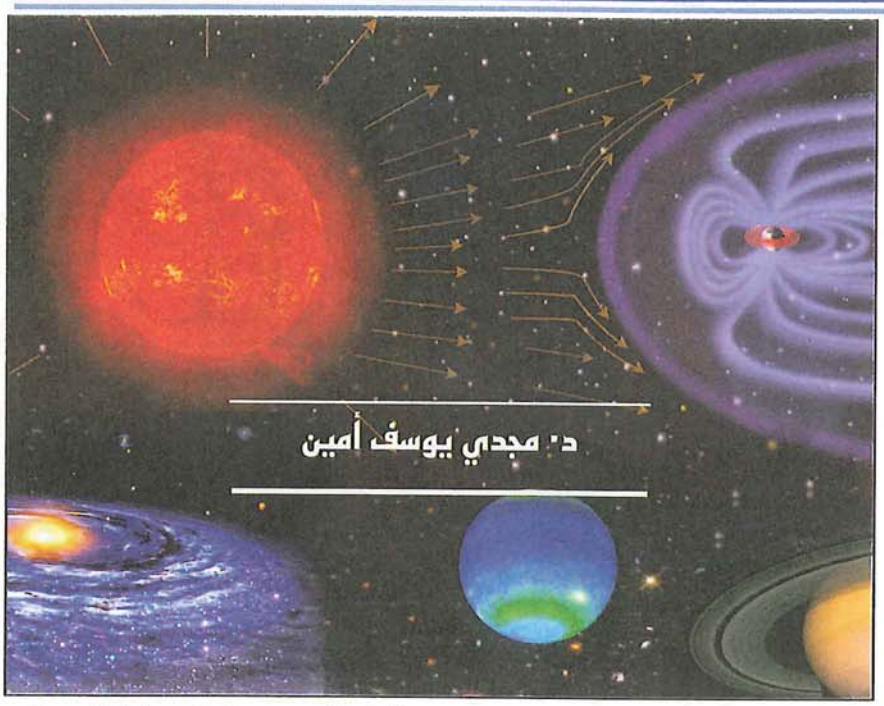
التأثيرات الفيزيوحيوية للفضاء الخارجي



د. مجدي يوسف أمين

منذ بداية القرن العشرين تأكد الفلكيون أن الفراغ الضخم بين النجوم داخل المجرة يمتلىء بمادة غازية تسمى مادة مابين النجوم، وقد تم أكتشاف هذه المادة عام ١٩٠٤م، عندما لاحظ العالم الهولندي هارتمان ذرة الكالسيوم المتأينة وذرة الصوديوم مع طيف أحد النجوم ذي الخواص الفيزيائية التي لاتسمح بتواجد هاتين الذرتين، وفي عام ١٩٢٢م، لاحظ هيجر وجود خطوط طيف لعناصر كيميائية معقدة. وبين عامي ١٩٣٣م ـ ١٩٤١م أكتشف أيون الميثيلدين (CH^+)، والسيانوجين (CN)، في مادةَ مابين النجوم،

ففي دراسة للسحابة بين النجمية ذات الحرارة العالية عام ١٩٤١م، تم رصد خط طيف امتصاص للسيانوجين عند طول موجي قدره ٣٨٧,٥ نانومتر، وهذا يشير إلى أنه يوجد في هذه السحابة جزيئات سيانوجين راديوية مستقرة، مما يعني أن جزيئات السيانوجين في الفضاء تكون أكثر استقراراً من الحالة العادية على سطح الأرض لانها سرعان ما تكَّون روابط أكثر استقراراً مثل حمض سيانو الماء (HCN)، وفي نهاية عام ١٩٦٨م تمكنت مجموعة أمريكية بقيادة س. هـ. تاونسي من أكتشاف خطوط طيفية عند الأطوال الموجية ١,٥٢سم لكل من الأمونيا (NH_3)، – يعتقد أن لها دور في تكوين مواد بروتينية بسيطة في العصور البيوكيميائية الأولى – والماء (H_2O)، وفي عام ١٩٦٩م تمكنت مجموعة أخرى من اكتشاف خط الطيف عند الطول الموجي ٦,٢ سم الدال على وجود الفورمالدهيد (H_2CO)، الذي يتكون من أكثر الجزيئات شيوعاً في الكون وهما أول أكسيد الكربون (CO)، وجزيء الهيدروجين (H_2)، ولقد لعب الفورمالدهيد دوراً موثراً في العصور البيوكيميائية الأولى، حيث تتحد ستة من جزيئاته في وجود الأشعة فوق البنفسجية ليكّون سكر (العنب) الجلوكوز.

تلا ذلك اكتشاف مركبات جديدة مثل الكحول الميثيلي وحامض النمليك و الأسيتيلين الميثلي، والأسيتالدهيد والفورماديمين والميثيل الأميني والديمثيل الإثيري وسيانيد الفنيل والكحول الإيثيلي وجزيئات أخرى غيرها، وبعد دخول عصر الفضاء وتطور المناظير الراديوية عام ١٩٧٠م، تم اكتشاف طيف اكثر من ١٤٧ عنصراً ومركباً كيميائياً حتى الآن في السحب بين النجمية والمادة المحيطة بالنجوم، وتتراوح الكثافة في تلك السحب من عشرة جسيمات إلى ٧١٠ جسيم لكل سم٣، أما درجة الحرارة فتتراوح مابين عشر إلى ألف درجة مطلقة (١٠ـ١٠٠٠ كلفن).

أدت معرفة تركيب مادة مابين النجوم وأجواء الكواكب إلى نشأة علم بيولوجية الفضاء (Bioastronomy)، الذي يهتم بإمكانية وجود مادة حية خارج نطاق الغلاف الجوي الأرضي، كما يهتم بتأثير التركيب الفيزيائي للفضاء– كل ماهو خارج الغلاف الجوي الأرضي– على الخلية الحية وصحة الإنسان أثناء رحلات الفضاء.

تأثر الإنسان بالفضاء

استطاع الانسان البقاء في الفضاء لمدة تزيد عن ستة أشهر في ظل وجود عاملي انعدام الجاذبية (انعدام التوازن) والعوامل البيئية المرتبطة بوجود الجسيمات المذكورة.

ويعد انعدام الجاذبية من أهم التأثيرات على جسم الإنسان في الفضاء، فالجهاز الدوري يتأثر بتغير توزيع كتلة الدم – نتيجة لغياب الجاذبية – الذي يتركز في الرأس والصدر والرقبة، وهذا يفسر تورم وجوه رواد الفضاء وتقلص أطرافهم السفلى، وقد بينت الدراسات الحديثة على رواد محطة الفضاء ساليوت ـ٦ نقصاً ضعيفاً في ضغط الدم، أما جهاز الوعي والإتزان فيظهر التأثير على الأذن الوسطى على وجه الخصوص، مما يؤدي إلى الدوار والغثيان، كما يتأثر الجهاز الحركي، حيث يحدث نقص في وزن رائد الفضاء وخمول جزئي في الهيكل العظمي والعضلات، مما يؤدي إلى تمدد أقراص الفقرات، وبالتالي زيادة طول رائد الفضاء عدة سنتيمترات،

وقد لوحظ أيضاً تأثيرات مختلفة على الوظائف الحيوية، مثل الهضم والتجلط والمناعة والتركيبات البنائية داخل الجسم، نتيجة لزيادة أعداد البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية.

وقد تم التغلب على بعض العوامل البيئية المذكورة بصناعة زي خاص برواد الفضاء ذو مجال مغناطيسي يحيط بهم للتغلب على الأشعة الكونية في حالة سباحة الرائد خارج السفينة الفضائية.

التأثير الفضائي على الخلية الحية

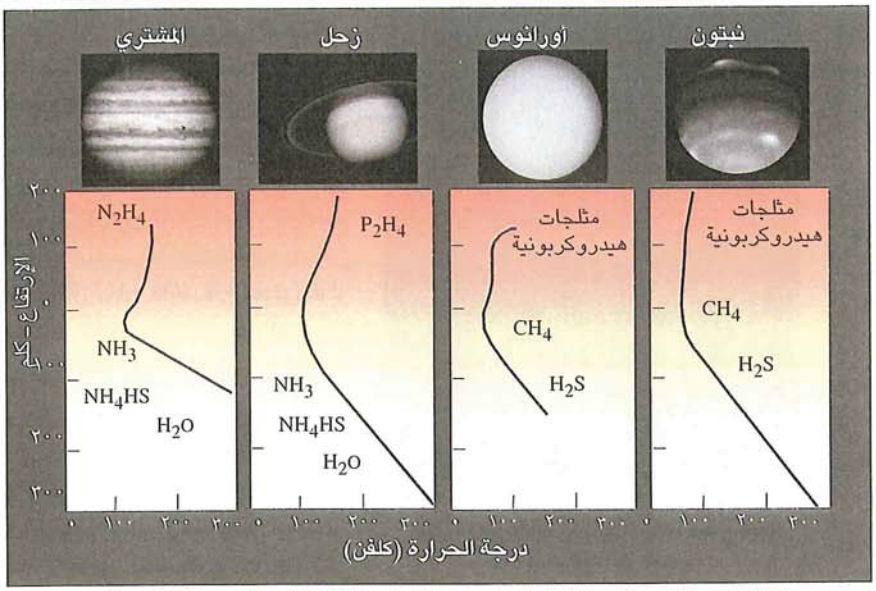
تتأثر الخلية الحية بوجودها في الفضاء بعدة عوامل أهمها :

● الضغط

عند تعرض أي جسم للضوء أو الحرارة فإنه يمتص جزءاً من هذا الضوء أو هذه الحرارة ويعكس بعضها، وهذا يودي إلى وقوع الجسم تحت ضغط إشعاعي (ضوء)، يكون كبيراً بالنسبة للجسيمات الصغيرة، وهذا ماذكره أويلر في عام ١٧٤٦م، عندما قال بأن موجات الضوء تقوم بالضغط على الأجسام عندما تسقط عليها، وثبتت صحة هذا الرأي من خلال العمل النظري لماكسويل على طبيعة الكهرباء عام ١٨٣٢م.

وفي تجربة قام بها أرهينوس – الحاصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٠٣م – على أثر ضغط أشعة الشمس على الجسيمات الصغيرة في النظام الشمسي، أتضح أن هناك مدى من الأحجام يكون ضغط الإشعاع عليه أكبر من قوة الجاذبية الشمسية، ويبلغ هذا الحد للحجم ٣ ميكرون، حيث أن معظم البكتيريا والفيروسات تقع تحت هذا الحد، وبالتالي فإنها تتأثر بضغط الإشعاع أكثر من تأثرها بالجاذبية الشمسية.

واعتماداً على النظريات الفيزيائية التي توضح أن الضغط المنخفض خارج الخلية يؤدي إلى خروج وتجمد الماء الحر الموجود فيها وظهور فراغات داخلها يؤدي إلى هلاكها، فقد قامت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) بإجراء تجارب لاختبار مدى تأثر الكائنات الدقيقة بالضغط الشديد الانخفاض السائد في الفضاء مابين الكواكب، وقد تم ذلك بتعريض ثلاثة أنواع من الكائنات الدقيقة لمدة خمسة أيام لتفريغ بالغ الشدة يقارب مثيله في الفراغ بين الكواكب، وقد اظهرت نتائج الدراسة المذكورة أنه لم يلاحظ أثر مميت على هذه الكائنات، وبالتالي فليس هناك ثمة قرينة تدل على أن التفريغ في الفضاء الخارجي يودى إلى موت هذه الكائنات.



● التركيب الكيميائي والفيزيائي لبعض للكواكب الغازية في المجموعة الشمسية .

● الحرارة

تلعب درجة الحرارة دوراً حيوياً في حياة الكائنات الحية، وطبقاً لقانون التربيع العكسي للطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة، فإن درجة حرارة كواكب المجموعة الشمسية تقل كلما زاد بعدها عن الشمس، وبالتالي أصبح من الضروري معرفة تأثير درجات الحرارة المختلفة على الكائنات الحية خارج الغلاف الحيوي للأرض.

وقد تمت في السنين الأخيرة أبحاث في معهد جينريلزن على جراثيم بكتيرية حفظت لعشرين ساعة في درجة حرارة بلغت (-٢٥٢مْ) درجة مئوية تحت الصفر في نيتروجين سائل، واتضح أن قدرتها على الإنبات لم تتحطم، إضافة إلى ذلك توصل ماكفادين بالتجربة إلى أن الكائنات الدقيقة يمكن أن تحفظ في الهواء السائل عند درجة حرارة (-٢٠٠مْ) لفترة تبلغ ستة أشهر دون أن تفقد قدرتها على الإنبات.

وتعزى القدرة على الإنبات إلى بعض العمليات الحيوية التي تحدث بمعدلات أقل في درجات الحرارة المنخفضة منها في درجات الحرارة المرتفعة، وحيث أن درجة حرارة كوكب نبتون تبلغ حوالي (-٢٠٠مْ)، فقد وجد أن الطاقة الحيوية والإنباتية لتلك الجراثيم البكتيرية نقصت بمقدار واحد من ألف مليون عن كفاءتها عند درجة حرارة ١٠مْ، ولذلك فإن هذه الكفاءة خلال ثلاثة ملايين سنة لن تنخفض بأكثر مما تنخفض به في يوم واحد في درجة حرارة ١٠مْ. من هذا يمكن القول أنه ليس هناك مستحيل في فكرة استمرار قدرة الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة، وذلك لمدة أطول مقارنة بدرجات الحرارة المرتفعة، ونتيجة هذه التجارب تجعل العقل البشري يقر أن البرد الشديد في الفضاء سيعمل كواق عالي الفعالية للبذور.

● الأشعة فوق البنفسجية

يمتليء الفضاء خارج الغلاف الجوي الأرضي بالأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، والتي حمانا الله سبحانه وتعالى منها بأمتصاص معظمها بواسطة غاز الأوزون في طبقات الجو العليا.

لا يؤدي امتصاص الحامض النووي منقوص الأكسجين الـ (DNA) في الخلية الحية لموجات الأشعة فوق البنفسجية ذات أطوال قريبة من ٢٦٠ نانومتر إلى توفر الطاقة الكافية لكسر جدائل الـ (DNA) وبعض جزيئات البروتين الموجودة قريبة منه، ويرجع السبب في ذلك إلى وجود

كميات هائلة من الجرافيت في الفضاء ، حيث يمتص الجرافيت الأشعة فوق البنفسجية بكفاءة عالية في موجاته المهمة بالنسبة للحياة (نحو ٢٦٠ نانومتر) ، اذ تكفي وجود طبقة منه لايزيد سمكها عن ١٠ ميكرومتر لتوفير غلافاً فاعلاً واقياً ضد الأشعة فوق البنفسجية. لذلك فإنه بإمكان الخلية الحية إن كانت ملتصقة ببعض غبار الجرافيت أن تقترب حتى من الشمس والعيش في الفضاء.

ومن المعلوم أيضاً أن عملية تحلل المادة الحية في غياب الأكسجين الحر – تحت الظروف غير المؤكسدة – ينتج عنها كمية إضافية من الجرافيت ، وهذا يعني أن تحلل بعض الكائنات في الفضاء يولد المادة التي توفر الحماية الفعالة والطبيعية لبقية الكائنات ضد الأشعة فوق البنفسجية.

ومن الحقائق السابقة وجد العالم روكس أن جراثيم الجمرة الفحمية التي تموت فور تعرضها للضوء في وجود الهواء داخل المعامل الأرضية ، تبقى حية إذا لم يتوفر الهواء طبقاً للأوضاع السائدة في الفضاء ، أما خلايا الجراثيم الجاهزة للإنبات فإنها تقتل بواسطة الأشعة فوق البنفسجية بعد وقت قصير جداً.

● الاشعة الكونية

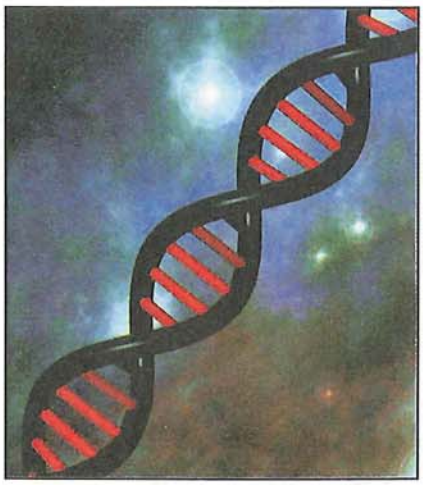
الاشعة الكونية عبارة عن الجسيمات التي تصل إلى الغلاف الجوي الخارجي للأرض ، وقد وجد أن معظم هذه الجسيمات ماهي إلا نوى لذرات بعض العناصر تشكل نوى ذرة الهيدروجين حوالي ٩٢٪ منها، و ٧٪ جسيمات ألفا ، أما النسبة الباقية (١٪) فتشمل نوى ذرات ثقيلة إبتداء من ذرة الليثيوم (Li) وانتهاء بذرة الزركونيوم (Zr).

وتسير هذه الجسيمات بسرعة فائقة وتتراوح طاقاتها بين ٩١٠ إلى ٢٠١٠ إلكترون فولت، وهناك عدة مصادر محتملة للأشعة الكونية منها :

١ـ الشمس: حيث لوحظ أن الأشعة الكونية تزداد في حالة حدوث تهيجات شمسية.

٢ـ النجوم المتفجرة : وهي موجودة في مجرتنا وفي مجرات أخرى.

وعند دخول الأشعة الكونية للغلاف الجوي المحيط بالأرض فإنها تتصادم مع



● الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) قليل التأثر بالأشعة فوق البنفسجية بسبب وجود الجرافيت في الفضاء .

نوى ذرات الأكسجين والنيتروجين متفاعلة معها محدثة فيها عدم استقرار مما يؤدي إلى تحطيم تلك النوي إلي شظايا أو جسيمات نووية مشحونة وجسيمات أخرى متعادلة الشحنة ، يطلق على قسم منها أسم الميزونات مثل ميزون (TT) وميزون (K) . كذلك تنبعث نيوكليونات (بروتونات ونيوترونات) ، وجسيمات أخرى أثقل من النيوكليونات.

وتتفاعل هذه الجسيمات مع نوى ذرات أخرى فاقدة بذلك جميع طاقاتها في اصطدامات متعاقبة، وفي بعض الأحيان عندما تكون طاقة الجسميات الأولية عالية جداً ـ حوالي ١٥ إليكترون فولت ـ ، تكون طاقة الجسيمات الناتجة (الثانوية) كبيرة بحيث تكفي لإنتاج تفاعل بينها وبين ذرات الجو الأخرى ، مسببه تحطيم نوى تلك الذرات وانتاج المزيد من الجسيمات الثانوية، وتتكرر العملية فيتكون مايسمى بزخة (shower) الأشعة الكونية التي تتجه نحو الأرض لتغطي مساحة كبيرة (واحد كيلومتر مربع تقريباً).

ويصل حوالي ١٪ من الأشعة الكونية المتكونة في الجو إلى مستوى سطح البحر ، بينما يكون الباقي قد تفاعل مع ذرات الجو وخسر جميع طاقته ، وقد وجد أن الجسيمات التي تصل عمودياً إلى الأرض تتكون من ٧٠٪ ميزونات ... و ٢٩٪ إليكترونات و ١٪ نيوكليونات وميزونات أخرى ، أما الجسيمات الساقطة في الاتجاه الأفقي فإن جميعها ميزونات (μ) ، وذلك لأن سمك الغلاف الجوي في هذه الحالة يساوي حوالي ٣٦ مرة سمك الغلاف الجوي في الإتجاه العموي.

وتعد الأشعة الكونية من أهم الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان ، حيث يتعرض الفرد (في مستوى سطح البحر) نتيجة للأشعة الكونية إلى جرعة مكافئة قدرها ٥ مللي رم (٤٥٠ميكروسيفرت) كل عام ، وعند ارتفاع ١٥٠٠ متر إلي ٦٠ مللي رم (٦٠٠ميكروسيفرت) كل عام ، وهكذا يزداد معدل الجرعة مع ازدياد الارتفاع .

كذلك قد تؤدي الأشعة الكونية إلى إنتاج بعض المواد المشعة في الغلاف الجوي ، فيكون لها تأثير غير مباشر على الإنسان .

ويتعرض الإنسان لجرعات إشعاعية قدرها ١٦٩ مللي رم في السنة (في المتوسط) ، وهي تمثل مجموع مايتلقاه من مختلف المصادر الإشعاعية ، وتمثل الجرعة التي يتلقاها من الأشعة الكونية حوالي ٤٥ مللي رم أي، بنسبة ٢٦٪ تقريباً .

● الأشعة السينية

يصدر عن الشمس كذلك أثناء نشاطها كمية من الأشعة السينية يبلغ مائة الف ضعف ما ينبعث منها في حالتها الهادئة ، وعند امتصاصها داخل الخلايا فإنها تولد إلكترونات عالية الطاقة عن طريق ما يسمى بالظاهرة الكهروضوئية ، وقد تسبب كسر إحدى جديلتي الـ (DNA) ، ويصل التدمير ذروته عندما تبلغ طاقة الكم واحد كيلو فولت ، ويمكن أن تتوفر حماية جزئية من هذه الطاقة بواسطة مادة التغليف (الجرافيت) التي تقي كما أسلفنا من الأشعة فوق البنفسجية.

وقد تم حساب معدل الجرعة التي يتلقاها الكائن الحي الدقيق من الإشعاع في الفراغ بين الكواكب على مسافة تبلغ بعد الأرض عن الشمس عند حدوث أكبر الانفجارات الشمسية ، فتراوحت من واحد إلى عشر راد في الثانية. ورغم أن هذا المعدل مرتفع إلا أن المستوى الأعلى للأشعة السينية الناتجة من الانفجارات العنيفة ينخفض كثيراً في نحو عشر دقائق،، ولكن الجرعة المتراكمة من الانفجارات المتتابعة تصل إلى بضعة كيلو