الطبيعة يُعيد تعريف مفهوم «الاختراع». فهل اخترع الإنسان الليزر، أم أنّه فقط فهم وطور ظاهرة كانت الطبيعة تمارسها منذ مليارات السنين؟

الإجابة تكمن في الفلسفة العلمية: كلّ اختراع بشري عظيم هو في النهاية إعادة اكتشاف لما سبق وجوده في الطبيعة. الطبيعة لا تُخطّط، لكنّها تُجرّب، وتُطوّر، وتُحسّن عبر ملايين السنين. الإنسان، بعقله التحليلي، يراقب، ويستنتج، ويُقلّد.

ريش الطاووس لم يُخلق ليُنتج ليزراً، لكنّ الهيكل النانوي الذي تطوّر لجذب الإناث، تبيّن أنّه يُمكن أن يُضخّم الضوء. الخلايا الدهنية لم تُصمّم لتكون ليزرات، لكنّ شكلها الكروي وانكسارها العالي جعلها تُحقّق شروط التجويف الرنيني.

هذا يُذكّرنا بأنّ الطبيعة هي أعظم مختبر فيزيائي على الإطلاق. ومن هنا، تأتي أهمّية العلوم المستوحاة من الطبيعة Biomimet-ics)) ، التي تُحاول تقليد آليات الطبيعة لتصميم تكنولوجيا مستدامة وفعّالة.

• من الفضاء إلى الخلية – رحلة الليزر الطبيعي

ليست قصّة الليزر قصّة اختراع فحسب، بل هي قصّة اكتشاف. اكتشاف أنّ القوانين الفيزيائية التي ندرسها في المختبرات، تُطبّقها الطبيعة في أبعاد لا نتخيّلها. من السدم النجمية إلى ريش الطاووس، ومن الخلايا الدهنية إلى الكائنات البحرية، نرى أنّ الليزر ليس تقنية بشرية، بل ظاهرة كونية.

هذه الاكتشافات لا تُضيف فقط إلى معرفتنا العلمية، بل تُعيد تعريف علاقتنا بالطبيعة. فنحن لسنا من "اخترع" التكنولوجيا، بل من "استلهم" من كون ذكي، دقيق، وجميل.

في المستقبل، قد نرى أجهزة ليزر مصنوعة من مواد حيوية، أو ألياف ضوئية مستوحاة من ريش الطاووس، أو حتى أجهزة تشخيص طبّية تعتمد على "الليزر الخلوي". كلّ هذه الابتكارات لن تكون سوى نسخة متطوّرة من ما كانت الطبيعة تفعله منذ نشأة الحياة.

الليزر، إذًا، ليس مجرّد شعاع ضوئي. إنّه رسالة من الكون: "انظر حولك، ففي الطبيعة تكمن كلّ الإجابات".

المراجع:

1-Townes, C. H. (1954). Microwave .Spectroscopy. Dover Publications

Vahala, K. J. (2003). «Optical 2- microcavities». Nature, 424(6950), .839–846

Gather, M. C., & Yun, S. H. 3- (2011). «Single-cell biological lasers». .Nature Photonics, 5(7), 406–410

Lee, S. et al. (2013). «Photonic 4- crystal structure in peacock feath- .ers». Nature Materials, 12(1), 48–54

ALMA Observatory. (2020).- 5 «Cosmic masers reveal star-forming .regions». Astronomy & Astrophysics

Scherer, A. et al. (2022). «Bio-- 6 logical lasing in cyanobacteria». Sci- .ence Advances, 8(15), eabm4567

ماذا لو حدثت حرب نووية؟

«سيناريو مرعب قد يجمّد كوكب الأرض»!

الدكتور فواز أحمد الموسى*

1. مقدمة

الشتاء النووي هو ظاهرة مُناخية كارثية محتملة قد تنتج عن حدوث حرب نووية واسعة النطاق. هذه الظاهرة تقوم على فرضية أنّ الانفجارات النووية الهائلة تسبّب إطلاق كمّيات هائلة من الدخان والغبار والرماد إلى الغلاف الجوّي، ممّا يمنع أشعّة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض بشكل كاف، وينتج عنه تبريد عالمي حاد يستمرّ لفترات طويلة. تعدُّ هذه الفكرة واحدة من أخطر العواقب البيئية التي قد تنتج عن استخدام الأسلحة النووية، حيث لا تقتصر أضرارها على المناطق المتضرّرة مباشرة من الانفجارات، بل تمتدّ لتشمل جميع أنحاء العالم.

بدأت دراسة الشتاء النووي بشكل جدّي خلال فترة الحرب الباردة بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي، حينما كان التوتّر بين القوّتين النوويتين في أوجه، وظهرت الحاجة الملحّة لفهم العواقب المحتملة لنزاع نووي عالمي. يعدّ فهم الشتاء النووي أمرًا حيويًا لاتّخاذ قرارات سياسية وعسكرية تؤثّر على مستقبل البشرية وكوكب الأرض.

* أستاذ المُناخ في قسم الجغرافية - جامعة حلب.

2. الأساس العلمي للشتاء النووي

2.1 الانفجارات النووية وآثارها الجويّة

عند حدوث انفجار نووي، تتحرّر كمّيات هائلة من الطاقة على شكل حرارة وانفجار وضوء، إلى جانب إطلاق مواد مشعّة وجسيمات دقيقة. النيران التي تشتعل بعد الانفجار (الحرائق الناتجة عن الانفجار) ترفع كمّيات كبيرة من الدخان والسخام والرماد إلى الغلاف الجوّي، وخاصّة إلى طبقة الستراتوسفير التي تقع على ارتفاع يتراوح بين 10 إلى 50 كم فوق سطح الأرض.

2.2 انتقال الجسيمات إلى الغلاف الجوي

يرتفع الدخان والحطام بفعل الحرارة الشديدة، ويتجمّع في طبقة الستراتوسفير حيث يمكن أن يبقى لفترات طويلة، تصل إلى سنوات. هذه الجسيمات تعيق مرور أشعّة الشمس إلى سطح الأرض، وتقوم بامتصاص وتشتيت الضوء الشمسي، ممّا يقلّل من كمّية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض.

2.3 تأثير حجب أشعّة الشمس

نتيجة لهذا الحجب، تنخفض درجات الحرارة بشكل ملحوظ على مستوى العالم. دراسات النمذجة الحاسوبية تشير إلى أنّ درجات الحرارة قد تنخفض بمقدار عدّة درجات مئوية، ممّا يعادل أو يفوق التغيّرات التي حدثت خلال العصور الجليدية السابقة. انخفاض درجات الحرارة هذا يؤثّر سلبًا على دورة المياه، ويؤدّي إلى جفاف مناطق واسعة.

3. آليات التبريد العالمي

يعدّ التبريد العالمي الناتج عن الشتاء النووي من أكثر الآثار خطورة وعمقًا على كوكب الأرض، إذ لا يقتصر على منطقة جغرافية محدّدة بل يشمل النظام المُناخي العالمي بأكمله. ويحدث هذا التبريد نتيجة سلسلة من العمليات الجوية والفيزيائية المعقّدة التي تبدأ بعد الانفجارات النووية مباشرة.

3.1 حجب أشعّة الشمس

عند حدوث انفجار نووي كبير، تندلع حرائق ضخمة في المدن والمناطق الحضرية والغابات المحيطة، تُعرف بـ«حرائق النيران العاصفة» (Firestorms). هذه الحرائق تطلق كمّيات هائلة من الدخان والسخام والكربون الأسود، التي ترتفع عبر التيّارات الحرارية القويّة إلى طبقات الجو العليا، وبالتحديد إلى طبقة الستراتوسفير، على ارتفاع يزيد عن 10 كيلومترات.

في الظروف العادية، تقوم الأمطار بإزالة الجسيمات العالقة في الهواء خلال وقت قصير، إلّا أنّ هذه الجسيمات التي تصل إلى طبقة الستراتوسفير تبقى عالقة لفترات طويلة لغياب آليات التنقية الطبيعية في تلك الطبقة، مثل الهطول المطري. وهذا ما يميّز الشتاء النووي عن

الكـوارث البيئيــة الأخرى مثل حرائـق الغابات أو الانفجارات البركانية القصيرة الأمد.

تشكّل هـذه الجسيمات الدقيقـة طبقة كثيفة تمتصّ وتشتّت أشعّـة الشمس قبـل أن تصل إلى سطح الأرض، وتؤدّي إلى انخفاض شديد في شدّة الإشعاع الشمسي المرئـي وفوق البنفسجي. ويُقدَّر أنّ نسبـة التعتيـم الشمسـي قـد تصـل إلى -70 90% في الأسابيـع الأولى بعـد الحـرب النووية، وفقًا للنماذج المُناخية الحديثة.

هذا التعتيم يغيّر ميزان الطاقة الحرارية على سطـح الأرض، حيث تقلّ كمّيـة الإشعاع الشمسي الداخلـة إلى النظام المُناخي، ممّا يحدّ من عملية التسخـين المعتـادة للغـلاف الجـوي والمحيطات، ويدفع العالم نحو انخفاض حراري عالمي سريع.

3.2 انخفاض درجات الحرارة

النتيجـة الطبيعيـة لحجب الإشعـاع الشمسي هـي انخفاض حـاد في درجـات الحـرارة علـى نطـاق واسـع. تشير نمـاذج المحـاكاة الحاسوبية التـي أعدّها علماء المُنـاخ إلى أنّ درجات الحرارة العالميـة قـد تنخفض بمعدّل يـتراوح بين 10 و20 درجـة مئويـة خـلال الأسابيـع الأولى، ويمكن أن تصـل إلى 30 درجـة مئوية في المناطـق الداخلية البعيـدة عن المحيطـات، والتي تتأثّـر بشكل أكبر لغياب التأثير المعتدل للمياه.

في بعض النمـاذج، مثل تلك التـي أُجريت في جامعة كولـورادو وبدعم من مركـز أبحاث المُناخ الوطنـي، تمت محـاكاة تأثير تفجـير 100 قنبلة نووية بحجم هيروشيما، ووجد الباحثون أنّ درجة الحـرارة السطحيـة العالمية قـد تنخفض بمقدار 1.5 إلى 2 درجـة مئويـة خـلال عقـد كامـل — وهـو انخفاض يعـادل أو يفوق تأثـيرات العصور الجليدية الصغيرة.

هذا التبريد المفاجئ يتسبّب في:

- تجمّد الأراضي الزراعية في مواسم الزراعة الحسّاسة، مثل الربيع والصيف.
- اضطراب الرياح الموسمية، خاصّة في جنوب آسيـا وأفريقيـا، ما يؤثّـر على الأمطـار الموسمية الأساسية للزراعة.
- تباطـؤ التبخّـر والتكاثـف، ممّا يـؤدّي إلى تقليل كمّيات الأمطار وزيادة الجفاف العالمي.

مـن النتائـج المذهلـة أيضًـا هـو أنّ المناطـق المعتدلـة قـد تتعرّض لظـروف شبيهـة بالمُنـاخ القطبـي، في حـين قـد يتجمّـد سطـح البحيرات والأنهـار، ممّا يؤثّـر على مصادر الميـاه والملاحة وصيد الأسماك.

3.3 تأثير انخفاض الضوء على البيئة

إحـدى أهم تبعات التبريـد العالمي الناتج عن الشتاء النـووي هو انخفاض شدّة الضوء الطبيعي الـذي يصـل إلى النباتـات. النباتـات تعتمد على عملية التمثيـل الضوئـي (Photosynthesis) لتحويـل ثاني أكسيـد الكربون والمـاء إلى جلوكوز وأوكسجين باستخدام الطاقة الضوئية.

مع غياب أو ضعف ضوء الشمس:

- تتوقّـف عملية التمثيل الضوئـي أو تنخفض إلى مستويات لا تسمح بالنمو الطبيعي للنباتات.
- يحـدث تأخّـر في الإزهار والإثمـار، أو فشل كامـل في تطـوّر النباتـات الغذائيـة مثـل القمح، والأرز، والذرة.
- النباتات المعمّرة أو الغابات قد تفقد أوراقها أو تموت تدريجيًا بسبب فقدان الطاقة.
- بالإضافـة إلى ذلك، انخفاض الضوء يؤثّر أيضًا على الكائنات الحيّة الأخرى:
- نقص الغـذاء للحيوانات العاشبة يؤدّي إلى انهيار السلاسل الغذائية.

- تراجع الطحالب النباتية في المحيطات نتيجة نقص الضوء يؤدّي إلى تقليل إنتاج الأوكسجين في الغلاف الجوي بنسبة كبيرة.

- اختلال الساعة البيولوجية للكائنات الحيّة نتيجة قلّة الضوء الطبيعي، ما ينعكس على سلوكها وتكاثرها.

مجمل هذه التغيّرات -حجب الضوء، انخفاض الحرارة، وتدهور التمثيل الضوئي- تعمل معًا لتدخل الأرض في حلقة انهيار بيئي عالمي يصعب عكسها، حتى لو توقّفت الحرب النووية. فهي تؤدّي إلى:

- شتاء بارد طويل غير موسمي.
- تدهور حاد في الإنتاج الزراعي والغذائي.
- تراجع سريع في التنوّع البيولوجي.
- تغيّر طويل الأمد في المُناخ العالمي.

4. التأثيرات البيئية

تمثّل التأثيرات البيئية واحدة من أكثر أبعاد الشتاء النووي تدميرًا، حيث لا يقتصر الضرر على المُناخ أو المحاصيل الزراعية، بل يمتدّ ليشمل النظم البيئية المعقّدة على الأرض وفي المحيطات، والتي قد تنهار في ظل التغيّرات المُناخية المفاجئة والحادّة. في هذا القسم، نتناول أهم هذه التأثيرات على التربة، النبات، الحيوان، الغلاف الحيوي، والدورات الطبيعية الكبرى.

4.1 الفشل الزراعي والمجاعة

من أوائل وأوضح نتائج الشتاء النووي هو الفشل التام أو الجزئي للمواسم الزراعية في معظم مناطق العالم، بما فيها المناطق الخصبة. فبسبب الانخفاض الحاد في درجات الحرارة، تصبح البيئة الزراعية غير صالحة لنمو أغلب

المحاصيل الأساسية مثل القمح، الأرز، الذرة، البطاطس، وغيرها. أمثلة على هذا التأثير تشمل:

- انعدام التوقيت الزراعي: دخول البرد القارس في فصل الصيف يجعل من المستحيل زراعة أو حصاد المحاصيل.
- تجمّد التربة السطحية: يجعل الحراثة والإنبات أمرًا غير ممكن في كثير من المناطق.
- هلاك البذور والنباتات الصغيرة: بسبب تعرّضها لدرجات حرارة تحت الصفر في غير موسمها.

هذا الفشل يؤدّي إلى:

- نقص حاد في الغذاء خلال شهور معدودة من بداية الظاهرة.
- اعتماد الدول على المخزون الاستراتيجي من الغذاء، والذي قد لا يكفي سوى لأسابيع أو أشهر.
- انهيار الأمن الغذائي حتى في الدول المتقدّمة التي تعتمد على الاستيراد الزراعي.
- المجاعات التي قد تترتّب على هذه الظروف يمكن أن تكون واسعة النطاق، خاصّة في الدول

النامية أو المكتظّة بالسكان، وقد تصل التقديرات إلى وفاة مئات الملايين من البشر بسبب الجوع في غضون عام أو اثنين.

4.2 التأثير على الأنظمة البيئية

الأنظمة البيئية متوازنة بطريقة دقيقة للغاية، وأي اضطراب كبير في أحد عناصرها -مثل الحرارة أو الضوء أو الرطوبة- يؤدّي إلى سلسلة من ردود الأفعال المدمّرة.

تأثيرات على النباتات:

- موت النباتات المعمّرة نتيجة البرد الطويل وقلّة الضوء.
- انقراض الأنواع المحلّية التي لا تستطيع الهجرة أو التأقلم بسرعة.
- تغيّر أنماط النمو الموسمية بشكل يخلّ بالتوازن البيئي المحلّي.

تأثيرات على الحيوانات:

- اختفاء مصادر الغذاء العشبي يؤدّي إلى هلاك الحيوانات العاشبة.
- انخفاض أعداد الحيوانات المفترسة بسبب نقص الفرائس.
- اضطراب في الهجرة والتكاثر بسبب التغيّر في درجات الحرارة والفصول.

اختلال السلاسل الغذائية:

يؤدّي تدهور إنتاج النباتات إلى انهيار تدريجي في هرم الطاقة البيئية، تبدأ من المنتجين (النباتات) إلى المستهلكين الأوائل (العاشبة) ثمّ المفترسين. هذا الانهيار يخلق فراغًا بيئيًا كارثيًا في النظم الطبيعية، وقد يؤدّي إلى انقراضات جماعية شبيهة بما حدث في العصور الجيولوجية القديمة.

4.3 التأثيرات طويلة الأمد على المُناخ

حتى لو توقّفت الحرب النووية وعادت الأوضاع السياسية إلى طبيعتها، فإنّ التأثير البيئي لا يزول بسرعة. إذ تُظهر النماذج المُناخية أنّ:

- جسيمات السخام تبقى في الستراتوسفير لسنوات، ممّا يعني أنّ التعتيم والتبريد قد يستمرّان لمدّة 5 إلى 10 سنوات على الأقل.
- دوّامات المحيطات والرياح العالمية تتأثّر بشدّة، ما يغيّر أنماط التيارات البحرية مثل "النينيو" و"اللانينيا".
- تراجع في طبقة الأوزون: تشير بعض الدراسات إلى أنّ الجسيمات في الستراتوسفير قد تُسرع من تآكل الأوزون، ممّا يزيد من الأشعّة فوق البنفسجية الضارّة.
- تغيّر دورة المياه العالمية، فمع قلّة التبخّر والغيوم، تقلّ الأمطار ويزيد الجفاف، خاصّة في مناطق شبه القارّة الهندية، أفريقيا، وأمريكا اللاتينية.
- هذه التغيّرات المُناخية لا تؤثّر فقط على الطبيعة، بل تؤثّر أيضًا على المجتمعات البشرية التي تعتمد عليها. ويمكن أن تؤدّي إلى صراعات على الموارد، ونزاعات حدودية، وهجرات جماعية تفوق قدرة أي دولة على الاستيعاب.

تؤكّد التأثيرات البيئية للشتاء النووي على أنّ الكارثة لا تقتصر على انفجار أو منطقة معيّنة، بل هي ظاهرة عالمية مترابطة تدفع كوكب الأرض نحو مرحلة حرجة من التدهور البيئي. الأثر المدمّر لهذه الظاهرة قد يستمر لعقود طويلة حتى بعد انتهاء السبب المباشر، ما يجعلها تهديدًا وجوديًا للحياة على الكوكب.

5. التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية

بينما تبدأ آثار الشتاء النووي على مستوى الغلاف الجوّي والمُناخ، إلّا أنّ تبعاته السريعة تمتدّ إلى المجتمعات البشرية ونظمها الاقتصادية والاجتماعية، فتُحدث خللاً واسعًا في النظم الغذائية، وتؤدّي إلى فوضى اقتصادية، واضطرابات سياسية، وتحوّلات سكّانية جذرية. في هذا القسم، نحلّل كيف يمكن لشتاء نووي أن يعيد رسم ملامح العالم البشري كما نعرفه.

5.1 انهيار نظم الغذاء العالمية

من أخطر ما يسبّبه الشتاء النووي هو الانهيار المتسلسل لسلسلة إنتاج الغذاء. فالعالم الحديث يعتمد على زراعة كثيفة منظّمة بدقّة تعتمد على فصول منتظمة، ودرجات حرارة معتدلة، وموارد مائية مستقرّة. ولكن في ظل الشتاء النووي، تختل كل هذه الشروط الأساسية.

عوامل الانهيار:

- تدمير المحاصيل بشكل جماعي نتيجة البرودة ونقص الضوء.
- اختفاء مواسم الزراعة، إذ يصبح الصيف شبيهًا بالشتاء.
- نقص الأعلاف، ما يؤدّي إلى ذبح جماعي للمواشي وانهيار إنتاج اللحوم والألبان.
- عجز سلاسل التوريد عن تأمين الغذاء عبر الحدود، بسبب انعدام الإنتاج المحلّي وارتفاع تكاليف النقل والوقود.

النتائج:

- انتشار المجاعات في الدول ذات الكثافة السكانية العالية والاعتماد الغذائي الكبير.
- تضخم أسعار الغذاء بشكل غير مسبوق، حتى في الدول الغنية.
- أعمال شغب ونهب واحتجاجات بسبب ندرة الغذاء وفقدان الثقة في الحكومات.

الجدير بالذكر أنّ حتى الدول الصناعية التي تمتلك مخزونات إستراتيجية لن تكون محصّنة، لأنّ هذه المخزونات مؤقّتة ولا يمكنها سدّ الفجوة لأكثر من أشهر محدودة.

5.2 النزوح والهجرة الجماعية

نتيجة للظروف المُناخية القاسية وانعدام الأمن الغذائي، تبدأ حركات سكانية ضخمة وغير مسبوقة. يُتوقّع أن تشهد الدول المجاورة للدول المنكوبة تدفّقات هائلة من اللاجئين الفارّين من الجوع والبرد والمرض.

العوامل المحفّزة للهجرة:

غياب مصادر الغذاء والماء الصالح للشرب.

انهيار البنية التحتية والخدمات الصحّية.

فقدان الأمل في التعافي المحلّي بسبب استمرار الظاهرة لسنوات.

التبعات:

تكدّس السكان في مناطق محددة يؤدي إلى تفاقم الأزمة الصحّية والإنسانية.

تصاعد النزاعات العرقية والطائفية في ظلّ الصراع على الموارد المحدودة.

فشل الدول في استيعاب الأعداد الهائلة من النازحين، ممّا يؤدّي إلى انهيار أنظمة الهجرة والحدود.

بعض الدراسات تشير إلى أنّ أكثر من مليار إنسان قد يضطر للهجرة أو النزوح الداخلي خلال السنوات الأولى فقط من بداية الشتاء النووي، وهو رقم يفوق بكثير قدرة العالم الحالي على التعامل مع الكوارث الإنسانية.

5.3 الانهيار الاقتصادي العالمي

الاقتصاد العالمي مترابط بشكل كبير، وأي خلل في أحد أجزائه يؤثّر على الكل. وفي حال شتاء نووي، فإنّ كلّ دعائم الاقتصاد الحديث تتعرّض لضغط هائل:

القطاعات المتأثّرة:

الزراعة والصناعات الغذائية: أوّل وأكثر القطاعات تضرّرًا.

النقل والطاقة: بسبب تعطّل الإمدادات، وانخفاض الوقود الحيوي، وتجمّد بعض المسارات اللوجستية.

البنوك والأسواق المالية: فقدان الثقة في المستقبل يؤدّي إلى هروب رؤوس الأموال، وانهيار الأسواق.

السياحة والخدمات: تتوقّف تقريبًا بسبب انهيار الاستقرار والظروف البيئية.

النتائج المباشرة:

ركود عالمي عميق قد يستمرّ لعقود.

زيادة الفقر والبطالة في معظم دول العالم.

انهيار الحكومات الضعيفة سياسيًا واقتصاديًا.

دول تعتمد على التصدير الزراعي أو السياحة (مثل العديد من الدول الإفريقية أو جنوب شرق آسيا) ستفقد مصدر دخلها الرئيسي. أمّا الدول الصناعية الكبرى، فستواجه انهيارًا في الإنتاج والطلب المحلّي والعالمي.

5.4 التغيرات السياسية والاجتماعية

الشتاء النووي لا يُحدث فقط تغيرات اقتصادية، بل يعيد تشكيل العلاقات السياسية والاجتماعية بين الدول، وبين الشعوب وحكوماتها:

تصاعد النزعات القومية والانعزالية: الدول قد تغلق حدودها وترفض استقبال اللاجئين.

انهيار التعاون الدولي: في ظلّ صراع البقاء، تفقد المؤسّسات الدولية قدرتها على إدارة الأزمات.

نمو التطرّف والعنف الداخلي: مع انهيار الثقة في الدولة، تظهر جماعات مسلّحة وتنظيمات محلّية تتنافس على الموارد.

يُحتمل أن يتحوّل العالم إلى مشهد من التجمّعات البشرية المتفرّقة التي تعيش في ظروف شبه بدائية، وتُسيّرها قواعد البقاء لا القوانين.

الآثار الاجتماعية والاقتصادية للشتاء النووي لا تقلّ كارثية عن الآثار البيئية، بل إنّها تتفاعل معها لتخلق حالة من الانهيار الشامل في النظام العالمي. فالأمر لا يتعلّق فقط بالموت الفوري الناتج عن الانفجارات النووية، بل بموت بطيء لنُظم الحياة المدنية كما نعرفها، نتيجة اختلالات عميقة لن يكون من السهل التعافي منها خلال أجيال.

6. الدراسات والنماذج العلمية

يُعدّ فهم الشتاء النووي نتيجة لجهود علمية متعدّدة التخصّصات امتدّت لعقود، شارك فيها علماء في المُناخ، والفيزياء الجويّة، والأحياء، والسياسات الدولية. لم تنشأ فرضية الشتاء النووي من فراغ، بل كانت نتيجة ملاحظات دقيقة، وتجارب محاكاة معقّدة، وتحليل تاريخي لظواهر طبيعية مشابهة مثل الانفجارات البركانية الكبرى وحرائق الغابات الواسعة.

6.1 أصل فرضية الشتاء النووي

بدأ التفكير الجاد في تأثيرات ما بعد الحرب النووية خلال الحرب الباردة، خاصّة في سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، حين ازدادت الترسانات النووية للولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي (السابق) إلى مستويات مرعبة.

في عام 1983، نُشر بحث رائد بقيادة العالم الفلكي كارل ساغان بالتعاون مع علماء آخرين مثل ريتشارد توركو وأوين توون، عُرف باسم TTAPS Report (أول حرف من أسماء الباحثين). هذا التقرير قدّم أول وصف علمي مفصل لاحتمال دخول الأرض في "شتاء نووي"، نتيجة للسخام الكثيف الذي ترفعه الانفجارات النووية إلى الستراتوسفير.

أفكار رئيسية في تقرير TTAPS:

أي حرب نووية شاملة قد تشعل آلاف الحرائق في المدن والغابات.

هذه الحرائق ستنتج دخانًا كثيفًا يمكنه البقاء في الطبقات العليا من الغلاف الجوي لعدّة أشهر إلى سنوات.

الدخان سيمنع أشعّة الشمس من الوصول إلى الأرض، ممّا يؤدّي إلى تبريد عالمي سريع وكارثي.

التأثيرات المُناخية ستكون أشدّ تدميرًا من الانفجارات النووية نفسها.

ورغم إنّ هذه الفرضيات واجهت في البداية بعض النقد والتشكيك، فقد أثارت جدلًا علميًا وسياسيًا ضخمًا ساهم في تعزيز الوعي العام حول خطورة الأسلحة النووية، وأثرت في مفاوضات الحدّ من التسلّح.

6.2 النماذج الحاسوبية والمُناخية

تقدّم كبير حدث في العقود اللاحقة مع تطوّر نماذج المحاكاة المُناخية الرقمية، والتي أصبحت أكثر دقّة وشمولاً. تمكّنت هذه النماذج من محاكاة عدّة سيناريوهات لحروب نووية مختلفة، تتراوح من نزاعات محدودة (مثلاً بين دولتين نوويتين صغيرتين) إلى صراعات عالمية شاملة.

أبرز النتائج من النماذج الحديثة:

محاكاة نزاع نووي بين الهند وباكستان (2019):

استخدم علماء من جامعة كولورادو نموذجًا لمحاكاة تفجير 100 رأس نووي صغيرة.

وجدت الدراسة أنّ حوالي 5 مليون طن من السخام سترتفع إلى الستراتوسفير.

النتيجة: انخفاض عالمي بمتوسط 1.8 درجة مئوية في درجات الحرارة السطحية يستمر لـ10 سنوات.

محاكاة حرب نووية شاملة (الولايات المتحدة مقابل روسيا):

التقديرات تشير إلى أنّ ما يقارب 150 مليون طن من السخام قد تُطلق في الجو.

هذا يـؤدّي إلى انخفاض حـراري عالمي يفوق 8 درجـات مئوية، وهـو ما يعـادل أو يفوق العصر الجليـدي الصغير الذي أصـاب الأرض في القرن السابع عشر.

النتائـج تشمـل انخفاض الأمطـار بنسبـة 50%، وفشـل الزراعة العالميـة بنسبة تصل إلى 90%.

محاكاة النينيو واللانينيا بعد الحرب النووية:

أظهرت بعض الدراسات أنّ الشتاء النووي قد يُضعـف أو يعكـس أنماط النينيـو واللانينيا، ممّا يزيد من التطرّف المُناخي حول العالم.

6.3 التجارب المماثلة في الطبيعة

رغـم عدم حـدوث حـرب نووية شاملـة، فإنّ العلماء لجؤوا إلى دراسـة أحداث طبيعية مماثلة لقياس تأثيرات مشابهة، ومنها:

أ. الانفجارات البركانية الكبرى:

مثـال: ثـورة بـركان تامبـورا (1815)، التي أطلقـت كمّيـات هائلـة مـن الرمـاد في الغـلاف الجـوّي، وأدّت إلى مـا يُعـرف بـ"عـام مـن دون صيف" في 1816.

درجـات الحـرارة انخفضـت، وحـدث فشـل زراعـي ومجاعـة في أجـزاء مـن أوروبـا وأمريكا الشمالية.

تُستخـدم هذه الحـوادث التاريخيـة كنموذج أولي للتأثير المُناخي للدخان البركاني والنووي.

ب. حرائق الغابات الكبرى:

مثل حرائـق سيبيريـا وكاليفورنيـا الحديثة، التـي أنتجت سُحبًا كثيفة مـن الدخان انتقلت إلى قارّات أخرى.

أظهـرت كيف يمكن للدخان أن ينتشر بسرعة عـبر الرياح العلوية، ويبقى معلّقًا لأيام أو أسابيع، ممّا يُعزّز من فرضية الشتاء النووي عند تضاعف هذه الحرائق بفعل القنابل النووية.

6.4 الجدل العلمي والتطوّر المستمر

رغـم الدعـم المتزايـد للنمـاذج التـي تؤكّـد احتماليـة الشتـاء النـووي، لا يزال هنـاك نقاش علمي حول:

كمّيـة السخـام التـي ستصـل فعـلًا إلى الستراتوسفير؟

مـدّة بقائها وتأثيرها وفق نـوع الأرض والبنية التحتية للمدن؟

هـل يمكن أن تبرد الأرض بشدّة، أم أنّ التغيّر سيكون إقليميًا أكثر من كونه عالميًا؟

لكن إجماعًا علميًـا متزايدًا ظهر في السنوات الأخـيرة، يدعـم فكـرة أنّ حتـى حـرب نوويـة «محدودة» تحمـل في طياتها آثـارًا بيئية كارثية لا تقلّ عن شتاء نووي مصغّر قد يعصف بأمن كوكب الأرض لعقود.

الدراسات والنمـاذج العلمية أثبتت أنّ الشتاء النـووي لم يعد مجرّد نظريـة تخيّلية، بل سيناريو محتمـلاً يستند إلى أسس علميـة وتجريبية قويّة. المعرفة المتراكمـة في هذا المجال تُعـدّ أداة ضغط أخلاقية وعلميـة وسياسية، تدفـع باتجاه الوقاية من الكارثة، لا الاستعداد لها فقط.

7. الجهود الدولية للحدّ من الخطر

مع تزايد الوعي العالمي بخطورة الأسلحة النووية، خصوصًا بعد ظهور فرضية الشتاء النووي في الثمانينيات، بدأ المجتمع الدولي في اتّخاذ خطوات ملموسة للتقليل من احتمال اندلاع حرب نووية شاملة، وبالتالي منع الكارثة المُناخية والبيئية المحتملة. وقد تمّ ذلك عبر ثلاثة مسارات رئيسة: الاتفاقيات الدولية، والمبادرات متعدّدة الأطراف، والتحرّكات التوعوية والسياسية.

7.1 الاتفاقيات الدولية للحدّ من الأسلحة النووية

من أبرز أشكال الجهد الدولي في هذا السياق هو التوقيع على معاهدات دولية ملزمة تهدف إلى الحدّ من انتشار الأسلحة النووية وتقييد استخدامها.

أ. معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية (NPT) - 1968)

تهدف إلى منع انتشار الأسلحة النووية إلى الدول غير المالكة لها، وتعزيز نزع السلاح النووي.

تُلزم الدول النووية بالسعي لنزع سلاحها، بينما يُمنع على الدول غير النووية تطوير أو امتلاك هذه الأسلحة.

يبلغ عدد الدول الموقعة على المعاهدة أكثر من 190 دولة، ما يجعلها واحدة من أكثر الاتفاقيات شمولًا في التاريخ.

ب. معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية (CTBT) - 1996)

تمنع جميع أنواع التجارب النووية، سواء فوق الأرض أو تحتها.

رغم إنّ المعاهدة لم تدخل حيّز التنفيذ الكامل بسبب عدم تصديق بعض الدول الأساسية (مثل الولايات المتحدة والصين والهند)، إلّا أنّها نجحت في تقليل عدد التجارب النووية بشكل كبير.

ج. معاهدات الحد من الأسلحة الاستراتيجية (START & NEW START)

بين الولايات المتحدة وروسيا، وتهدف إلى تقليص عدد الرؤوس النووية العابرة للقارّات.

تشمل قيودًا على عدد الصواريخ الاستراتيجية، وآليات التحقّق المتبادل.

هذه المعاهدات ساهمت في تقليل المخزون النووي العالمي بنسبة تفوق 80% منذ ذروته في الثمانينات، مما يقلّل –نظريًا– من احتمالية نشوء شتاء نووي شامل.

7.2 المبادرات والتحالفات متعدّدة الأطراف

إضافة إلى الاتفاقيات الثنائية والمتعدّدة الأطراف، ظهرت العديد من المبادرات العالمية غير الرسمية، أو المدعومة من منظّمات دولية، تهدف إلى الحد من الخطر النووي بشكل شامل.

أ. مبادرة «المدن الخالية من الأسلحة النووية»

بدأت بها عدد من البلديات والعواصم حول العالم.

تهدف إلى الضغط على الحكومات الوطنية لاتّخاذ سياسات مناهضة للأسلحة النووية.

ب. التحالف من أجل حظر الأسلحة النووية (ICAN)

حملة دولية حصلت على جائزة نوبل للسلام عام 2017.

ساهمت في دفع اعتماد معاهدة حظر الأسلحة النووية (TPNW) في الأمم المتحدة.

تركّز على التأثير الإنساني والبيئي للأسلحة

النووية، بما في ذلك الشتاء النووي كعنصر حاسم في خطابها.

ج. المنتدى الدولي لنزع السلاح النووي

يجمع خبراء من دول نووية وغير نووية، لمناقشة مخاطر الشتاء النووي وتقديم توصيات علمية لصناع القرار.

يُشجّع على تبني "عقيدة عدم البدء بالاستخدام النووي" (No First Use Policy).

7.3 التوعية العامّة والضغط السياسي

أدّى الاهتمام المتزايد بخطر الشتاء النووي إلى ظهور حركات اجتماعية وثقافية وأكاديمية قويّة هدفت إلى رفع الوعي الشعبي والدولي حول خطورة التسلّح النووي.

أ. التوعية العلمية

مئات المقالات والدراسات العلمية نُشرت في مجلات مرموقة (Nature، Science، PNAS).

علماء مثل أوين توون، آلان روبوك، وبرايان تون قادوا حملات توعوية عبر الجامعات ومراكز البحث، محذرين من الانقراض البيئي الذي قد ينجم عن حرب نووية.

ب. الضغط من المجتمع المدني

مظاهرات ضخمة في أوروبا وأمريكا في الثمانينات والتسعينات طالبت بنزع الأسلحة النووية.

منظمات مثل Greenpeace وPugwash أدّت دورًا كبيرًا في الضغط الأخلاقي على الحكومات.

ج. التعليم والإعلام

إدخال موضوعات مثل الشتاء النووي في المناهج الدراسية ببعض الدول.

إنتاج أفلام وثائقية، مثل فيلم The Day After (1983)، الذي أثّر بشكل كبير على الرأي العام وصنّاع القرار في الولايات المتحدة.

7.4 العقبات والتحدّيات أمام نزع السلاح النووي

رغم كلّ التقدّم في العقود الماضية، لا يزال العالم يواجه تحدّيات جدّية في سبيل منع حدوث شتاء نووي:

استمرار سباق التسلّح: خصوصًا بين الصين، والولايات المتّحدة، وروسيا.

غياب الثقة السياسية: وعدم التزام بعض الدول الكبرى ببنود المعاهدات.

التكنولوجيا النووية المزدوجة الاستخدام: ما يجعل من الصعب فصل الاستخدام السلمي عن العسكري.

تنامي خطر الإرهاب النووي: حيث قد تحاول جماعات غير دولية استخدام «قنابل قذرة».

تكشف الجهود الدولية عن إدراك عميق لخطورة الشتاء النووي، ورغبة متزايدة في تفادي الكارثة قبل حدوثها. لكنّ رغم التقدّم، لا يزال التهديد قائمًا، ويتطلّب استمرار الضغط الشعبي والعلمي والدبلوماسي من أجل الوصول إلى عالم خالٍ من الأسلحة النووية، وخالٍ من شبح الانقراض البيئي الجماعي.

8. خاتمة

يمثّل الشتاء النووي أحد أعظم التهديدات الوجودية التي عرفها الإنسان، ليس فقط لأنّه مرتبط بالحرب النووية ذاتها، بل لأنّه يُبرز كيف يمكن أن يؤدّي عمل عدائي واحد إلى سلسلة من التفاعلات البيئية والاجتماعية والاقتصادية التي تتجاوز كلّ حدود الزمان والمكان. هذه الظاهرة

لا تهدد حياة الأفـراد في مناطق الحرب فقط، بل تهـدّد الحياة على سطح الكوكـب برمّته، وتكشف عـن الترابـط العميـق بـين الأنظمـة الطبيعيـة والبشرية.

من خلال التحليل العلمي والدراسات المُناخية الحديثة، أصبـح من الواضح أنّ العواقب المحتملة لحرب نووية شاملة تتجاوز بكثير آثار الانفجارات المباشـرة. إنّ التبريـد العالمـي الناتج عـن تراكم السخـام في طبقـة الستراتوسفـير، وانخفاض درجـات الحـرارة، وانهيـار الإنتـاج الزراعـي، وتدمير النظم البيئية، كلّها تؤدّي إلى تغيّر مناخي طويل الأمد قد يستمر لعقود، بل وربّما لقرون.

ومـع ذلك، فـإنّ الشتـاء النـووي ليـس قدرًا محتوماً. إنّه تهديد يمكـن تجنّبه إذا أظهر العالم الإرادة السياسية والأخلاقية اللازمة لتفاديه. إنّ خفض الترسانـات النووية، ومنع سبـاق التسلّح، وتبنّـي سياسـات عقلانيـة قائمـة علـى الحـوار والتعاون الدولي، ليست مجـرّد خيارات سياسية، بل هي شروط أساسية لبقاء الحضارة.

الجهـود الدوليـة، رغم العقبـات، قد أظهرت قـدرة البشرية علـى التعلّم والتحـرّك في مواجهة المخاطر الكبرى. مـن معاهدة عدم الانتشار، إلى حملات التوعية، إلى دور العلماء والمجتمع المدني، توجـد أدوات كثيرة للوقاية مـن الكارثة. لكن هذه الأدوات لا تُفعّـل إلّا حـين يُستبـدل منطـق القـوة بمنطق الحكمة.

إنّ الشتـاء النووي ليس مجـرّد تحذير علمي، بـل هو نـداء للبشرية لإعـادة النظـر في علاقتها بالتكنولوجيـا، والسلطـة، والطبيعـة. وهـو دعوة لاختيـار الحيـاة بـدل الدمـار، والاستدامـة بدل الانتحار الجماعي.

وفي النهاية: ليس السـؤال هل نستطيع النجاة مـن الشتاء النـووي، بل هل نملـك الشجاعة لمنعه قبل أن يحدث؟.

المراجع:

- Coupe, J., Bardeen, C. G., Robock, A., & Toon, O. B. (2019). Nuclear winter responses to nuclear war between the United States and Russia in modern climate models. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124(15), 8522–8543. https://doi.org/10.1029/2019JD030509
- Mills, M. J., Toon, O. B., Lee-Taylor, J., & Robock, A. (2014). Multidecadal global cooling and unprecedented ozone loss following a regional nuclear conflict. Earth's Future, 2(4), 161–176. https://doi.org/10.1002/2013EF000205
- Robock, A., Oman, L., & Stenchikov, G. L. (2007). Nuclear winter revisited with a modern climate model and current nuclear arsenals: Still catastrophic consequences. Journal of Geophysical Research, 112(D13). https://doi.org/10.1029/2006JD008235
- Toon, O. B., Robock, A., & Turco, R. P. (2007). Environmental consequences of nuclear war. Physics Today, 60(12), 37–42. https://doi.org/10.1063/1.2810437
- Turco, R. P., Toon, O. B., Ackerman, T. P., Pollack, J. B., &

- Scientific American. (2022, March 1). Even a ‘small’ nuclear war could trigger global famine. Scientific American. https://www.scientificamerican.com/article/even-a-small-nuclear-war-could-trigger-global-famine/

- Glasstone, S., & Dolan, P. J. (1977). The effects of nuclear weapons (3rd ed.). U.S. Department of Defense and Energy.

- Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2023). Trends in world nuclear forces. SIPRI. https://www.sipri.org/yearbook/2023/10

Sagan, C. (1983). Nuclear winter: Global consequences of multiple nuclear explosions. Science, 222(4630), 1283–1292. https://doi.org/10.1126/science.222.4630.1283

- International Campaign to Abolish Nuclear Weapons (ICAN). (2015). The catastrophic humanitarian consequences of nuclear weapons. ICAN. https://www.icanw.org/catastrophic-humanitarian-consequences

- United Nations Office for Disarmament Affairs (UNODA). (2017). Treaty on the prohibition of nuclear weapons (TPNW). https://www.un.org/disarmament/wmd/nuclear/tpnw/

النفايات الصلبة

بين عبء البيئة وحلول التكنولوجيا

د. سمر الصيرفي*

شهدت إدارة النفايات الصلبة تطوّراً كبيراً من جمع ورمي عشوائي أو في أماكن غير محكمة، أو حتى الحرق، إلى اعتماد إستراتيجيات أكثر استدامة تشمل الفرز عند المصدر، إعادة التدوير، المعالجة، ثمّ الطمر الصحّي (sanitary landfill)، ويُعدّ الطمر الصحّي أحد أكثر الطرق المستخدمة في الدول الصناعية، حيث يتمّ قبل الطمر تحقيق أقصى استفادة ممكنة من النفايات، أمّا في الكثير من الدول النامية فغالباً ما يُطبّق الطمر دون مراحل مُسبقة قويّة للاستفادة، ممّا يؤدّي إلى تأثيرات بيئية عميقة.

تُشكّل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من الأدوات البحثية الجوهرية في معالجة المشكلات ذات البعد المكاني، بغضّ النظر عن تنوّع موضوعاتها أو اختلاف البيئات التي تُطبّق فيها. تبدأ هذه المنهجية عادةً بإنشاء قواعد بيانات مرتّبة ومنظّمة تشمل المعطيات الخاصّة بالموضوع المدروس (مثل الخرائط الطبوغرافية، استخدامات الأرض، البُنى التحتية، مصادر التلوّث، التجمّعات السكانية، المياه، الكائنات الحيّة، المُناخ، الخ ...)، ثم تُعدّ خريطة / خرائط أساسية للمنطقة المستهدفة، تُستخدم كإطار عمل لتحليلها. ومن أهم التقنيات التي تتيحها نظم المعلومات الجغرافية :

* قسم الجغرافية - جامعة حلب.

• التحليل الكارتوغرافي، أي رسم وتمثيل الظواهر على الخريطة وتحديد التباين المكاني للخصائص

• التحليلات المكانية بما في ذلك تحليل القرب (distance)، تحليل الانحدار (slope)، تحليل الارتفاع (elevation)، تحليل الشبكات (networks)، تحليل الهيدرولوجيا (hydro-logic)، وغيرها..

• دمج المعايير المتعدّدة (multi-criteria)، لاختيار مواقع مثلى للمشروعات التي يكون لموقعها تأثير كبير على البيئة والبشر.

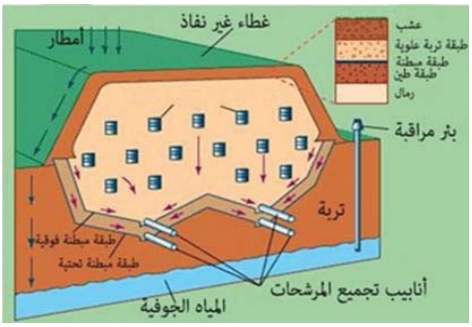
تكمن أهمّية تحديد موقع المطمر الصحّي في كونه الحل النهائي للتخلّص من النفايات، وبالتالي فإنّ اختيار الموقع المناسب مسألة حاسمة، لأنّها تؤثّر بصورة مباشرة على:

• خطر تسرّب العُصارة (leachate) إلى المياه الجوفية أو السطحية

• انتشار الروائح، الحشرات، الميكروبات

• التأثير على التربة والنظم البيئية المحيطة

• الأثر المرئي والبيئي على السكان القريبين



وهنا يأتي دور نظم المعلومات الجغرافية، والتي تمكّن من تقييم مواقع متعدّدة باستخدام معايير بيئية، تقنية، اجتماعية واقتصادية مثل:

• نوع التربة

• تضاريس الموقع: الانحدار، الارتفاع

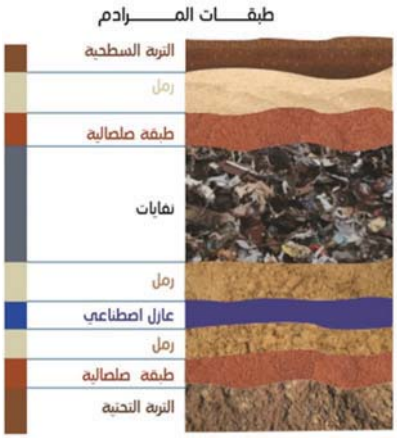
• المسافة إلى المجمعات السكانية

• المسافة إلى المصادر المائية (سطحية وجوفية)

• استخدامات الأرض القريبة

• البُنى التحتية: الطرق، الوصول، الخدمات

• المعايير الثقافية أو السياحية إن وجدت



يُعد التخلّص من النفايات مشكلة عالمية، إذ لا تنحصر في بلد معيّن بل تُعاني منها معظم البلدان، ممّا يستدعي البحث عن حلول لهذه الظاهرة التي أصبحت واضحة في كلّ الدول سواء النامية، أو المتقدّمة.

ونتيجةً للأنشطة الصناعية، والبلدية تنتج كمّيات كبيرة من النفايات الصلبة، ويتحوّل جزء من هذه النفايات إلى ملوّثات في أشكال مختلفة مثل السوائل والغازات، واستناداً إلى مستوى السلامة يمكن أن تكون النفايات خطرة، أو غير خطرة. ويمكن التحكّم في النفايات الصلبة

بخيارات مختلفة مثل تقليصها من المصدر، واستعادة الموارد منها من خلال عمليات الفرز، وإعادة الاستخدام، واستعادة الموارد الطبيعية، وذلك عن طريق إدارتها الجيدة.

وعلى الرغم من كلّ الجهود المبذولة للاستفادة القصوى من النفايات الصلبة في عمليات التدوير والفرز الأولي، لا تزال هناك حاجة للتخلّص المستدام من هذه النفايات من خلال طمرها في مطامر صحية (landfill) للنفايات الصلبة. وهو الخيار الأكثر استخداماً في العالم للتخلّص من النفايات الصلبة بسبب انخفاض كلفتها وكفاءتها، ولذلك تلعب مواقع الطمر دوراً حيوياً في عمليات المعالجة، والتخلّص من النفايات الصلبة بكافة أشكالها، ولذا يجب أن تحظى عملية انتقاء مواقع الطمر باهتمام خاص لما لها تأثير على البيئة المحيطة.

تعريف النفايات الصلبة:

تُعرَّف **النفايات الصلبة** (Solid Waste) بأنّها جميع المواد الصلبة أو شبه الصلبة الناتجة عن الأنشطة الإنسانية المختلفة، سواء كانت منزلية، أو تجارية، أو صناعية، أو زراعية، والتي لم يعد لها قيمة استعمالية في مكان إنتاجها، أو أصبحت غير مرغوب فيها، ويستلزم التخلّص منها أو معالجتها بطرق تضمن عدم إضرارها بالصحّة العامة والبيئة. ووفق البنك الدولي (World Bank، 2018)، يشمل هذا المصطلح جميع المواد المتبقّية من أنشطة الاستهلاك والإنتاج، بما في ذلك النفايات المنزلية (Municipal Solid Waste – MSW)، والنفايات الصناعية، والإنشائية، والزراعية، بالإضافة إلى النفايات الخاصة مثل الطبية أو الخطرة التي تخضع لمعايير تنظيمية أكثر صرامة.

أمّا في الإطار القانوني، فقد عرّف قانون النظافة السوري النفايات الصلبة بأنّها: "المواد أو الأجسام الناتجة عن مختلف أوجه النشاط الإنساني والتي يجب التخلّص منها، وتشمل النفايات البلدية والصناعية، إضافة إلى النفايات الخطرة والطبية." ويفرّق هذا التعريف بين النفايات الصلبة العادية والنفايات الخطرة، حيث تخضع الأخيرة لنظام خاص لإدارة المواد الضارة والخطرة ونقلها وتداولها، نظرًا لآثارها السامة والمسرطنة والمسبّبة للتلوّث طويل الأمد. ومن الناحية البيئية، يرى (Tchobanoglous et al. 2014) أنّ النفايات الصلبة لا تُعرّف فقط بكونها مواد غير نافعة في مكانها الحالي، بل أيضاً بأنّها مورد ثانوي محتمل يمكن إعادة تدويره أو استرداد الطاقة منه (Waste-to-Energy)، ممّا يعكس التحوّل في مفهوم "النفايات" من عبء بيئي إلى مورد اقتصادي عند إدارتها بشكل سليم.

تصنيف النفايات الصلبة

تُعدّ النفايات الصلبة من أهم القضايا البيئية المعاصرة، ويعود ذلك لتنوّع مصادرها واختلاف خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، وهو ما يجعل إدارتها ومعالجتها تحدّياً بيئياً واقتصادياً وصحياً. وقد اعتمدت معظم المراجع المتخصّصة (Tchobanoglous et al.، 2014; UNEP، 2016; World Bank، 2018) تصنيف النفايات الصلبة بناءً على مصدرها الأساسي، وذلك وفق الأنواع الآتية:

1- **النفايات البلدية الصلبة** Municipal Solid Waste – MSW: وتشمل جميع المخلّفات الناتجة عن الأنشطة اليومية في المدن والبلدات، ويمكن تفصيلها كما يلي:

• **النفايات المنزلية:** الناتجة عن تحضير الطعام، التنظيف، المواد الورقية والبلاستيكية، الأثاث والأدوات المهملة، الزجاج والخزف... إلخ.

• **النفايات التجارية:** مثل نفايات المكاتب والمحال التجارية، وتشبه إلى حدّ كبير النفايات المنزلية (ورق، كرتون، أغذية تالفة).

• **نفايات الأماكن العامّة والطرق والحدائق:** وتتكوّن من الأتربة والأوراق والأغصان ومخلّفات التشجير والتنظيف.

• **نفايات البناء والهدم:** وتشمل الركام، والخرسانة، والأخشاب، والمعادن الناتجة عن عمليات التشييد أو الإزالة.

• **النفايات الطبّية** (Medical Waste): وتصدر عن المستشفيات، المراكز الصحّية، العيادات، الصيدليات، بنوك الدم، المختبرات، مصانع الأدوية. وتشمل الأدوات الحادّة (إبر، مشرط)، الأنسجة البشرية المستأصلة، الضمادات والمواد الملوثة بالدم، المواد الكيميائية الدوائية، وأحياناً السوائل الطبية.

• **حمأة محطّات معالجة مياه الصرف الصحّي** (Sludge): وهي خليط من المواد العضوية وغير العضوية المترسّبة، تحتوي على نسبة عالية من المياه، وتنتج عن معالجة مياه الصرف في محطّات التنقية.

هذه المجموعة تُشكّل النسبة الأكبر من النفايات في معظم الدول، حيث قد تصل إلى 50–70% من إجمالي النفايات في المدن.

2- **النفايات الصناعية** (Industrial Waste): وتنتج عن عمليات التصنيع المختلفة، وتشمل بقايا المواد الخام أو المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها. يختلف تركيبها تبعاً لنوع الصناعة:

• **نفايات صناعية عضوية:** تحتوي على مواد كيميائية أو بقايا مواد عضوية قابلة للتحلّل، لكنّها قد تكون سامّة وخطرة إذا تضمنت ملوثات مثل الهيدروكربونات أو المذيبات (كما في الصناعات البتروكيميائية والمطاط).

• **نفايات صناعية غير عضوية:** تتضمّن المعادن الثقيلة، مخلفات التعدين، بقايا عمليات الصهر والتصنيع المعدني، والغبار الصناعي.

• تمثّل النفايات الصناعية تحدّياً كبيراً لأنّها غالباً مركّزة وعالية السمية، وتتطلّب معالجة خاصة قبل التخلّص منها.

3- **النفايات الزراعية** (Agricultural Waste): وتشمل المخلّفات الناتجة عن:

• الأنشطة الزراعية (أعشاب ضارّة، بقايا المحاصيل، قشور النباتات).

• أنشطة تربيـة الحيوانات (روث الحيوانات، جيف الحيوانات النافقة).
• مخلّفات الغابات والحدائق والمراعي.

عادةً لا تُشكّل النفايات الزراعية خطراً إذا ما أُعيدت إلى دورتها البيئية (مثل التسميد العضوي Composting)، لكنّهـا قـد تُصبـح ملوِّثاً عند سوء إدارتها أو حرقها في الهواء الطلق مما يُسبب انبعاث غازات ملوّثة.

4- **النفايات السامّة والخطرة** Toxic & Hazardous Waste)): تضم جميع المـواد التي تحتوي على خصائص تجعلها سامّة أو قابلة للاشتعال أو الانفجار أو ذات نشاط إشعاعي أو تأثير بيولوجي ممرض. وتشمل:

• المـواد الكيميائيـة السامّة: مثـل الرصاص، الزئبق، الكادميوم، المذيبات العضوية.
• المواد القابلـة للاشتعال أو الانفجار: وتشمل المذيبات والمركّبات البترولية.
• المـواد المشعّـة: الناتجـة عـن دورة الوقـود النووي، أو إنتاج النظائر المشعّة، أو محطّات توليد الطاقة النووية.
• النفايات الطبّيـة الخطرة: خاصّة المخلّفات الملوّثـة بيولوجيـاً أو تلـك التـي تحـوي جراثيـم وفيروسات.

وفق وكالة حمايـة البيئة الأمريكية (EPA)، تُعرّف النفايات الخطرة بأنّها: "أي نفايات لديها خصائـص تجعلهـا مهـدّدة لصحّـة الإنسـان أو البيئة، سواء بسبـب سمّيتها أو قابليتها للاشتعال أو تآكلها أو قابليتها للتفاعل."

طـرق التخلّص مـن النفايـات الصلبة ومعالجتها:

تُعدّ مرحلة التخلّص من النفايات الصلبة من المراحل الحاسمة في إدارة النفايات الصلبة، حيث تُحـدّد هذه المرحلة مدى نجـاح النظام بأكمله في تحقيق أهدافه البيئية والصحية. ويمكن تصنيف طـرق التخلّص إلى ثلاث فئـات رئيسية: الطرق البدائية، الطرق التقليدية، والطرق الحديثة.

أولاً: الطـرق البدائيـة في التخلّص مـن النفايات الصلبة البلدية

1- **المكبات المكشوفة** (Open Dumping): تُعدّ أقـدم أشكال التخلّص، حيـث تُلقى النفايات في مواقـع مفتوحة أو مغلقة مـن دون رصّ أو عزل هندسي. وغالباً ما تكون هذه المواقع غير مراقبة، ممّا يؤدّي إلى:

• انبعاث غازات ضـارّة (الميثان، ثاني أكسيد الكربون).
• تلـوث التربـة والميـاه الجوفيـة بالعصـارة (Leachate).
• انتشار الحشرات والقوارض والأوبئة.
• تشويه المشهد الحضري.

وفق UNEP (2016)، ما يزال أكثر من 40% من النفايات في الدول النامية يُدار عبر المكبات المكشوفة.

2- **الإلقاء في المسطّحات المائية:** تمثّلت هذه الممارسة في رمي النفايات في الأنهار أو البحار، خصوصاً في المدن الساحلية. ورغم انخفاض استخدامها حالياً بسبب القوانين الدولية (مثل اتفاقية برشلونة 1995 لحماية البحر المتوسط)، إلّا أنّها ما زالت تُمارس في بعض المناطق النامية. من آثارها:

- تلوّث المياه السطحية.
- تراكم النفايات البلاستيكية الدقيقة في السلاسل الغذائية البحرية.
- الإضرار بالأنشطة الاقتصادية (الصيد، السياحة).

3- **الحرق العشوائي** (Uncontrolled Burning): تلجأ بعض المناطق إلى الحرق المكشوف لتقليل حجم النفايات، وهو أسلوب خطير يؤدّي إلى:

- انبعاث ملوّثات غازية خطرة مثل الديوكسينات والفورانات.
- تلوّث الهواء والأمطار الحمضية.
- احتراق الطبقات السطحية للتربة مع بقاء الطبقات التحتية بيئة مناسبة للحشرات.

ثانياً: الطرق التقليدية للتخلّص من النفايات الصلبة

تمثّل هذه الطرق تطوّراً مقارنة بالبدائية، وتُصنّف وفق طبيعتها إلى: حرارية، كيميائية، بيولوجية، ميكانيكية.

1- **الطمر الصحّي** Sanitary Landfilling: يُعدّ أكثر الطرق انتشاراً في العالم. وتتمثّل آليته في:

- ضغط النفايات في خلايا معزولة هندسياً ببطانات liners مانعة للتسرّب.
- وضع طبقات تغطية يومية من التربة أو مواد بديلة (25–50 سم).
- تصميم شبكة لتصريف العصارة Leachate collection system).

• إنشاء أنابيب لتجميع غاز الميثان واستخدامه لإنتاج الطاقة.

المزايا: (كلفة أقل مقارنة بالترميد، إمكانية استرداد الطاقة من الغاز الحيوي، ملاءمته لمختلف أنواع النفايات).

العيوب: الحاجة لمساحات واسعة. والخطر المحتمل لتلوث المياه الجوفية.

2- **الترميد** (Incineration): وهو الحرق المنظّم للنفايات في أفران خاصّة عند درجات حرارة تتجاوز 85 مْ ينتج عنه: تقليص حجم النفايات بنسبة 70–90%، التخلّص من مسبّبات الأمراض، ومن محاسنه إمكانية استغلال الطاقة الحرارية الناتجة لتوليد الكهرباء، ومن عيوبه انبعاث غازات سامّة (في حال غياب أنظمة ترشيح متطورة). وارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة.

3- **المعالجة البيوحرارية** (Compost-ing): تُستخدم لمعالجة النفايات العضوية (أكثر من 50% من النفايات في الدول النامية)، تتم عبر نشاط ميكروبي يحول المواد العضوية إلى سماد عضوي (Compost) غني بالعناصر الغذائية. ويحتاج إلى تحكّم بدرجة الحرارة والرطوبة والأكسجين. من مزاياها: إنتاج سماد عالي الجودة، تقليل كمّية النفايات الموجّهة للطمر. أمّا أهم عيوبها: ارتفاع الكلفة نسبياً، الحاجة لفرز مسبق للنفايات العضوية.

4- **إعادة التدوير** (Recycling): تشمل إعادة استخدام المواد القابلة للاسترجاع (زجاج، ورق، بلاستيك، معادن). هذه الطريقة تقلّل من استنزاف الموارد الطبيعية، وتقلّل من انبعاثات غازات الدفيئة مقارنة بالإنتاج الأولي. ومن التحدّيات التي تواجه هذه الطريقة: الحاجة لفرز دقيق عند المصدر. وعدم جدوى إعادة التدوير لبعض المواد منخفضة القيمة.

ثالثاً: الطرق الحديثة للتخلّص من النفايات الصلبة:

نتيجة للتطوّر التكنولوجي، ظهرت طرق بديلة تهدف لتقليل الآثار البيئية وزيادة كفاءة استرداد الموارد:

1- **الهضم اللاهوائي** (Anaerobic Di-gestion):

• يُستخدم لمعالجة النفايات العضوية في غياب الأكسجين.

•ينتـج غاز الميثـان (biogas) يُستغل لإنتاج الطاقة، إضافة إلى سماد عضوي.

•يُعـدُّ مناسبـاً للـدول ذات نسبـة عاليـة من النفايات العضوية (مثل دول المنطقة العربية).

2- **الحلمهة الحامضية** (Acid Hydrolysis): تقنيـة كيميائيـة لتحويـل المـواد العضويـة إلى سكريـات تُستخدم لاحقـاً في إنتاج الإيثانول أو مواد كيماوية.

3- **أنظمـة البلازما** (Plasma Arc Gasification): تُستخدم درجـات حرارة عالية جدّاً (تصل من 5000 إلى 7000 مْ) لتفكيك النفايات إلى مكوّنـات غازيـة وسائلـة. وتُعدّ تقنيـة واعدة لكنّها باهظة الكلفة.

4- **التحلّل الحـراري** (Pyrolysis): تسخـين النفايـات في غيـاب الأكسجـين لإنتـاج غـازات وسوائل ومـواد صلبـة (biochar) ويُعدُّ خياراً لتوليد الطاقة وتقليل الاعتماد على الطمر.

5- **أنظمـة اسـترداد الطاقـة** (Waste-to-Energy – WtE): دمـج بـين الترميد والهضم اللاهوائـي والغـاز الحيـوي لإنتـاج الكهربـاء والحرارة. تُطبَّق هذه التقانة بشكل واسع في الدول الأوروبية واليابان.

6- **كبس النفايات ضمن قوالب** (Briquetting): ضغط النفايـات العضوية أو الزراعية في قوالب تُستخدم كوقود صلـب. وهي تقانة مناسبة للمناطـق الريفية أو التي تفتقـر إلى أنظمة طاقة متقدّمة.

المطامر الصحّية (Sanitary Landfills)

1- **تعريـف:** المطمـر الصحّـي هـو منشـأة هندسية مُصمّمة خصّيصاً للتخلّص من النفايات الصلبـة بطريقة آمنة بيئيـاً وصحياً، بحيث يُعزل محتـوى النفايات عـن الوسط المحيـط (التربة، المياه الجوفية، الهـواء) باستخدام بطانات عازلة (Liners) وأنظمـة صـرف للعصـارة (Leachate Collection Systems)، إضافـة إلى أنظمـة مراقبـة للغازات الناتجة عـن التحلّل الحيوي للنفايات، وذلك بهدف تقليل الأثر البيئي طويـل الأمـد. ويعـرّف (Tchobanoglous et al.) المطمـر الصحّـي **بأنّـه**: «نظـام متكامل لإدارة النفايات يهدف إلى التخلّص من النفايات الصلبة في بيئة محكمـة هندسياً، تسمح بالتحكّم في الانبعاثات الغازية والسائلة الناتجة عن التحلّل، مع متابعة ورقابة طويلة الأمد بعد الإغلاق.»

2- **المتطلّبـات الأوليـة لمشـروعات الطمـر الصحّي**

أ- تحديد نوع النفايات

•يُستبعـد إدخال النفايات الخطـرة والسامّة

(مثل النفايات الصناعية الكيميائية أو الطبّية المعدية).

• يتمّ التركيز على النفايات البلدية الصلبة (MSW)، القابلة للتحلّل البيولوجي (بقايا الطعام، الورق، الأخشاب).

• بعض المطامر الحديثة تعتمد على الفرز المسبق لتقليل الكمّيات الداخلة للمطمر واسترداد المواد القابلة للتدوير.

ب- تقدير كمّية النفايات

• يُحسب معدّل إنتاج النفايات للفرد يومياً (كغ/شخص/يوم)، مضروباً بعدد السكان، مع الأخذ بالاهتمام النمو السكاني المستقبلي.

• هذا التقدير يُحدّد حجم وسعة المطمر، وعدد الخلايا، وعمر المشروع (10–25 سنة).

ت- حجم ومساحة الموقع

• يُصمّم المطمر ليستوعب الكمّيات المتوقّعة طوال فترة تشغيله.

• غالباً ما تكون المساحة المطلوبة كبيرة نسبياً (عدّة عشرات من الهكتارات)، خصوصاً إذا كان يخدم مدينة كبرى.

ث- تنظيم حركة الآليات

• يتطلّب المشروع شبكة طرق داخلية مُعبّدة تتحمّل حركة الشاحنات.

• يُخطّط لوصول وخروج الشاحنات بزمن قصير لتقليل الازدحام.

• تُحدّد مواقع البوابات، الميزان (Weigh-bridge)، ومناطق التفريغ.

ج- الخدمات الملحقة، وتشمل:

• مباني إدارية ومراقبة.

• ورش صيانة للآليات.

• مخازن وقود وزيوت.

• محطّات كهرباء ومياه.

• نقاط مراقبة بيئية (غاز، عصارة، مياه جوفية).

3- العوامل المؤثّرة في اختيار موقع المطمر الصحّي

اختيار الموقع من أكثر المراحل حساسية، حيث يرتبط بالاعتبارات الصحّية، البيئية، الاقتصادية، والاجتماعية.

أ- الموقع التنظيمي: يجب أن يكون المطمر خارج المخطّطات العمرانية الحالية والمستقبلية.

ب- المساحة المتوافرة: كلّما كانت المساحة أكبر، قلّت كلفة التشغيل النوعية. تسمح المساحات الواسعة بتصميم أكثر مرونة للخلايا.

ت- قرب الموقع من مصادر النفايات: المسافة المثالية للمطمر تتراوح بين 10–15 كم من المناطق السكنية، لتقليل كلفة النقل. قرب الموقع من طرق رئيسية يقلّل الكلفة اللوجستية.

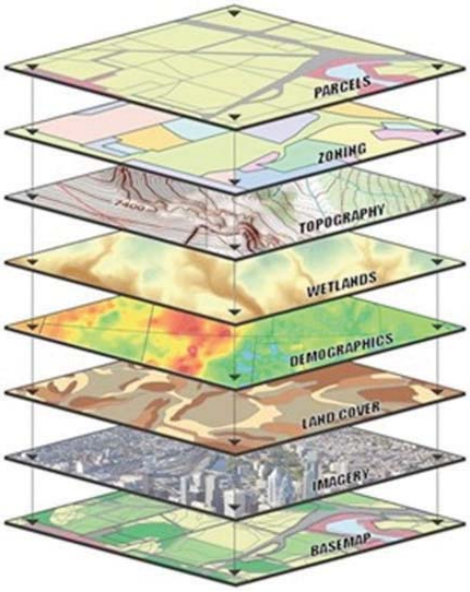
ث- الطبوغرافيا: يفضّل اختيار مواقع منخفضة أو وديان طبيعية لاستيعاب النفايات بكمّيات أكبر مع تقليل أعمال الحفر والردم. الطبوغرافيا المناسبة تسهل التحكّم بمياه الأمطار وتصريفها.

ج- الظروف المُناخية: تُدرس اتجاهات الرياح السائدة لتقليل تطاير الروائح والمواد الخفيفة نحو التجمّعات السكنية. في المناطق الممطرة، يجب تصميم نظام تصريف فعّال لمياه الأمطار.

ح- الظروف الجيولوجية والهيدرولوجية: يجب أن تكون التربة ذات نفاذية منخفضة (مثل الطين)، لتقليل مخاطر تسرّب العصارة إلى المياه الجوفية. تجنّب الصدوع والفوالق والينابيع الجوفية. المسافة الفاصلة بين قاع المطمر ومستوى

المياه الجوفية يجب ألّا تقل عن 2–3 أمتار على الأقل.

خ- **الاعتبارات الاقتصادية:** تشمل كلفة شراء الأرض، كلفة البنية التحتية (الحفر، البطانة، أنظمة الصرف، المراقبة)، إضافة إلى كلفة التشغيل والصيانة. يشير تقرير UNEP 2016)) إلى أنّ موقع المطمر يمثّل نحو 40% من الكلفة الكلية للمشروع، ما يجعل اختيار الموقع بدقّة عاملاً أساسياً في نجاح المشروع.



4- **الجوانب التصميمية للمطامر الصحّية**

أ- **خلايا الطمر** (Cells): تُقسّم النفايات إلى خلايا يومية (Daily Cells) بارتفاع لا يتجاوز مترين. تُغطّى يومياً بطبقة ترابية (Daily Cover) بسماكة 15–30 سم لتقليل الروائح وانتشار الحشرات.

ب- **أنظمة البطانة** (Liners): تستخدم بطانات صناعية (Geomembranes) من الـ HDPE بسماكة 1.5–2 مم، مع طبقات من الطين المضغوط، الهدف منع تسرب العصارة إلى التربة والمياه الجوفية.

ت- **نظام تصريف العصارة** (Leachate Collection System): شبكة من الأنابيب المثقّبة على قاعدة حصوية، تنقل العصارة إلى أحواض معالجة. العصارة تحتوي على مواد عضوية، معادن ثقيلة، وأملاح عالية التركيز.

ث- **نظام غاز المطمر** (Landfill Gas Collection System): يتم تركيب آبار غازية (Gas Wells) لسحب غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون الناتج عن التحلّل اللاهوائي. يُستخدم الغاز في توليد الكهرباء أو يُحرق للتخلّص منه.

5- **الأثر البيئي للمطامر الصحّية:** رغم كونها أفضل من المكبات العشوائية، إلّا أنّ لها تحدّيات:

- خطر تسرّب العصارة وتلوّث المياه الجوفية.
- انبعاث الميثان، وهو غاز دفيئة أقوى بـ 25 مرّة من CO_2.
- تشويه المناظر الطبيعية بعد الإغلاق.

لذلك توصي EPA (2020) بضرورة وضع برامج مراقبة بعد الإغلاق لمدّة لا تقل عن 30 سنة، لمتابعة جودة المياه الجوفية والغازات المنبعثة.

6- **الاعتبارات المستقبلية:** الاتجاه الحديث هو دمج المطامر مع أنظمة استرداد الطاقة من غاز المطامر، واستخدام المطامر كمصادر طاقة متجدّدة عبر استغلال الميثان. إقامة مشروعات إعادة تأهيل المطامر المغلقة عبر تحويلها إلى

حدائـق عامة أو مواقع للطاقـة الشمسية (كما في ألمانيا واليابان).

1- دور GIS في اختيار مواقع المطامر الصحّية

• تُعـدّ عمليـة اختيار موقـع المطمـر الصحّي مـن أكثر الخطـوات تعقيـداً وحساسيـة في إدارة النفايات الصلبة، إذ يجب الموازنة بين الاعتبارات البيئية، الصحّية، الاقتصادية، والاجتماعية.

• وهنـا يبرز دور نظـم المعلومـات الجغرافية كأداة تحليلية متقدّمة قادرة على:

• جمع البيانات المكانية والوصفيّة من مصادر مختلفـة (خرائـط طبوغرافيـة، صـور أقمـار صناعيـة، بيانـات بيئية، شبكات طـرق، توزيعات سكانية).

• تمثيـل هذه البيانـات في شكل طبقات -Lay ers متراكبة ضمن بيئة واحدة.

• إجـراء تحليـلات مكانيـة متقدّمـة مثـل تحليـل الانحدار، القرب (Proximity Analysis)، النمذجة الهيدرولوجية، والتحليل متعدّد المعايير (Multi-Cri-teria Decision Analysis – MCDA).

مثـال: يمكـن استخـدام GIS لدمـج طبقـة التجمّعـات السكانيـة مع طبقـة الأنهـار والطرق والتربة لاستخـراج أفضل المواقـع الممكنة لإنشاء مطمر صحّي مع مراعاة القوانين البيئية المحلية.

2- تطبيقات GIS في إدارة النفايات

• **تحديـد مسـارات جمـع النفايـات:** تحسين شبكـة مـرور سيـارات الجمـع لتقليـل الكلفـة واستهلاك الوقود.

• **مراقبة المكبّات والمطامر:** عبر صور الأقمار الصناعيـة وبيانـات الاستشعـار عن بعـد لرصد التوسّع العشوائي أو التسرّبات.

• **إدارة إعـادة التدويـر:** تحديـد أماكـن وضع حاويات فرز النفايات وفق الكثافة السكانية.

• **التخطيـط طويـل الأمد:** توقّـع احتياجات المساحـات المستقبلية للمطامر بنـاءً على توقّعات السكان وإنتاج النفايات.

3- مزايـا اسـتخدام GIS في مجـال النفايات الصلبة

أ- دقّة القرار

• يساعـد GIS في تحويـل البيانـات المتعدّدة والمعقّـدة إلى خرائط تفسيريـة سهلة الفهم، ممّا يرفع من دقّة اتخاذ القرار في اختيار المواقع.

• يقلّـل مـن الاعتماد على الخـبرة الشخصية فقط، ويقدّم أساساً علمياً موضوعياً.

ب- توفير الوقت والتكلفة

• يقلّـل من الجهـد والوقـت مقارنـة بالطرق التقليدية التي تعتمد على العمل الحقلي المكثّف.

• يتيـح اختبار عدّة سيناريوهـات بسرعة قبل النزول الميداني.

ت- دمج وتحليل بيانات متنوّعة:

• قـادر علـى التعامـل مـع بيانـات مختلفـة: (طبوغرافية، هيدرولوجيـة، جيولوجية، مُناخية، سكانية).

• يُسهل التحليل المتكامـل للمعايير باستخدام تقنيـات مثـل تحليـل القـرار متعـدّد المعايـير (MCDA) والتحليل الهرمي (AHP).

ث- تحسين الجانب البيئي:

• يحـدّد المواقع التـي تقلّ فيهـا مخاطر تلوّث المياه الجوفية والسطحية.

• يساعـد في تقييم التأثـيرات البيئية المحتملة قبل التنفيذ.

ج- دعم التخطيط المستقبلي:

• يُستخـدم GIS للتنبّؤ بزيادة إنتاج النفايات مع نمو السكان والتوسّع العمراني.

• يمكن من خلاله اختيار مواقع احتياطية مستقبلية للمطامر.

ح- الشفافية والمشاركة المجتمعية:

• الخرائط الناتجة عن GIS أدوات تواصل قويّة مع صناع القرار والجمهور.

• تعزّز من المشاركة المجتمعية في اتخاذ القرار لأنّها تعرض النتائج بشكل بصري مفهوم.

4- التحدّيات المرتبطة باستخدام GIS:

رغم مزاياه، إلّا أنّ هناك تحدّيات يجب أخذها بعين الاهتمام:

• نقص البيانات المحدّثة في بعض الدول النامية.

• الحاجة إلى خبرات فنّية في تشغيل البرمجيات وتحليل النتائج.

• الكلفة العالية أحياناً للحصول على صور فضائية عالية الدقّة أو تراخيص البرمجيات.

أمثلة تطبيقية من الأدبيات

• في دراسة أجريت في تركيا، استخدم AHP داخل بيئة GIS لتحديد أفضل المواقع لمطامر النفايات، وبيّنت النتائج أن GIS قلّل من مساحة المواقع غير الملائمة بنسبة 60%.

• في الهند، ساعد GIS في دمج 14 معياراً مختلفاً (التربة، المياه، الانحدار، الطرق) لاختيار مواقع مثالية للمطامر، ممّا وفّر وقتاً وكلفة كبيرة مقارنة بالدراسات الميدانية.

جدول يبيّن دور GIS في تحليل المعايير لاختيار مواقع المطامر الصحّية

المعيار	البيانات المطلوبة	أدوات التحليل في GIS	الفائدة العملية
البعد عن التجمعات السكانية	خرائط استخدامات الأراضي، خرائط التوزيع السكاني	Buffering. Overlay	تقليل التأثير الصحّي والاجتماعي والاعتراضات المجتمعية
القرب من شبكات الطرق	شبكة الطرق، بيانات الكثافة المرورية	Network Analysis ،Proximity Analysis	تقليل تكاليف النقل وضمان سهولة الوصول لشاحنات جمع النفايات
الهيدرولوجيا	خرائط الأنهار، الجداول المائية، أحواض التصريف	Hydrological Modeling ،Flow Accumulation ،Slope Analysis	حماية المياه السطحية من التلوّث وتقليل مخاطر الفيضانات
المياه الجوفية	خرائط مناسيب المياه الجوفية، مواقع الآبار	Interpolation ،Overlay	ضمان وجود مسافة أمان بين قاع المطمر ومستوى المياه الجوفية لتقليل التلوّث
نوعية التربة	خرائط جيولوجية، خرائط نفاذية التربة	Raster Reclassification Suitability Mapping	اختيار تربة طينية منخفضة النفاذية لتقليل تسرّب العصارة
الطبوغرافيا والانحدار	خرائط طبوغرافية (DEM)	Slope Analysis ،Aspect Analysis	تجنّب المنحدرات الشديدة لضمان الاستقرار وتسهيل عمليات الرصف والتغطية
المناخ والرياح	بيانات مناخية (اتجاهات الرياح، معدّلات الأمطار)	Wind Rose Analysis ،Spatial Interpolation	تقليل تطاير الروائح والمواد الخفيفة نحو المناطق السكنية
المساحة المتاحة	بيانات الملكية العقارية، استخدامات الأراضي	Overlay ،Area Calculation	ضمان استيعاب النفايات لمدة لا تقل عن ١٠–٢٥ سنة من العمر التصميمي للمطمر
التكلفة الاقتصادية	بيانات أسعار الأراضي، تكاليف البنية التحتية	Cost Distance Analysis، Weighted Overlay	اختيار الموقع الأقل تكلفة في الشراء والتشغيل والصيانة
الاعتبارات البيئية	خرائط المحميات الطبيعية، مواقع الغابات والموارد الحيوية	Overlay ،Exclusion Analysis	حماية التنوّع البيولوجي ومنع التأثير السلبي على النظم البيئية الحساسة

المراجع:

• **أبو رويضة، عبد الله،** (1989)، إعادة تدوير النفايات: اقتصاد في النفقات وحماية للبيئة من التلوّث، مجلة البلديات، (214). أبو ظبي، دولة الإمارات العربية المتحدة.

• **إدريس، يونس** (2003)، تحديد موقع ملائم للمطمر الصحّي للنفايات الصلبة لمدينة حمص. دمشق: هيئة الاستشعار عن بعد.

• **جزماتي، سامح** (2001)، أنظمة المعلومات الجغرافية، حلب دار الشرق العربي.

• **شاهين، هيثم** (2005)، الاختيار السليم لمواقع ردم النفايات، مجلة المهندس العربي، (145)، 28–30.

• **عامود، حسان إسماعيل** (1995)، معالجة النفايات الصلبة، دمشق: منشورات جامعة دمشق.

• **عودة، سميح أحمد** (2005)، أساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية، عمان، الأردن: دار المسيرة للنشر.

• **كبّارة، فوزي سعيد** (1998)، مقدّمة في نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها الحضرية والبيئية. بيروت: دار الفكر العربي.

• **مسعود، مي، ومرعبي، فاروق** (2016)، دليل إدارة النفايات المنزلية الصلبة، بيروت: الجامعة الأمريكية.

• **الموسى، فواز أحمد** (2025). الطاقة المتجدّدة، برلين: المركز الديمقراطي العربي.

• **نجم، محمد واصل** (2012)، نظم المعلومات الجغرافية، حلب: مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.

• Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. Egyptian Journal of Petroleum, 27(4), 1275–1290.

• Aljaradin, M., & Persson, K. M. (2012). Environmental impact of municipal solid waste landfills in semi-arid climates – Case study – Jordan. The Open Waste Management Journal, 5(1), 28–39.

• Al-Sa'ed, R., & Abu-Madi, M. (2019). Solid waste landfill site selection using GIS and multi-criteria evaluation in Palestine. Environmental Monitoring and Assessment, 191(10), 618.

• Christensen, T. H. (2011). Solid Waste Technology & Management. Wiley-Blackwell.

• Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste Management, 25(8), 818–832.

• Kumar, S., & Aggarwal, A. (2003). GIS-based analysis for siting of municipal solid waste landfills. Journal of Environmental Engineering, 129(11), 981–988.

Programme (UNEP). (2016). Global Waste Management Outlook. Nairobi: UNEP.

• World Bank. (2018). What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. Washington, DC: World Bank.

• Yadav, V., Ghosh, S., & Singh, S. K. (2021). Landfill site suitability analysis for Srinagar city using GIS-based multi-criteria evaluation technique. Spatial Information Research, 29(3), 383–395.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., • & Vigil, S. A. (2014). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues. .McGraw-Hill

• U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Sanitary Landfills. Washington, DC: EPA. https://www.epa.gov/landfills

• UNEP. (2016). Global Waste Management Outlook. Nairobi: UNEP.

• United Nations Environment

من قصص الخيال العلمي

ذلك الثقب الأسود

قصة: الدكتور طالب عمران

«... وهكذا كان علماء المحطّة العائمة في سبيلهم لإطلاق مركبة تتجه نحو الثقب الأسود، تحمل أحد روّادهم.. وكان أحمد متحمّساً للاشتراك في تلك الرحلة المجهولة.. إنّها رحلة مخيفة قد لا تسلم منها أيّة مادّة.. إنّ الثقب الأسود يحفر حوله ما يسمّى ببئر الجاذبيّة، إنّ الضوء المنبعث من النجم المتحوّل لثقب أسود، لا يغادره.. فالثقب الأسود يتمسّك بإشعاعاته، ولأنّ النجم في هذه الحالة يحفر ما يسمّى ببئر الجاذبيّة.. هل سيمتصّ الثقب الأسود (ميدور) المركبة المنطلقة؟ أم.....؟..»

* * *

(نحن الآن في العام 2200 ميلادية..) هناك محطّة فضاء تنطلق بين النجوم في رحلة كشف علمية.. كانوا مجموعة من الروّاد من مختلف الاختصاصات توزّعوا في ورديات خلف الأجهزة، وكان بعضهم في غرفة السبات الطويل، انبعث صوت قائد المركبة الفضائية الضخمة:

- اسمعي يا ناديا.. أرى شيئاً غريباً على شاشة جهاز الاستقبال..

- تبدو كرسائل موجّهة يا سيدي.. العقل الإلكتروني يقوم بفكّ رموزها حالياً..

- حسناً.. وأنت يا أحمد.. حاول أن تسبر المنطقة التي تبثّها بوساطة جهازك الليزري..

ـ حسناً يا سيدي..

وسرعان ما تمكّن العقل الإلكتروني من ترجمة تلك الكلمات الغامضة، كانت رسالة بلغة واضحة:

ـ «هنا مركز الأبحاث الفضائية للكوكب (زيتا) أنتم تقتربون منّا، نرجو أن تعرّفونا بوجهتكم»

ـ إنّنا نتّجه صوب مجموعة (الحزام البرتقالي) للاكتشاف.. نحن في مهمّة علمية.» اسمعي يا ناديا أريد أن يبث هذا الرد فوراً..

ـ حالاً يا سيدي...

ـ هل تعرّفت على مكان البثّ يا أحمد.؟

ـ نعم إنّها محطّة فضاء ضخمة جدّاً.. تقع في خطّ سيرنا.. نصلها بعد نحو يومين من الآن.

ـ حاول سبر ماهيّتها.. وتقريب صورتها بقدر ما تستطيع..

ـ سيتم ذلك سريعاً يا سيدي..

وحين توضّحت الصورة على الشاشة:

ـ يا إلهي ما هذا؟ تبدو محطّة أشبه بسيّار جبّار، مدينة عائمة في الفضاء.

ـ إنّنا ننجذب إليها.. هناك قوّة هائلة تجذبنا..

ـ ما الذي يجري للسفينة؟ إنّها تدور حول نفسها وتنفلت في الفضاء..

ـ إنّنا ننطلق في مسار خاص بسرعة تقارب خمسة آلاف كيلو متر في الثانية..

سرعتنا تزداد بالتدريج..

ـ أيّة قوّة مجنونة تشدّنا إليها.. ماذا يريد هؤلاء منّا؟ لماذا الإصرار على جذب محطّتنا إليهم؟

ـ سرعتنا تصل (100) مائة ألف كيلو متر في الثانية.. محطّتنا تدور حول نفسها كأنّ تيّاراً حلزونياً من قوى جاذبة مجهولة تبتلعها..

ولم يعد أحد منهم يشعر بشيء، بينما استمرّ العقل الإلكتروني يبثّ بكلماته المتقطّعة:

ـ إنّنا نتّجه.. صوب المحطّة الضخمة.. نهبط فوق أحد أبراجها.. ينفتح سطح البرج.. تبتلعنا المحطّة الضخمة.. كمّيات هائلة من الإشعاعات تنطلق صوبنا.. شيء ما.. يشوّش على ذاكرتي.. ما الذي.. يحدث.. ما.. ذا.. يجر... ي.؟

واستيقظ الدكتور سالم قائد السفينة:

ـ آه ما هذا الصداع الذي يكاد يفلق رأسي؟ أين أنا؟ هه..

ـ أنت في أمان لا تقلق..

ـ من.. من أنت.؟

ـ أنا أحد المشرفين على المحطّة العائمة.. اسمي (تامر)..

ـ آه.. أتذكّر الآن.. كنّا نخضع لقوّة جذب هائلة ثم فقدنا الوعي..

ـ الجميع بخير، لا تقلق..

ـ من أنتم.؟ وماذا تفعلون في هذا الفراغ الكوني الشاسع.؟

ـ نحن من كوكب زيتا الذي يدور حول النجمة (دلتا) في مركز المجرّة.. مجرّة (درب التبّانة) كما تسمّونها..

ـ وماذا تفعلون هنا.؟ وكيف جذبتم محطّتنا إليكم.؟

ـ نحن هنا ندرس الثقب الأسود (ميدور) الذي كانت محطّتكم تتّجه إليه.. بذلنا مجهوداً هائلاً لتخليصكم من قوة جذبه المدهشة..

ـ أكنّا نخضع لقوّة جذب الثقب الأسود.؟

ـ نعم.. واستطعنا بعد دراسات مكثّفة أن نفكّ طلاسم لغتكم الصعبة ونتعرّف على كوكبكم وموقعه في طرف المجرّة.. ونتقمّص أشكالاً قريبة من أشكالكم..

ـ كنّا نعتقد أنّ محطّتكم تجذبنا إليها.. ولم نفهم سبب ذلك..

ـ كانت عملية عسيرة..

ـ ولكن لماذا لا يجذبكم الثقب الأسود إليه.؟

ـ خلقنا حول محطّتنا العائمة مجالاً مكثّفاً، مضاداً، مقاوماً لقوّة جذب (ميدور) الثقب الأسود

ـ قلت إنّكم تقمّصتم أشكالاً قريبة من أشكالنا.. أكنتم بأشكال مغايرة.؟

ـ نعم.. وستتعرّف على ذلك في أثناء زيارة أقسام المحطّة...

وتجوّل سالم في المحطّة بصحبة الكائن الغريب:

ـ « أمعقول.؟ إنّها محطّة غاية في الضخامة، مدينة كاملة، بمراكز بحث مكثّفة.. كم من السنوات استغرق بناؤها؟ كأنّها سيار جبّار، يا إلهي هذه المحطّة الآلية هائلة الضخامة..»

* * *

وبعد ساعات سمع صوتاً ينبعث من المكبّر:

ـ دكتور سالم.. المدير جاهز لاستقبالك الآن..

ـ أين سأذهب؟ أحتاج لدليل يدلّني على الطريق إلى مكان تواجد مدير المحطّة..

ـ رسمنا طريقك عبر الشاشة أمامك..

كان مستغرباً وهو يقطع الممرّات المتداخلة..

(2)

ـ لا يزال الباقون منّا في مرحلة السبات..

ـ يبدو أنّ هؤلاء الناس لا ينوون إيقاظهم..

ـ أترين يا ناديا هذه الأزرار المزروعة قرب الشاشة الضخمة على اليمين.؟

ـ نعم...

ـ شيء ما يدفعني للتحديق فيها.. ها.. سأنهض الآن.. كأنّ الأوامر تصلني بأن أضغط بعض هذه الأزرار..

ظهرت الصورة على الشاشة.. آه.. إنّها محطّتنا.. كأنّ كاميرا دقيقة تدخل فيها تتابع أنفاقها. ها هي غرفة السبات.. رفاقنا الستّة ما زالوا نائمين الكاميرا تقرب الأجهزة والمؤشّرات.. كلّ شيء يعمل بانتظام..

ـ اختفت الصورة، يبدو أنّ هذا البثّ القصير كان لطمأنتنا فقط..

ـ أليس غريباً يا أحمد أن تحاول هذه الكائنات العاقلة جذبنا إليها وإنقاذنا من السقوط في الثقب الأسود.؟

ـ كم أتمنّى لو أراقب هذا الثقب المخيف.. وأتعرّف على آخر دراساتهم حوله..

ـ أعتقد أنّهم سينظّمون برنامجاً خاصّاً لتعريفنا بالمحطّة..

ـ أرجو ذلك..

وفي غرفة قائد المحطّة الغريبة:

ـ هذا هو الدكتور سالم يا سيدي..

ـ عرفتنا أجهزتنا الدقيقة بكم.. وعلى وجهتكم وهدفكم العلمي النبيل.. «يا إلهي يبدو شكله غريباً تماماً.. رأس كبير مفلطح.. عينان واسعتان أذنان كبيرتان منتصبتان.. رأس خالٍ من الشعر.. رقبة طويلة وجسم طويل نحيل.. بأيدٍ كثيرة إنّها ستة.. يا إلهي.. إنّها تقوم بحركاتها بحريّة في الوقت نفسه..»

ـ اخترت أن أظهر بشكلي الحقيقي، لأنّك المسؤول الأول في سفينتكم ولن يكون شكلي الأصلي مزعجاً لك..»

ـ لا.. أبداً.. قابلت في رحلاتي المستمرّة في

الفضـاء كائنات عاقلة بأشكالهـا الحقيقية وكنت سعيداً بالتعرّف إليها..

ـ دكتـور سالم.. قلتم في جواب رسالتنا.. نتّجه صوب مجموعة (الحـزام البرتقالي) للاكتشاف أليست هذه وجهتكم.؟

ـ نعم..

ـ سنساعدكـم في تحقيـق مهمّتكـم.. بعـد أن تتعرّفـوا علـى مركـز أبحاثنـا وفي هـذه المحطّـة العائمة أتوافقون على ذلك.؟

ـ بالطبع يا سيدي.. سنكون سعيدين بالتعرّف على إنجازاتكم الحضارية المتفوّقة..

ـ حسناً.. سيرافقكم كبير المستشارين (تامر) وسنحاول تقريـب الصورة إليكم.. أقصد سترون أقسام المحطّة بعامليها كما لو كانوا من البشر..

ـ شكراً لكم..

ـ مرحبـاً بالأخوة في العقل.. أرجو أن تسعدكم زيارتنا.. وداعاً..

ـ وداعاً يا سيدي..

خـرج سـالم بصحبـة تامر مـن غرفـة قائد المحطّة الغريبة:

ـ سيحضـر أحمـد ونادیـا الآن.. سأرافقكـم جميعـاً في جولـة التعرّف على محطّتنـا العائمة.. خصّـك مدير المحطّة بالمقابلة لأنّك المسؤول الأوّل في رحلتكم الأرضية ولأنّـك الرجل الأكثر خبرة.. كنت تسألني عن أشكالنـا.. لقد رأيت شكل مدير المحطّة الذي هو واحد من كائناتنا..

وحضر أحمد ومعه ناديا:

ـ لا داعي لإيقاظ رفاقكم الآخرين من سباتهم الطويل.؟

ـ نعـم.. لا داعي لذلـك.. إن كان جـوّ المحطّة طبيعياً بالنسبة لهم..

ـ لا تقلق من هذه الناحية.

ـ رأيناهـم قبـل دقائـق مـن خـلال البـث التلفزيوني، كلّ شيء يعمل بانتظام..

ـ حسناً.. على بركة الله إذن لنبدأ الجولة..

ـ «الكوكـب «زيتـا» كوكـب يبلغ حجمـه ضعف حجم أرضكم.. وهو يدور حول نجمة فتية أكبر من شمسكم بمـرّة ونصف.. يدور حولهـا أربعة عشر كوكباً.. ترتيب كوكبنا في بعده عنها هو الخامس.. ولا تـدور توابـع أو أقمار حـول كوكبنـا والكواكب القريبـة من نجمتنا المشعّة ولكن الكواكب البعيدة عنها تـدور حولها أقمار تتعدّد حتى تصل عشرين قمـراً حـول أضخـم هـذه الكواكـب وأبعدها عن نجمتنـا المشعّة.. سـترون الآن كوكبنا كما لو أنّكم تعيشون فوقه..»

ـ يـا إلهـي.. يبـدو المنظـر أخّـاذاً.. السمـاء مزدحمـة بالنجـوم.. هـا هـي النجمـة (دلتـا) المشعّة.. وها هو الكوكب (زيتا).. آه يا إلهي...

ـ نحـن نعيش في مركز المجـرّة.. لذلك كانت حضارتنـا المتطـوّرة سبّاقـة في التعـرّف علـى الحضـارات المجـاورة، حـوار الحضـارات أفادنا كثيراً..

ـ مضـى وقـت طويـل علـى اكتشـاف الإنسان للفضـاء المحيـط بـه، وكان لقاؤه مـع الحضارات العاقلة التي أرسلت بعثات استكشافها إلى أرضه، ليس متواصلاً..

ـ بالطبـع أنتـم تعيشـون في كوكـب في طـرف المجـرّة تقريبـاً.. يمكـن أن يعـد المـرء في سمـاء كوكبكم الصافية نحو ثلاثة آلاف نجم فقط.. أمّا في الكوكب زيتا وهـو في مركز المجرّة، فكما رأيتم السمـاء مزدحمة بالنجـوم بالإمـكان عد مليوني نجمة..

ـ وهـذا سبـب حـوار الحضـارات المتفوّقـة عندكم.؟

ـ نعم.. سنصحبكـم الآن في جولة على أقسام المحطّة.. تفضّلوا..

وتفرّعت الأقسام في المحطّة..

ـ إنّـه قسم حيوانات التجارب.. فيه عيّنات من الكائنـات الحيّة مـن أغلب الكواكـب التي زارتها بعثاتنـا الاستكشافيـة.. نجـري عليهـا التجارب المفيدة لتحسين أنواعها وتهجينها.. ومعرفة طرق القضاء على الأنواع المؤذية منها..

ـ وما الذي يدور في ذلك القفص الزجاجي.؟

ـ إنّـه حيـوان غريب سريع التكيّـف مع بيئته.. وينمـو بسرعة خارقة.. حتـى إنّه يصل إلى عشرة أضعاف حجمه خلال يومين..

ـ لماذا تسقط قطرات من السائل الأصفر فوقه.؟

ـ لإيقاف نموّه.. إنّه خطر فيما لو استمرَّ بالنموّ دون توقّف كما ذكرت..

(3)

وفي قسم آخر رأى الروّاد تقنيات معقّدة:

ـ إنّـه قسـم البث والاتصـالات، يربطنـا بكلّ العـوالم مـن حولنـا.. هنـا جـرى بـث الرسالـة لمحطّتكم للتعرّف على وجهتكم..

ـ أرى أجهـزة غريبـة في الأعلـى إنّهـا تجمّـع الضـوء في مركز بؤري داخل كـرة زجاجية تعكس الضوء داخل قناة معتمة..

ـ إنّهـا أجهـزة نقـل الرسائل بوساطـة الليزر المتطـوّر.. إنّهـا وسيلـة متفوّقة لبـثّ الرسائل في مسافات شاسعة في هذا الكون فسيح الأرجاء..

ـ مـا هـذه الدائـرة الزجاجيـة الضخمـة في الأعلى.. تبدو ملوّنة تتغيّر ألوانها بانتظام.؟

ـ إنّها موجّهـة صوب الثقب الأسـود.. تستقبل ما يجـري فيه من امتصاص هائـل للضوء والمادّة ستفهمـون كلّ شـيء لـدى زيارتكم لأهـم أقسام المحطّة.. قسم دراسة الثقـب الأسود الذي أنشأنا محطّتنا هذه لدراسته..

ـ يبدو عملاً شيّقاً..

ـ ليس كثيراً يا دكتـور سالم.. كلّفنا الكثير من الجهد.. وظلّ مغلّفـاً بأسراره حتى الآن.. سنلتقي بعـد قليل بالعاملين في هذا القسم.. يمكنكم طرح مـا شئتم مـن أسئلة عليهـم والوقـوف على مدى أهمّية التجارب التي يجرونها..

وفي القسـم الأضخم في المحطّـة قسم دراسة الثقب الأسود همست ناديا مذهولة:

ـ يا إله السمـوات، يبدو منظراً مرعباً.. دوّامة حلزونيـة من الضوء يتوغّـل في قلبها ظلام شديد تمـلأ مـدّ النظـر أمـام هـذا الجـدار الزجاجي الهائل...

ـ إنّه ثقب هائل...

قال تامر:

ـ بإمكانـه ابتـلاع نجـوم بكاملهـا.. نجـوم حجومها أكبر بسبع مرّات من حجم شمسكم..

ـ غريـب، كأنّه بقايـا عدّة نجـوم وليس نجماً واحداً..

ـ لا أحد يعرف..

دخلـت فتاة تشبه ناديا إلى حدٍّ غريب عرّفهم عليها تامر:

ـ إنّهـا المشرفـة الرئيسيـة على البحـث هنا.. يمكنكـم مناداتهـا باسـم «زيلمـا» واطرحـوا مـا تشاؤون من أسئلة عليها أيضاً..

ـ أهلاً بكم في محطّتنا أيها الأخوة في العقل..

همس سالم لتامر:

ـ «أهـذا هـو شكلهـا الأصلـي، تبـدو امـرأة جميلة.؟..»

قال تامر هامساً:

ـ لا يـا دكتـور سـالم.. تقمّصت شـكلاً بشرياً لتساهم في جعل كلّ شيء يبدو طبيعياً عندكم..

ـ فهمت.. وأظنّ أنّ كلّ من قابلناه كان يتقمّص شكلاً يختلف عن شكله الأصلي..

ـ بالطبع..

بدأت زيلما تتكلّم بلغة مفهومة واضحة:

ـ تركّزت أبحاثنا حول ما يمكن أن يفعل الثقب الأسـود بمادّة الكائن الحي، هل يتعامل معها كأيّة مادّة عادية.؟ أم هنـاك سرّ غامض لسبب رفضه إيّاها.؟

ـ أَسَبَـقَ أن أرسلتم مادّة حيّـة ورفضها الثقب الأسود.؟

ـ نعم.. وسنجري أمامكم تجربة على ذلك..

حرّكـت ذراعـاً صغـيراً إلى جانبهـا، سألها سالم:

ـ ماذا تفعلين.؟

ـ ضغطت على هذا الزر لتنطلق مركبة صغيرة تحمـل في داخلها حيواناً لبوناً مـن نوع المجترّات، كما تسمّونها عندكم.. يشبه خروفاً صغيراً..

ـ أهذه هي المركبة الصغيرة.؟

ـ نعم.. سأجعل الشاشة الضخمة تلاحقها إلى قلب الثقب وسترون ما يحدث.

ـ يـا إلهـي الشاشة تقرب الثقـب، يبدو مرعباً وهو يملأ مدّ النظـر أمامنا.. لا يبدو والذعر على الحيوان، إنّه يتصرّف بشـكل طبيعي، لماذا يحني رأسه كثيراً.؟

ـ أمامـه أعشاب صناعية لذيـذة.. إنّه منشغل بالتهامها بعد يومين من التجويع..

ـ تجويـع.؟ ألم تطعمـوه شيئـاً خـلال اليومين السابقين.؟

ـ لا.. لكـي لا تحـدث عنـده ردود أفعـال وهـو منطلق في الفضاء..

ـ المحطّـة الصغـيرة تتابع اختراقهـا للفضاء صوب الثقب الأسود.؟

ـ ثوانٍ قليلة وتحدث عملية طردها بعيداً..

ـ كـم يبعد الثقب الأسود عـن السفينة، أقصد عن محطّتكم العائمة.؟

ـ نحو (20) مليون كيلو متر.؟

ـ وكيـف تصمـد أمام قوّة جذبـه الهائلة؟ لقد قمتم بعمل يبدو مذهلاً بالنسبة لنا..

ـ انظروا حانت اللحظة المناسبة..

ـ وفعـلاً بدأت المركبة تعـود كأنّ الثقب الأسود يطردها بقوّة إلى الخارج..

ـ هكـذا في كلّ مـرّة، الثقـب يطـرد محطّاتنا الصغيرة ولا يتقبّلها..

ـ هـل الثقب الأسود الهائل هذا، يتعامل مع كلّ الكائنـات الحيّة على هذا الشكل.؟ أقصد ينبذها بعيداً عنه.؟

ـ نعم كلّ الكائنات الحيّة غير العاقلة..

ـ ومـاذا عـن الكائنـات العاقلـة؟ ألم تجـروا اختباراً عليها بعد.؟

ـ إنّه اختبار خطر.. تردّدنا كثيراً في القيام به.. ولكنّنا سنجرّبه. هكذا قرّر المجلس الاستشاري في محطّتنـا العائمة بعـد أن استشرنـا علماء كوكبنا في مركز المجـرّة.. وأعتقد أنّ موعد الاختبار ليس بعيداً..

ـ ستطلقون محطّة أيضـاً فيها رائد فضاء من روّادكم.؟

ـ نعم.. وقد تطوّع الكثيرون للقيام بالمهمّة..

ـ تطوّعوا.؟

ـ بالطبع نحن لا نجبر أحداً على القيام بشيء.. إنّه اندفاع لخدمة البحث العلمي ونحن نحترمه كثيراً.

ـ إنّه اختبار مرعب.. أيمكن للثقب الأسود أن يرفض هذا الكائن الحي العاقل أيضاً؟ أم أنّ شيئاً ما سيحدث.؟

شدّ أحمد يدَ الدكتور سالم باهتمام:

ـ أيمكن أن أهمس لك بشيء يا سيدي.؟

ـ بالطبع.. ماذا تريد.؟

ـ ما رأيك لو تطوّعت أيضاً للقيام بالمهمّة.؟

سمعه سالم فسأله بدهشة:

ـ ماذا تقول؟. أنت تخضع لهذا الاختبار الخطر.؟

ـ وما في ذلك يا سيدي..

ـ يا أحمد.. نحن نختلف عنهم بمواصفات كثيرة.. هم أكثر تطوّراً منّا ويمكن أن يغامروا باكتشاف أي شيء غامض دون خوف..

ـ ولمَ نخاف.؟ نحن أيضاً نغامر ونتطوّع للقيام بأخطرَ المهمّات..

ـ حسناً.. حسناً.. أجّل الموضوع الآن.. سنتحدّث في ذلك فيما بعد..

(4)

وهكذا كان علماء المحطّة العائمة في سبيلهم لإطلاق مركبة تتّجه نحو الثقب الأسود تحمل أحد روّادهم.. وكان أحمد متحمّساً للاشتراك في تلك الرحلة المجهولة.. إنّها رحلة مخيفة قد لا تسلم منها أيّة مادّة.. إنّ الثقب الأسود يحفر حوله ما يسمّى ببئر الجاذبية.. إنّ الضوء المنبعث من النجم المتحوّل لثقب أسود لا يغادره، فالثقب الأسود يتمسّك بإشعاعاته.. ولأنّ النجم يحفر في هذه الحالة ما يسمّى ببئر الجاذبية، وهي صورة يستخدمها الفلكيون.. وقد شبّه أينشتاين الفضاء بقطعة قماش مشدودة من كلّ الجوانب عليها كرات مختلفة الأحجام والأثقال.. فالكرة الصغيرة خفيفة الوزن تحفر مساحة صغيرة! أمّا الكرة الكبيرة الثقيلة فتحفر مساحة أكبر!! لذلك تجذب الصغيرة إليها، كما هو الحال في مجموعتنا الشمسية حيث تجذب الشمس الكواكب بينما تجذب الكواكب أقمارها.. وإذا حصلت إشعاعات في مدى التجويف الأسود فإنّه يمتصّها فوراً كما يمتصّ جميع أنواع المادّة.. فالثقب الأسود (ميدور) الذي ينوي أحمد التطوّع للانطلاق نحوه سيمتصّ مركبة أحمد بكاملها.. هكذا كان سالم يفكّر خائفاً، رافضاً قرار أحمد ولكن لم يمتص المركبات الصغيرة الأخرى التي تحمل كائنات غير عاقلة انطلقت نحوه، ثم طردها بعيداً؟. لماذا رفض الثقب الأسود مثل هذه المادّة الحيّة؟ وكيف؟

إنّ أحمد كان يحاول إقناع الدكتور سالم رئيس البعثة بالموافقة على انضمامه إلى المحطّة المأهولة المندفعة صوب الثقب الأسود.. وبعد أن عاد الجميع إلى مكان إقامتهم.. اجتمع سالم وأحمد وناديا وبدؤوا يناقشون أمر انضمام أحمد إلى المحطّة المأهولة..

كان الدكتور سالم يرى أنّ إصرار أحمد على الرحلة هو نوع من الانتحار المجّاني، فلا يمكن للثقب الأسود أن يطرد المادّة المكوّنة لجسم أحمد.. بل سيمتصّها ويبتلعها كأيّة مادّة أخرى.. ولكن أحمد كان يحاول إقناعه من أنّه سيحدث له ما حدث للكائنات الحيّة الأخرى وقد رأوا التجربة أمام أعينهم.. تأمّلته ناديا دامعة العينين..

ـ كيف يا أحمد.. ألم تفكّر بي؟ ماذا سأفعل إذا حدث لك شيء؟ هل سأبقى في وحدتي ويتمي وغربتي.؟

ـ اسمعي يا ناديا.. خضنا هذه المغامرة في رحلة لاستكشاف الكون، ألم يكن من الممكن أن نتعرّض لحادث فجائي وننتهي جميعاً.؟

ـ ولكن ذلك لو حدث لن يكون لنا دخل فيه.. أمّا أنت فبملء إرادتك تقدم على الانتحار.؟

ـ ومن قال لك ذلك.؟ إنّها تجربة فريدة.. صدّقيني يا عزيزتي أنا مقتنع تماماً بما سأفعله.. وأرجو أن تغفري لي هذا الإصرار..

ـ وأنا يا أحمد.. ماذا سيكون وضعي.؟ هل سأرتدي السواد من الآن.؟

ـ ماذا حدث لكِ يا ناديا؟ تحوّلت إلى امرأة عاطفية لا ترى أمامها إلّا ذاتها ومشاعرها..

ـ وهل نخنق المشاعر من أجل تجربة تدفعك إلى الانتحار.؟ تعلم كم أحبّك.؟

ـ وأنا أحبّك كثيراً.. ولكن أرجوكِ لا تؤثّري عليّ بعاطفتك هذه.. فلن أتراجع عن قراري اغفري لي يا ناديا..

استسلمت باكية:

ـ كما تشاء يا أحمد.. كما تشاء..

شدَّ الدكتور سالم على يدها مشجّعاً:

ـ خفّفي عنك يا ابنتي.. نحن في مهمّة علمية نبيلة لا يجب أن تؤثّر علينا عواطفنا إلى الحدّ الذي ننسى فيه أنفسنا ومهمّتنا.. زوجك مصمّم على خوض التجربة ويمكن أن نستثمر علمياً هذا الاختبار لمصلحة الإنسانية..

وانبعث صوت من المكبّر القريب:

ـ دكتور سالم.. أنتم مدعوون إلى قسم أبحاث الثقب الأسود.. المحطّة تستعدّ لإجراء الاختبار المركزي..

ـ حسناً نحن قادمون..

وفي قسم أبحاث الثقب الأسود سمع تامر قرارهم بشأن أحمد، لقد وافقوا على الفكرة:

ـ «استقرّ رأيكم إذن؟ على إرساله بمحطّة مستقلّة..»..

ـ «نعم» كان يرغب بإرساله مع كائن منهم في محطّة مشتركة.. وأكمل متسائلاً:

ـ أي لن تكون هناك محطّة مشتركة لكائن منّا.. ولكائن منكم.؟ إنّها مشكلة..

ـ ماذا تقول.؟ ربّما نختلف عنكم في المواصفات البيولوجية والفيزيولوجية، ويحدث لكائننا شيء يختلف عن الذي يمكن أن يحدث لأحمد..

ـ ولكن وجودهما معاً سيكون أفضل لأنّ مقاومتهما تصبح أكبر..

ـ سأرى ما يمكن أن يقوله مجلس إدارة المحطّة العائمة.. وأبلغك بالقرار النهائي.. سريعاً.. هيّا يا أحمد ودّعهما.. سيرافقك العقل الإلكتروني إلى غرفة الاستعداد، للانطلاق بالمحطّة الصغيرة..

ـ حسناً...

ضمّته ناديا إلى صدرها:

ـ أحمد.. سأنتظر عودتك التي تبدو شيئاً مستحيلاً.. وداعاً يا حبيبي..

همس:

ـ اغفري لي يا حبيبتي.. وداعاً..

قال الدكتور سالم:

ـ هيّا يا أحمد سأرافقك إلى غرفة الاستعداد للانطلاق.. سيجرون عليك بعض الاختبارات.. عودي إلى مكان إقامتنا يا ناديا سأذهب أنا وأحمد الآن..

وبعد دقائق أبلغه تامر بقرار مجلس المحطّة:

ـ لقد اقتنع المجلس بفكرتك يا دكتور سالم..

سيرسلون أحمد بصحبة أحد كائناتنا في مركبة صغيرة واحدة..

- إنّه خبر طيّب.. أين أحمد الآن.؟

- إنّه مع (روني) زميله في الرحلة في غرفة الاختبارات الصعبة..

- غرفة الاختبارات الصعبة.؟

- نعم.. ستجرى عليهما اختبارات معقّدة إضافة لضبط حركة جزئيات مادّتهما.. ربّما يمكن مساعدتهما إبان السقوط في الثقب الأسود..

وفي غرفة الاختبارات..

- لماذا يئزُّ الجهاز يا روني؟

- إنّ جسمك يختلف عن جسمي المادّي، لذلك لا يلتقط الجهاز أيّة شحنات منك، جسمي مشحون بالكهرباء بكميّة أكبر بكثير منك.. وقد صمّم الجهاز لقياس الشحنات العالية، وبما أنّ الشحنات الكهربائية للأجسام البشرية ضعيفة، فالجهاز يئزّ محتجّاً.

قال أحمد (لنفسه):

«كم يبدو (روني) واثقاً من نفسه؟ إنّه كائن لطيف رغم منظره الغريب بأذنيه الكبيرتين ورأسه الضخم وجسمه النحيل..

- كان هذا الاختبار هو آخر اختباراتنا، يجب أن تستعد للدخول في حجرة الإطلاق والتعرّف على المركبة التي ستحملنا..

- حسناً.. أنا جاهز..

كان سالم يحاول أن يخفّف عن ناديا حزنها:

- خفّفي عنك يا ابنتي هذا هو قدركما.. لا أحد لا يستطيع معرفة ما يمكن أن يحدث لأحمد..

- لقد انتهى أحمد.. لن أرى وجهه ثانية، أنا متأكّدة من ذلك..

- يبدو وجهه على الشاشة وكأنّه واثق من نفسه تماماً..

- أي نوع من الكائنات سيذهب معه..؟

- إنّه الشكل الحقيقي للكائنات التي تعيش في المحطّة العائمة، أقصد كائنات الكوكب (زيتا)

- يبدو شكله غريباً.. ولكن لماذا يختلف تامر وزيلما عنه.؟

- هذا يحتاج لشرح.. سأفسّر لك الأمر فيما بعد..

- دكتور سالم تفضّل أنت والمهندسة ناديا إلى غرفة مراقبة الثقب الأسود.. سيجري إطلاق المركبة بعد دقائق..

وبدأ العدّ التنازلي تمهيداً لانطلاق المركبة..

دار حوار بين أحمد وروني في المحطّة:

- هل أنت خائف يا أحمد؟

- لا.. أنا متشوّق للّحظة الفاصلة لحظة الالتحام مع الثقب الأسود..

- إنّه مخيف وهائل بفوهته الحلزونية المدوّرة..

- أنت متشوّق أيضاً للرحلة.؟

- لو لم أكن متلهّفاً للقيام بهذه المغامرة الخطيرة لما كنتُ بين المتطوّعين..

واقتربت لحظة الانطلاق..

استعداد.. سيتم الإطلاق خلال خمس ثوانٍ من الآن..

- على بركة الله..

كان سالم وتامر يتابعان ما يجري على الشاشات الموزّعة بدقّة وقربهما ناديا الحزينة:

- حالته على ما يرام.؟

- نعم.. نرجو أن تظلّ جيدة مع الاقتراب من الفوهة الحلزونية..

- كأنّ المركبة تندفع نحو هاوية سحيقة.. ماذا يوجد في مقرّ هذه الهاوية.؟

ـ إنّها النجمة المتلاشية لهذا الثقب التي تمتصّ المادّة بمختلف أشكالها..

كانت ناديا تصرخ:

ـ «يا إله السموات... المركبة تزداد سرعة.. كأنّ شيئاً يجذبها إلى داخل التجويف الأسود.. ضاع أحمد.. ضاع..»

ـ اهدئي يا ناديا..

ـ انظر يا دكتور سالم.. يبدو أنّ المركبة تبرق بأنوار ساطعة..

ـ نعم.. كأنّها تتوهّج بضوء يبهر البصر...

(5)

«ها نحن نقترب من الفوهة الحلزونية الهائلة.. يا إلهي أحسُّ بدوار.. ما الذي يجري لي؟ كأنّني أخترق جداراً من الطين الأسود.. آه ماذا يجري.؟ كأنّ جسمي يتحوّل.. يصغر.. يضمحلّ.. لا.. لا أريد يا أبي.. سأختار المهنة المناسبة في المستقبل.. لا تحرمني من الدراسة أرجوك.. أعدك سأظل متفوّقاً أدرس على نفقة الدولة.. إنّها طفولتي التي أراها.. هذا الطفل المذعور المعذّب.. النهم للقراءة، الخائف من بطش زوجة أبيه.. المتفوّق في دراسته هو أنا.. نعم.. سأدخل كلية علوم الفضاء.. لقد قدّمت أوراقي هناك.. وامتحان القبول سيتمّ غداً.. لا.. أرجوك يا أبي لا ترغمني على دراسة ما ترغبه أنت لماذا تسمع كلام تلك المرأة.؟ تريد أن تقوّض مستقبلي.. آه.. أرجوك يا أبي.. أنا أحبّك.. آه.. لا أزال أحسّ بالسوط ينهال على ظهري.. نعم تابعت دراستي.. نعم يا سيدي سأقوم بالمهمّة جيداً.. أعلم أنّني أوّل رائد فضاء عربي سيصل (بلوتو) تاسع الكواكب بعداً عن الشمس ولكن لا تقلق.. آه.. نعم كانت رحلة ناجحة.. تصدّرت صوري الصحف ومحطّات البث التلفزيوني.. وجاء ذلك الكهل المتعب يزورني كان حزيناً مريضاً وهو يطلب منّي أن أصفح عنه.. أن أصفح عن أبي الذي هجرته زوجته بعد ما كتب لها كلّ ثروته وعاش فقيراً مدقعاً، لولا الأصدقاء لتسوّل.. طبعاً عاش معي.. وظلّ تحت رعايتي حتّى توفّاه الله.. آه جسمي يتقدّم به العمر.. ماذا يحدث.؟ آه.. أنت يا ناديا.. أنت من أحب.. نعم.. علّمتني يا ناديا التجربة وعراك الحياة المستمر أن أحسن الانتقاء.. وقد اخترتك.. اخترتك قلبي بعد طول انتظار.. نعم يا حبيبتي.. أعلم أنّك موافقة وسنتزوّج سريعاً.. قبل أن نرحل معاً في رحلة كشف خارج المجموعة الشمسية.. نعم يا ناديا.. لا أزال أحبّك.. أعلم أنّ حملك الأوّل منعني من الموافقة على الخروج من الأرض في رحلة كشف طويلة إلى حدود المجموعة الشمسية وهذا ما جرى بعد حملك الثاني.. ولكنّنا قرّرنا إنجاب الأولاد والسفر معاً في أوّل رحلة طويلة.. إنّني أتقدّم بالعمر يا ناديا.. أتقدّم بالعمر.. لا تقلقي يا ناديا.. ابننا وابنتنا بخير في المدرسة الداخلية لأطفال روّاد الفضاء.. حيث يعتني بهم خيرة المربّين والمدرّسين.. لا داعي للقلق.. آه يا ناديا.. لا داعي للتردّد.. لن نختلف خلال الرحلة.. سنكون أكثر التصاقاً ببعضنا ونحن نواجه الأخطار.. هذه الرحلة معك كانت ممتعة يا ناديا.. أعلم أنّك حزينة لأجلي ولكن ماذا أفعل.. آه.. جسمي يشيخ.. يبدو أنّني أهرم بسرعة آه.. يا إلهي..»

ـ أحمد.. أحمد.. ماذا يحدث لك..؟

ـ لا أعلم يا روني.. أحسّ بدوار هائل جسمي يشيخ بسرعة ماذا يحدث لي.؟ آه.. ما أجمل

الدخول في هذا العالم.. حدائق غنّاء جميلة طيور تزقزق.. كأنّني أرى العشّاق ينتشرون فيها.. أسمع همساتهم عن ماذا أبحث.؟ من هي تلك الفتاة الجميلة التي تقف قرب النخلة الباسقة.. آه.. إنّها تشبه ناديا.. ناديا الجميلة.. العذبة... حبيبتي..

- أحمد... أحمد.. ماذا يحدث..؟ الضوء يبهر البصر، أحمد يضمحل.. إنّه يصغر.. يصغر.. أحمد.. ماذا يحدث لك.؟ أحمد.. أحمد..

- آه يا روني.. أنا أطير فوق مروج خضراء وحدائق مزهرة آه.. النخيل في كلّ مكان والغزلان الجميلة والحمامات البيضاء والطيور المغرّدة..

- أحمد يختفي.. حتى لباسه الفضائي يختفي معه.. ما هذه القوّة التي تعصف بالمحطّة.؟ آه.. يا لهول هذا التجويف الحلزوني.. أحسُّ بدوار.. المحطّة تخضع لقوّة، تدور حول نفسها يتسارع دورانها.. آه يا إلهي.. وفي غرفة المراقبة كان الجميع يحدّقون متلهّفين:

- إنّه ضوء يبهر الأبصار.. يبدو أنّ الثقب الأسود يجذب المحطّة الصغيرة إليه حركتها تتسارع منجذبة إلى داخل التجويف..

- ضاع أحمد.. ضاع حبيبي.. وداعاً يا أعزّ الناس..

- اهدئي يا ابنتي.. يجب أن تذهبي.. إلى قمرتك لتستريحي..

- سيرافقها العقل الإلكتروني المختص بهذه الحالات..

- ما الذي يجري.؟ يبدو أنّ المركبة الصغيرة تعود.. أليس ما نراه حقيقة..؟ أم.؟

- فعلاً إنّها تعود.. يبدو أنّ الثقب الأسود يطردها إلى الخارج.. ها هو وجه روني يلوح على الشاشة.. ولكنّي لا أرى أحمد إلى جانبه..

- ربّما لم يتحمّل الرحلة فأغمي عليه.. يجب أن يكون ممدّداً في مكان ما من المحطّة.

- أرجو ذلك.. لكنّي لست متأكّداً..

- ستفرح ناديا بعودة المحطّة..

- لا يا دكتور سالم.. لا تخبرها الآن.. ربّما حصل لأحمد شيء ما.. مقعده في المحطّة خالٍ.. وهذا ما يحيّرني..

- متى سيلتقطون المحطّة من مسارها.؟

- بعد فترة قصيرة على الأغلب.. سيخبروننا حينما تصل..

«وانبعث صوت الجهاز الإلكتروني يئزّ..»

قال الدكتور سالم:

- ناديا تحاكي أشباحاً.. هكذا يؤكّد العقل الإلكتروني..

ضغط تامر على أحد الأزرار:

- ليرسل إليها الخبير الطبّي بالكائنات العاقلة من عوالم أخرى..

- حسناً يا سيدي..

- إنّها حزينة من أجل فقدان زوجها أرجو أن يكون أحمد في المحطّة..

- ليس من أثر في المحطّة لأحمد، حتى صندوقه الإلكتروني، اختفى أيضاً.. سأنتظر (روني) ليخرج.. يجب أن نفهم منه ما حدث..

(6)

سأل تامر الدكتور سالم:

- كيف حال ناديا الآن.؟

- إنّها في حالة غريبة من الهلوسة تتخيّل أنّها تحاكي أحمد وتناغيه..

- أكّد الأطبّاء أنّ حالتها ستتحسّن.. ولكنّها تحتاج لرعاية تامّة..

- يبدو أنّ روني سيخرج من غرفة الاختبار..

وفعلاً خـرج روني نشيطاً واتّجه نحوهما، حيّا تامر باحترام:

- كيف حالك يا سيدي؟

- بخير يا روني.. تبدو بخير أيضاً..

- كانـت رحلـة مرعبة يـا سيـدي.. في تجويف رهيـب يلّفه السواد.. المحطّة تـدور بحركة تطيش الصـواب.. تحمّلـت كلّ ذلـك وشعـرت أن تاريخ كوكبنا يعاد أمامي وذاكرتي في أوج نشاطها..

سأله سالم:

- وأحمد..؟

- لست أدري ما جرى له يا دكتور؟ كنّا معاً كان يبدو نشيطـاً ونحن نقـترب من الثقب الأسـود وفجأة بدأت تطرأ عليه تغـيّرات.. كان يردّد كلمات فهمت منها أنّه يستعرض حياته السابقة.. ثم بدأ يشيخ ويهرم بسرعة وهو يقول.. إنّني أطير فوق مروج خضراء.. النخيل في كلّ مكان والطيور تزقـزق.. ثمّ بدأ يصغر ويضمحل.. ويصـدر ضـوءاً باهراً يـزداد وهو يصغـر حتى سطع بشكل غير عادي واختفى أحمد عندها..

- هكذا من دون أثر؟

- نعـم.. وعندهـا أحسست بقـوّة خارقة تدفع المركبـة بسرعة هائلة خارج الثقب وهي تدور حول نفسها..

- يا حسرتي عليك يا أحمد.. كنت مندفعاً نحو المغامرة دون أن تدري أنّ هلاكك كان وراءها!

- همس تامر مخفّفاً:

- سنـزور ناديا سويّاً يـا دكتور سالم.. أرجو ألّا يعيقكـم ما حدث عـن إتمام مهمّتكـم في الاتّجاه صـوب مجموعة الحـزام البرتقـالي لدراستها.. سنساعدكـم بكلّ ما نستطيع لتنجحوا في اكتشاف تلك المجموعة النجمية الغريبة..

- سنستمـر في إتمـام مهمّتنا بالطبـع.. شكراً لك..

وفي غرفـة ناديـا رأى الدكتـور سـالم منظراً عجيبـاً، كانت الفتـاة تضحك وتحاكـي أشخاصاً حولها وتمكّن من سماع ذلك الحوار الغريب بينها وبين شخص لا تراه...

- يـا إلهـي عـاد إلى أحمد.. لمـاذا أرى وجهك مصفـرّاً يـا حبيبـي؟ تعـال إليّ أتحسّ بالبرد.؟ ستدفّئك حرارة قلبي.. وحبّي النابض بالحياة..

- « ناديـا.. لو تعلمين أيّـة تجربة غريبة مررت بها؟ »

- مـاذا تقـول.؟.. انسَ تلك المغامـرة المخيفة وحدّثنـي عن نفسك.. المهـم أنّك نجوت يا حبيبي لا تهمّني التفاصيل..

- «رأيت حياتي جميعها تتجسّد أمامي.. وبدأت أعـود إلى شبابـي وفتوتي وطفولتـي.. والذكريات تنفلت مـن ذهنـي نشيطـة كأنّها حصلـت للتو.. وكنت أنت وحبّنا زهرة تلك الذكريات»

- يا حبيبي كنت في أشدّ حالات الخوف عليك..

- «أتصدّقـين أنّ شيئـاً خارقـاً جذبنـي مـن المحطّـة.. حيـث أحسست أنّنـي اتشتّـت تماماً.. ولكنّ قوّتي كانت هائلـة.. مكّنتني من التغلغل إلى داخـل الذرّات المتأنّية النشطة، لأرى أحداثاً كونية جسيمة حصلت من قبل..»

- كنت تحلم.؟

- «لم يكـن حلمـاً.. رأيـت النجم التـوأم الذي انطفأ وتحوّل إلى ثقب أسود.. رأيت الكواكب التي كانت تـدور حول التـوأم.. تعرّفت علـى مكوّناتها والأحيـاء التـي عاشـت فوقهـا.. قبـل أن تنطفئ الشمسـان ملتصقتـين متحوّلتين إلى ثقـب أسود عملاق..»

ـ تهيّأ لك كلّ ذلك..

ـ «كانت حقيقة يا ناديا.. قوّتي تكبر.. استوعب ما حولي أرى كلّ شيء دون حجاب.. كن أنت نقية يا ناديا..»

(7)

ـ ناديا.. كيف حالك الآن يا ابنتي..؟

ـ أنا بخير يا دكتور سالم.. الحمد لله..

ـ حسناً يا ابنتي.. كان أحمد فارساً استشهد وهو يؤدّي واجبه العلمي..

ـ ماذا تقول يا دكتور سالم.؟ ألا ترى أحمد إنّه إلى جانبي.؟

ـ أحمد.؟.. ماذا تقولين..؟

ـ ألا تراه.؟ أحمد صافح الدكتور سالم..

فعلاً كانت هناك ذبذبات غريبة في الغرفة عزاها الدكتور سالم لاضطراب ناديا وسمع صوت أحمد:

ـ من أسمع.؟ صوت أحمد.؟ أين أنت.؟

ـ لا أملك جسداً يا دكتور سالم.. أنا طاقة موجبة الآن.. معي كلّ ذكرياتي وحواسّي ولكن دون جسد..» قالت ناديا:

ـ ماذا تقول يا أحمد.. ولكنّي أراك متجسّداً..

ـ أظهر فقط لك يا ناديا.. لأنّ بي رغبة في ذلك.. ولكنّني طيف.. دون جسم..

ـ أحمد أمعقول.؟

ـ شيء عجيب فعلاً.. أيمكنك أن تظلّ معنا يا أحمد.؟

ـ «لا يا سيدي.. بعد وقت قصير سأغادركم..»

ـ تغادرنا.؟ ماذا.؟ ماذا تقول.؟

ـ «سأظل معك يا ناديا.. سنبقى سويّاً حتى النهاية.. لا تقلقي..»

ـ أريد أن أطرح عليك بعض الأسئلة يا أحمد..»

ـ «في وقت آخر يا سيدي.. حان وقت الرحيل الآن..»

كانت ناديا تتمتم مذهولة:

ـ «يا إلهي ماذا يحدث لي.؟.. كأنّني أعود بحياتي إلى الوراء ذاكرتي تنشط آه.. ماذا يجري؟

ـ ماذا يحدث لها.. إنّها تصغر أرجوك أيّها المستشار تامر أن تتدخّل حاول إنقاذها..

ـ لا فائدة يا دكتور سالم.. إنّه شيء خارق للعادة.. ربما كان الحدث من أسرار الثقب الأسود لن نستطيع فهمه أبداً..

ـ يا إلهي.. إنها تضمحل وتصغر.. ناديا.. ناديا.. إنها تختفي.. يا إله السموات...

وهكذا اختفت ناديا أيضاً.. ربّما كان الثقب الأسود مخزناً لمعلومات فلكية مرعبة إذن.

إنّ أقرب ثقب أسود إلى الأرض يبعد عنّا نحو (500) سنة ضوئية أي ما يقارب من خمسة آلاف مليون مليون كيلو متر.؟ حدّد الفلكيون مكانه في المجموعة النجمية المسمّاة بالبجعة.. اكتشفته الأقمار الصناعية من الكمّيات الهائلة التي يطلقها من الأشعّة السينية.. إنّ الثقب الأسود (ميدور) الذي تخيّلنا أحداثاً تجري بالقرب منه.. كان نجماً مزدوجاً يسمّى (سيغنوس) تحوّل أحد النجمين إلى ثقب أسود فامتصّ قرينه مطلقاً كمّيات هائلة من الأشعّة السينية..

هناك ثقوب سوداء كثيرة في الكون.. وبعضها شره في امتصاص المادّة الكونية..

صيّاد الخنافس

The Beetle-Hunter

آرثـر كونـان دويـل*　　ترجمة حسين سنبلي**

قـال الطبيـب: «أجـل أيّهـا الأصدقـاء، إنها لتجربـة غامضة.. لم أكن أتوقّـع أن أواجه تجربةً مثلهـا مـرّةً أخـرى في حياتـي، فهـي تجربـة قلَّ نظيرها.. صدّقوني أو لا، فإنها حصلت تماماً كما سأخبركم بها.

كنتُ على أعتاب مهنة الطب، وأعيش في غرفة في منـزل في غَـوَر ستريـت. وكان المنـزل الوحيدَ آنذاك الَّذي له نافذة مقوَّسة، وتديره أرملة اسمها «مرتشيـزون»، ويسكن فيه ثلاثة من طلَّاب الطب ومهندس. سكنتُ حينذاك في الغرفة العلوية؛ لأنها كانت أرخص غـرف المنزل، ومع ذلك كانت تفوق قدراتي. فقد آلت مواردي إلى الزوال، ووجب عليَّ أن أجـدَ عملاً يُغلّ عليَّ ما أتبلَّغ بـه، ويصدُّ عنّي غوائـل الأيام. ووجدتُ في نفسـي حينها ميولاً إلى العلوم، وخاصةً علم الحيوان، وهو علمٌ أحببته حبّاً شديداً وولعتُ به ولعـاً كبيراً، فلم أرغب بممارسة

الطب العـام. ومع ذلك أسلمتُ نفسـي لما هو مرٌّ، وخضتُ غمار الطب، فانقلبت حياتي عندها رأساً على عقب، وحصل ما لم يكن بالحسبان.

واتفـق ذات صبـاح أن كنتُ أقـرأ في صحيفة (ستانـدرد)، وكانـت تَخلـو مـن الأخبـار المفيدة المتعـة، فهممـتُ أن أرميهـا، غـير أن نظري وقع على إعلانٍ يترأس عامود الإعلانات الشخصية، وكان يقول:

«**مطلـوب خدمات طبيب يوماً أو يومين. من الضـروري أن يكون متين البنيـة، رابط الجأش، وطيد العزم. والأفضل أن يكون عالماً بالحشرات. تُقدَّم الطلبـات شخصـياً علـى العنـوان: 77ب، بـروك سـتريت. يجـب تقـديم الطلبـات قبـل الساعة الحادية عشرة من هذا اليوم**».

قلـتُ لكم إنني أحببتُ علـم الحيوان، من بين كلِّ فـروع الطـب أحببـتُ علـم الحيـوان، وكانت دراسـة الحشـرات أحـبُّ الدراسـات إلى قلبـي، ومـن بـين كلِّ الحشـرات كانـت الخنافـس هـي المفضَّلـة عندي. جامعـو الفراشات كُـثُر، غير أن الخنافـس أكثر تنوّعـاً، ومُتاحة في هـذه الجزائر أكـثر من الفراشات. وكانت هـذه الحقيقة هي ما جـذب انتباهـي إليها، وجمعتُ منهـا ما يزيد عن بضـع مئات مـن الخنافس المختلفة. أمَّـا بالنسبة إلى متطلَّبـات الإعـلان الآخر، فـإني أعرفُ أنني رابـط الجأش يُعوَّل علـيَّ، وإنني فزتُ في مباريات المصارعة الَّتي أقامتها المستشفيات، فمن الواضح أننـي الرجل المناسب للوظيفة المُعلَن عنها. وما أن أنهيـتُ قراءة الإعلان حتَّى ركبتُ في عربةٍ قاصداً بروك ستريت.

وكنتُ أعمـل تفكيري في أثنـاء ذهابي، وأدير الأمـر في رأسي، محـاولاً أن أحزر ما نوع الوظيفة الَّتي يمكـن أن تتطلّب مؤهلات غريبة كهذه. متين البنيـة، رابـط الجأش، وطيـد العـزم، ذو خبرة بالطب، ومعرفة بالخنافـس.. تُرى ما الرابط بين هـذه الضروريات المختلفة؟! أمَّا مـا هو مثبطٌ؛ أن الوظيفـة مؤقّتة، وليست دائمة، بضعة أيام وينتهي عملـي.. وكلَّما تفكَّرتُ في الأمـر زاد غموضاً، غير أني عـدتُ بعد تأمّلـي وتفكّـري إلى الواقع، فقلتُ في نفسي إننـي لن أخسر شيئـاً، وإنني على وشك الإفلاس، وعلى استعداد لخوض غمار أيِّ مغامرة كانت، تستجلـب المال إلى جيوبـي الفارغة. وإنماً يخشـى المرء مـن فشله حتَّـى لا يخسر مالـه، أمَّا أنا فلا مـال لديّ لأخسره، وكنتُ في ذلك كالمقامر الَّذي يُسمح له بالقمار وهو لا يملك فلساً.

وكان البيـت في ذاك الشـارع أحد تلك البيوت الحقـيرة والمهيبة في آن، وكان مطليّاً بدهان قاتم، وذا واجهـة مسطّحـة، ويوحي مظهـره بالاحترام الشديـد، وهذا ما يميِّز العمارة الجورجية[1]. وما أن ترجّلتُ من العربة، حتَّى خرج من البيت شابٌ، وهبـط إلى الشارع مسروراً، فاجتـازني وهو يلقي عليَّ نظرة فضول يخالطها حقدٌ، فعددتُ هذا فأل خير؛ لأن مظهره يوحي بأنه طالبٌ للعمل مرفوضٌ، وهذا يعني أن العمل ما يزال شاغراً. فاعتمر الأمل قلبي، وصعدتُ الدرجات العراض، ودققتُ الباب.

ففتح لي خادم مهندمٌ متأنّقٌ، فلا ريب أنني في حضرة أناس أثرياء ذوي طبقة اجتماعية رفيعة.

قال الخادم: «ماذا تريد يا سيِّد؟».

---

1 – Georgian Architecture: نمطٌ عماريٌّ انتشر في معظـم البلدان الناطقة بالإنكليزيـة، ما بين سنتي 1714 و1830. وإنمـا سُمّيت كذلـك نسبـة إلى أول أربعة ملوك حكمـوا بريطانيا: جورج الأول، والثـاني، والثالث، والرابع على التوالي (المترجم).

«أتيتُ طلباً لـ...».

فقـال الخـادم: «حسناً يـا سيِّـدي! سيقابلكَ اللّورد لينشمير بعد لحظات في المكتبة!».

وأذكـر أنّي سمعتُ بهذا الاسـم من قبل، غير أننـي لم أتذكّـر حينـذاك أيّ شـيءٍ عنـه. فتبعتُ الخادم، فقـادني إلى غرفة كبـيرة تمتلئ بالكتب المصفوفـة، ويجلس فيهـا وراء طاولة الكتابة رجلٌ ضئيل الجسم، بهيّ الطلعة، حليق اللّحية، له شعرٌ طويـلٌ يخالطـه الشيب، وقـد سرّحـه إلى الوراء. فلمَّا رآني جعل يتفرَّس فيَّ من رأسي إلى أخمص قدمي، وهـو يحمل البطاقة الَّتي أعطاه إياها بيده اليمنـى. ومن ثمَّ ابتسم ابتسامـةً لطيفةً، فشعرتُ على الفور أنه رأى فيَّ المؤهّلات الَّتي يبتغيها.

سألني قائـلاً: «أتيتَ استجابـةً للإعلان أيها الطبيب هاميلتون؟».

«أجل يا سيِّدي!».

«وهل فيكَ الخصال الَّتي ذكرتها؟».

«أجل يا سيِّدي، أعتقد ذلك!».

«أنتَ رجلٌ قويٌّ، أو في الأقل هذا ما يوحي إليه مظهركَ».

«أظنّ أنني قويٌّ قوةً لا بأس بها!».

«وذا عزم وطيد!؟».

«أعتقد ذَّلك».

«أتعرف ماذا يعني أن يتعرّض المرء إلى خطرٍ وشيك الحدوث؟».

«لا! لا أظنُّ أنني أعرف!».

«لكنّـكَ تظنّ أنكَ ستكون ثابتاً ركيناً في موقفٍ كهذا؟».

«أرجو من الله ذلك!».

«حسناً.. أعتقـدُ أنكَ ستكون ثابتـاً ركيناً. أنا أثـقُ بكَ لأنـكَ لم تـدع اليقين من موقفـكَ ساعة الخطر... ولمَّا انطبقت عليـكَ المؤهلات المطلوبة، فإني أرى أنكَ الرجـل المناسب الَّذي أبحث عنه.. حُسِم الأمر، وسننتقل إلى النقطة التالية».

«والَّتي هي!؟».

«أن تحدّثني عن الخنافس».

فدققـتُ النظر فيـه لأرى إن كان يمازحني أمْ لا، فرأيـتُ العكس؛ فقد ارتفـق المكتب، وفي عينيه لمحاتٌ من قلق واهتمام.

فصـاح قائلاً: «ماَ أخشاه أنـكَ لا تعرف شيئاً عن الخنافس!».

«علـى العكـس يا سيِّـدي! فإني أعلـم في هذا الحقل علماً غزيراً».

«يسعـدني أن أسمع هـذا! أرجوكَ حدّثني عن الخنافس!».

فطفقـتُ أحادثـه، ولا أدّعي أنـني حادثته بما هو جديد، غير أني وصفتُ له بإيجاز خاصّيات الخنافس، وغضضتُ النظر في أثناء ذلك عن الخنافس الشائعة، وألمحتُ إلى الخنافس النادرة الَّتي في مجموعتي، وإلى مقالتـي الَّتـي عنونتها: (دفن الخنافـس) والَّتي كنتُ قدّمتها إلى صحيفة **علوم الحشرات**.

فصاح اللورد «لينشمير» قائلاً: «ماذا!؟ أتقول أنكَ جمعـتَ خنافسَ؟»، وكانت عينـاه تتراقصان فرحاً بما سمعه.

ثـمَّ أردف قائلاً: «أنتَ الرجـل الَّذي يناسبني من بين جميع أهل لندن، ولا ريب في ذلك.. عرفتُ أنـه لا بـدَّ من وجـود رجـل مثلك من بـين خمسة ملايـين نسمة، ولكن الصعوبة أن تجد الرجل.. يا لعظم حظي أنني وجدتكَ!».

ودقَّ جرساً على طاولته، فأتاه الخادم.

قـال اللـورد: «أخـبر الليـدي «روزسيـتر» أن تأتيني من فورها!»، وسرعان ما دلفت الليدي إلى

الغرفـة. كانت امرأةً في منتصـف عمرها، ضئيلة الجسـم، تشابه اللـورد في مظهـره وكأنهما توأم، ولهـا ملامحه الحذرة نفسها، وشعرها أشيب مثل شعره. غير أننـي رأيتُها شديـدة القلق والاهتمام أكـثر من اللورد، وبدا أن حزناً كبيراً يلقي بظلاله علـى قسماتها. فلمَّـا عرَّفنـي اللـورد «لينشمير» إليها، جعلت ترنو إليَّ، فرأيتُ فوق حاجبها الأيمن ندبـةً كبيرةً، فصُعقـت لما رأيت. ومـع أنها غطّت الندبة جزئيـاً بلصَاقة طبية، غير أنني عرفتُ أنه جرح كبيرٌ أصابها منذ مدّةٍ وجيزة.

قال اللـورد «لينشمير»: «الطبيب هاميلتون هو الرجـل الَّذي نبتغيه.. إنه جامـعٌ للخنافس، وكتب مقالةً عنها!».

فقالـت الليـدي «روزسيتر»: «أحقّـاً!؟ إذن، لا بدَّ من أنـكَ سمعتَ بزوجي.. فكلٌّ من يعرف شيئاً عـن الخنافس لا ريب في أنه سمـع بالسير توماس روزسيتر!».

وأخـيراً! ثمَّـة علاقـة بـين أولئـك القـوم والخنافـس! السير «توماس روزسيـتر».. أعظم عالم في هذا المجـال في العالم كلّه، فقد تخصَّص في دراسة الخنافس طول حياته، وألَّف كتاباً جامعاً عنها استنزف كلّ طاقته. فسارعتُ لأبيّن لها أنني أعرفـه خير معرفة، وأنني قـرأتُ كتابه القيّم من أول صفحة فيه إلى آخر صفحة.

فسألتنـي قائلةً: «أقابلتَ زوجي!؟».

«لا! لم أقابله».

فقـال اللـورد «لينشمـير» بنـبراتٍ حاسمـة: «ولكن، يجب عليكَ!!».

وكانت السيِّـدة واقفة بجانب المكتب، فوضعت ذراعهـا علـى كتفه. فلمَّـا أمعنـتُ النظـر فيهما عرفتُ أنهما أخوان.

«أأنـتَ مستعدٌ حقّاً لهذا يـا تشارلز؟ إنه لأمرٌ نبيـلٌ يصدر منكَ، لكنكَ تملأ قلبـي رعباً وهلعاً»، وكان صوتها يرتجف خوفاً، وبدا لي أن الرجل تأثَّر أيضاً، مع أنه جاهد لكتمان مخاوفه.

«أجـل، أجـل يـا عزيزتي! لقـد حُسـم الأمر، وعقدنا العزم.. وفي الواقع، إني لا أرى طَريقاً آخر ممكناً غير هذا».

«ثمَّة طريق واضح».

«لا! لا، يـا إيفيلـين! لـن أهجـرك.. مطلقـاً! سأسوّي الأمر.. اعتمدي عليَّ! سيستقيم كلّ شيء، ولا ريـب في أن الله وضـع في طريقنا هـذا الرجل العالم المتمكّن حتَّى نقوِّم الأمر!».

فشعـرتُ بحرج بالغ؛ لأنني ظننتُ لحظةً أنهما نسيا وجودي. غير أن اللورد «لينشمير» كلَّمني بغتةً قائلاً:

«ما أريده منكَ أيها الطبيب هاميلتون أن تضع نفسكَ تحت تصرّفي، وأريدكَ أن ترافقني في رحلة قصيرة، وأن تـؤازرني دائمـاً، وأن تفعل ما أطلبهُ منـكَ مـن دون أن تسـأل أيَّ سؤال، مهمـا كان ما أطلبه يبدو لكَ غير معقول».

فقلتُ: «ولكن هذا مطلبٌ عسيرٌ!».

«لسـوء الحـظ لا أستطيـع أن أفسِّر لـكَ أكثر من هـذا؛ لأنني أنـا نفسي لا أعرف كيـف ستؤول الأمور.. وعلى كلٍّ حـال، ثقْ بأنني لن أرغمكَ على فعل ما يناقض ضميركَ ويخالف معتقداتكَ، وإني أعدكَ أنكَ ستفاخر الجميع بأنكَ خضتَ معي هذا الأمر الجليل عندما ينتهي!».

فقالت السيِّدة: «إن انتهى نهايةً سعيدةً!».

فكـرَّ سعادته الكلام: «صحيح! إن انتهى نهايةً سعيدةً!».

فسألته قائلاً: «وكم سأتقاضى؟».

«عشرون جنيهاً في اليوم».

فدهشتُ من هذا المبلغ، ولا ريب في أن دهشتي ظهرت على وجهي.

قال اللورد: «لا غرو في أنكَ ذُهلتَ لمَّا قرأت الإعلان؛ فإنه خليطٌ نادرٌ من المستلزمات.. تجعل هذا الهبات المختلفة تصمد، ولا يخفى عليكَ أن الأمر الَّذي سنقدم عليه أمرٌ شاقٌ ينذر بالخطر.. ومن المحتمل أن تنتهي المسألة في يوم أو يومين!».

فتنهّدت أخته متضرّعةً: «آمين!!».

«والآن أيها الطبيب هاملتون.. هل أعتمد على عونكَ؟».

«بالطبع! ولا عليكَ سوى أن تخبرني ماذا أفعل!».

«ارجع أولاً إلى بيتكَ، وتجهّز لرحلة قصيرة إلى الريف.. فإننا سننطلق من محطّة بادينغتون في الثالثة والنصف عصر هذا اليوم».

«وهل المسير بعيد؟».

«إلى بانغبورن. قابلني في كشك الكتب في الثالثة والنصف، وستكون التذاكر معي.. الوداع أيّها الطبيب! وبالمناسبة، ثمّة غرضان أودُّ أن تجلبهما معكَ، إن كانا عندكَ: أولهما: العلبة الَّتي تضع فيها الخنافس الَّتي تجمعها.. وثانيهما: عصا غليظةً، وكلَّما كانت غليظةً كان أفضل».

وما أن غادرتُ شارع بروك، حتَّى تزاحمت الأفكار في رأسي، وظللتُ على هذه الحال إلى أن قابلتُ اللورد «لينشمير» في بادينغتون. ما انفكّت هذه المسألة برمّتها تلاعب عقلي؛ فتتغيَّر الأفكار فيه، ومن ثمَّ تترتّب، حتَّى بزغت الكثير من الاحتمالات، وكان كلُّ احتمالٍ أغرب من سابقه، وأبعد عن الحصول، فألقي في روعي أن الحقيقة غريبة وبعيدة عن الحصول أيضاً. ثمَّ كففتُ عن وضع الاحتمالات والحلول، وأقنعتُ نفسي بأن أتبع ما يُقال لي فحسب. وجعلتُ أنتظر وصول اللورد «لينشمير» في كشك الكتب في بادينغتون، وفي حوزتي حقيبة يد صغيرة، وعلبة العيّنات، وعصا غليظةً. وجاء اللورد، فرأيته أضأل ممَّا رُسِم في مخيلتي؛ إذْ كان ضعيف البنية، واهن العظام، وكان مضطرباً عصبياً أكثر ممَّا كان عليه في الصباح. ويعتطف معطفاً فضفاضاً طويلاً صفيقاً، ولاحظتُ أن يمسك بهراوة ثقيلة.

قال وهو يصعد درجات رصيف المحطّة: «ها هي التذاكر! هذا هو قطارنا، وقد حجزتُ لنا عربةً خاصةً بنا؛ ففي نيّتي أن أثير إعجابكَ في أمرٍ أو أمرين في أثناء رحلتنا».

فما قال غير جملة؛ قال: إنني أرافقه لأحرسه وأحميه، وطلب منّي ألَّا أتركه وحده تحت أيِّ ظرف من الظروف. وجعل يعيد هذا ويكرّره ورحلتنا تقترب من نهايتها، وظهر عليه الاضطراب والتكدّر.

فنظرتُ إليه، فقال وكأنه قرأ ما أضمرتُه في صدري: «أجل. أنا مضطربٌ أيها الطبيب! كنتُ دائماً رجلاً جباناً، وجُبني يعتمد على صحّتي المنحرفة.. أمَّا النفس فثابتة راسخة، وأنا أقحم نفسي في المخاطر لا أهاب شيئاً، ولعلَّ من هم أثبت مني وأشجع يهابون تلك المخاطر، فيلوذون بالفرار.. لا يرغمني على فعل ما سأقدم عليه إلَّا الواجب الَّذي ألقي على كاهلي، ولكن، لا مناص! فإن هذا لأمرٌ منذرٌ بخطر كبير.. وإن لم تسر الأمور على ما يرام، فإن لي حقّاً في أن أسمَّى شهيداً!».

فلم أفهم شيئاً ممَّا قال، وخُيِّل إليَّ أن أضع شروطي.

قلتُ: «أظنُّ يا سيِّدي أن الأفضل أن تعتمد عليَّ اعتماداً كاملاً؛ فمن المستحيل أن أقوم بواجبي على أكمل وجه وأنا أجهل ما الَّذي سنقدم عليه، أو إلى أين نحن ذاهبان».

قال: «أمَّا الوجهة، فلا حاجة بي أن أخفيها.. نحن ذاهبان إلى ديلامير كورت، حيث يقيم السير توماس روزسيتر، صاحب المؤلَّفات الَّتي ألممتُ بها.. أمَّا بالنسبة إلى الغاية من سفرتنا هذه، فأنا لا أعلم على وجه اليقين ما الَّذي سأحقّقه إن اعتمدتُ عليكَ اعتماداً كاملاً أيها الطبيب هاميلتون.. يمكنني أن أقول إننا نتصرّف لنمنع فضيحةً في عائلتنا، وإنما أقصد بلفظة إننا أنا وأختي الليدي روزسيتر. لا يمكنني أن أشرح لكَ ما هو ليس ضروريّاً.. سيكون الأمر مختلفاً أيها الطبيب هاميلتون لو طلبنا النصح منكَ، لكنني لا أطلب سوى عونك، وسوف أخبركَ من حينٍ لآخر كيف ستقدّم لي هذا العون».

ولم يبقَ شيء يُقال. عرفتُ أن السير «لينشمير» أراد أن يجعلني أداةً طوع يديه، كالهراوة الغليظة الَّتي يحملها. وكنتُ على يقين أنه لن يعوِّل عليَّ ما لم يستجد له شيء، وأن عليَّ أن أثق بنفسي لجلاء أيّ غامض، فتوكّلتُ على الله في هذا، ودعوته ألَّا يخيِّب أملي!!

تقع «ديلمير كورت» على بعد خمسة أميال من محطّة بانغبورن، فركبنا في مركبة خفيفة مفتوحة لنصل إلى هناك. ولبث السير «لينشمير» صامتاً طول تلك المسافة، ولم يتفوَّه بكلمة إلى أن اقتربنا من وجهتنا. فأعلمني بما أثار عجبي.

قال: «لعلَّك لا تعرف أنني رجلُ طبٍ مثلكَ!؟».

«لا يا سيِّدي، لا أعرف».

«أجل.. درستُ الطبَّ، لكنني لم أمارسه، مع أنني أجده من العلوم النافعة.. لم أندم قطُّ على السنوات الَّتي أنفقتها في دراسة الطب... ها هي بوابات ديلامير كورت!».

فرأيتُ عامودين طويلين تتوجّهما وحوشٌ ترمز إلى النبالة، ويحيطان بالطريق المشجّر المتعرّج، ورأيتُ في آخره قصراً كبيراً متعدّد الجملونات، تزنّره أشجار اللبلاب. وجعلتُ أرنو بإعجاب كبير إلى هذه التحفة المعمارية عندما شدَّ رفيقي كمَّ قميصي بعصبية.

وقال لي هامساً: «ها هو السير توماس! أرجو أن تتحدّث عن الخنافس بقدر ما تستطيع!».

وظهر رجلٌ طويلٌ، نحيلٌ، بارز العظام، في هيئة اختصار، يلبس قفازاً طويلاً، ويمسك معزقةً. وقد ظلَّلت وجهه قبعة رمادية عريضة الحواف، وكان ذا لحية شعثاء، وملامح قاسية. ونزلنا من العربة وقصدنا القصر.

قال اللورد «لينشمير» بحفاوةٍ كبيرة: «عزيزي توماس! كيف حالكَ؟».

غير أن هذه الحفاوة كانت من جانب اللورد فحسب، فقد رنا إليَّ السير من فوق كتف زوج أخته في سهوم، ووصل إلى مسامعي بضع كلمات: «تحياتي لكَ!.. أكره الغرباء.. تطفلٌ لا مسوّغ له.. لا عذر لكما أبداً»، ومن ثمَّ سمعتُ غمغمةً وجعجعةً بينهما، وانتبذا إلى جانب العربة الخفيفة.

قال اللورد «لينشمير»: «دعني أعرّفكَ إلى السير توماس روزسيتر أيها الطبيب هاميلتون! ستجد أنكما تشتركان بأذواق عدّة».

فانحنيتُ أحيّيه، أمَّا السير توماس فبقي منتصباً متيبّساً، ينظر إليَّ شزراً من تحت حافّة قبّعته العريضة.

قال: «أخبرني اللورد لينشمير أنكَ تعرف شيئاً عن الخنافس، فما الَّذي تعرفه عنها؟».

فقلتُ: «أعرفُ ما تعلَّمته من كتابكَ عن مغمدات الأجنحة[2] أيها السير توماس».

قال: «سمِّ لي أسماء الأصناف المعروفة للجعران البريطاني!».

لم أتوقّع امتحاناً، لكنني لحسن الحظ أنني كنتُ مستعدّاً لامتحان، وبدت أسئلتي أنها أسعدته، ونالت رضاه؛ لأن ملامح وجهه القاسية تغيَّرت واسترخت.

قال: «يبدو أنكَ قرأتَ كتابي وأنعمت النظر فيه يا سيِّدي، فمن النادر لي أن أقابل رجلاً يتحدّث عن مثل هذا الموضوع بمثل هذا الذكاء.. فالناس لا يجدون متّسعاً للكلام في هذا إلَّا للتندّر والتفاخر، وأراهنكَ أن جلَّ الناس في هذه الأصقاع يجهلون أنني كتبتُ كتاباً عن الخنافس. أنا يا سيِّدي بلا فخر أول رجل يصف وظيفة غمديات الأجنحة.. يسعدني رؤيتكَ يا سيِّدي! ولا غرو في أنني سأريكَ مجموعة من بعض الأصناف التي ستهمّكَ بلا ريب».

وصعد معنا إلى العربة، واتّجهنا جميعاً إلى القصر وهو يحدّثني عن بعض أبحاثه التي يجريها على الدعسوق.

قلتُ لكم إن السير توماس روزسيتر اعتمر قبعةً كبيرةً ذات حواف منسدلة عريضة. فلمَّا دخلنا إلى القاعة خلع القبّعة، فعرفتُ من فوري ما الَّذي كانت تخفيه هذه القبّعة تحت حوافّها. كانت له جبهةً متجعّدة خلقةً، وزاد من تجعّدها تقهقر شعره المستمر. وكان جسده ينتفض بسبب علَّة في الأعصاب، وبدا هذا ظاهراً لمَّا التفت إلينا بعد أن دخل مكتبه، فرأيتُ عينيه الرماديتين، الثابتتين، القاسيتين، الجاحظتين من تحت حاجبيه المرتعشين.

قال: «العذر منكما! فإن الليدي روزسيتر ليست هنا لتساعدني في الترحيب بكما.. بالمناسبة يا تشارلز، أقالت إيفلين متى ستعود؟».

قال اللورد «لينشمير»: «ترغب في البقاء في المدينة بضعة أيام أخر.. أنتَ تعرف كيف تتراكم واجبات النساء الاجتماعية إن قصدن الريف بضعة أيام.. عند أختي صديقات كثر هذه الأيام».

«حسناً! هي حرّةٌ فيما تفعل، ولا أودُّ أن أعطِّل عليها خطَطها، لكنني سأفرح إن رأيتُها ثانيةً؛ فهذا المكان موحشٌ كئيبٌ يبعث على الملل من دونها!».

«خشيتُ عليكَ من الوحدة والملل، وهذا سببٌ من الأسباب الَّتي دفعتني إلى القدوم بسرعة. صديقي الطبيب هاميلتون مهتمٌ اهتماماً كبيراً بالموضوع الَّذي تهتمّ أنتَ به، لذا رأيتُ أنكَ لن تمانع في رفقته لي».

فقال مضيفنا: «حياتي رتيبة أيها الطبيب هاميلتون، ولا أحتملُ حضور الغرباء.. يُخيَّل إليَّ أحياناً ما عدتُ سليم الجسم مثلما كنتُ في السابق.. إن كثرة ارتحالي في شبابي بحثاً عن الخنافس أوصلني إلى أماكن موبئة محفوفة بالمخاطر. لكن أخاً مثلكَ يحبّ مغمدات الأجنحة لهو مرحبٌ به دائماً! ويسعدني أن تلقي نظرةً إلى مجموعتي، والَّتي أصفها من دون مغالاة أنها الأفضل في أوربة كلّها!».

ولا ريب في أنها كانت الأفضل. امتلك خزانةً خشبيةً كبيرةً، فيها أدراج قليلة العمق، صفَّ فيها بعناية فائقة خنافس من جميع أركان الأرض: منها السود، والزرق، والخضر، والمبرقشة. وكان يحدّثنا عن بعض الأنواع النادرة وكأنّه يحدّثنا عن عاديات الزمن النفيسة، فيشرع يعدِّد لنا

2 - coleopteran.

خصائصهـا وميزاتهـا، والظروف الَّتـي أحاطت بهـا حتَّى جـاءت إليـه. وكان من الواضـح لنا أنه من الغريب لـه أن يجد من يُصغـي لكلامه، وظلَّ يتكلَّم ويتكلَّم إلى أن رنّقت شمس الأصيل للمغيب، وأسـدل الليل ستوره علينـا، فسمعنا صوت جرسٍ يُعلـن ساعـة العشـاء. ولم يقل اللـورد «لينشمير» كلمـةً طـول الوقت، بل ظـلَّ واقفاً بحـذاء صهره، يسارقـه النظـر من حـين لآخر. ولم تظهـر عليه سوى علائم الترقّـب والتعاطف، وبدا أنني فهمتُ هذه العلائم كلّها. تيقّنتُ من أن اللورد «لينشمير» يخشى شيئاً وينتظر شيئاً، ولكنني لم أعرف ما هو هذا الشيء..

وكانـت أمسيةً لطيفةً انقضت بهـدوء، ولكنتُ شعرتُ براحة كبيرة مـا لم يكن اللورد «لينشمير» متوتّـراً مضطربـاً. أمَّـا مضيفنا فبدا أنـه ارتاح لوجودي، فجعل يحادثني عن زوجته الغائبة، وعن ابنـه الصغـير الَّذي أرسلـه منذ وقـت قريبٍ إلى المدرسة. قال إن البيـت ما عاد نفسه من دونهما، ولـولا أبحاثه العلميـة، الله وحده يعلـم كيف كان سيقضي أيامه! وبعد العشاء دخَّنا لفائف في غرفة البلياردو، ومن ثمَّة مضى كلّ واحدٍ إلى سريره.

ولمَّـا كنـتُ في طريقي إلى غرفـة نومي لحقني اللـورد «لينشمـير» بعـد أن ذهـب مضيفنـا إلى غرفته، فألقى في روعي أول مرّة أنه مجنون.

فقال في صوت خفيض وبنبرات سريعة: «أيها الطبيـب!! عليكَ أن تأتـي معي! عليـكَ أن تقضي ليلتكَ في سريري!».

«ما الَّذي تقصده؟!».

«أفضِّـل ألَّا أشـرح.. ولكـن هـذا جـزءٌ مـن واجباتـكَ. غرفتي قريبة من غرفتكَ، ومن الممكن أن ترجع إليها قبل أن ينادي عليكَ الخدم صباحاً».

فقلتُ: «ولكن لمَ بحق الله!؟».

قـال: «لأننـي أخشى أن أبقى وحـدي! هذا هو السبب، إن أردتَ أن تعرف».

يـا له من جنـون! لكن لغـة المـال تفوَّقت على اعتراضي، فتبعته إلى غرفته.

قلـتُ: «هـذا السريـر لا يتّسـع إلَّا لشخصٍ واحد!».

قال: «ولن ينام فيه إلَّا رجل واحد».

«والآخر؟».

«عليه أن يبقى يقظاً ويراقب».

قلتُ: «لمَ؟ يُخيَّل إليَّ وكأنكَ تنتظر أن يهاجمكَ أحدهم!».

«ربما!!».

«فلمَ لا تقفل الباب إذن؟».

«ربما أريد أن أهاجَم».

فبـدا لي أنه يزداد جنوناً، ولكن لا حيلة لي إلَّا بالخضوع، فهززتُ كتفي، وجلستُ في كرسيٍّ هزَّازٍ بالقرب من المصطلى الفارغ.

فقلتُ بكآبـة: «أنا من سيبقـى يقظاً ويراقب، ومن ثمَّ ماذا؟».

«سنقتسم سهر الليلـة؛ إذا بقيت ساهراً حتَّى الثانية، فأسهر ما بقي من الليل».

«جيد جداً!».

«أيقظني في الثانية إذن!».

«سأفعل».

«ابقى متيقّظـاً! وإن سمعت أيّ صوت أيقظني في الحال! أتسمع!؟».

«يمكنـكَ أن تعتمـد علـيَّ!»، وحاولـتُ البقـاء هادئاً كما بقي هو.

قال: «بـالله عليكَ ألَّا تنام!»، ثـمَّ خلع معطفه فقط، وتدثَّر بالدثار.

وكانت سهـرةً كئيبـةً، زادتها كآبـةً إحساسي بالحماقـة الَّتـي أفعلهـا. لنفترض أن اللـورد «لينشمـير» يشعـر بالخطـر وهو في بيـت صهره، فلِمَ بحـقِّ اللّه لا يُقفل عليه البـاب ليحمي نفسه؟ والسبـب الَّذي ذكره بأنـه يتمنّـى أن يُهاجم لأمرٌ سخيفٌ.. لمَ يتمنـى أن يُهاجم؟ ومن الَّذي يودّ أن يهاجمه؟ مَن الواضـح أن اللورد «لينشمير» يعاني مـن أوهامٍ، فلـم يجد ذريعةً أسخف مـن أن أبقى بجانبه، وأُحرَم مـن الراحة والسكينة. ومع يقيني بسخافة مـا أفعله، عزمتُ أن أستمـرَّ في الإذعان لطلباتـه ما دمـتُ موظّفـاً عنده. فجلسـتُ بقرب المصطلى الفارغ، وجعلـتُ أستمع إلى دقّات ساعة جدارية رتيبة في مكانٍ ما من الممر، وكانت تقرقرُ وتـدقّ كلَّ ربعِ ساعـة. يا له من سخـف! لقد شمل هـذا البيـت الواسع سكـونٌ بهيمٌ لا يكسـره سوى تلك الدقّات.. وكان بجانبي مصباحٌ صغيرٌ، يرمي بدوائر من ضوءٍ علـى الكرسي الَّذي أجلس عليه، فتظلُّ بقيّـة الغرفة في ظلام دامـس. وكان اللورد يتنفّـس في سريـره بسـلامٍ، فحسدتُه علـى نومه الهـادئ، وكان النـوم يداعب جفـوني الساعة تلو الأخـرى، غير أن شعوري بالواجب كان ينقذني في كلِّ مرة، فكنتُ أستقيم في جلستي، وأفرك عيوني، وأقرصُ نفسي عازماً علـى أن أقضي حصّتي من هذه الليلة السخيفة.

ففعلـتُ؛ إذْ تناهى سمعي صـوت الساعة تعلن الثانيـة، فربـتُّ كتف النائـم، فاستفـاق من فوره وأمارات الاهتمامِ الشديد تعلو وجهه.

«أسمعتَ شيئاً؟».

«لا، يا سيِّدي! إنها الثانية».

«طيب! سأبقى يقظاً، وأنتَ اذهب إلى النوم!».

فنزلتُ تحت الدثـار كما فعل، فما عدتُ أدري من فوري بشيءٍ من حولي، وكان آخر شيءٍ أتذكَّره تلـك الدوائـر الَّتـي ألقاهـا ضـوء المصبـاح على كرسيٍّ، وفي وسطها وجه اللورد «لينشمير» المتعَب.

لا أعـرف كم نمتُ، غير أننـي استيقظتُ على شدّة قوية من كمّي. كان الظلام يلفُّ الغرفة، لكنّ رائحةً زيتٍ قوية داعبت أنفي، فعلمتُ أن المصباح مُطفَأٌ منذ لحظات.

همسـ اللـورد «لينشمـير» في أذني: «أسـرع! اسرع!».

فقمتُ من سريري، وما يزال متعلِّقاً بذراعي.

همس لي قائـلاً: «إلى هنا!»، وجرَّني إلى ركنٍ في الغرفة، ثمَّ أردف يقول: «صه! استمع!».

ومـع أن صمـت الليـل كان يلـفُّ الغرفة، غير أني سمعتُ بوضوح صـوت وقْع أقدام أحدهم آتية من آخر الممر. وكأنت وقـع أقدام مختلسة، واهنة متقطعـة، تماثلُ وقعَ أقدام رجـلٍ يقف هنيهةً عن عمـد بعدَ كلِّ خطوةٍ يخطوها. وكانت تمضي علينا نصـف دقيقة لا نسمع فيها صوتـاً ونأمةً، ومن ثمَّ نسمع جرجرةً وصريفاً، فنعرف أن الراجل يتقدّم في مشيتـه. وكان زميلي يرتعد خوفـاً واضطراباً، وكانـت يده الَّتي ما تزال تمسـك بذراعي ترتجف كما يرتجف فنَنٌ في وجه ريح عاصفة.

فقلتُ هامساً: «ما هذا؟!».

«إنه هو!!».

«السير توماس!؟».

«أجل!».

«ما الَّذي يريده؟».

«صه! لا تفعل شيئاً حتَّى أخبركَ!».

أدركـتُ الآن أن أحدهم يحاول فتح الباب، إذْ سمعـتُ صريفـاً واهناً من قبضته، ومـن ثمَّ رأيتُ شعـاع ضـوءٍ خافتٍ من شـقّ الباب، فقـد كان في

آخر الممر مصباحٌ يحترق بتؤدة، وكان ضوؤه كافياً لرؤيـة ما في الممر.. وتعاظم الضـوء الباهت شيئاً فشيئـاً، وبلطف شديد، حتَّى رأيتُ ظلّ رجل.. كان مقرفصاً ومباعداً ما بين قدميه، وكأنه قزمٌ هائلٌ لا شـكل له.. وانفتـح الباب على حين غـرّة، وظلَّ الرجـل المشـؤوم جاثماً حيث كان.. ثـمَّ قامَ بغتةً، وسمعـتُ صوت ضرباتٍ هائلـةٍ متتاليةٍ تصدر من جانب السرير.

فأصابنـي خـوفٌ شديدٌ، وتسمّـرتُ في مكاني وقلبـي يجأش، وظللـتُ على حـالي إلى أن أثارني صـراخ رفيقـي طلبـاً للمساعـدة.. واستطعتُ أن أرى مـا يجري.. كان اللورد «لينشمير» يطوِّق رقبةَ صهـره بذراعيه، ممسـكاً به بشجاعـة كلب صيد يغرز أنيابه غزال هزيل. وتلوَّى الرجل الهزيل على نفسه كما يتلـوَّى الصلّ حول فريسـته، وحاول أن يقبض على مهاجمـه.. لكن الآخر ما يزال قابضاً علـى خناقه، علـى صرخاتـه الشديـدة والخوف الظاهـر على وجهـه. فقفزتُ من مـكاني محاولاً إنقاذ رفيقـي، فتمكنَّا من رمي السير توماس على الأرض، مع أنه غـرز أسنانه في كتفي. ولم أستطع أن أصرعـه مـع كلّ شبابـي ووزني وقوتـي.. ولكن استطعنـا أخيراً ربط ذراعيـه برباط الخصر من الثوب الَّذي يرتديه. وأمسكتُ بساقيه في حين كان اللـورد «لينشمير» يحاول إعـادة إضاءة المصباح، ثـمَّ سمعنـا صوت أقـدام كثيرة في الممـر، واندفع الخادم الشخصي واثنانٌ مـن المشاة إلى الغرفة، بعـد أن استفاقـوا علـى الصرخـات. ولم نواجـه صعوبة أخرى في تأمين الرجل بمساعدتهم، الَّذي كان يُرغـي ويُزبـد وهو على الأرض. كانت نظرة واحدة إلى وجهه كافية لأعرف أنه مهووسٌ خطيرٌ، في حـين أظهرت المطرقـة القصـيرة الثقيلة التَّي كانت بجانب السرير رغبته الشديدة بالقتل..

فلمَّـا أوقفنـا الرجـل المُقيَّد علـى قدميه قال لي اللـورد «لينشمـير»: «لا تستخـدم العنف معه! سيدخـل في سباتٍ بعد هذه السـورة.. وأعتقد أنه دخل فيها».

وهـدأت سَـوْرَةُ الرجـل ونحن نتكلَّـم، وسقط رأسـ المجنون علـى صدر اللـورد، وكأنـه غطَّ في نوم عميـق. فحملناه على طول الممـر إلى غرفته، ووضَعناه علـى سريره وهو مُغشى عليـه، ويتنفَّس بصعوبة فائقة.

قـال اللـورد: «سيحرسه اثنان منكـم.. والآن أيهـا الطبيـب هاميلتـون! رافقنـي إلى غرفتـي وسأشـرح لكَ لمَ كنتُ خائفاً مـن الفضيحة، وإني على يقين من أنَكَ لن تندم على إقدامكَ على فعل ما فعلته مهما كانت النتائج».

فلمَّـا أصبحنـا وحدنا استأنـف حديثه قائلاً: «يمكننـي أن أشـرح لـكَ المسألة برمّتهـا في بضع كلمـات.. إن صهـري أفضـل الرجـال على سطح الأرض، فهـو زوجٌ محبٌ، وأبٌ جديـرٌ بالاحترام، غـير أنه ينحدر مـن سلالة فيها لوثـة. وقد حاول غير مرّة أن يقتل.. ولكن، من؟ أقرب الناس إليه، وإن هذا لهو أفظع من غيره من القتل؛ فأرسلنا ابنه إلى مدرسـة داخلية كي نجنّبـه الخطر، ثمَّ حاول قتـل أختي.. زوجتـه، الَّتي استطاعـت الهرب وفي جسدهـا إصاباتٌ لا ريب في أنـكَ لاحظتها عندما قابلتها في لندن.. واعلم، أنه عندما يكون في كامل رشـده فإنه يجهل مـاذا أصابـه، أو ماذا اقترف، وإنه ليستسخف فكرة أنه يؤذي من يحبّ تحت أيّ ظرفٍ من الظروف.. لـذا، فمن الصعب علينا أن نقنع رجلاً مثله بأن مـا يحصل له حقيقي.. وكان هدفنـا وغايتنـا بالطبع أن نحجزه قبـل أن تتلطّخ

يداه بالدم، لكننا واجهنا صعوبةً عظيمةً في ذلك.. فهو رجلٌ منعزلٌ عن العالم، لا يحبّ زيارة الطبيب على الإطلاق. ثـمَّ وجب علينا تحقيقـاً لغايتنا أن نجعله يقتنع بأنه عاقل مثل الجميع، باستثناء تلك الأويقـات النادرة. لكـن الله في عليائه أنعم علينا وعليه بـأن أظهر لنا بعض الأعراض المنذرة قبل أن تحصـل تلك الهجمات المسعـورة، والَّتي تنبّهنا بمـا سيحصـل، فنستعدُّ لها.. وأهـم تلك العلائم تغضُّـن جبينـه العصبـي الَّذي لاحظتـه ولا ريب، وهي ظاهرة تظهر عليـه دائماً قبل ثلاثة أيام من هجومـه المسعور أو أربعة، وما أن ظهرت عليه هذه العلامة حتَّى تذرّعت زوجته بذريعةٍ، والتجأت إلى منزلي في بروك ستريت.

وبقي علـيَّ أن أقنع طبيباً عالمـاً بجنون السير توماس؛ فمـن دون أن أقنعـه لـن يوافـق على أن يضعه في مكانٍ آمنٍ لا يؤذي فيه أحداً، وكانت أول مشكلة واجهتنا كيف نجلب طبيباً إلى بيته، فخطر لي اهتمامه الكبير بالخنافس، وحبّه لمن يشاركه هـذا الاهتمـام، فأعلن عـن ذلـك في الصحيفة، فهـداني الله إليـكَ، ووجـدتُ فيكَ الرجـل الَّذي أبتغيـه.. وكان مـن الضـروري أن يكـون المطلوب مقداماً جسـوراً؛ لأنني أعرف أن الجنون لا يظهر إلَّا بميـلٍ شديدٍ للقتل، وكنتُ أعتقد اعتقاداً جازماً أنـه سيهاجمنـي أنا؛ لما بيننا مـن احترام ومحبة، وخُيِّـل إليَّ أن فطنتـكَ ونباهتكَ ستفـيَ بما بقيَ. لم أعـرف أن الهجـوم سيكون ليـلاً، لكنني رأيتُ في ذلك احتمـالاً كبيراً؛ لأن جلَّ المصائب لا تأتينا إلَّا في الساعـات الأولى من الصبـاح... وأنا رجلٌ عصبـي من طبعي، ولكن لا خيـار آخر لي أبعد به الخطر عن أختـي. لم أسألكَ إن كنتَ سترغب في توقيع الأوراق الَّتي تثبت جنونه..».

«لا ريـب! ولكن من الضـروري أن يكون هناك توقيعان».

«نسيـتَ أنني أحمل شهادةً في الطب.. الأوراق

هنـا في مـكان على الطاولـة، لـذا.. أرجـو منكَ أن توقّعهـا لي الآن، ويمكننـا أن ننقـل المريض في الصباح».

وتلـك كانـت زيارتـي إلى السـير «روزسيتر»، صياد الخنافس المشهور، وكانت تلك درجتي الأولى في درجات النجاح؛ فقد أثبت لي اللورد «لينشمير» وأخته الليـدي «روزسيتر» أنهمـا صديقان وفيّان، ولم ينسيـا قطّ مشاركتي لهما في وقت الضيق. أمَّا السـير «توماس» فخارج البـلاد، ويُقال إنه يتماثل للشفاء.. وما أزال إلى الآن أظنُّ أنه لو قضيتُ ليلةً أخرى في ديلامير كورت، فسأجبر على قفل الباب على نفسي من الداخل.

---

* آرثـر كونـان دويـل (1859-1930): لا يخفـى على القـارئ أنّ السـير آرثر كونـان دويل Arthur Conan Doyle ابتـدع شخصيـة "شرلـوك هولمـز" المخـبر السـرّي، المتأنّـق، ذا العينين الثاقبتين، والأنف المعقوف، والغليون الَّذي لا يفارق شفتيه، والَّذي يرافقه دائماً في مغامراته شخصـي الطبيب واتسون، صاحب الظلِّ الخفيف، والذكاء المتّقـد.. وكان نجاح تينـك الشخصيتين ساحقـاً، حتَّى إن كونان دويل حاول أن يقتله هولمز في قصصـه مـراراً، فلـم يُفلح، فاستمـرّ شخص هولمـز ملازمـاً لاسـم مبدعـه لا يفارقـه، فأينما ذكرنـا "شرلـوك هولمـز" خطر على البـال اسم "آرثر كونان دويـل"، ومتى ذكرنا "دويل" تبادر إلى أذهاننا اسم "شرلوك".

لكن الَّـذي يخفى على القارئ كمـا أظنّ، أنّ خيـال "آرثر كونـان دويل" قد ابتـدع عدداً من القصـص الَّتي تمـتُّ إلى الخيال العلمـي، ولعلَّ معاد هـذا إلى أنه حَضَرَ جلسات تحضير الأرواح وهو في العشرينيات من عمره، ومن ثمَّ انضمَّ إلى جمعيـة البحوث الروحيـة في سنة 1893، فدخل في عـالم الروحيـات وتعمَّـق فيه، حتَّـى إنه هجر الكتابـة في آخـر سنين عمره ليتفـرَّغ إلى تدريس الروحيات.

ألَّـف السـير "آرثر كونـان دويل" عـدداً من قصصـ الخيـال العلمـي والروايات، وكانـت أوَّل رواياتـه في هـذا المجال هـي: **لغـز كلومبر** The Mystery of Cloomber، والَّتـي تروي قصة عقيـد متقاعد في الجيش الهنـدي يواجه مخاطر السحـر الهنـدي وأهوالـه. أمَّـا أفضـل قصصه في الخيـال العلمـي كمـا يـرى النقَّاد فهـي: **رعب المرتفعـات** The Horror of the Heights، **وتجربـة** The Great Keinplatz Experiment، **ومغامـرة الرجـل الزاحـف** The Adventure of the Creeping Man، وهـي قصـةٌ بطلهـا "شرلـوك هولمـز" غـير أنهـا من قصصـ الخيـال العلمـي في رأي النقَّاد، ثـمَّ **آلة التفكيـك** The Disintegration Machine، وهي القصص الَّتي بين أيديكم.

أمَّـا روايـات الخيـال العلمـي الَّتـي ابتدعها "دويـل" فبطلهـا البروفيسـور المحبـوب صاحب الخصـال الغريبـة اللطيفة (تشالنجـر)، ومنها: العـالم المفقـود The Lost World (1912)، وحـزام السـمّ The Poison Belt (1913)، وأرض السديم The Land of Mist (1926).

** كاتب ومترجم سوري.

تكنولوجيا الإنترنت وتطبيقاتها

تأليف: ستاف رابترراي ت ترجمة: محمّد أمين صباغ

ما هي تكنولوجيا الإنترنت؟

تكنولوجيا الإنترنت هي قدرة الإنترنت على نقل المعلومات والبيانات عبر خوادم (سيرفر) وأنظمة (سيستم) مختلفة. تعدُّ تكنولوجيا الإنترنت مهمّة في العديد من الصناعات المختلفة، لأنّها تسمح للناس بالتواصل مع بعضهم بعضاً من خلال وسائل لم تكن متاحة بالضرورة.

الإنترنت هي في الأساس قاعدة بيانات كبيرة، حيث يمكن تمرير وإرسال جميع أنواع المعلومات. يمكن تمريرها سلبياً بشكل مواقع ويب ومدوّنات (بلاغز) غير تفاعلية، ويمكن أيضاً تمريرها بشكل نشط بشكل مشاركة للملفّات وتحميل للمستندات. أدّت تكنولوجيا الإنترنت إلى توفير قدر كبير من المعلومات لأيّ شخص قادر على الوصول إلى الإنترنت. لقد سمحت للأشخاص الذين اعتادوا على الكتب المدرسية والمكتبات تعلم أيّ شيء يريدونه من جهاز الكومبيوتر المريح.

تتطوّر تكنولوجيا الإنترنت باستمرار وتستطيع تسريع مسار المعلومات الذي أنشأته. مع التقنيات التي تدعم الإنترنت، أصبحت السرعات أعلى، وتوفّر المزيد من المعلومات، وتمّ تنفيذ معلومات مختلفة لم تكن ممكنة في الماضي. لقد تغيّرت تكنولوجيا الإنترنت، وسوف تستمر في التغيير، والطريقة التي يتعامل بها العالم مع الأعمال، وكيفيّة تفاعل الناس في الحياة اليومية.

استكشاف تطوّر تكنولوجيا الإنترنت

أحدثت شبكة الإنترنت تحوّلاً عميقاً في طريقة تواصلنا بعضنا مع بعض، وعملنا، ووصولنا إلى المعلومات. على مرّ السنين، تطوّرت تكنولوجيا

الإنترنت بشكل ملحوظ، وقامت بتشكيل حياتنا الرقمية بطرق غير مسبوقة. فيما يلي سوف نستكشف المعالم الرئيسية والابتكارات التي دفعت تطوّر تكنولوجيا الإنترنت.

أصل تكنولوجيا الإنترنت

بدأت رحلة تكنولوجيا الإنترنت في أواخر عام 1960 مع شبكة أربانت، وهو مشروع مموّل من قبل وزارة الدفاع الأمريكية. كان هدف المشروع هو ربط أجهزة الكومبيوتر الموجودة في مؤسّسات بحثية مختلفة لكي تتشارك في المعلومات بكفاءة. أرست هذه الشبكة المبكّرة الأساس لمؤتمرات (بروتوكولات) مهّدت الطريق لشبكة إنترنت اليوم.

النمو من خلال تطوير البروتوكول

كانت إحدى النقاط المحورية في تطوّر الإنترنت هي توحيد بروتوكولات الاتصال. في عام 1980 سمحت هذه البروتوكولات للشبكات المتنوّعة بالتواصل بسلاسة، وكذلك تمكين تبادل البيانات العالمية. أدّى تقديم (نظام اسم المجال) إلى تسهيل التنقّل عبر مواقع الويب من خلال ترجمة اسم المجال إلى عنوان.

ولادة شبكة الويب العالمية وتوسّعها

في عام 1989، اخترع تيم بيرنرز لي شبكة الإنترنت العالمية (دبل يو)، مع إمكانية تقديم مستندات النص الأفضل (هايبر تكست) التي يمكن الوصول إليها عبر المتصفّحات (براوزرز).

هذا الابتكار جعل الوصول إلى المعلومات ومشاركتها أمراً سهلاً للمستخدم، وأدّى إلى نمو هائل في محتوى الويب والمستخدمين في جميع أنحاء العالم.

ثورة النطاق العريض والإنترنت عبر الهاتف المحمول

مع التقدّم في مجال النطاق العريض (برود باند) والألياف الضوئية (فيبر أوبتك) في أواخر عام 1990 وبداية عام 2000، زادت سرعة الإنترنت بشكل كبير. في وقت لاحق، فتحت تقنيات الهاتف المحمول مثل 3 جي و4 جي والآن 5 جي اتصالاً لاسلكياً عالي السرعة للهواتف الذكية والأجهزة الأخرى، واضعةً الإمكانية الفعّالة للوصول إلى الإنترنت في متناول أيدينا تماماً.

التقنيات الناشئة تشكّل الاتصال المستقبلي

تستمرّ الإنترنت اليوم في التطوّر مع ابتكارات مثل: إنترنت الأشياء، الحوسبة الحافّة، تكامل الذكاء الاصطناعي، الشبكات القائمة على الأقمار الصناعية التي تهدف إلى توفير سرعات أعلى مع تغطية أوسع عالمياً. تدفع هذه التقنيات حدوداً تتجاوز نماذج الشبكات التقليدية نحو أنظمة بيئية متّصلة أكثر ذكاءً.

إنّ فهم كيفيّة تطوّر تكنولوجيا الإنترنت، يساعدنا على تقدير تأثيرها على الحياة الحديثة، بينما تتهيّأ للتقدّم المستقبلي الذي سوف يعمل على إعادة تشكيل عالمنا الرقمي بشكل كبير.

استكشاف الأنواع المختلفة لتكنولوجيا شاشات اللمس وتطبيقاتها

أحدثت تقنية شاشات اللمس ثورة في طريقة تعاملنا مع الأجهزة ممّا يجعل التنقّل عبر التطبيقات والوصول إلى المعلومات أسهل. مع مجموعة واسعة من تقنيات شاشات اللمس المتوفّرة اليوم، فإنّ فهم اختلافاتها وتطبيقاتها أمر ضروري للشركات والمستهلكين على حدّ سواء. فيما يلي نستكشف الأنواع المختلفة لتقنيات شاشات اللمس، خصائصها الفريدة، وكيفية استخدامها عبر الصناعات المختلفة.

أنواع تقنيات شاشات اللمس

هناك عدّة أنواع لتقنيات شاشات اللمس التي تلبّي الاحتياجات والبيئات المختلفة. تشمل الأنواع الأكثر شيوعًا: شاشات اللمس المقاومة، شاشات اللمس السعوية، شاشات اللمس بالأشعّة تحت الحمراء، وشاشات اللمس البصرية. كلّ نوع يعمل على مبادئ مميّزة. تعمل شاشات اللمس المقاومة عن طريق الضغط المطبّق على طبقة مرنة تسجّل الإدخال. تعتمد الشاشات السعوية على خصائص التوصيل لإصبع الإنسان. تستخدم أنظمة الأشعّة تحت الحمراء أشعّة ضوئية للكشف عن الانقطاع. في حين تستخدم الأنظمة البصرية الكمرات أو أجهزة الاستشعار للكشف عن اللمس. يساعد فهم هذه الميزات في اختيار التكنولوجيا المناسبة لتطبيقات معيّنة.

شاشات اللمس المقاومة مقابل شاشات اللمس السعوية

تشتهر شاشات اللمس المقاومة بمتانتها وكلفتها المنخفضة. يمكن استخدامها مع أيّ جسم بما في ذلك الأيدي المغطّاة بالقفّازات أو الأقلام المرقّمة، ممّا يجعلها مثالية للإعدادات الصناعية أو البيئية حيث يكون التلوّث مصدر قلق. توفّر شاشات اللمس السعوية تجربة مستخدم أكثر استجابة مع إمكانية اللمس المتعدّد، لكنّها تتطلّب ملامسة الجلد بشكل مباشر حتى تعمل بشكل فعّال. وهذا يجعلها منتشرة في الأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية مثل الهواتف الذكية وأجهزة اللوحات (تابلت) حيث تعمل الإيماءات الدقيقة على تعزيز تفاعل المستخدم.

التقنيات الناشئة: شاشات اللمس بالأشعّة تحت الحمراء والبصرية

اكتسبت تقنية شاشة اللمس بالأشعّة تحت الحمراء شعبية كبيرة بسبب قدرتها على دعم الشاشات الأكبر حجماً دون الحاجة إلى طبقة شاشة تقليدية. هذه التقنية مفيدة بشكل خاص في الأكشاك العامّة أو اللافتات الرقمية حيث تكون هناك حاجة إلى أسطح تفاعلية كبيرة دون المساس بالرؤية أو الوضوح. كما ظهرت تقنية شاشة اللمس البصرية كحل مبتكر يستخدم الكاميرات للكشف عن إدخالات المستخدم عبر الأسطح المختلفة، وتؤمّن تتبّع عالي الدقّة مع السماح بتجارب تفاعلية تتجاوز القيود التقليدية.

تطبيقات عبر الصناعات

تجد تقنيات شاشات اللمس تطبيقات في مختلف الصناعات بما في ذلك الرعاية الصحّية، التعليم، تجارة التجزئة، النقل، والترفيه وغيرها. في إعدادات الرعاية الصحّية تبسط العمليات من خلال تمكين الوصول السريع إلى بيانات المرضى بوساطة واجهات بديهية. تستفيد المؤسّسات التعليمية من أدوات التعلّم التفاعلية التي تشرك الطلاب بشكل أفضل ممّا يمكن أن تقدّمه الطرق التقليدية. يستخدم تجّار التجزئة قوّة شاشات اللمس في أنظمة نقاط البيع لتعزيز كفاءة خدمة العملاء مع توفير تجارب تسويق ناشطة عن طريق أكشاك المتاجر.

أخيراً، مع استمرار تطوّر تقنيات شاشات اللمس والتقدّم في التصميم والتوظيف، يتوسّع تأثيرها على الحياة اليومية بشكل أكبر. من خلال فهم الأنواع المختلفة المتاحة –المقاومة، السعوية، الأشعّة تحت الحمراء،– وتطبيقاتها في العالم الفعلي عبر قطاعات متعدّدة، يمكن للشركات والأعمال الاستفادة من هذه التقنيات بشكل فعّال لتعزيز مشاركة المستخدم.

دليل المبتدئين إلى محطّات الخطوط البصرية – الميزات والتطبيقات الرئيسية

في عالم الاتصالات سريع التطوّر، تؤدّي محطّات الخطوط البصرية (أوبتكال لاينز) دوراً حاسماً في توفير الإنترنت عالي السرعة والخدمات الأخرى. إنّ فهم محطّات الخطوط البصرية ضروري لأي شخص يهتمّ بتكنولوجيا الألياف البصرية والبنية التحتية للشبكات. يستكشف هذا الدليل للمبتدئين الميزات والتطبيقات الرئيسية لمحطّات الخطوط البصرية، ويساعد في فهم أهمّيتها في أنظمة الاتصالات الحديثة.

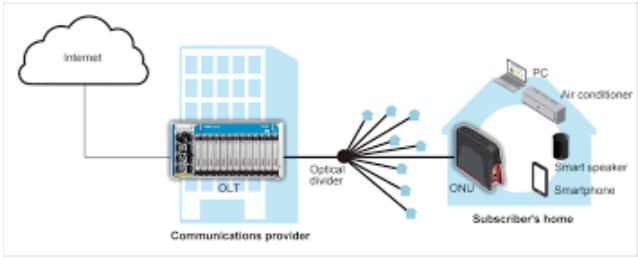
ما هي محطّات الخطوط البصرية؟

محطّة الخط البصري هي جهاز يستخدم في الشبكات البصرية السلبية، وتعمل كنقطة تحكّم رئيسية لإدارة نقل البيانات بين المكاتب المركزية لمقدّمي الخدمة ومقرّات المستخدمين النهائيين. تقوم بتحويل الإشارات الكهربائية إلى إشارات بصرية لنقلها عبر كابلات الألياف البصرية. كما تدير محطّة الخط البصري أيضاً وحدات شبكة بصرية متعدّدة أو محطّات شبكة بصرية، ممّا يتيح اتصالاً فعّالاً عبر الشبكة.

الميزات الرئيسة لمحطّة الخط البصري

تأتي محطّة الخط البصري مزوّدة بالعديد من الميزات البارزة التي تعزّز وظيفتها. أوّلاً: معالجة البيانات، فهي تقوم بمعالجة البيانات من مصادر مختلفة قبل تحويلها إلى إشارات بصرية. ثانياً: معظم أنظمة محطّات الخطوط البصرية تدعم أنواع مختلفة من البروتوكولات لتلبية متطلّبات الشبكة المتنوّعة. ثالثاً: إدارة الشبكة، تتيح قدرات الإدارة المتقدّمة لمقدّمي الخدمة مراقبة الأداء، استكشاف المشكلات وإصلاحها، وتحسين تخصيص النطاق الترددي بشكل فعّال.

تطبيقات تقنية محطّات الخطوط البصرية في الاتصالات



التطبيق الأساسي لمحطّات الخطوط البصرية هو ضمن نشر الألياف إلى المنازل، حيث توفّر وصولاً عالي السرعة للإنترنت مباشرة إلى منازل العملاء والشركات. إضافةً إلى ذلك، فهي حيوية في خدمة شبكات النقل الخلفي للهاتف المحمول من خلال ربط أبراج الهاتف المحمول بسعة النطاق العريض اللازمة لخدمات المحمول وتسهيل الاتصال السلس لمستخدمي الهاتف المحمول.

فوائد استخدام محطّة الخط البصري

تشمل فوائد دمج محطّة الخط البصري في البنية التحتية للاتصالات تحسين كفاءة النطاق الترددي من خلال الموارد المشتركة بين مستخدمين متعدّدين دون تدهور جودة الخدمة، بروتوكولات أمان معزّزة لحماية بيانات المستخدم الحسّاسة، وخفض تكاليف التشغيل من خلال تقليل الحاجة الواسعة لكابلات النطاق بسبب ارتفاع معدّلات نقل البيانات عبر مسافات طويلة

أخيراً، مع انطلاقنا نحو عالم أكثر ترابطاً يعتمد على الوصول إلى إنترنت عالي السرعة، يصبح فهم الأجهزة مثل محطّة الخط البصري أمراً مهمّاً بشكل متزايد. بفضل قدرتها على إدارة كمّيات هائلة من البيانات بكفاءة مع دعم تطبيقات مختلفة من خدمات النطاق العريض المنزلية إلى شبكات الهاتف المحمول، تعدُّ تقنية محطّة الخط المحمول بمثابة حجر الزاوية في مجال الاتصالات الحديثة.

سواء كنت قد بدأت رحلتك للتوّ في مجال تكنولوجيا الاتصالات، أو تبحث عن طرق لتنفيذ حلول لشبكات متقدّمة، فإنّ معرفة محطّات الخطوط البصرية ستزوّدك برؤية قيّمة حول كيفيّة عمل عالمنا الرقمي.

كيفية تنزيل الملفّات من الإنترنت بأمان وكفاءة

في العصر الرقمي اليوم، أصبح تنزيل الملفّات من الإنترنت ممارسة شائعة لدى العديد من الأفراد. سواء كان تحديثاً للبرامج، أو تطبيقاً جديداً أو مستنداً، فإنّ القدرة على تنزيل الملفّات أمر ضروري. مع ذلك، من المهم التعامل مع تنزيل الملفّات بحذر لأنّها قد تشكّل مخاطر مثل إصابات البرامج الضارّة وانتهاك الخصوصية. فيما يلي سوف نستكشف بعض أفضل الممارسات لتنزيل الملفّات من الإنترنت بأمان وكفاءة..

فهم مصادر الملفّات

الخطوة الأولى في تنزيل الملفّات بأمان هي فهم مصدرها. من الضروري تنزيل الملفّات فقط من مواقع الويب ذات السمعة الطيبة والواثقة. تجنّب النقر على الروابط المشبوهة أو تنزيل ملفّات من مصادر غير مؤكّدة، لأنّها قد تكون ذات محتوى ضار. ابحث دائماً عن مواقع الويب الآمنة التي تضمن أنّ اتصالك مع مواقع الويب مشفّر وآمن.

بالإضافة إلى ذلك، من المهم أن تقرأ ملاحظات المستخدم وتتحقّق من التقييمات قبل تنزيل أي ملف. سيمنحك هذا نظرة ثاقبة على تجارب المستخدمين الآخرين للملف ويساعدك في تحديد الثقة به. إذا أبلغ العديد من المستخدمين عن مشكلات أو إصابات ببرامج ضارّة مرتبطة بملفّ معيّن، فمن الأفضل تجنّب تنزيله نهائياً.

استخدام برامج مكافحة الفيروسات

لضمان سلامة عملك في أثناء تنزيل الملفّات من الإنترنت، من الضروري أن يكون لديك برنامج مكافحة فيروسات موثوق به في جهازك. يقوم برنامج مكافحة الفيروسات بفحص الملفّات التي يتمّ تنزيلها ويبحث عن التهديدات المحتملة إن وجدت ويمنعها من إصابة نظام جهازك.

تأكّد من أنّ برنامج مكافحة الفيروسات لديك مجدّد بأحدث وسائل كشف التهديدات الجديدة بشكل فعّال، ومجهّز بعمليات فحص أوتوماتيكية على جهازك، بحيث يقوم بفحص الملفّات التي يتمّ تنزيلها تلقائياً بحثاً عن البرامج الضارّة قبل أن تصل إلى جهازك.

التحقّق من سلامة الملف

التحقّق من سلامة الملفّات التي يتمّ تنزيلها يضيف طبقة إضافية من الأمان عن طريق التأكّد من عدم العبث بها في أثناء عملية التنزيل. توفّر العديد من مواقع الويب مجموعات اختبارية (تشيك صم) أو تجزئات (هاشيز) إلى جانب ملفّاتها القابلة للتنزيل. المجموع الاختباري هو قيمة أبجدية رقمية فريدة يتمّ إنشاؤها باستخدام خوارزمية يمكن استعمالها للتحقّق من سلامة الملف.

للتحقّق من سلامة الملف الذي يتمّ تنزيله، يمكن استخدام أدوات مختلفة مُتاحة عبر الإنترنت، التي تحسب المجموع الاختباري للملف الذي يتمّ تنزيله وتقارنه بالمجموع الاختباري المقدّم، إذا تطابق المجموع الاختباري المحسوب مع المقدّم، فإنّ هذا يشير إلى أنّ الملفّ سليم ولم يتم تعديله.

إدارة تنزيل الملفّات بكفاءة

يمكن أن توفّر لك الإدارة الفعّالة لتنزيل الملفّات الوقت وتساعدك في الحفاظ على جهازك منتظماً. فكّر في استخدام برامج إدارة تنزيل الملفّات التي تسمح لك بجدولة النزيلات، وإيقافها مؤقّتاً واستئنافها، وحتى تحديد أولوياتها بناءً على الطريقة التي تفضّلها.

قمْ بتنظيم الملفّات التي قمت بتنزيلها في مجلّدات مناسبة حتى تتمكّن من تحديد موقعها بسهولة عند الحاجة إليها. راجع الملفّات غير الضرورية واحذفها بانتظام من أجل تحرير مساحة القرص على جهازك.

أخيراً، يعدّ تنزيل الملفّات من الإنترنت ممارسة شائعة في المشهد الرقمي اليوم. من خلال فهم مصادر الملفّات، واستخدام برامج مكافحة الفيروسات، والتحقّق من سلامة الملف، وإدارة تنزيل الملفّات بكفاءة، يمكنك التنقّل بأمان خلال عملية التنزيل مع الحد الأدنى للمخاطر المحتملة. تذكّر دائماً توخّي الحذر واتّباع أفضل الممارسات لحماية جهازك من الإصابة بالبرامج الضارّة وانتهاك الخصوصية.

الاضطرابات النفسية والعقلية عند كبار السن

هبـــة الله الغلاييـنـــي

يعاني معظم كبار السن من القلق والاكتئاب النفسي والاكتئاب الذهني وغيرها من الاضطرابات!.

فالشيخوخة تمثّل من الناحية السيكولوجية حالة من الاضمحلال تشمل إمكانات التوافق النفسي والاجتماعي للفرد، فتقلّ قدرته على استغلال إمكاناته الجسمية والعقلية والنفسية في مواجهة ضغوط الحياة لدرجة لا يمكن معها الوفاء الكامل بالمطالب البيئية أو تحقيق قدر مناسب من الإشباع لحاجاته المختلفة، ويمكن الاستدلال عليها من سوء وضع الفرد بالنسبة لجماعته بالنظر إلى إمكانات التوافق كما يستدلّ عليها بمقاييس السلوك، فيلاحظ بعض التغيّرات الانفعالية التي تحدث في الشيخوخة بالإضافة إلى السلوك الشخصي الذي ينشأ عن هذه التغيّرات، ومن ذلك القلق بالنسبة للصحّة العامّة وفقدان الأمان الاقتصادي والشعور بعدم الكفاية الذي يؤدّي إلى الشعور بعدم الكفاية الذي يؤدّي إلى الشعور بعدم الاطمئنان والقلق والشعور بالوحدة والعزلة واتجاهات الشك، وتطبيق الاهتمامات التي تؤدّي إلى الاستيلاء والاهتمام المتزايد، وقلّة النشاط الجنسي، وعدم القدرة على التوافق مع الظروف المتغيّرة.

فمرحلة الشيخوخة تتسم بالعديد من التغيّرات الجسمية والصحّية والاجتماعية والاقتصادية والتي لها تأثير رئيس ومباشر على حالة المسن النفسية، إنّ كبار السن يتعرّضون لمشكلات نفسية كثيرة، ومنها الاضطرابات النفسية مثل القلق والخوف والاكتئاب.

تقسم أمراض الشيخوخة النفسية إلى:

1 - عصابات الشيخوخة

2 - ذهان الشيخوخة

الاضطرابات الوجدانية في الشيخوخة

وهي مجموعة من الأمراض العقلية تتضمّن اضطراباً مبدئياً في الوجدان، أي تذبذب بين الانشراح أحياناً والحزن أحياناً أخرى.

فالمريض يعاني من دورات مرضية يكون فيها أحياناً مكتئباً وأحيانا أخرى طبيعياً ثمّ ينتقل إلى حالة من الزهو والابتهاج أو الهوس والاكتئاب في أشكاله المختلفة، وذلك شائع الحدوث بين كبار السن الفقراء أكثر ممّا هو بين مجموعات أخرى، وتظهر في ثلاث مجموعات من الاكتئاب وهي:

- اضطرابات مزاجية خفيفة
- اكتئاب عصابة وتفاعلي
- اكتئاب شديد

والاكتئاب يمثّل مشكلة عامّة عند أغلب كبار السن، فالاكتئاب الخطير أو الحادّ يكون أقل انتشاراً من الأعراض الاكتئابية، كما أنّ الاكتئاب لدى كبار السن يرتبط بكلّ من الأمراض الذهانية والوجدانية، وأنّ درجة الاكتئاب تزداد مع تقدّم العمر لديهم.

ومن أهم أعراض الاكتئاب لدى كبار السن هو الانعزال عن المجتمع والشعور بالتوتّر والضيق وفقدان الشهيّة يصل أحياناً إلى رفض الأكل، وهذا يعني أنّ هناك رغبة شديدة في التخلّص من النفس، وهو نوع من الانتحار الذي يؤدّي إلى تدهور الحالة الصحّية العامّة. وهناك أعراض عضوية مثل الشعور بالضعف العام والتأخير الحركي أو بطء الحركة ونقص الرغبة الجنسية، والانشغال بوظائف الجسم المختلفة ويصاحبه الخوف وتوهّم المرض والشعور باليأس وانخفاض الروح المعنوية، والأمراض الشديدة، وقد يكون هناك تقلّب في المزاج من المرح الشديد إلى الحزن الشديد من دون سبب واضح وفقدان الثقة بالنفس والشعور بالنقص والشعور بعدم القيمة وعدم الأهمّية، ويسير عليه التشاؤم وخيبة الأمل وكثرة البكاء ومحاولات الانتحار، وقلّة النوم وتقطّعه وإهمال المظهر العام والنظافة وبطء التفكير وصعوبة التركيز والتردّد ولوم الذات والشعور بالذنب، وكثرة النسيان.

وممّا يزيد من خطورة الاكتئاب لدى فئة كبار السن أنّ له دورًا رئيسيًا في نشأة الكثير من الأمراض مثل أمراض القلب والشلل الرعاشي والزهايمر.

الاضطرابات المزاجية الخفيفة

يميل كبار السن الذين لديهم أعراض هذه الحالة إلى الشعور بالتعاسة بسبب الظروف التي يلاقون فيها الكثير من المتاعب المالية، وفقد الأقارب، أو قدامى الأصدقاء، أو الحزن على المفقود.. إلخ

فيظهر عليهم الحزن والغم وانخفاض الروح المعنوية لديهم، مع احتفاظهم بمعايشة الواقع ولا تظهر عليهم الهلاوس، ويظلّ كبير السن متبصّراً بأفعاله، ويدرك ما يعانيه من اكتئاب، ويسعى إلى العلاج.

الاكتئاب العصبي والتفاعلي

يقصد بلفظ العصبي تلك الحالات التي يحدث فيها الاكتئاب عن خلفية متأصّلة من ردّ الفعل العصبي مثل حالات القلق أو الخوف. ويُقصد بالتفاعلي هي الحالات التي يحدث فيها الاكتئاب بعد أو مع الحزن على فقيد، أو الذي يحدثه فقدان المال أو متاعب اجتماعية خطيرة. وفي كلتا الحالتين يشكو المريض من شعور بالتعاسة ويجد صعوبة في النوم، وقد تزداد الحالة شدّة في ظروف معيّنة، وقد يصاحبها شكوى جسمانية أو أعراض قلق أو ذهول أو خوف.

الاكتئاب الشديد / أو الحاد

يظهر هذا الاكتئاب بأشكال مختلفة، حيث يظهر على المسن تباطؤٌ عقلي وحركي شديد، كما يعتريه وجوم! فلا ينطق ولا يتحرّك، وعندما يحدث التباطؤ قد يلاحظ بأنّ المريض يجيب عن الأسئلة المطروحة عليه، ولكن بعد تأجيل طويل.

وهذا النوع من الاكتئاب الشديد يعدُّ أشدّ خطورة من الاكتئاب البسيط، حيث تظهر الهلاوس، ويفصل هذا الاكتئاب كبير السن عن الواقع، ويصبح غير مسؤول عن أفعاله، وقد يؤدّي إلى الانتحار.

ومعدّل الإصابة بالاكتئاب يكون عند الرجال أعلى من معدّل الإصابة عند النساء، ويعود ذلك إلى أنّ الرجال أكثر تأثّراً من النساء بالتقاعد والترمّل وخصوصًا في مرحلة الكبر، فالرجل يشعر بالفراغ أكثر من المرأة، كما يشعر الرجل بالوحدة والعزلة بموت الزوجة أكثر ممّا تشعر به المرأة بعد موت زوجها، وتوضّح الدراسة كذلك بأنّ معدّلات الانتحار عند الرجال أعلى منها عند النساء في مرحلة كبر السن في الولايات المتحدة الأمريكية.

وتشير الدراسات إلى أنّ كبير السن المكتئب متعِب لمن حوله، فهو كثير الشكوى والتذمّر والسخط، وكثير المرض، ويرجع ذلك إلى ضعف المناعة الجسمية لديه بسبب الاكتئاب، ممّا يجعل كبير السن عرضةً لانتقال العدوى، ممّا يحتاج معه إلى جهد كبير في العلاج.

عُصاب الشيخوخة

قد يعيش عددٌ من كبار السن وحيداً، وقد لا يكون لهم أهل، ومثل هؤلاء هم الأكثر تعرّضاً للنبذ من الآخرين وللإصابة بالعصاب وظهور بعض الأمراض الخطيرة.

ومن الأعراض الشائعة التي تنتج عن النبذ وما يصحبه من تعاسة الآتي:

- الضجر والملل
- الهوام، خاصّة في أثناء الليل كمغادرة المنزل والشرود والضلال
- اتّهام الآخرين بسرقة بعض متعلّقاتهم، والحقيقة أنّهم نسوا أين وضعوها
- عدم التحكّم بالعضلات القابضة
- التحدّث عن الانتحار
- بعض أنماط السلوك العنيف

الضجر والملل

هذا عرض شائع من أعراض الاكتئاب، والملل في أثناء النهار يمكن أن يتسبّب في قدر كبير من الضيق للمحيطين بهم، أمّا إذا حدث ليلاً فإنّ هذا الضيق يصاحبه قلق نحو سلامة هؤلاء كبار السن خوفاً عليهم من السقوط وإصابة أنفسهم بأذى أو بتعرّضهم للبرد أو الإضرار بأنفسهم، وترجع أسباب هذه الظاهرة إلى الملل أو الوحدة المؤدّية للاكتئاب!

الهوام أو الشرود

يقصد به ترك المنزل مع وجود احتمالات الضياع، ومثل هذه الحالة تسبّب القلق خاصّة إذا حدثت ليلاً، ومن أسباب الضجر المصحوب بالاكتئاب وشدّة ردود الأفعال، هي بعض أمراض المخ.

عدم التحكّم في العضلات القابضة

هذا العرض قد يكون أكثر الأعراض تسبّباً في احتمال نبذ المسن، فقد يكون عدم التحكّم لدى المسن في البول أو البراز أو كليهما، ممّا يتسبّب في اشمئزاز الأهل منهم، ويخالط المريض لذلك شعور بالضيق! وقد تنهار روحه المعنوية، ويزداد هذا الشعور عند المريض بزيادة اشمئزاز الأهل منه.

وتوجد عوامل نفسية واجتماعية تؤدّي دوراً كبيراً في حدوث هذه الظاهرة مثل الاكتئاب والشيزوفرنيا، والانفعالات العصبية الشديدة، وانعكاس الأدوار بين كبير السن والشباب، وصعوبة وصول المسن لدورة المياه، وإصابات الجهاز البولي.

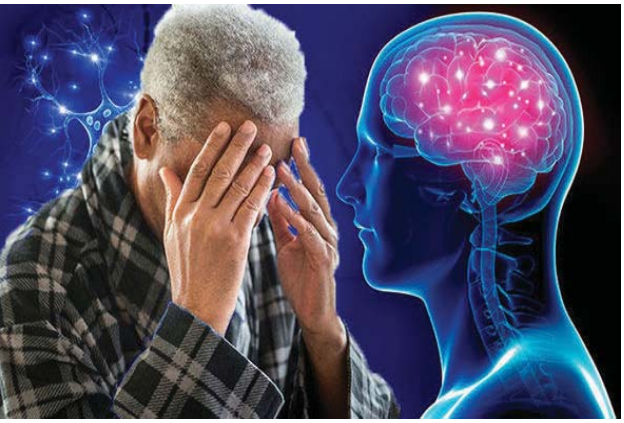
ذهان الشيخوخة

يطلق على هذا النوع من المرض مسمّى خبل الشيخوخة أو خرف الشيخوخة! وفيه يصبح المسن أقلّ استجابة، وأكثر تمركزاً حول ذاته، ويميل إلى التذكّر وتكرار حكاية الخبرات السابقة، وتضعف الذاكرة بالنسبة للحاضر، بينما تظلّ قويّة بجميع تفاصيلها بالنسبة لخبرات الماضي، وتقلّ اهتماماته وميوله، ويلاحظ نقص الشهيّة للطعام، وحدوث الأرق، وتقلّ الطاقة والحيوية، ويصبح المسن غير قادر على التوافق بسهولة ويشعر بقلّة قيمته في الحياة، وهذا يؤدّي إلى سرعة الاستثارة والعناد والنكوص إلى حالة الاعتماد على الـ (غير)، وإهمال النظافة والملبس والمظهر والاستهتار. وعموماً فإنّ المريض بذهان الشيخوخة يبدو في شكل تدهور حاد، وعجز عن العناية بنفسه فاقداً الوعي والإدراك لاختلاط عقله، ويمثّل ذهان الشيخوخة آخر مرحلة للتدهور النفسي الذي يصاحب التدهور الفسيولوجي.

ويوجد لذهان الشيخوخة عدّة أنواع منها:

عته الشيخوخة

يصاب به عدد قليل من كبار السن، وهو عبارة عن حالة من تآكل وضمور في المخ تؤدّي إلى اضمحلال مستمر في القوى العقلية، مع عدم توقّع الشفاء من هذا التدهور. لأنّ للوراثة دورًا مهمًّا وكبيرًا في ظهوره.



إنّ بداية الاضطرابات المرتبطة بعته الشيخوخة تكون تدريجية، وتتضمّن تدهوراً عقلياً وعضوياً وتعكس زيادة في فشل الذاكرة، وفي بعض الحالات قد يظهر مرض عضوي أو بعض التوتّرات الموقفية الأخرى.

ويظهر على المريض بعض الأعراض الآتية:

- تغيّر عقلي: حيث يضطرب الفهم ويتشتّت الانتباه، ويصعب التركيز، وتضمحل الذاكرة مع اضطراب في التعرّف على الزمان والمكان، وقد يكون لدى المريض صعوبة في عملية تذكّر عدد أبنائه، ويسأل عن أشخاص ماتوا من زمان!
- تغيّر وجداني: مثل عدم التناسق الوجداني والاضطراب الانفعالي، والضحك والبكاء من دون سبب، ويتغيّر المزاج من الاكتئاب إلى المرح بصورة سريعة.
- تغيّر سلوكي: حيث يسلك المريض سلوكاً غريباً عن طبيعته، مختلفاً عن سابق عهده، فالانحراف والاستعراض أمام أهله وأصدقائه مع التصرّف الصبياني في كثير من نواحي نشاطه.

عته تصلّب شرايين المخ

هو نوع من الذهاب العضوي، يتميّز باضطراب الحكم والتقدير مع تدهور الشخصية في بدء الأمر، وعدم الاستبصار بالأعراض، وخاصّة الذاكرة واستمرار الاضمحلال العقلي، وعادة ما يصاحب عته تصلّب شرايين المخ ارتفاع ضغط الدم، مع أعراض ذهانية من اكتئاب إلى هذاءات، ويتدهور المريض ببطء، عدا ما إذا أصيب بجلطة أو نزيف في المخ.

في حالة تصلّب شرايين المخ يحدث التدهور بشكل فجائي، ويؤدّي إلى انفجار بسيط في الأوعية الدموية، أو انسدادها أو حدوث تسمّم فيها.

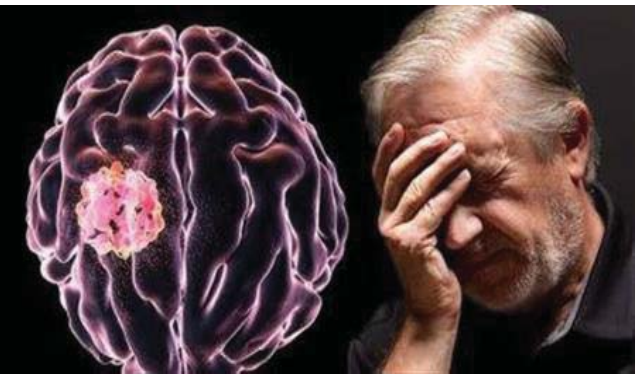
ذهان الشيخوخة الوجداني

إنّ مفهوم الذهان الوجداني هو اضطراب أو اختلال يصيب الوجدان. وتتراوح اضطرابات الوجدان من الهياج المتطرّف إلى الحزن الشديد. ومن التغيّرات الوجدانية التي تحدث في بعض حالات ذهان الشيخوخة فقدان الاهتمام بالعالم وعدم الاكتراث الشديد، كما يحدث تدهور عقلي تام كالعجز عن التجريد، وفهم الأفكار الجديدة، والعجز عن الفهم الجيد، والجمود، خاصّة في حالة الذهان العضوي الناتج عن تحلّل المراكز العصبية في الجهاز العصبي نتيجة للشيخوخة.

ويلاحظ بأنّه يوجد تشابه في أعراض ما تمّ ذكره من اضطرابات وجدانية، إلّا أنّ هذا النوع يزيد أعراض التوتّر مع زيادة الحركة، والشعور بالإثم والهذاءات وتوهّم العلل البدنية، وهذاءات الخيال، وأحياناً يبدو وكأنّه يوجد تدهور في الوظائف العقلية.

فصام الشيخوخة

تؤدّي العوامل البيئية دوراً مهمًّا أكثر من الوراثة في هذا النوع من المرض، ويلاحظ بأنّ شخصية المسن تكون انطوائية قبل المرض، مع وجود عجز جسمي في معظم الحالات وخاصّة

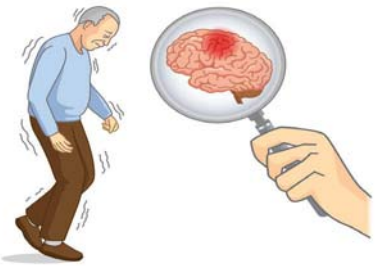


الصمم، ويبدأ المريض بضلالات اضطهادية منغّصة ضدّ الجيران والأقرباء الذين يريدون التخلّص منه، أو سرقته، وعادةً يصاحب هذه الهذاءات بعض الاكتئاب والهلوسة السمعية أو البصرية، ومع كلّ ذلك فإنّ المسن يظلّ محتفظًا بقدرته العقلية، وذاكرته مع تكامل شخصيته.

الشلل الاهتزازي / مرض باركنسون

هو من الأمراض العصبية الشائعة في كبار السن، وسمّي بهذا الاسم نسبة إلى العالم الغربي الذي وصفه لأول مرّة ويسمّى أحياناً بالفالج الارتجافي أو ذي الرعشة، وأسباب هذا المرض غير معروفة في معظم الحالات. إلّا أنّه يسود الاعتقاد بأنّ السبب في حدوثه لدى بعض الأفراد هو استعداد وراثي. ومن أهم أعراض هذا المرض أنّه يتميّز بحركة اهتزازية لا إرادية في الجسم مع ضعف القوّة العضلية ونزعة إلى انحناء الجذع إلى الأمام وتخلخل المشي، مع عدم إصابة النواحي الفكرية والحواس.

وهو موجود ومنتشر في العالم وفي كلّ المستويات الاقتصادية والاجتماعية، وترتفع نسبته بين الرجال عنه عند النساء. ويبدأ ظهور المرض في السن ما بين 60-50، وفي بداية المرض تظهر الأعراض التي منها، بطء الحركة وعدم مرونتها، وتخشّب جسم المريض، وضع خاص تتخذه اليدان في أثناء الحركة، وكلّما زاد المرض يبدأ اهتزاز احدى اليدين أو كلتاهما، ويكون المريض من صعوبة مسكه للأشياء، ويفقد الوجه قدرة التعبير عن الانفعالات، ويفقد المرضى المبادأة! وتصعب عليهم عملية البقاء بأي عملية من عمليات النشاط اليومي؛ فيجمد نشاطهم. وهذا المرض عبارة عن اضطراب مخّي مزمن يظهر في طور أرذل العمر، ويشيع ظهوره عند الرجال خاصّة بعد بلوغ سن الستين، ويتطوّر هذا المرض بالتدريج ويبدأ ببطء الحركة وانحناء القامة مع قصر شديد في الخطا. وبعدئذ يفتقد الوجه تعبيراته الانفعالية ويصير الصوت رتيباً، ويفتقد التنوّع والحيوية.



ومرض الشلل الرعاش من الأمراض التي تصيب الجهاز العصبي، وهو يؤثّر على العضلات بصورة غير مباشرة فيصيبها بتيبس ممّا يؤدّي إلى بطء وقلّة الحركة. والمرض يصيب حوالى 1% من الناس البالغين 60 عامًا من العمر أو أكثر. وأنّ ثلاثة أرباع المرضى يصابون بالمرض ما بين 60-55 سنة من العمر، ويصيب الرجال بنسبة أكبر من النساء وبنسبة 2-3.

خوريا هنتنجتن

هو مرض معروف في طور أرذل العمر ويسمّى باسم كوريا، والمنسوب لمكتشفه هنتنجتن الذي اكتشفه عام 1872م.

يوجد هذا المرض في جميع أنحاء العالم، وإذا بدأ المرض فإنّه لا يتوقّف إلّا في النادر، ومتوسّط الفترة التي يمكن أن يعيشها الفرد بعد إصابته بالمرض تتراوح ما بين 15-1 سنة.

وعادة ما تكون المراحل الأولى للمرض

انفعاليـة أكثر منها عقلية، إذ يكون المريض سريع الاستثـارة، حادّ الطبع، عاجـزاً عن ضبط نفسه، وبعضهـم يصبـح متعبـاً لمـن حولـه، ويبحث عن الأخطـاء، وجامداً في تصرّفاته، في حين أنّ بعضاً آخـر منهم يدّعـي العظمـة والتعـالي، وفي بعض الأسر التي يوجد فيها هـذا المرض يكون الانتحار أمراً مألوفـاً، وكلّما زاد المرض تدهورت الناحية العقليـة إذ تضعف الذاكـرة والقدرة على التركيز ويصاب الإدراك.

وعموماً يتميّز هذا المرض بالعوامل التالية:

- وجود عامل وراثي
- يلاحـظ بأنّه يبـدأ متأخّـراً أي في فترة من العمـر متأخّرة ما بـين 40-35 سنـة، ويصاحبه شذوذ جسمـاني وعقلي ولا تسبقه أي شواهد تدلّ عليه.
- عدم معرفة كنه الإصابة في المخ.
- تدهور عقلي مستمر وملحوظ.

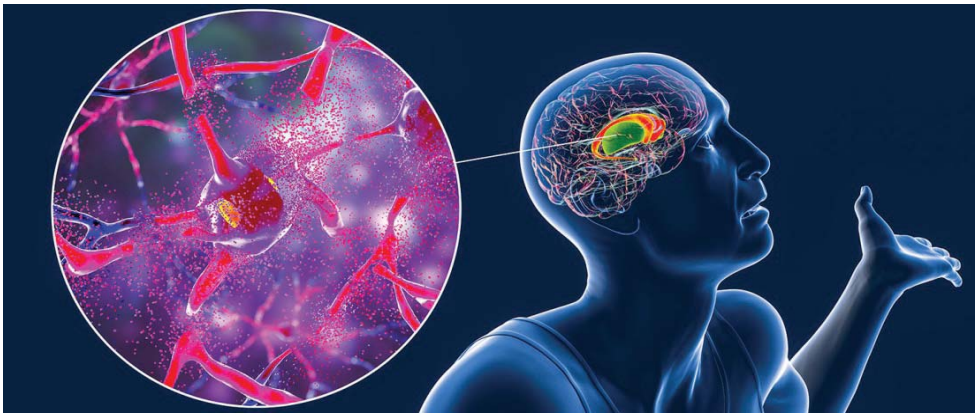
كمـا يلاحظ بـأنّ كلّ أنواع الخوريـا والتي من أشهرهـا خويـا سيدنهام تتميّز بحـركات عضلية إيقاعيـة منظّمـة، وتكـون الأعراض في البدايـة عبـارة عن اهتـزازات حركيـة مصحوبـة بخجل وسرعـة الاستفـزاز ثـم التدهور العقلـي. وتوجد لـدى كثير مـن المرضى نزعة للانتحـار والإصابة بالجنون.

القلق

إنّ مفهـوم القلـق شائـع جـدّاً، واستخدمـه كثـيرون ممـن كتبـوا في علـم النفـس ومجالاتـه المختلفـة رغـم الاختلافات في أطرهـم النظرية، فاستخدمـه السلوكيون في كتاباتهـم، واستخدمه الفرويديـون كما استخدمه ممّـن يتّخذون المنحى الوجـودي في نظرتهـم إلى الإنسـان، وقـد يكون هنـاك اتفاق بـين المتحدّثين في الصحّـة النفسية حول معنى القلق ومظاهـره، غير أنّ الخلاف بين هـؤلاء المتحدّثين يشتدُّ ويتّسع عندما يناقش القلق من حيث مصدره ومسبّباته.

أمّا إذا نظـر للقلق من وجهة نظر علم النفس المرضـي فإنّـه يعـدُّ مفهومـاً أساسياً وذلـك لأنّه يعـدّ أحد الأعراض الأساسيـة في الاضطرابات العصابية.

ويُعرّف القلق في موسوعة التربية الخاصّة بأنّه عبارة عن تأثير وضيق انفعالي يصاحب بإحساس بالتهديد! ويرجـع إلى أسباب غير معروفة للفرد،



أمّـا إذا كان المصـدر معروفاً فـإنّ الحالة توصف بالخوف المرضي.

أمّـا عـن القلـق عند كبـار السـن، فإنّـه يعدّ مـن الأمراض الشائعة لديهم، وقـد أثبتت بعض الأبحـاث أنّ حوالى 10% من كبـار السن لديهم بعض مـن أشـكال اضطرابـات القلـق، فمنهـم مـن يخـاف مـن المناطـق المفتوحـة، ومنهـم من يخـاف من تـرك منزلـه، ومنهم مـن يخاف من الفشـل، أو السقوط، كما يوجـد لديهم خوف من الموت، وخوف من المواقـف الاجتماعية ويصاحبه العديد مـن الأعراض مثل الغضب، الأرق، التعب، الإجهاد، الإرهاق، كما توجـد أعراض أخرى مثل تصبّب العرق واضطراب الفزع أو الخوف وسرعة التنفّس والشعور بفقدان الاتّزان.

فالقلـق هـو سمة مميّـزة لمرحلـة الشيخوخة وبخاصّـة القلق تجاه مواقف الحياة، فهو من أكثر الانفعـالات شيوعـاً في هـذه المرحلة، ففـي نهاية الخمسينـات وبدايـة الستينـات يصبـح الأفـراد مشغـولي البال بكـم من العمر يمكـن أن يعيشوا، ومـا إذا كانوا سيصابون بمرض خطير، وما الذي سيفعلونه في وقت فراغهم بعد التقاعد، وما الذي سيواجهونه عند وفاة أزواجهم.

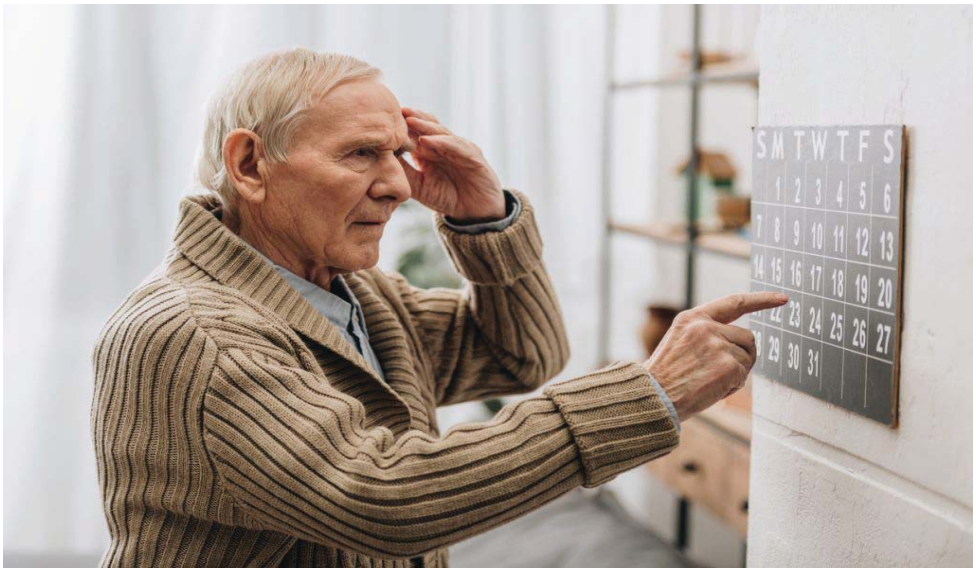
والقلـق ينتـاب كبـار السـن كنايـة للتغيّرات الاجتماعيـة التي يمرّ بها المسنّ مثـل الإحالة إلى التقاعـد عن العمل والعزلة التـي يشعر بها بسبب زواج الأبنـاء واستقلالهـم بحياتهـم أو وفاة أحد الزوجين، وقلق الموت، فهو يخاف أن يموت دون أن يشعر به أحد.

والقلـق لدى كبـار السـن يصاحبـه أعراض اكتئابية والعكس، بأنّ هناك نسبة عالية من الذين يعانـون من أعراض اكتئابيـة شديدة بلغت 47% كانوا يعانون أيضًا من اضطرابات القلق. فإذا كان المسنّون يعانون من القلـق فإنّهم يعانون أيضاً من أعراض الاكتئاب وذلك نتيجـة لفقدهم أدوارهم الاجتماعيـة ومرورهـم بالعديـد مـن التغـيّرات البيولوجية.

مرض الزهايمر

يعدُّ مرضـ الزهايمر من أخطر الاضطرابات العقلية التي تواجه كبار السن في الحياة المتأخّرة، فقد أثبتـت الإحصائيـات أنّ 29% مـن الأفراد الذيـن يبلغ عمرهم 90 سنـة فأكثر ربّما يصابون بهـذا المرض، ويرى فريق من العلمـاء أنّ العوامل البيئيـة والوراثيـة تعمـل كعناصر مهمّـة في تطوّر وتقـدّم هـذا المرضـ، وبذلـك يعني أنّـه من غير المحتمـل أنّ مرضـ الزهايمـر يكـون نتيجة سبب رئيسـي واحد بينما تـؤدّي العوامل الوراثية خاصّة تاريخ المرض في العائلة دوراً مهمّاً في نشأة المرض، وفي الوقـت نفسـه نجـد أنّ العوامـل البيئيـة مثل الكيماويات التي تؤثّر على الجهاز العصبي وإدمان الكحوليـات والتدخين تكون سبباً في تطوّر حالات العته والجنون.

ويتسـم مرض الزهايمر بفقـدان القدرة على تذكّـر الأحـداث الجديـدة، ففـي البدايـة يكـون الشخص قادراً على تذكّر بعض الأحداث القديمة! ولكن مع تقدّم المرض يفقـد المريض كلّ ذكرياته! ويصبـح غير قادر على تذكّر أفراد أسرته، وتظهر بعض المشـكلات الأخـرى التي تصاحـب فقدان الذاكـرة فغالباً ما يُعاق الـكلام، وبالتدريج تظهر صعوبـات في القـراءة والكتابـة وأداء الحـركات الصعبة، وفي المراحـل المتأخّرة يكون المريض غير قادر على أداء متطلّباته مثل الأكل واللبس وخدمة نفسـه ويمـوت معظـم المرضـى في غضـون فترة



تتراوح بين 15-5 سنة من بداية الإصابة.

فالزهايمر هو اضطراب عقلي يظهر بشكل أساسي في مرحلة كبر السن، وتزداد احتمالات الإصابة به بعد سن الـ 85، ويصيب النساء أكثر من الرجال، ويموت من يصاب من الرجال بسرعة أكثر من النساء. وفيه يتكوّن ضمور دماغي في الفص الجبهي والصدغي والجداري للمخ.

فهو مرض يفصل الإنسان عن الواقع، ويجعله غير مسؤول عن أفعاله، وكان يعرف بذهان الشيخوخة، أو ذهان ما قبل الشيخوخة، ثم سمّي باسم مكتشفه، وهو (لويس الزهايمر) سنة 1905م.

تشير الدراسات إلى أنّ اضطراب الزهايمر يعدُّ من الذهانات العضوية الناتجة عن نقص تدفّق الدم إلى مخّ كبير السن، فيحدث تلف في خلاياه، وتموت ولا تستبدل وتختلف وظائف قشرة المخ.

وبلغت حالات الزهايمر في أمريكا أربعة ملايين حالة في عام 2000م، ويتوقّع أن يصل عدد الحالات إلى 14 مليون حالة في عام 2050م. كما أنّ عدد حالات الزهايمر في المجتمعات العربية والإسلامية قد تزيد في النصف الأول من القرن الحادي والعشرين بسبب ظاهرة التشيّخ السكّاني.

وللأسف، لا يوجد حتى الآن علاج يشفي من مرض الزهايمر، ولكن تستخدم بعض العقاقير التي تخفّف من الحالة وتحسّن من عادات كبير السن في النوم والمشي والتغذية والنظافة، وقد يمتدّ العمر بمرض الزهايمر إلى أكثر من عشرين سنة، وهو صحيح الجسم، ولكنّه ذو سلوكيات شاذّة ومزعجة تجعله عبئاً ثقيلاً على من يرعاه.

المرجع:

The psychology of old people ". Oxford publication ، 2008. By "Marcell Gwyther".

الإنسان والثروات المعدنية

تأليف: د.محمّد فتحي عوض اللّه

قراءة وتعليق: م.هناء صالح

تعرّف الإنسان على الثروات المعدنية وتفاعل معها وتكيّفت بيئته بها ثم كيف تكوّنت تلك الثروات وتعدّدت فوائدها مع الحضارات، فقد تناول الأقدمون الكون بالتأمّلات الفلسفية والفلكية والطبيعية، فنشأة الكون الأولى كانت مثار الجدل منذ أن وعي الإنسان وجوده وكانت بداياته مأثورات تجريبية أسطورية منقولة تمّ تداولها من قبل شعوب البشرية الأولى.

كان اليونانيون القدماء أكثر من غيرهم إحساسًا بالكون وفلسفته، فالإغريق هم من قام بالكشف عن المعالم الأولى للفضاء مع إضافتهم أشياء مهمّة لعلم الفلك، لكنّ الكهنة بحضارات الأودية سبقوهم خاصّة بمجال رصد النجوم، بعد اليونان جاء العرب حيث بنى المأمون مرصداً ببغداد، ثم جاء من بعده ابن يونس وأبو الريحان البيروني وغيرهم.. من العلماء.

كلّ ما على الأرض من كائنات ومخلوقات يجمعها الغلاف الحي للأرض والإنسان على رأسهم الإنسان.

ما زال توقيت بداية الحياة على الأرض مجهولًا، فالكائنات الحيّة الأولى لم تترك أثرًا! وحسب التفسير العلمي لم تظهر إلّا منذ حوالى

ألـف وخمسمائـة مليون سنة، حيـث كان ظهورها الأول بالمـاء أو الطمـي الرطـب بالمستنقعـات القديمة، ثمّ تتالـت الأحقاب على الأرض، تميّزت كلّ حقبـة بمُناخاتهـا وحيواناتهـا، وبـدء تكويـن الحفريـات، كان نقطـة تحوّل بتاريـخ الحياة على الأرض، حيـث إنّ ظهور الحفريـات الأولى سجّل التاريـخ الـذي بـدأت فيـه الكائنات الحيّـة على الأرض صراعها من أجل البقـاء، وكان اكتشاف الحياة نوعًا من التأريخ، ساعد الجيولوجيين على تقسيم تاريخ الأرض لعدّة أحقاب مع تقدير عمر كلّ حقبـة، مـع تحديد مداه وفـق النظائر المشعّة، وإذا كانت الشمـس مصدر الحياة فإنّ عناصرها الأولى في تراب الأرض ومعادنها فلولاهما لما كانت الحشائش ولم يكن الحيوان والإنسان.

كربون 14:

يعدُّ مقياس الكربـون 14 من أحدث المقاييس العلميـة التـي تُقاس بهـا عصور ما قبـل التاريخ، فنصـف ذرّات الكربون تتحلّـل في بقايا الأجسام الحيّة خلال 5568 سنة.. مع فرق حوالى 30 سنة زيـادة أو نقصان، وبجمع بقايـا العظام أو الفحم الحجـري يمكـن تقديـر ما فيهـا من كربـون 14 مع تقديـر للزمن الذي انقضت فيـه حياة الكائن الحي الـذي تخلّفت عنه تلـك البقايا على حساب المقـدار المتحلّل من ذلك الكربون، فإن كان نصفًا يعنـي موت الكائن قبل 5568 سنة، وإذا كان ربعاً انتهـت حياته قبل، فهـو 11136 سنـة، ومن هنا نجد تاريخ الإنسان على الأرض يعود آلاف القرون للـوراء، وحسب التقديـرات العلميـة فأقدم بقايا لجسـوم بشرية هي مـا تمّ العثور عليـه في أقاليم الجنـوب الإفريقية وقريب منهـا بقايا الإنسان في القارّة الآسيوية بين الصين وبلاد الملايو.

تطوّر الإنسان:

لا بدّ من العـودة لأقدم الوثائق لقراءة التاريخ المكتـوب مع تتبّع سير الحوادث لاحقًا، ولمعرفة حلّ رموز الوثائق الجيولوجية لا بدّ أن نبدأ من المعلوم، ثـمّ السير بالمجهول والاستعانة بمـا نعرفه عن كلّ عنصر متأخّر لتفسير أحداث كلّ عصر، ولتحقيق ذلك لا بدّ من دراسة ملفّي القبور القديمة والكهوف والمدرّجات النهرية والرواسب الجيولوجية الأقدم والاكـثر عمقًـا في المجهـول. وللحديث عـن تطوّر الإنسـان لا بدّ من معرفة تاريخـه كيف ومتى وممّ جاء بـكلّ خصائصه الجسمانيـة والعقلية.. حتى مشيته وقدرته على النطق وغيرها.

القبور والكهوف:

تمّ تقسيـم القبـور القديمـة مـا قبـل التاريخ لثلاثة أنواع:

قبـور دون أشيـاء معدنيـة، قبور فيهـا أدوات وأسلحة حجريـة، قبور فيها أسلحة وحلي برونزية وأدوات من الحديد.

من هذا التقسيم نستنتج تعاقب ثلاثة عصور، فالمقابـر ذات الأدوات البرونزيـة أقـدم من ذات الأدوات الحديديـة التـي تحتوي علـى أسلحة من الحجر أقدم من التي تضمّ أدوات برونزية، فهناك ثلاثـة عصور: حجـري وبرونزي وحديـدي! وهنا كانـت بداية أسلوب جديد بكتابـة التاريخ. وكانت تلـك الكهـوف مـلاذًا وسكنًـا استعملهـا الإنسان القديم بحياته اليومية أو لدفن موتاه، من الملاحظ أنّ سـكّان الكهوف لم يهتمّـوا بالنظافة! فتراكمت بقاياهـم وأدواتهـم بأرض الكهوف ودفنـت كلّها تحـت مخلّفاتهـم، وساعد على ذلـك الأتربة التي كانت تأتـي من فوهات الكهوف والقطع الصخرية المتساقطـة من سقـف الكهوف، وكلّ ذلـك تسبّب

بارتفـاع قاع الكهف حتـى أصبح ما يعـادل وجود عشرة أقدام من مختلف الطبقات، كلّ طبقة تمثّل سجلًّا تاريخيًا مع العلـم بأنّ سكان الكهوف كانوا غالبًا ما يدفنون موتاهم بأرض سكنهم.

استغـرق عصـر الكهـوف مرحلـة طويلة من الزمـن، وكان لا بدّ من تسميـة الأدوات الحجرية بالأدوات الحجرية الحديثـة والتي سمّي عصرها بالعصـر الحجـري الحديـث والأدوات الحجرية الأقدم التي عـثر عليها، سمّـي عصرها بالعصر الحجري القديم.

أدرك الباحثـون وجود عصـور حجرية قديمة متتابعة، وليس عصـر واحد من خلال ما اكتشفوه مـن طبقات بأرض كلّ كهـف، يمكن التمييز بينها حيـث تميّـز كلّ عصر عن غـيره بنمـط الأدوات الحجريـة المصنوعـة منـه، ومـع تعـداد البـلاد والأماكـن التـي تدرس فيها الكهـوف نجد تواجد الثقافـات الحجريـة نفسهـا، وتتعاقـب بالترتيب نفسه، ممّا يدلّ على أنّه إذا نشأ نمط معيّن بإقليم معـيّن ينتشر ذاك النمط بالأقاليم الأخرى.. حتّى تتغطّـى أرضية الكهف بعدّة طبقات، وكلّ فترة لها زمن معيّن، وبناءً على كلّ ذلك كانت قصّة الإنسان مسجّلـة بالتربة، وكمـا نعلم فإنّ عصـر الكهوف انتهى بعد انصرام العصر الجليدي الأخير.

بدراسـة العصـور الكهفيـة تبـيّن أنّ العصر المستـيري أقدم العصـور لأهمّيتـه باحتوائه على عظـام وثقافـة جنس مـن البشر يختلـف عن أي جنـس آخـر! فهـو أكثرهـا بدائيـة وسمّـي باسم (إنسـان النياندرتـال) الـذي تميّـز بجمجمتـه العجيبـة التكوين! ومخّه الكبـير نسبيًا، هم أناس قصار وغلاظ مترنّحـين بمشيتهم، وقد انقرضوا بنهاية العصر المستيري.

تمكّـن الإنسان مـن تتبّـع التاريخ للـوراء من خـلال المخلّفات الكهفيـة، وعن طريـق بحثه بدأ بالقبور القديمة، ثمّ بالكهوف، ثمّ فكّ رموز تاريخ الإنسـان المستخرج مـن سجلّات دوّنتهـا الأنهار، حيـث إنّ انتهاء عصر الكهـوف بحضارته أعطى مجـالًا لبدايـة عصـر جديـد بحضـارات أخرى جديـدة، هو عصـر السجلّات النهريـة أو أقربها للسطح.. وتمّ اكتشاف أنّ أحدث الطبقات المدرّجة الدنيـا للسجـلّات النهرية أو أقربهـا للسطح هي نفـس السجلّات الموجودة بالكهوف! أي نفس تتابع الأدوات الصوانيـة والحيوانات المنقرضة وأشكال العظام الإنسانية نفسها.

تحمل الآثار نمـاذج كاملة من جميع الكائنات التـي كانـت تعيش وتنمـو بين المرتفعـات المحيطة بضفّتيهـا خاصّـة بعـد الفيضـان وتتكـوّن منهـا سجـلّات جيولوجيـة فكانـت المجـاري النهريـة منطقة عمل مهمّة عند البحث عن مخلّفات إنسان

العهد الحديث فأنهار تكتب التاريخ الذي يقرؤه الجيولوجي الذي يعلم طبقات الأرض والذي توصّل لأنّ العهد الحديث المتأخّر استمرّ ربع مليون سنة تقريبًا، حيث تمّ العثور برواسبه على أدوات صوّانية تمّت تسميتها بالأحجار الفجرية! وعندما بدأ الشك يتناقص بتلك الأحجار وأنّ الإنسان لم يستعمل تلك الأدوات خلال تطوّره إلّا عندما وصل مخّه لمرحلة معيّنة من الارتقاء.. فالأحجار الفجرية تمثّل تمثيلًا جيدًا لما توصّلت له من تجارب بصنع الأدوات.

تمّ العثور على بقايا إنسان جاوة بالطبقة التي أرسبها أحد أنهار المنطقة الشرقية من جزيرة جاوة البركانية، ومن البقايا التي تمّ العثور عليها بالقارّة الإفريقية بتنجانيقا حيث عثر الدكتور ليكي على أحد الجماجم عام 1959م كما تمّ العثور عام 1978م على إنسان بكين بالقارّة الآسيوية مع بقايا حيوانين، ربّما كانا صيدًا لصاحب الجمجمة مع بعض الأسلحة الحجرية.. لذلك أطلق اسم علمي على صاحب الجمجمة بمعنى الإنسان الزنجي، له فكّ ضخم وأضراس قوية، وتمّ تقدير عمر هذا الإنسان 600 ألف سنة، ممّا يدلّ على أنّ الإنسان القديم كان يستخدم الآلات الحجرية ويستعين بها بحماية نفسه من الحيوانات الشرسة. أهم ما يميّز الإنسان ذكاؤه وقدرته على التعلّم وقوّة الشعور وكلّ ذلك بفضل مخّه وقصّة تطوّره ليس إلّا بتطوّر مخّه وليس تطوّر المظهر الخارجي لجمجمته، فقد كان مخّ إنسان جاوة يهبط من حيث الحجم تحت الحد الأدنى لحجم المخ الإنساني مباشرة والغريزة لا تزال تسيطر على سلوكه لحدّ كبير، ففي مخّه ظهرت كلّ المناطق المتّصلة بعملية النطق، فقد ظهر لديه نظام للإشارات الصوتية بحالة بدائية، فمحاولات الإنسان الأول للنطق كانت قديمة قدم محاولته الأولى بصنع الأدوات واستخدام الثروات المعدنية وتفاعله البسيط معها.

الإنسان بعلم الحيوان وعلم الاجتماع:

من وجهة نظر علماء الحيوان؛ الإنسان من فصيلة الأوائل من مرتبة الثديات من بين قبيلة الفقاريات، وتسمّى الأوائل أحيانًا بأشباه البشريات، وتشمل الأناس والقردة العليا، وتميّز الإنسان باعتدال قامته واتّساع دماغه، ويوجد اختلاف بين أناسي الحفائر من جهة، والإنسان الذي يُعرف اليوم بالحيوان الناطق أو العارف أو المميّز، وكمحصّلة للعلوم الحديثة ومع تفاعلاتها مع بعض تبلورت الصورة التي تقول إنّ ذوي الإدراك انتشروا على جهات متقاربة من العالم القديم منذ العصر الجيولوجي، فهم كانوا على حالة متوسّطة بين الحيوان الناطق وطبقة بشرية، وبعدها تميّزت خصائص الإنسان بعد بداية العصر الجليدي منذ مليون سنة، حيث كانت العصور الجليدية محنة لكلّ المخلوقات، خاصّة الإنسان، وعليهم المصارعة من أجل البقاء! لكنّ الإنسان الذي استخدم الآلات وصاغها من العظام والحجارة والمعادن لا يعرف له تاريخ قبل مدّة تتراوح بين 200000 سنة و100 ألف سنة حسب تقدير العلماء.

كانت بداية انتشار الجماعات الإنسانية بين قارّات العالم القديم الثلاث، منذ العصر الحجري الأول، ثمّ العصر الحجري الحديث، الذي تميّز به الإنسان بالحياة الاجتماعية، والقدرة على استخدام الآلات والنار وتسخير سائر المخلوقات، فامتلك زمام الخليقة وبلغ المنزلة التي يستحقّ بها أن يسمّي نفسه سيّد المخلوقات! وحسب رأي أفلاطون الفلسفي حول سلسلة الخلق العظمى: فهو مذهب يوازي مذهب التطوّر، وإن اختلفا بالبداية والغاية، وقد تمّ تقسيم العالم لعالمين كبير وصغير، الكبير هو كلّ الكون بما يحتويه من كائنات علوية وسفلية، ومن مراتب روحية ومادّية وغيرها، والعالم الصغير هو الإنسان الذي ارتفع لمرتبة سامية بالعقل والتدبير، كما للإنسان خصائص مادّية وحيوانية وروحية وعقلانية، وما زالت مكانة الإنسان بالكون محطّ جدل وبحث انتقل فيها من الفلسفة للعلوم الحديثة كعلوم الحياة والحيوان والإنسان وغيرها، وكما قال الله تعالى: ولقد كرّمنا بني آدم.

العالم البيولوجي (مداوار) الفائز بجائزة نوبل عام 1960م يتساءل: هل يتأتّى للإنسان أن يمضي متطوّرًا غدًا كما تطوّر بالأمس، أم أن هناك أسبابًا تدعو إلى الظن بأنّ هذا التطوّر قد بلغ أقصى مداه؟ ويجيب بنفسه عن سؤاله بقوله: إنّ مستقبل الإنسان الطبيعي مستكين بكيانه، هو يملك وسائل التهذيب الاجتماعي لكن لا يقدر على أحداث أثر لم تكن مولّداته مطوية في استعداده، والأجراس الخطرة التي تدقّ بحياته هي جزء من تلك الحياة كذلك العلاج الذي يحتال به على هذا الخطر إنّما هو من عقار أرضه ووصفات طبّه.

فالتطوّر هو بالشخصية الإنسانية التي هي عاطفة وعقل وضمير وليست مجرّد أعضاء ووظائف وخلايا وأعصاب.

والحديث بالتطوّر يؤدّي للاعتقاد بوحدة الحياة على الأرض، أي أنّ هناك صلة مشتركة بين كلّ الكائنات الحيّة.

والإنسان العالم الكائن الوحيد الذي استطاع التحكّم بالبيئة متحدّيًا الظروف برًّا وبحرًا وجوًا.

مستقبل الإنسان:

ما هو مستقبل الإنسان وموقفه في الكون من التطوّر بشكل عام؟ يعتقد بعضهم أنّ عملية التطوّر لا تزال تعمل من حولنا، ولا يستطيع أحد التكهّن بما سيؤول إليه أمر الإنسان، وبعض آخر يعتقد بأنّ التطوّر انتهى بالإنسان، وهذا الإنسان لم يدع مجالًا لنوع آخر من الكائنات الحيّة يتفوّق عليه بالمستقبل، وسيتحكّم نفسه بسير عملية التطوّر.

الإنسان والبيئة والثروات المعدنية:

مصادر الثروات البيئية:

تمّ تقسيم مصادر الثروة البيئية لقسمين أساسيين: مصادر الثروات البيئية المتجدّدة، ومصادر الثروات البيئية غير المتجدّدة، وهناك بعض المصادر كالفحم والحديد والبترول.. وغيرها من مفردات الثروات المعدنية، لا يمكن اعتبارها مصادر متجدّدة مقارنة بالغابات أو الأسماك وغيرها، فعناصر النتروجين والفوسفور والحديد والكثير من العناصر الأخرى هي بالأصل مصادر للثروة البيئية والتي تعدُّ متجدّدة أيضًا.

من الصعب وضع حدّ فاصل بين المصادر البيئية المتجدّدة وغير المتجدّدة، فعناصر الحديد والفوسفور والنتروجين متجدّدة تمامًا.. كما أنّ المصادر الحيّة متجدّدة أيضًا، فعناصر التربة

ومعادنها مع ضوء الشمس أساس كلّ عشب وكلّ عشب سيتحوّل للحم.. وكلّ لحم نهايته للتراب مرّة أخرى، لذلك لا يجب اقتصار الثروات الطبيعية بتعريفات محدّدة (متجدّدة وغير متجدّدة)، بل هناك تحوّلات دائمة فقط بحالات الثروات المعدنية يتطلّب وقتًا أطول.. من هنا تمّ تقسيم مصادر الثروة البيئية لثلاثة أقسام رئيسية: مصادر ثروة بيئية دائمة كالشمس والهواء والماء، مصادر ثروة بيئية متجدّدة أو على استمرار لا نهائي كالثروات النباتية والحيوانية مع حسن استغلالها، ثمّ مصادر ثروة بيئية متجدّدة ببطء ثقيل، ومن الأفضل تسميتها غير متجدّدة، لكن قد تتحوّل من صورة لأخرى، والتحوّل مستمرّ وبطؤه لا ينفي الاستمرارية، فباطن الأرض لا يزال يغذّي قشرتها بالمعادن التي تتفاعل وتنتشر وتتجمّع وهكذا العمليات مستمرّة.

الثروات المعدنية:

تعدُّ الثروات المعدنية من أساسيات العصر الصناعي الحالي واستنزاف الإنسان لها دائم ومستمرّ، ويشكّل ذلك بالمستقبل خطرًا على موارده، فالاستهلاك المتواصل لما في باطن الأرض من موارد (فحم، بترول، معادن، مياه جوفية) إنذار لما ستتكبّده الأجيال القادمة من نقص متزايد قد يبلغ حدّ المجاعة بتلك المصادر والطاقات، فهي مصادر غير متجدّدة بالعموم فالذي يذهب لا يعود، فكلّ تلك المفردات للثروات غير المتجدّدة تكوّنت عبر ملايين الملايين من السنين، والإنسان بدأ حياته على الأرض وهو يعمل جاهدًا لحماية نفسه من سيطرة البيئة ومع اكتسابه للعلوم تطوّرت الأمور بين الإنسان والبيئة، حتى أصبح هو المسيطر والموجّه للجهاز البيئي من حوله حتّى تعالت الأصوات من أفعاله تنادي بحماية البيئة. فالإنسان يعمل على تعطيل بعض المدارات واستنزاف بعض عناصرها مثل المصادر غير المتجدّدة (فحم، بترول، معادن ومياه جوفية) وهو المستثمر الرئيسي لمصادر الثروات بالبيئة ومع التقدّم التكنولوجي وازدياد حدّة الانفجار السكاني سنحصل على مجاعة بتلك الثروات ووفق قول العالم باركس: باستمرار النمو السكاني بمعدّلاته الحالية ستكون النهاية الحتمية للإنسان، إمّا نقص شديد بالمواد الغذائية أو تفشّي الأمراض أو الحروب أو قيام الإنسان بمحاولة جادّة لمنع الوصول لمثل تلك النهاية المؤلمة.

الدارسون للبيئة يعلمون ما يسمّى بالتوازن البيئي فالكائنات الحيّة بأيّ نظام بيئي تتفاعل مع بيئتها الطبيعية وبعضها مع بعض، تتفاعل مع بيئتها الطبيعية وما حولها من كتل غير حيّة كالماء والهواء والتربة وما التربة إلّا معادن، فالمواد التي تتكوّن منها تلك الأجسام بتحوّل مستمرّ بين العالم البيولوجي والعالم الطبيعي أيّ بين الكائنات الحيّة والطبيعية ومكوّناتها.

يتكوّن الغلاف الحيوي للأرض من النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة كما يشغل الجزء السفلي من الطبقة الجويّة السفلى في الغلاف الجوّي

للأرض وبعكس الغلاف المائي، فالغلاف الحيوي يتوزّع بانسجام فوق سطح الأرض، حيث يتلاشى بالمناطق القطبية وأعلى قمم الجبال وغياهب الصحراء، حيث يقلّ النشاط البيولوجي، ينقسم الغلاف الحيوي للأرض لدورات أو بيئات ثلاث: أرضية، في المياه العذبة وفي البحار والمحيطات حيث البيئة الحيوية في البحار والمحيطات تعدُّ أكثر كمّ وأهمّية كونها مصدر لمعظم أوكسجين الأرض وهي مصدر للمادّة العضوية.

وعلى الرغم من الحجم الضئيل للغلاف الحيوي غير أنّ نشاطه الكيميائي ملحوظ الوزن وتأثيره الجيو كيميائي مهم، وبذلك فإنّ عدد أنواع كلّ الكائنات التي تكوّن الغلاف الحيوي ستتفوّق على عدد أنواع المعادن المعروفة والتي تقدّر بنحو 2000 نوع، فالغلاف الحيوي أصغر أغلفة الأرض سنًّا وأقلّها في الحياة عمرًا.

الثروات المعدنية.. ثروات بيئية:

لفهم الثروات المعدنية كمصدر من مصادر الثروة البيئية يجب النظر بأنواع الصخور على الأرض فهي مجمّعات للمعادن، وأهمّها الصخور النارية وهي ثروة بيئية معدنية كبرى.

الصخور النارية اسم أطلقه الجيولوجيون على مجموعة من أنواع الصخور التي تكوّنت بتبريد المواد المنصهرة الموجودة تحت أو داخل القشرة الأرضية وتسمّى تلك المواد المنصهرة بمصهور المعادن في باطن الأرض، والتي تعرف فيما بعد بالصخور الرسوبية، عند تهشّمها بوساطة عوامل التعرية الطبيعية، ثمّ تتماسك لاحقًا مكوّنة للصخور الطفيلية والأحجار الرملية. وبتعرّضها للضغط الشديد ودرجات الحرارة العالية تنتج صخورًا أخرى تدعى بالمتحوّلة مثل الأردواز الناتج عن الصخور الطفيلية والكوارتزيت المتحوّل عن الأحجار الرملية.

هي دورة تدلّ على أنّه الكون لا يوجد ثبات بالكون، وكلّ العناصر بدورات، وهذا يشمل المعادن والصخور، تتواجد الصخور على ثلاثة أنواع:

صخور نارية وهي المصدر الأساسي لأغلظ المعادن والصخور الأخرى.

الصخور الرسوبية وأغلبها يترسّب من المياه.

الصخور المتحوّلة تتكوّن نتيجة التغيّرات المختلفة بالصخور النارية أو الرسوبية بفعل الضغط والحرارة العالية، وكلّما زادا انصهرت الصخور وسالت للأعماق لتكوّن مصهورَ الصخور والمعادن بباطن الأرض التي تعود للأرض منبثقة على شكل صخور نارية. كلّ ذلك دورة لكن ليست مستقلّة؛ بل متداخلة تتدخّل في تكوينها كلّ عناصر البيئة الأخرى من ماء وهواء وحرارة وغيرها.. وبالختام هي ثروات بيئية يستغلّها الإنسان.. إما وهي على حالها أو باستخلاص بعض مفرداتها.

من الصخور النارية (الجرانيت والجابرو) حيث الجرانيت حمضي والجابرو قاعدي، وبين الصخور النارية الحمضية والأخرى القاعدية توجد الصخور النارية المتوسّطة، وكلّها ثروات بيئية استغلّها الإنسان لسدّ حاجاته ومتطلّباته منذ الأزل حتى اليوم، وما زالت تماثيل ومعابد الفراعنة من الجرانيت والجابرو تدلّ على وفرة الثروة البيئية آنذاك عكس بيئة الحضارة البابلية والآشورية.

عندما يُقال أنّ أحد المعادن مرتبط بالصخور النارية الحمضية يعني أنّ المعدن قد تكوّن من محاليل معدنية منبعثة من الصخور المنصهرة في الأرض، وبعد تجمّدها بالتبريد يتكوّن صخور كالغرانيت والبجماتيت.. وبعض من عروق الكوارتز وصخور الكوارتز الحمراء والبنفسجية المحتوية على بلّورات بيضاء، فإنتاج العالم من القصدير يستخرج من خامات مصاحبة لصخور من فصيلة الجرانيت وتبلورت معادن القصدير بتجمّد المصهورات النارية الحمضية.

هناك عدّة طرق لتكوين المعادن ذات القيمة الاقتصادية، بعض منها يبدأ بتركيز مباشر للمعادن المنصهرة بباطن الأرض في أثناء تجمّدها وقد يتبلور من مصهور باطن الأرض بطور مبكّر معادن ثقيلة معيّنة.. ثمّ تهبط بفعل الجاذبية بالمصهور مرّة أخرى ممّا يجعلنا نقول بأنّ الاتّزان البيئي للمصهور يتحكّم بنوعية المعادن المتكوّنة عنه لتنتج بعدها نوعيات من المعادن تنتسب لظروف مختلفة من الحرارة والضغط والتي تكون مرتفعة نسبيًا أو متوسّطة أو منخفضة.

كما يمكن للمياه الجارية تحت سطح الأرض إذابة المعادن ضمن الصخور لتترسّب داخل الشقوق والفجوات، كما يمكن للمياه الجارية إذابة صخور كالحجر الجيري وإحلال تركيزات الحديد والمنغنيز وغير ذلك من المعادن على الصخر المذاب، كما يمكن للمياه السطحية نقل بعض المعادن الخاصّة ذات الكثافة العالية والتي تمتاز بمقاومة كيميائية كبيرة كالقصدير والبلاتين والذهب.. لترسّبها بكمّيات صالحة للاستغلال في الوديان، كما تحتوي مياه البحار على الكثير من العناصر تتكوّن عنها أملاح قيّمة قد يصل سمكها لآلاف من الأقدام بسبب تبخّر تلك المياه بأحواض مغلقة.

الثروات المعدنية ومفرداتها قد أمدّت الإنسان منذ عصوره الأولى بأهم أسباب تطوّر حضارته لدرجة أنّه تمّ تسمية المراحل الحضارية عبر طريق الإنسان الطويل بأسماء المعادن مثل (العصر المجرتي، العصر البرونزي والعصر الحديدي حتى جاء بعدها ما يُعرف بالعصر الذرّي وعصر اليورانيوم والراديوم وغيرها، وكلّ ذلك دلالة على تأثير الثروات المعدنية على البيئة وتفاعلها معها.

تمّ تقسيم الأمم لعدّة أنواع:

أمم غنية غنيّة: وهي المتميّزة بمواردها وطاقاتها البيئية وعناصرها البشرية التي حقّقت تنمية لتلك الموارد.

أمم غنية فقيرة: غنيّة بمواردها الخام وطاقاتها البيئية، والفقيرة بمقوّماتها من العناصر البشرية وقصورها بتنمية تلك الموارد.

أمم فقيرة غنيّة: وهي الفقيرة بمواردها الطبيعية وطاقاتها البيئية والغنيّة بعناصرها البشرية المميّزة التي تستطيع استثمار وتنمية القلّة من الموارد والطاقات البيئية، والأمم الفقيرة بمواردها وطاقاتها البيئية وعناصرها.

أمم فقيرة فقيرة: هي فقيرة بمواردها وطاقاتها البيئية وعناصرها البشرية المتميّزة وقصورها بالتنمية، وهذا ما يدعى الفقر المزدوج.

لذلك كان لا بدّ من سنّ التشريعات لحماية الموارد الطبيعية ومن بينها الثروات المعدنية.

العرب وعلوم المعادن:

اهتمّ العرب بالمعادن بسبب بريق بعض أنواعها والأحجار الكريمة، حيث امتلأت قصور الحكّام والأمراء بكلّ أنواع الجواهر التي حصلوا

عليها من أماكن عدّة! كما ميّزوا بين الأنواع المغشوشة والأنواع الخالصة، بمساعدة بعض الخبراء والعلماء المهتمّين بتلك الجواهر والمعادن، ويعدُّ الصباح الكندي من أقدمهم.

كتاب الأحجار لأرسطو ذو أصل عربي! حيث ظهرت نسخته العربية بالنصف الأوّل من القرن التاسع الميلادي! ووفق رأي بعضهم، فإنّ **عطارد بن محمّد الحاسب** هو مؤلّف أقدم كتاب إسلامي عن الأحجار الموجود للآن.

قسّم **الرازي** المواد لـ (نباتية، حيوانية ومعدنية) وقسّم المعادن لست رتب، كما حاول تعيين الوزن النوعي لعدد منها، باستخدام ميزان هيدروستاتيكي. وقد ذكر **المسعودي** بموسوعته (أخبار الزمان) بعض المعادن والأحجار، كما ذُكر اسم **ابن الجزّار** كأحد مؤلّفي العرب بالأحجار والجواهر، أمّا **ابن سينا** فقد تألّق اسمه بموسوعته (الشفاء) التي ذكر فيها أصل وكيفية تكوين المعادن والأحجار، ولا ننسى **البيروني** بكتابه (الجماهر في معرفة الجواهر) الشامل لوصف العديد من المعادن والأحجار الكريمة، حيث يظهر بوضوح الفرق بين الفلزّات والمعادن، كما قام بتحديد الوزن النوعي لـ 18 حجرًا وفلزًّا، وسجّل ابن العوام ملاحظات عجيبة عن أنواع التربة وخصائصها.

كتاب التيفاشي أحد الكتب بعلم المعادن الذي تمّ فيه وصف 25 معدنًا وحجرًا، من حيث أصل المعدن وتكوينه وتواجده وخصائصه الطبيعية والكيميائية واستعمالاته وثمنه، إضافة لمناقشة لغوية لاسم المعدن والحجر، ومن أهم الكتب

البارزة بالقرن السابع الهجري الكتاب الذي ترجمه يهودا بن موسى من العربية للإسبانية والذي تحدّث عن 360 حجراً. وهناك كتاب (نخب الذخائر في أحوال الجواهر) لابن الأكفاني وهو يشمل وصف 14 حجرًا ومعدنًا كانت هي الأنواع الرئيسة آنذاك.

عرف العرب الكثير من خصائص المعادن والأحجار الكريمة كظاهرة التبلور والأشكال البلّورية، اللون والشفافية والحكاكة، كما لاحظوا وجود الشوائب الرفيعة وأسموها الشعيرات مع ملاحظتهم لوجود شوائب معدنية ومعادن مصاحبة إضافة لظاهرة البريق والصلادة والتشقّق.

كان للعرب آراءٌ مختلفة بالنسبة للمعادن من حيث الأصل والتصنيف والتكوين، فابن سينا ينسب تكوين المعادن والأحجار للطين أو الماء أو النار، أمّا تصنيفها فقد قسّمها لأربعة أقسام: الأحجار والذائبات والكباريت والأملاح.

الأرض وعاء الثروات المعدنية:

هل النشأة الأولى للأرض من غازات وأتربة باردة أصلًا؟

أم غازات وأتربة ساخنة أصلا؟ والسؤال هنا ما سرّ حرارة باطن الأرض؟

بعضهم يقول: حرارة الإشعاع الذرّي الصادرة من العناصر المشعّة هي المصدر الأساسي لحرارة باطن الأرض وهي التفسير العلمي للعمليات الجيولوجية التي تأخذ مكانها على سطح الأرض. وبعض آخر يقول هي حرارة موروثة، فالأرض بالأصل شيء مصهور أخذ يبرد ويبرد فكانت القشرة وبقي الباطن حارًّا. وكلا الرأيين احتار الناس من يصدق منهما، لكنّ الغالب هو أنّ حرارة الأرض موروثة وقد تضيف إليها التفاعلات الذرّية حرارة مكتسبة تزيد كلّما تعمّقنا بسطح الأرض بمعدّل درجة مئوية واحدة لكلّ 33 متراً وبذلك فإنّ درجة حرارة لبّ الأرض ستكون خيالية بما لا يقل عن 200000 درجة مئوية وهو شيئ هائل ولو كانت هي الحقيقة لانفجر كوكب الأرض من زمن بعيد وتحوّل لسحب وغازات! لذلك تمّت محاولات لدراسة حساب التوازن في الطاقة الحرارية للأرض حسب متوسّط توزيع المواد المشعّة بالقشرة الأرضية، وبالنهاية توصّل الباحثون لأنّ نواة الكرة الأرضية من وجهة نظر القائلة أنّها كانت بالأصل باردة عند النشوء لا بدّ من أن تصبح مصهورة وملتهبة وبذلك تسخن الأرض لنستنتج من وجود حرارة كامنة بباطن الأرض سواء كانت مكتسبة أو متبقّية.

بالحفر العميق تطال أيدينا صخورًا جديدة مختلفة عمّا رأيناه على سطح الأرض، ومن خلالها تتراءى لنا بعض الرموز الصامتة التي قد تتحدّث فيها الأرض بين حين وآخر، رموز لا يفهمها البشر، ففي هذا الصمت والهدوء العميق تحتفظ تلك الصخور بمعلومات تختلف عن ظروف تكوينها ونشأتها وعن الأحداث التي تعرّضت لها والمشكلات المرتبطة بها، وكلّ ذلك سيكشف لنا تلك الجوانب الغامضة معالم جغرافية وجيولوجية وتاريخًا غير معروف.

يقول العلماء: للصخور أهمّية تضاهي أهمّية الكتب ومداها! فهي شهود الأحداث العظيمة بتاريخ الكون فتضافرت جهود الإنسان بكلّ العلوم فهناك الكيمياء، وهناك الفحص المعدني، والتحليل الطيفي، وباستخدام الأشعّة السينية والتحليل الذرّي والكثير من الطرق والوسائل ومع ذلك تمّت مواجهة بعض المشكلات بالأصل ببعض تلك الصخور.

يتساءل بعضهم هل بلغ الإنسان هدفه من معرفة سرّ باطن الأرض وأبجدية نشأتها؟ فمن الناس علماء الفلك ومنهم الجيولوجيا وطبقات الأرض وكلّهم يؤمنون بوحدة الكون وخالقه.. فالأرض من المجموعة الشمسية والمجموعة من مجرّة التبّانة.. والتبّانة أحد مفردات الكون الأعظم.. لذلك كان لدينا مجموعة نماذج لها دور ببعض الفروض، وهي النيازك والشهب! حيث تتساقط الأحجار النيزكية فوق سطح الأرض بكتل مختلفة بالحجم من رماد دقيق لكتل ضخمة تصل للأطنان.. وهي شاهد ودليل على ما في باطن الأرض، فكما عدَّ بعضهم أنّ الأرض قذيفة من النيكل والعناصر الثقيلة الأخرى مغلّفة بقشرة حتى قيل إنّه من المحتمل أن يكون لكلّ الكواكب والأقمار من المجموعة الشمسية التركيب نفسه.

تنقسم تلك الأحجار السماوية لثلاث مجموعات رئيسية:

نيازك حديدية: وهي عبارة عن سبيكة كاملة تقريبًا من الحديد والنيكل.

نيازك حجرية حديدية وهي خليط من الحديد والنيكل وبعض المعادن الثقيلة.

نيازك حجرية: هي نيازك من حجر تشبه بعض الصخور الأرضية وتحتوي كمّيات صغيرة من الكبريت والفوسفور والكربون وعناصر أخرى.

ولو أجري إحصاء لكلّ ما هبط من السماء من نيازك فالمجموعة الحديدية تفوق بالوزن المجموعة الصخرية، فالنيازك الحجرية زائدة العدد لدرجة أنّها تشبه المطر، عكس النيازك الحديدية التي تسقط بكتل كبيرة لدرجة تفوق على غيرها من النيازك الأخرى بالوزن.. وهذا يدعم الرأي القائل إنّ في أعماق الأرض لبًّا من عناصر ثقيلة كالحديد والنيكل وما شابه.

اكتشاف المعادن:

يخبرنا علم الجيولوجيا (علم طبقات الأرض) عن كوكب الأرض تاريخيًا بكلّ التغيّرات التي طرأت عليه والتركيبات والاستنتاجات العلمية لباطن الأرض، كما يخبرنا عن تكوين الجبال وجريان الأنهار وتجمّع البحار وكيف كانت القارّات وأصبحت.. وكيف تنشق الأرض لتخرج حمم البراكين؟ وكيف تخسف لتشكّل أخدودًا قد يغمر بالماء فيكون بحراً.

علم الأرض واسع يدرس معظم العلوم.. ومنها علم المعادن الذي يتناول المعدن بالدراسة والبحث الذي واكب تطوّر التكنولوجيا بكلّ أنواعها، وكان أوّل من درس المعادن ورتّبها العالم (نيوفراستاس) تلميذ أرسطا طاليس من الحضارة اليونانية، كما حاول تبويبها ترتيبها وليس هو المؤسّس لعلم المعادن فقط، بل لعلم التربة والنباتات، وجاء بعده المكتشف (الدر) الذي قدّم معلومات لابأس بها عن المعادن التي بقيت مسمّياتها مستخدمة حتى اليوم، وقبلهم كان الإنسان القديم والمعدنيون الأقدمون عند الفراعنة وغيرهم يعرفون المعادن وينقّبون عنها كالذهب والنحاس والبرونو والحديد.. كما كانوا يميّزون الأحجار والصخور ويأخذون منها الأصلح لأغراضهم.. وبغروب شمس الحضارة اليونانية أشرقت شمس الحضارة الإسلامية، حيث أضاف العرب للعلوم اليونانية بكلّ المجالات منها علوم المعادن حيث قام العلماء العرب بمحاولات لدراسة المعادن كابن سينا وابن سيرابيون والبيروني والتيفاشي حيث رتّبوا المواد إلى:

أحجار وأرضيات، مركّبات قابلة للاشتعال، أملاح، معادن..

في منتصف القرن الرابع عشر الميلادي جاء عصر الإصلاح والنهضة العلمية منطلقًا من أوروبا! فكانت أول محاولة لتطوير علم المعادن في المجر وألمانيا على يد (أجريكو) واضع الأسس العميقة الواعية لعلمي المعادن والجيوكيمياء الحديثة.

المعدن مركّب طبيعي في الأرض، يتكوّن دون تدخّل الإنسان، يتألّف من عناصر كيميائية، هو نوع من البناء الشامخ من كمّيات مختلفة من لبنات معيّنة، هو تركيب وبناء هندسي صنع

بقوانين خاصّة تسير عليها الطبيعة والمعدن الواحد تقابله بالطبيعة أشكال مختلفة ومتعدّدة مع بقائه كمركّب من العناصر الكيمائية الأساسية نفسها، وتلك العناصر تتضمّن غازات وفلزّات ولا فلزّات والاتحادات المختلفة لتلك العناصر بنسب مختلفة تعطي ما يسمّى بالمعادن. المعادن كثيرة حيث يزيد عددها عن 2000 من المعادن المختلفة، وبتجمّع تلك المعادن مع بعضها تتكوّن الصخور! والعلم الذي يدرس المعادن يدعى علم المعادن، والعلم الذي يصف تلك الارتباطات المعدنية واتّجاهاتها هو علم الجيو كيمياء الذي يتناول الوحدات الإنشائية الأساسية لتلك المعادن والصخور وسلوكها العام في الطبيعة، كما أنّه علم يتحقّق من مصير وسلوك العناصر الكيميائية في الأرض.

أوّل من قال إنّ المعادن تهاجر من مكان لآخر الروسي (لومونوسوف)، وهو ما يُعرف بالدورة الجيوكيميائية للعناصر والمعادن، وأوّل من حلّل المعادن كيميائيًا وصنّفها السويدي (جون جاكوب) حتى جاء العالم ديمتري عام 1869م فرتّب العناصر والمعادن بنظام خاصّ على هيئة جدول دوري أتاح الفرصة للتنبّؤ ببعض معادن وعناصر لم تكن معروفة قبل لتصدر تباعًا بعد ذلك نشرات الأبحاث المعدنية والجيوكيميائية.

بالنسبة للتسمية نجد أنّ بعضهم سمّى الأشياء الجديدة دون قاعدة، وحسب هواه لنحفظ تلك الأسماء كما هي عن ظهر قلب، وهناك بعض العناصر تمّت تسميتها وفق مدلولات باللغة اللاتينية، ومنها ما سمّي حسب أسماء الأماكن التي اكتشفت بها كما أنّ هناك العديد من المسمّيات وضعت على أساس من خواصّها الطبيعية والكيميائية وهناك عناصر ومعادن سمّيت على أساس الخطوط اللونية للتحليل الطيفي وهناك أسماء حسب لون خطّها الطيفي كما هناك عناصر سمّيت بأسماء النجوم والكواكب ونجد بعضهم أطلق أسماء المعادن على أسماء الآلهة كما فعل الإغريق وبعضهم أسماها وفق أسماء العلماء والمشاهير كعنصر كوريوم نسبة للعالمة كوري، وهناك مسمّيات لعناصر ومعادن تعود جذورها للغات العربية والهندية، فكانت التسميات دون أي أساس ولسهولة التعامل العلمي مع العناصر تعطى الحروف الأولى من أسمائها كرموز لها.

مصادر الثروات المعدنية:

كما كلّ الحضارات فإنّ الحضارة الآنية تعتمد بشكل كبير على المعادن التي تشكّل العمود الفقري لتلك الحضارة التي يعيشها الإنسان، فلو تخيّلنا اختفاء كلّ ما له صلة بالثروات المعدنية لانهارت تلك الحضارة، فحياة الإنسان لا تخلو من استخدام مباشر أو غير مباشر للمعادن حيث قام الكثير من علماء الجيولوجيا الاقتصادية بتقسيم وتصنيف المعادن والخامات عالميًا وفق خواصّها ووجودها بالطبيعة وطرق تكوينها واستخداماتها حيث يحتوي التقسيم تصنيف الخامات المعدنية لفرعين (معادن فلزّية ومعادن لا فلزّية) تشمل المعادن الفلزّية عدّة مجموعات:

فلزّات ثمينة كالذهب والفضّة والبلاتين، فلزّات غير ثمينة حديدية كالنحاس والرصاص

والزنـك والقصديـر والألمنيوم، فلـزّات وسبائك حديديـة كالحديـد والمنغنيـز والنيـكل والكـروم والكوبالـت والتنجسـتن والفانـدوم والكاديميـوم، فلـزّات نـادرة كالأنتيمـون والزرنيـخ والمغنيزيوم والزئبـق واليورانيـوم. وتعدُّ تلك المعـادن الفلزّية الهيكل المتين للحضارة ومع تقدّمها وتطوّر أسبابها نجد تزايد تلك المعادن بكثرة.

كمـا تحتـوي المعـادن اللافلزّيـة لمجموعـات أخرى:

مواد الوقود المعـدني كالفحم والبترول والغاز الطبيعـي، مـواد الخـزف كالطفـل والفلسبـار، مـواد البناء والتشييد كالرمـل والحصى والحجر الجـيري والبازلـت والجبس والأسفلـت، إضافة لوجـود المواد المستخدمة بعملية التعدين والتكسير كالجرافيت والفلوريت، إضافة للمواد المستخدمة بالصناعـة، والمعادن الكيميائية كالملح والبوراكس والنـترات والشـب والبوتاس والكبريـت، وهناك معادن التسميـد كالبوتاس والفوسفـات، ومعادن السحـج كالألماس والكوراندوم والجارنت، ومعادن الزينة كالأحجار الكريمة والألماس والياقوت.

أهم الثروات المعدنية بالوطن العربي:

أضافـت الأمـة العربية والحضـارة العربية الكثـير للتراث الإنساني خاصّـة بمجال التعدين حيـث تمّ استخلاص الفلـز النقي مـن خامات النحاس منذ فجر التاريخ، كما استخرج الذهب مـن الصحراء الشرقية المصريـة حيث تمّ وضع أول خريطـة تعدينيـة له بالعالم زمـن الفراعنة كما استخرج مـن مناجم أوفير في الدرع العربي زمـن الملـك سليمـان، واستخـرج الرصاص من جبـال الأطلس في المغـرب والجزائر وتونس ومن جبل البحر الأحمر شرق النيل زمن الرومان وما بعـده خلال العصـور الإسلامية، كمـا اشتهرت الشام واليمن قبل العهد الإسلامي بحرفة صهر الحديـد وصناعـة منتجاتـه، وازدهـر التعدين بالحجـاز ومصـر والشمـال الإفريقـي خـلال العصر العباسي.

تعدُّ منطقـة الزويـرات بجمهوريـة موريتانيا الإسلاميـة أكـبر منجـم لخـام الحديـد بالوطن العربي حيـث وصف البكري جبـل الحديد بكتابه (أدرار النوازك) عن رحلاته عام 1067م

كمـا ذكـر العلماء العـرب الخامـات المعدنية والتعدين منذ أوائل العصور الإسلامية.

كلّ ذلـك يـدلّ علـى غنـى الأرض العربيـة بثرواتها المعدنية وبالباحثين عن تلك الثروات منذ القدم وأهم تلك الثروات:

الحديـد: كان الحديـد مهمّـاً للإنسـان وتزايدت أهمّيته رغم تعـدّد العصور وتنوّعها من عصر الكهرباء لعصر الـذرّة والفضاء، فالحديد عصـب كلّ تقـدّم وحضـارة، فـالأمم المتحضّرة الأكـثر استخدامًـا للصلـب، والـدول العربيـة تمتلـك احتيـاط خام الحديـد بما يقـارب عشرة آلاف مـن ملايين الأطنـان متوزّعـة في السعودية وجنـوب السـودان وموريتانيا، وتقـوم دول العالم الثالـث بسدّ احتياجات الـدول الصناعية بالعالم الغربي، وخامات الحديد العربية بشكل عام عالية الشوائب وصعبة في التركيز لكنّ الاختزال الغازي ييسر الاستفادة منها، مع التركيز على دور الفحم بالعمليـة التعدينيـة الصناعيـة وقيمتـه كمصدر للطاقةالحرارية تتوقّف على حرارته النوعية.

الكـروم: يمتلـك العـالم احتياطـات من خام هـذا الفلز تزيد عن 7.5 آلاف مليون طن، وللدول العربيـة نصيب من تلـك الاحتياطـات والمنتشرة

في السودان والجبل الأخضر بعمان وفي البسيط شمال اللاذقية بسورية وفي العراق واليمن والسعودية وفي مصر متناثر بالصحراء الشرقية.

الكوبالت: خامات هذا الفلزّ اقتصادية، وهو يوجد ببعض الصخور فوق القاعدية المنتشرة في العالم، وتعدُّ جنوب المغرب أهم منطقة له كما يوجد في السودان ومصر ومنطقة الأحجار جنوب الجزائر.

النحاس: من أكثر الفلزّات فائدة للبشر وهو أقدم المعادن بعد الذهب، فهو يتمتّع بمزايا عديدة واستخدامات متنوّعة حتى إنّ الاحتياج له يفوق الإنتاج لولا استخدام بعض الفلزّات الأخرى كبدائل، تقع خامات النحاس بأربع أحزمة معدنية رئيسية بالعالم وهي في تشيلي والبيرو وجنوب غرب أمريكا وفي زائير وزامبيا وفي روسيا، ويعدُّ استهلاك النحاس مقياسًا حضاريًا.

الفوسفات: هو من الرواسب المعدنية الواسعة الانتشار بالمنطقة العربية فهو موجود بـ 13 دولة عربية، وبسبب تزايد الطلب عليه تزايد الاهتمام باستكشافه وتقييمه، يوجد في المغرب والعراق والأردن والسعودية وتونس وسورية والجزائر وفلسطين، تمّ اكتشاف مصدر جديد للفوسفات وهو العقد الفوسفاتية الموجودة بقاع البحار! إضافة لاكتشاف مصدر آخر هو معدن الأباتايت بصخور الكربوناتاجاينت وهو مصدر له أهمّية بالمستقبل ممّا يدلّ على أنّ الاحتياطات العالمية للفوسفات كبيرة جدًّا وقابلة للتزايد.

مواد البناء والحراريات: هي أحد أهم الثروات المعدنية التي تشمل خامات الإسمنت وخامات الحراريات ومواد عازلة وأحجار زينة وأحجارًا وصخورًا بكلّ أنواعها المختلفة، حيث تصاعدت أهمّية تلك المواد بالتدريج ليصبح الاستيراد بديل عن عجز الإنتاج لسدّ الاحتياجات مع الاتّجاه العام للصنيع والتشييد.

الإسمنت مثلًا يعدُّ استخدامها معيارًا حضاريًا فالإسمنت يعني مدى النهضة التعميرية بدليل الحاجة المستمرّة والطلب المتزايد على تلك الصناعة، وحسب الاحصائيات فأعلى معدّلات الاستهلاك للفرد من الإسمنت موجودة بقطر والإمارات والكويت والبحرين.

إضافة لبعض المعادن مثل: النيكل، المنغنيز، فلزّات سبائك الصلب، الموليبدنم، التنغستن، الفانديوم، الرصاص والزنك، الأملاح التبخّرية، وبعض الخامات الصناعية.

منذ الخليقة والإنسان يستغل الثروات المعدنية من اليابسة على السطح أو تحته حتى تمّ وضع خرائط وأعمار لكلّ مفردة من تلك الثروات كالبترول والحديد والفحم، وواقع الحال اليوم يوضّح أنّ مياه البحار تحتوي حجمًا وكمًّا كبيرًا من الثروات المعدنية، كما نرى اليوم قيعان المحيطات قد تفتّحت عن العديد من تلك الثروات والمجسّات كشفت عن تواجدات بترولية بأعماق البحار، وكذلك تحت الثلوج تجمّعت خلال قرون ببقاع الأرض لم تكتشف قبل ولم تطأها قدم ولعلّ البدائل المكانية منفذ للإنسانية وبارقة أمل حيث تضاف لرصيدها من الثروات المعدنية.

سيمضي العلم والتكنولوجيا بإيجاد بدائل أخرى ولن تنتهي الحياة بانتهاء أو نفاد عنصر ما، فالحياة مستمرّة حتى يأتي الله وهو بكلّ شيء عليم.

من أسرار المحيطات

رئيس التحرير

تغطّي البحار الجزء الأعظم من سطح الكرة الأرضية. ومن الغريب أنّنا نستطيع أن نرى وجه القمر الكامل بوضوح أكثر من وجه الأرض التي نعيش عليها. فالبقع الواضحة والعتمة التي تظهر على القمر تدلّ على جباله ووديانه. ولكن أحداً لم يرَ الجبال والوديان المغمورة تحت سطح مياه البحار. هناك مياه كثيرة في بحيرات الدنيا وأنهارها، كما توجد مياه كثيرة في السحب وفي الهواء الذي نتنفّسه وفي جوف الأرض تحت قشرتها.. ولكنّ 95% من المياه موجودة في البحار والمحيطات.

المحيطات على الأرض ثلاثة، المحيط الأطلسي، ويضمّ المحيط القطبي الشمالي ثمّ المحيط الهندي، أما المحيط الهادي فهو أضخم المحيطات وهو يكبر المحيطين الأطلسي والهندي معاً، ويمتدّ مسافة تصل إلى حدٍّ يقارب نصف محيط الكرة الأرضية البالغ (40) ألف كيلو متر. مساحة المحيط الهادي تكفي لتغطية القارّات والجزر كلّها ويبقى بعد ذلك ملايين الكيلو مترات المربّعة. أمّا المحيط القطبي الجنوبي وهو يقع على حافّة الكرة الأرضية فليست له حدود حقيقية.

إنّ البحر المتوسّط يفصل ما بين أوروبا وأفريقيا وآسيا، وبحر بهرنج يفصل ألاسكا عن روسيا، وفي البحر الكاريبي تمتدّ جزر الهند الغربية ومنها كوبا. التلوّن الجزئي الذي تكتسبه البحار، يأتي من الأنهار التي تصب فيها، أو من الثلوج، أو من النباتات والحيوانات الدقيقة التي تعيش في مياهها، ومن ذلك أخذت تلك البحار أسماءها، كالبحر الأبيض، والبحر الأحمر، والبحر الأصفر، والبحر الأسود. وعندما تهب الرياح والزوابع على البحار تتحرّك الأمواج، وتكون متناسبة مع قوّة الرياح والزوابع، تتحرّك هذه الأمواج حتى تصل الشواطئ فترتطم بصخورها مطلقةً الزَّبَد والرشاشات المائية المرتفعة، أو مختلطة مع الرمال في الشواطئ الرملية بتناغم عجيب متواتر.