الفصل الرابع

الغلاف الجوى للأرض

الوهج الهوائى :

« الوهج الهوائى » ظاهرة من ظواهر الغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية ، لا يعرفها الكثيرون خارج دائرة العاملين فى أبحاثها . وكانت الدراسات الخاصة بها والتى قام بها علماء الطبيعة الأرضية واحدة من أهم أعمال البحث فى السنة الجغرافية الدولية .

وقد لاحظ الفلكيون فى مطلع هذا القرن من دراستهم للطيف أن حدثاً غريباً يظهر أمامهم باستمرار . وقد حيرتهم هذه الظاهرة سنوات طويلة . وعللوها بأن الأشعـــاع الطيفى لا يمكن أن ينتج من النجوم والكواكب ، وإنما يتولد فى الجو . ولما كان هذا الإشعاع أخضر اللون كإشعاع الشفق القطبى Aurora لذا سموه « الشفق الدائم » ولما ازداد اهتمام العلماء بهذه الدراسة أسموها باسمها الحالى ، وهو الإشعاع الهوائى) .

والوهج الهوائى ضوء خافت ينتشر فى السماء ليلا ونهاراً . . . وهذا الضوء يتغير تركيزه من مكان لآخر . . وهو خافت جداً إلى الحد الذى لا تستطيع أن تراه ولا يمكن مراقبته إلا عن طريق الأجهزة الحساسة الدقيقة. والمساحة التى يوجد فيها هذا الإشعاع تزيد على ٦٠ ميلا من الغلاف الجوى فوق سطح الأرض .

وتشبه الطبقات العليا من الغلاف الجوى إلى حد كبير المصنع الضخم حيث تمر الجزيئات بصفة دائمة بتغييرات كيميائية وكهربائية . والشمس

هى مصدر القوة الذى يجعل هذا المصنع مستمراً فى العمل . والوهج الهوائى الذى هو أحد المنتجات المتعددة التى تخرج من هذا المصنع الجوى ينشأ من عدم استقرار الذرات والجزيئات ومعظمها من الأكسجين والصوديوم . هذه المواد تتحلل ثم يعاد تشكيلها فى مركبات كيميائية وكهربائية جديدة . والضوء الخافت الذى نسميه الوهج الهوائى هو ناتج هذه العملية .

وهناك مركب آخر يدخل فى هذه العملية وهو (الهيدروكسيل) وهو على قدر كبير من عدم الاستقرار .

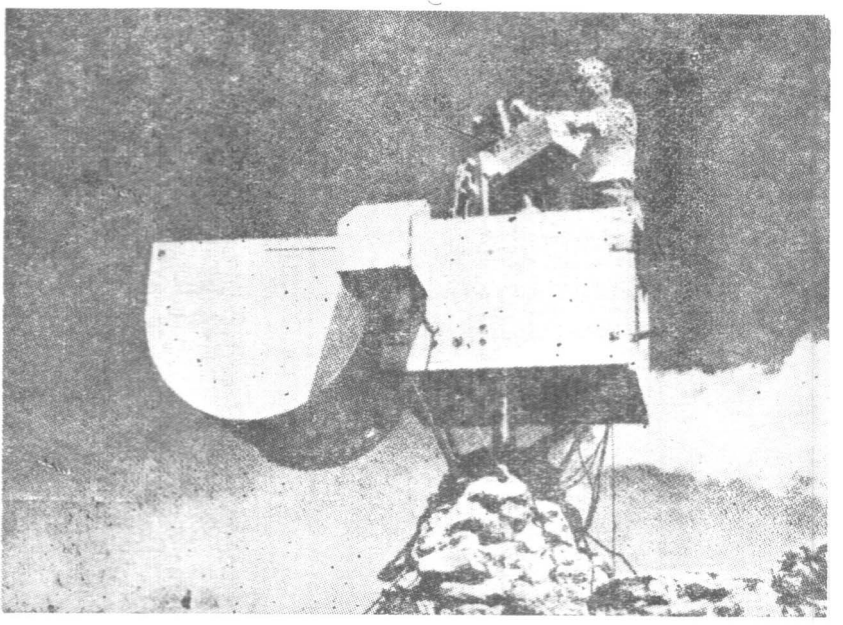
وقد اعتمد العلماء فى الكثير من أبحاث الوهج الهوائى على خطوط الطيف الناشئة عنه ، وهى خطوط صفراء ضيقة من الصوديوم ، وخطوط حمراء وخضراء (من الأكسجين) . ويتم الحصول على هـــذه الخطوط باستخدام مرشحات خاصة تعزل جميع الأضواء الأخرى غير المطلوبة . ويسمى الجهاز المستخدم لذلك « الإسبكتوفوتومتر »[1] وقد استعان العلماء خلال السنة الجغرافية الدولية بنموذج أوتوماتيكى منه يستطيع دراسة جميع أجزاء السماء على دفعات سريعة متلاحقة . وتسجل المعلومات الخاصة بالوهج الضوئى على خريطة للسماء حتى تمكن متابعة مناطق زيادته وضعفه بسهولة .

وقد أثبتت الدراسات القديمة التى أجريت فى الأجيال الماضية أن الوهج الهوائى ليس منتظماً فى السماء بل هو فى حالة تغير مستمر ليس خلال ليلة كاملة فقط ، بل من ليلة إلى أخرى ، ومن منطقة لأخرى .

وفى خلال السنة الجغرافية الدولية كانت أبحاث الوهج الهوائى تتم فى المحطات الخاصة بالأرصاد الجوية المقامة على امتداد خطوط الطول .

---

(١) هو منظار طيف ذو مقياس ضوئى كمى للشدة النسبية بين اجزاء الطيف



جهاز « فوتومتر » حساس للتصـوير الكهربى
يستعمله العلماء للتتبع ودراسة الشفق الباهت .

وسجلت المعلومات على لوحات ، وقدمت فيما بعد للعدادات الأليكترونية التى نظمت بياناتها وقدمت نتائجها ومن خلال ذلك تم رسم خرائط للسماء موضحاً عليها درجات تركيز الوهج الهوائى . وعرف العلماء أن أقوى وهج هوائى يبلغ عرضه ٦٠٠ ميل . كما اتضح فى إحدى المحطات التى أقيمت فى جبال (كلورادو) أن الوهج الهـــوائى أشد لمعاناً فى نصف الكرة الشمالى فى فصلى الصيف والشتاء ، كما أن لمعانه يشتد فى النصف الجنوبى فى فصلى الخريف والربيع .

ولم تحقق أبحاث الوهج الهوائى نتائج باهرة كتلك التى حققتها الأبحاث الأخرى من نجاح خلال السنة الجغرافية الدولية . لقد أثبتت النتائج ماعرفه العلماء فعلا من أن الوهج الهوائى ظاهرة معقدة وغير مفهومة ، وبالرغم من ذلك فالعلماء يأملون فى أن تؤدى الدراسات القادمة إلى مزيد من المعرفة والفهم لهذه الظاهرة المعقدة والظواهر الأخرى التى بدت فى طبقاب الجو العليا بصفة عامة .

الشفق القطبى :

الشفق ظاهرة من نفس العائلة التى ينتمى إليها الوهج الهوائى . والشفق يضىء السماء ولكن بصورة أقوى وبألوان حية خضراء وبيضاء وبنية وأحياناً حمراء . هذه الألوان تنبض بالتغيير فى جمال أخاذ . وقد تبدأ كأشرطة براقة خلابة فى السماء المظلمة . ثم تحدث بعدها أشعة سريعة عملاقة من الألوان البهيجة المتدلية عمودياً من السماء تجاه الأفق البعيد . وهذه الظاهرة لاتقل فى جمالها عن منظر شروق الشمس وغروبها .

وظاهرة الشفق القطبى تظهر غالباً فى طبقات الجو العليا . فى المناطق القطبية أو بالقرب منها . وقد تشاهد فى المناطق الدافئة ولكنها نادراً ما تشاهد فى المناطق الاستوائية . وتسمى ظاهرة الشفق فى المناطق الشمالية (الأضواء

القطبية الشمالية Aurora borealis أما فى الجنوبية فتسمى الأضواء القطبية الجنوبية .

وقد لاحظ الإنسان وجود الأضواء الشمالية وتعجب لها منذ عدة قرون. وقدم تعليلات عديدة لها ولكنها لاتزال بعيدة عن الصواب فى ضوء العلم الحديث . ومن النظريات الشائعة أنها تنتج عن أشعة الشمس المنعكسة من قلنسوة الجليد القطبية. وترى نظرية أخرى حديثة أن أشعة الشمس الساقطة على الذرات الجليدية فى طبقات الجو العليا هى المسئولة عن الشفق . وهذان التفسيران فيهما جزء مشترك وهو أن الشمس هى المسئولة عن تفسير هذه الظاهرة .

وقد أولى العلم ظاهرة الشفق عنايته لفترة دامت أكثر من قرن كامل ، فكان (بنيامين فرانكلين) واحداً ممن قدموا إيضاحاً قريباً من الدقة حول أصل الشفق. لقد قال فرانكلين : (إن هـــذه الظاهرة تعود إلى القوى الكهربائية فى الغلاف الجوى) ولكن هذه النظرية كانت فى حاجة إلى وقت طويل لإثباتها وكان على المهتمين بظاهرة الشفق القطبى أن ينتظروا وقتاً طويلاً حتى يحقق الإنسان مزيداً من الانتصارات فى العلم والفلك. وحتى بعد أن حقق الإنسان انتصارات ضخمة فى هذين المجالين لا تزال معلومات العلماء عن ظاهرة الشفق غير واضحة تماماً . وقد قدمت أبحاث الشفق على سائر الأبحاث وأعطيت لها مكانة أولى بين أبحاث السنة الجغرافية الدولية .

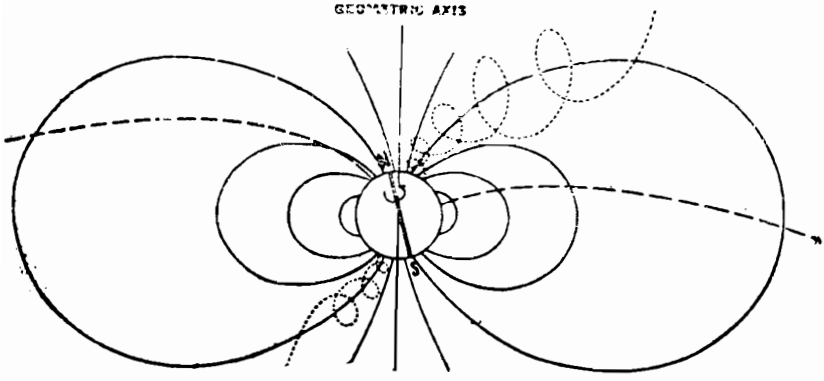
ويلعب المجالان المغناطيسيان للأرض والشمس دوراً رئيسياً فى ظاهرة الشفق القطبى فالأرض محاطة بقوى مغناطيسية غير منظورة تزحف فى مناطق القطبين، الشمالى والجنوبى إلى أسفل فى ممرات شبه عمودية. والنقطتان الأرضيتان اللتان تصل عندهما القوة المغناطيسية إلى حدها الأقصى يعرفان بالقطبين المغناطيسيين وهما يبعدان بمئات الأميال عن القطبين الجغرافيين الشمالى والجنوبى .

ومعظم العلماء الآن يجمعهم شبه اتفاق حول رأى يقول إن ظاهرة الشفق سببها جزيئات مشحونة تخرج من الشمس ذاتها . هذه الجزيئات تسير فى الفضاء بسرعة هائلة وتتساقط فى الغلاف الجوى للأرض بعد رحلة يوم واحد تقريباً ، فتتصيدها قوة مجال الأرض المغناطيسى وتوجهها فى قنوات تجاه القطبين المغناطيسيين للكرة الأرضية . وهذا هو السبب فى أن ظاهرة الشفق القطبى تشاهد فى العروض العليا أكثر مما تشاهد فى أى عروض أخرى .

وفى اندفاع الجزيئات المشحونة بالبروتونات والألكترونات نحو الأرض تصطدم بجزيئات أخرى موجودة فى الغلاف الجوى ، وهذه الجزيئات معظمها من ذرات الأكسجين وذرات الأزوت وجزيئاته ؛ ومن جزيئات الأكسجين فى الطبقات المنخفضة . هذا الاصطدام « يثير » الجزيئات الأخيرة . . وفى أثناء عودتها إلى حالتها الطبيعية تنتج الأشعاع والشفق القطبى . ويأتى بعض الضوء كذلك عن طريق ذرات الأيدروجين غير المستقرة المضطربة التى تتكون من اتحاد البروتونات الموجبة التكهرب بالأليكترونات السالبة التكهرب فى الغلاف الجوى .

وكثيراً ما تقارن العملية التى ينشأ عنها الشفق بالعملية التى تحدث داخل أنبوبة النيون . هذه الأنبوبة كما نعلم مملوءة بالغاز ، وحينما يمر تيار كهربى خلال هذا الغاز تصطدم الإليكترونات بجزيئات الغاز وتجعلها تتوهج .

ويحدد نوع الذرات أو الجزيئات المتفجرة الألوان التى تظهر فى الشفق. ولا تصل هذه الرايات السماوية المتلألئة إلى الأرض . بل إن أقرب أطرافها للأرض يبعد عنها بنحو ٦٠ ميلاً على الأقل . ومتوسط بعد الشفق عن الأرض هو ١٠٠ ميل وإن كان بعضها يرتفع إلى خمسة أضعاف هذا البعد ويعتمد بعد الشفق عن الأرض على درجة تركيزه .



خط القوة المغناطيسية ———————

خط سير الطاقة العالمية للاشعة الكونية - - - - - - -

ممر الطاقة المنخفضة للاشعة الكونية ... ...

المجال المغناطيسى الارضى كما يتصوره العلماء وهو محيط بها .

ويمتد الشفق عبر السماء فى اتجاه الشرق والغرب مئات الأميال ثم يختفى خلف الأفق . . وقد تمكن العلماء بعد ملاحظات عشرات السنين من رسم خرائط شفقية توضح مناطق الأرض التى يمكن أن يشاهد الشفق منها والتى تتكرر فيها هذه الظاهرة .

وقد وجد العلماء أن منطقة الشفق تطوق الأرض على بعد ٢٢ درجة من القطبين المغناطيسين للكرة الأرضية ، وأن هذا الطوق بالنسبة للشفق القطبى الشمالى يمتد عبر الأجزاء الشمالية من ألاسكا وكندا إلى الأجزاء الجنوبية من جرينلاند وحدود النرويج الشمالية والشواطىء الشمالية لروسيا وسيبيريا .

ويبدو أن ظاهرة الشفق يكثر حدوثها فى شهرى مارس وسبتمبر ، أى عند تغير الفصول . والسر فى ذلك مازال غامضاً على العلماء أنفسهم ، وهو سر حاولوا كشفه فى خلال أبحاث السنة الجغرافية الدولية . وأمل العلماء كذلك أن يكتشفوا السر فى أن ظاهرة الشفق تتخذ شكلا متغيراً وغير ثابت . . ولكنهم قبل كل هذا أرادوا معرفة المزيد من المعلومات حول ميكانيكية الشفق والتفاعلات الكيميائية والكهربائية التى تسببه ، أى أنهم أرادوا معرفة المزيد عما يحدث بالتحديد حينما تلتقى جزيئات شمسية بجزيئات الغلاف الجوى للكرة الأرضية .

وقد أجريت بحوث الشفق القطبى فى السنة الجغرافية الدولية على نطاق واسع . وكما أشرنا فى الفصل الأول من هذا الكتاب كان العلماء قد تنبأوا بأن الشمس ستمر بفترة نشاط إشعاعى غير عادى خلال السنة الجغرافية . ومن هنا توقعوا حدوث ظاهرة الشفق القطبى بنسبة أكبر بدرجة أكثر تركيزاً عنها فى السنوات العادية . وقد اشترك فى أبحاث الشفق القطبى فى السنة الجغرافية الدولية علماء من ٤٩ دولة انتشروا فى نحو ٢٠٠ محطة حول

العالم ، كان منها ١٢٠ محطة مركزة حول منطقتى القطبين. وكان يساعد هؤلاء جمع خفير من المساعدين المتطوعين يقومون بالمراقبة فى الولايات المتحدة وأوربا ووسط أمريكا وأفريقيا وآسيا ومن بينهم بحارة وطيارون . كما قدمت مكاتب التنبؤات الجوية مساعدتها هى الأخرى بتقديم أرصاد منتظمة فى ساعات معينة من الليل . وقد زود هؤلاء المساعدون ببطاقات خاصة ليدونوا فيها مشاهداتهم . وكانت التعليمات أن يراقبوا لون الشفق وارتفاعه واتجاهه وشكله ووقت ظهوره ثم يبعثون بالبطاقات إما إلى جامعة كورنيل فى نيويورك أو جامعة ألاسكا فى كوليج وهما الجامعتان اللتان اتخذتا مركزاً لتجميع البيانات عن الشفق القطبى .

وقد قدم المتطوعون خدمات جليلة للأبحاث ، ولكن العلماء هم اللذين حصلوا على معظم المعلومات الأكثر أهمية ، فقد استخدموا مجموعة متنوعة من الأجهزة وآلات التصوير التى تصور السماء كلها وهى التى اخترعها « الدكتور س . و . جارتلين » أحد الأخصائيين فى أبحاث الشفق القطبى . وهى مكونة من آلة سينما عادية تعمل بفيلم ١٦ ملليمتر موجهة إلى أسفل تجاه مرآة محدبة — وتستطيع هذه الآلة أن تصور السماء كلها عندما توجه نحو السمت ومن ثم يمكن عمل سجل متصل للسموات . وقد تم استخدام عدد كبير من هذا النوع من آلات التصوير فى المحطات المنتشرة فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى .

وكان جهاز « الإسبكتروجراف » (مرسمة الطيف) وسيلة من الوسائل الهامة التى استخدمها العلماء فى أبحاثهم على الشفق القطبى . فعن طريق هذا الجهاز الذى يحلل الضوء إلى ألوانه المستقلة ، استطاع العلماء أن يعرفوا نوع الذرات والجزيئات الموجودة فى الغلاف الجوى ودرجة حرارته وكمية الإشعاع التى يشعها بل وبعض الأمور عن الطريقة التى تثار بها .

وقد استخدم أيضاً « الفوتومتر » الكهربى الضوئى ، وهو جهاز لم يستخدم إلا حديثاً فى أبحاث الشفق القطبى ، فى قياس درجة تركيز الشفق .

والشفق القطبى لا ينتج عنه إشعاعات ضوئية فقط بل يكون مصحوباً كذلك بتغيرات كهربائية أو « تأين » . وهذه التغيرات لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة طبعاً . ولهذا اضطر العلماء إلى استخدام أجهزة لاسلكى ورادار لمتابعتها ودراستها . وتبين من الأبحاث أن الرادار كان ذا قيمة خاصة لأن موجاته كانت لها القدرة على اكتشاف وجود الشفق بل وتحديد مكانه فى ضوء النهار أو فى الجو الملبد بالغيوم حيث لا تمكن رؤيتها بالطرق العادية الأخرى .

وكانت الطريقة اللاسلية فى الفلك ذات قيمة مماثلة . كان الشفق يؤثر فى الموجات اللاسلكية المستقبلة من الكواكب الأخرى ، فيجعلها تصل إلينا مشوشة بدلاً من وصولها واضحة ونقية وقوية ، وقد توصل العلماء لحسن الحظ إلى طريقة استطاعوا بواسطتها قياس النسبة التى يمتصها الشفق من هذه الموجات . وكان فى هذا كشف لصفة جديدة من صفات الشفق وهى أنه يمتص جزءاً من موجات الراديو الصادرة عن الكواكب الأخرى ، كما استطاع العلماء عن طريق قياسات أخرى معقدة أن يحددوا مقدار التغير الحادث فى الشفق واتجاهات انتشاره المختلفة .

وقد ظهر الشفق بنسب أكبر خلال السنة الجغرافية كما تنبأ العلماء من قبل . ففى خلال الشهور الستة الأولى من عام ١٩٥٨ شوهد الشفق خلال أكثر من مائة ليلة وعشر . وفى شهر مارس وحده من هذا العام حدثت هذه الظاهرة كل ليلة ما عدا الليلة الأخيرة من هذا الشهر . ومن الغريب أن ليلة بدء السنة الجغرافية ذاتها وهى ليلة (الثلاثين من يونيو — أول يوليو) عام ١٩٥٧ حدث فيها شفق واضح .

وكان عدد كبير من ظواهر الشفق التى حدثت خلال السنة الجغرافية الدولية خارقاً للعادة فى تركيزه وحجمه . لقد كان هناك شفقان كبيران فعلا بدرجة غير عادية وقد حدث الأول منهما فى ليلة (٢٢ — ٢٣) سبتمبر عام ١٩٥٧ ، أما الثانى فقد وقع ليلة ١٠ — ١١) فبراير عام ١٩٥٨ . وكان الشفق الثانى هو أكبر الاثنين بل وأكبر شفق تمكن الإنسان من رصده حتى الآن . وقد شوهدت الصواريخ النارية السماوية فى ساحات شاسعة امتدت حتى كوبا جنوباً ، فالتمعت فى السماء فى اتجاه شرقى — غربى لمسافة بلغت ٦ آلاف ميل تقريباً . وكان لونه الغالب هو الأحمر القانى ، وهو لون نادر فى الشفق ، وزادت الظلال المعروفة من خضراء وصفراء باهتة فى لمعانه وحدته ، وقدر الخبراء أن الجزء الأحمر من الشفق يمتد من ارتفاع قدره ١٥٠ ميلاً من سطح الأرض إلى ارتفاع يصل إلى ٦٠٠ ميل . أما اللون الأخضر فقد هبط إلى المستوى العادى وهو ٦٠ ميلا من سطح الأرض . وقد شوهدت الأضواء الشمالية التى حدثت فى شهر فبراير فى جميع المناطق بصورة واضحة حتى إن مراكز متابعة البيانات فى الولايات المتحدة الأمريكية تلقت أكثر من ألفى تقرير عنها .

وكانت الآثار الناجمة عن هذا الشفق الضخم فى الغلاف الجوى للأرض وفى الأرض نفسها مثيرة للعلماء بالقدر الذى أثارهم به ظهورها هى نفسها . فقد حدثت تغييرات شاذة فى التيارات الكهربية على سطح الأرض نفسها ، وظهرت هذه الحقيقة حينما لاحظ العلماء أن فرق الجهد الكهربى فى سلك تليفونى بحرى يمتد عبر المحيط الأطلسى من « نيوفونلاند » إلى اسكتلندا قد ارتفع إلى أقصى قدر له وهو ٢٦٥٠ فولت عند الطرف الغربى منه ، وبعدها بسبع دقائق فقط هبط فرق الجهد إلى الصفر ثم ارتفع إلى أقصى حد له على الطرف الآخر . هذا التغيير والآثار المغناطيسية الأخرى المتصلة به جعلت العلماء يعتقدون أن التيار الكهربى الأرضى جزء من نظام يغمر الأرض كلها

وهذا التيار الأرضى يتأثر بطريقة ما ليست واضحة حتى الآن تبعاً للتغييرات الواقعة فى المجال المغناطيسى فى الفضاء .

وقد أطلق علماء جامعة « منيسوتا » بالونات مزودة بالأجهزة العلمية إلى الفضاء فى الوقت الذى بلغ فيه الشفق القطبى ذروته . ومن فحصهم للنتائج عرفوا شيئاً أدهشهم : لقد وجدوا أن ظاهرة الشفق كانت مصحوبة بزيادة ضخمة فى أشعة أكس وكان المعتقد أن هـــذه الأشعة ترجع إلى إلكترونات ذات سرعة عالية تصطدم بجزيئات الأزوت والأكسجين فى الغلاف الجوى وعندما تنخفض سرعة الإلكترونات تشع أشعة أكس . كذلك أظهرت أجهزة الرصد التى حملتها البالونات أن الأشعة الكونية العادية التى تصطدم بالأرض قد قلت . وعززت مشاهدات مشابهة فى جهات أخرى من العام هذا الاكتشاف .

ومن خلال المعلومات العديدة التى حصل عليها العلماء أثناء متابعتهم ومراقبتهم للشفق القطبى تمكنوا من تكوين آراء عديدة حوله ، معظمها لا يزال فروضاً . وسيسفر البحث عما إذا كانت تنهض إلى مرتبة الحقائق أم يضرب عنها صفحاً وتهمل . ومن بين هذه الآراء الرأى القائل بأن ظاهرة الشفق تكون مصحوبة بمجموعتين من التيارات كل منهما مستقلة عن الأخرى، إحداها مسئولة عن حركة البروتونات والإلكترونات الموجودة فى الشفق وهى التى تنتج الأقواس الملونة التى نراها . والأخرى مسئولة عن السبب فى استثارة بعض الأشكال الأكثر نشاطاً من الأضواء الشمالية .

وكان اكتشاف الشفق الاصطناعى فى الواقع هو أهم نتائج أبحاث السنة الجغرافية الدولية، وقد كشفه العلماء النيوزيلنديون فى جزيرة ساموا فى أول أغسطس عام ١٩٥٨ . فقد شوهد الوهج الشفقى فى السماء فى شمال الجزيرة وغربها . واستمر سبع دقائق تقريباً . ولما كان العلماء لا يتوقعون مشاهدة شفق فى هذه المنطقة فقد كان ظهوره لغزاً ؛ ثم عرف فيما بعد أن تفجيراً

ذرياً قد أجرى فى جزيرة جونستون على بعد ٢٢٠٠ ميل تقريباً من جزيرة ساموا . . ومن ثم أدرك العلماء أن التفجير الذى قد زود الغلاف الجوى بسيل من الإليكترونات اصطيدت ولفت حلزونياً حول خطوط القوى المغناطيسية المحيطة بالأرض . ولما بلغت هذه الإليكترونات الجزء الأدنى الأكثف من الغلاف الجوى اصطدمت بجزيئات أخرى ومن ثم أنتجت الشفق الاصطناعى فوق جزيرة ساموا .

وقد أيد علماء الذرة الأمريكيون هذه النظرية بعد انتهاء السنة الجغرافية الدولية بعد أن تمكنوا فيما بعد من إحداث شفق صناعى بتفجيرات ذرية صغيرة على ارتفاعات عالية جداً من سطح الأرض .

المغنطيسية الأرضية :

ليست ظاهرة الشفق سوى إحدى الظواهر التى تحدث فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض، بينما يمر كوكبنا فى سحب من الغازات الشمسية . وتنتج عن الجزيئات المشحونة الموجودة فى هذه السحب تأثيرات أخرى غير عادية على المغنطيسية الأرضية وعلى الأحوال فى منطقة الأيونوسفير وعلى درجة تركيز الأشعة الكونية. وهناك قوى خفية ولكنها قوية تعمل بين الأرض والشمس — ولهذه القوى أيضاً علاقات متبادلة مع بعضها البعض ، ولكن أقوى هذه العلاقات هى التى بين الشفق القطبى والمغنطيسية الأرضية ، وكما أوضحنا من قبل نجد أن المجال المغنطيسى للأرض هو الذى يتحكم إلى حد بعيد فى تحديد مكان الشفق وامتداده .

والمغنطيسية الأرضية ظاهرة غريبة وقوية خلبت لب العلماء من زمن بعيد . وإذا عدنا إلى عام ١٦٦٠ نجد أن « وليم جلبرت » طبيب البلاط البريطانى ، وأحد هواة العلوم قد كتب عن هذه الظاهرة فى كتاب أسماه

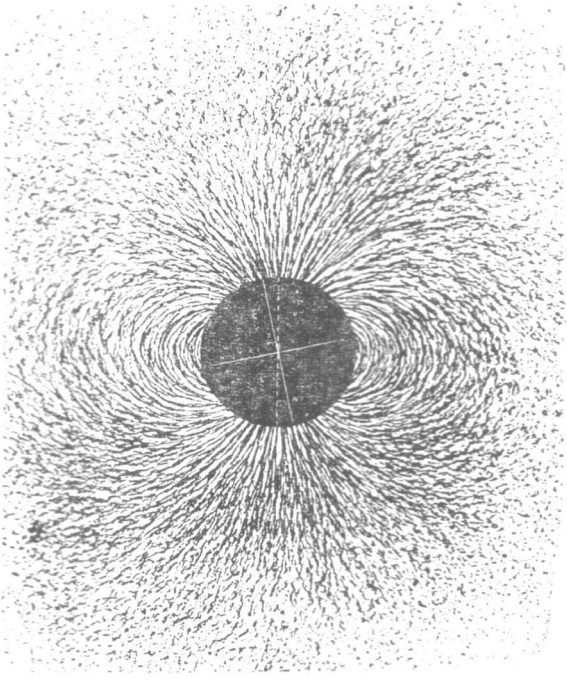
« المغنطيس » وكان مهتماً بحركة الإبرة المغنطيسية العجيبة التى تشير عند وضعها فى البوصلة إلى اتجاه ثابت هو الشمال ، بل أكثر من هذا فإن الإبرة لو وضعت حرة الحركة فوق قضيب فإنها تتجه رأسياً إلى أسفل فى نصف الكرة الشمالى ورأسياً إلى أعلى فى نصف الكرة الجنوبى . وتفرغ جلبرت للإجابة عن سؤال واحد هو ، لماذا تتصرف الأبرة المغنطيسية بهذه الطريقة.

وصنع جلبرت نموذجاً صغيراً على شكل كرة من حجر المغنطيس يمثل الكرة الأرضية . وباستخدام إبرة ممغنطة حول هذا النموذج استطاع أن يقدم صورة بدائية للشكل النهائى لخطوط القوى المغنطيسية حول الكرة الأرضية ذاتها . وخلص الطبيب البريطانى فى النهاية إلى أن وجود مواد مغنطيسية فى داخل الكرة الأرضية يجعلها تتصرف كمغنطيس ضخم .

وكان جلبرت قريباً من عين الصواب فى هذا الوصف ، ولكن كيف نشأت هذه القوة المغنطيسية . . ؟

كان هذا السؤال يزيد فى حيرة العلماء كلما تعمقوا فى دراساتهم وأبحاثهم . ووضعت النظرية تلو الأخرى لتفسير هذه الظاهرة . وكانت كل نظرية تزول لتحل محلها نظرية أخرى . حتى الافتراضات الحديثة لم تكن مستقرة وثابتة ، بل كانت محلا لتغيير وتبديل كثيرين كلما توصل العلماء إلى بيانات جديدة . ولهذا كله أولى العلماء الجاذبية الأرضية اهتماماً خاصاً فى السنة الجغرافية الدولية على أمل أن يكتشفوا العلاقة بينها وبين الانفجارات الشمسية أو يحصلوا على معلومات تؤيد آراء أخرى معينة .

ويعتقد العلماء بعامة الآن أن المجال المغناطيسى الأرضى يرجع الجزء الكبير منه إلى تيارات كهربية داخل الأرض نفسها — وتنشأ هذه التيارات عن حركة المواد فى داخل الكوكب. ولدوران الأرض أيضاً أثره فى إحداث المجال المغناطيسى . أما الجزء الباقى من المجال المغناطيسى وتبلغ نسبته ٥٪



رسم من وضع معهد كارنيجى فى واشنطن يوضح
المجال المغناطيسى الارضى كما تصوره العلماء .

فيتولد خارج الأرض ، وربما كان السبب فيه التيارات الكهربائية الحادثة فى المناطق المتأينة فى طبقات الجو العليا .

وتختلف المغنطيسية الأرضية المتولدة عن باطن الأرض عن المغنطيسية الأرضية المتولدة عن الفضاء . فالأولى مستقرة نسبياً وتمر بتغييرات بسيطة بطيئة تتم على فترات طويلة تصل إلى قرون . أما المغنطيسية الناشئة عن الفضاء فعلى العكس من ذلك تماماً تمر بتغييرات سريعة يمكن ملاحظتها من يوم لآخر ومن دقيقة لأخرى بل ومن ثانية لأخرى .

وكان هذا الجزء من المغنطيسية الأرضية هو الذى اختير لإجراء معظم الأبحاث خلال السنة الجغرافية الدولية ، ذلك أنه تثار حوله أسئلة أكثر مما يثار حول المغنطيسية التى تولدها الأرض .

هل تتأثر الذبذبات اليومية للمغنطيسية المتولدة فى الفضاء بجذب الشمس والقمر ؟ وهل تغييراتها الأخرى السريعة نتيجة إشعاعات مؤينة قوية ؟ أو هى من أثر تيارات عالية السرعة من الجزيئات المتعادلة كهربياً تسبح فى جو الأرض العلوى ؟ فى هذه الموضوعات دار بحث علماء الطبيعة الأرضية خلال السنة الجغرافية الدولية ليجدوا حلاً لهذه الأسئلة .

وللقيام بهذه الأبحاث استخدم ثمانون مرصداً للمغنطيسية الأرضية كانت تعمل منذ عهد بعيد فى أنحاء العالم ، وبالإضافة إليها أقيم خمسون مرصداً جديداً وبخاصة فى المناطق التى لم تستوف البحث من قبل كالمنطقتين القطبيتين الشمالية والجنوبية وبعض جزر المحيط الهادى ، واشترك فى البحث علماء ثلاثين دولة .

ومن الملاحظات التى سجلت فى أمريكا الجنوبية وجزيرة كورور فى غرب المحيط الهادى وجود انبجاس كهربى استوائى . واتضح من الاختبارات أنه

تيار قوى تصل قوته إلى مئات الألوف من الأمبير غير أنه محدود التدفق الأفقى . ويعتقد العلماء أن هذا الانبجاس يدين بوجوده إلى أشعة الشمس فوق البنفسجية المتدفقة فى الجو الأرضى كما أن الوهج الشمسى هو المسئول عن التيار الكهربى القطبى وحينما تظهر هذه التيارات يكون لها تأثير مخرب على الإذاعات اللاسلكية .

وبالنسبة للمجال المغناطيسى للأرض ككل ، استطاع علماء الطبيعة الأرضية أن يحصلوا على إجابة جزئية لسؤال يراودهم، وهو هل للإشعاعات أو أنهار الجزيئات المشحونة أى أثر على هذا المجال . وأظهرت دراساتهم أن هذه الموجات تؤثر فى المجال المغناطيسى تأثيراً واضحاً أو تجعله يغير من سيره الطبيعى . ولما كانت هذه الجزيئات التى يرجع أصلها إلى الشمس تتحرك بسرعة كبيرة فإنها تخلق لها مجالاً مغناطيسياً خاصاً بها . وحينما يقترب هذا المجال الجديد من المجال المغناطيسى الأرضى فإن هذا الأخير يحيد عن طريقه ويغير من شكله . أما شكل المجال المغناطيسى فإنه يحدد عن طريق خطوط القوى المغناطيسية التى تمتد عدة آلاف من الأميال فى الفضاء ثم تعود منعكسة إليها . وهذه الطريقة يمكن تمثيلها عملياً بالخطوط التى ترسمها برادة الحديد بالقرب من قطب المغنطيس .

ولاحظ العلماء فى السنة الجغرافية الدولية كذلك أن الأشعة الكونية التى تتدفق بصفة مستمرة على الغلاف الجوى للأرض تتأثر حركاتها إلى حد بعيد بالمجال المغنطيسى الأرضى . فقد اتضح أن مساراتها تتغير تبعاً لتغير شكل المدار. وهذه الملاحظة قد ثبتت صحتها أيضاً بالنسبة لتغير الشفق .

وقد بذل العلماء جهوداً شاقة فى البر والبحر وفى الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى للأرض وفى الفضاء للحصول على المزيد من المعلومات عن

المغنطيسية الأرضية . واستخدمت فى ميدان الفضاء الطائرات والصواريخ المزودة بالأجهزة الحساسة للتسجيل والمراقبة، وكان المجنيتومتر هو أهم تلك الأجهزة التى استخدمت فى هذا المجال ، وهو جهاز بسيط يصلح لجميع الاغراض الخاصة بقياس وتسجيل درجة تركيز واتجاه المجال المغنطيسى الأرض . وقد استخدم نموذج معدل له فى القياسات الخاصة بالبحار .

ظاهرة الصفير :

تعد ظاهرة الصفير أغرب ظاهرة تحدث فى طبقات الجو العليا . وقد عرف العلماء هذه الظاهرة منذ الحرب العالمية الأولى حينما اكتشفوا وجودها صدفة فى إحدى المعارك الحربية . كان هنريخ باركهوزن وهو أحد علماء الألمان العسكريين ، يقوم بتتبع اتصالات اللاسلكى بين قوات الحلفاء فى أحد الأيام فاستمع إلى صوت غريب طرق أذنيه عن طريق السماعات . وظن لأول وهلة أن الجهاز به تلف ولكنه عرف فيما بعد أن الصفير إنما أتى من الجو فعلاً . وعندما اهتم العلماء بهذه الظاهرة فيما بعد عرفوا أنه كان صادقاً .

وأهمل العلماء ظاهرة الصفير التى إكتشفها باركهوزن صدفة لفترة طويلة . وفى عام ١٩٥٠ حاول العلماء معرفة مصدرها فقام عالم بريطانى شاب اسمه « ل . ز . و ستورى » بالبحث وتبين له أن مصدر الصفير هو موجات كهربائية منخفضة التردد تنشأ عن الضوء . وتبين فيما بعد أن تردد موجات الصفير منخفض جداً إلى حد أنه أقل من تردد أصغر موجات لا سلكية عرفها الإنسان حتى الآن ، وهى فى الواقع مكونة من عدد من الترددات المتجمعة . وحينما تصعد هذه الموجات إلى أعلى بعيداً عن الأرض فإنها تتخطى خطوط القوى المغنطيسية . وعن طريق استخدامها لهذه الخطوط تتمكن الموجات من الصعود مسافات تصل إلى عدة آلاف من الأميال مارة بالمناطق القطبية ثم تهبط من جديد فى نصف الكرة المقابل . وتسير الموجات

ذات التردد العالى من هذه المجموعة بسرعة أكبر من الموجات ذات التردد المنخفض . ومن هذا الفارق تنشأ الضجة الصوتية التى تتحول فى السماعات القوية أو أجهزة الاستقبال إلى صفير .

وليست كل ظاهرات الصفير موحدة الصوت ، فبعضها تتجه نغماته إلى الضخامة قبل نهايته، وبعضها تقل نغماته تدريجياً حتى يختفى تماماً .. وبعض ظاهرات الصفير تحدث فيها نغمات تعلو وتنخفض بإيقاع — والتردد الذى يحدث هذا الإيقاع يسمى « التردد الأفقى » . وهذا التردد الإيقاعى يرجع فى الأصل إلى درجات تركيز المجال المغنطيسى الأرضى ولهذا استخدمه العلماء فى دراساتهم لتوزيع المناطق المتأينة فى الغلاف الجوى .

وتسجل أجهزة الاستقبال عادة صوتاً مضطرباً أو خرفشة قبل حدوث أى صفير .. وقد ظلت هذه الإضطرابات سراً مغلقاً على العلماء فترة طويلة حتى عرفوا فيما بعد أن الخرفشة هى صوت الصدمة الضوئية ذاتها . وعرف العلماء فيما بعد أن الصفير قد ينعكس بعد رحلته حول الكرة الأرضية متجهاً نحو الفضاء لتعيد الرحلة من نقطة بدايتها من جديد .

وعرف العلماء بالإضافة إلى ذلك أن الصفير قد يحدث فى مركبات متتالية وفى هذه الحالة تكون الموجة أضعف من سابقتها وأطول منها . وهذه الموجات تتبع بعضها بعضاً على فترات زمنية منتظمة — ويشبه العلماء هذه المركبات بكرة تنس يتقاذفها نصفا الكرة الشمالى والجنوبى .

وكقاعدة عامة تحدث ظاهرة الصفير فى العروض الوسطى من الكرة الأرضية . إما فى نصف الكرة الشمالى أو نصفها الجنوبى . وكانت هذه الفكرة نظرية غير ثابتة قبل حلول السنة الجغرافية الدولية ولكن نتائج الدراسات فى هذه السنة أثبتت لهم صحة هذه النظرية وثبوتها . كما وجد العلماء أن ظاهرة الصفير من النادر أن تسجل فى « خليج فوربيشر » (فى المنطقة القطبية الكندية)

أو منطقة « تيول فى جرينلاند » كما وجدوا أنها لاتحدث إطلاقاً فى المناطق الاستوائية . ووجد العلماء كذلك أن الصفير يحدث فى رحلات طويلة ، فقد تتبع العلماء صفيراً واحداً فوجدوا أنه سافر مسافة طولها ٤ آلاف ميل.

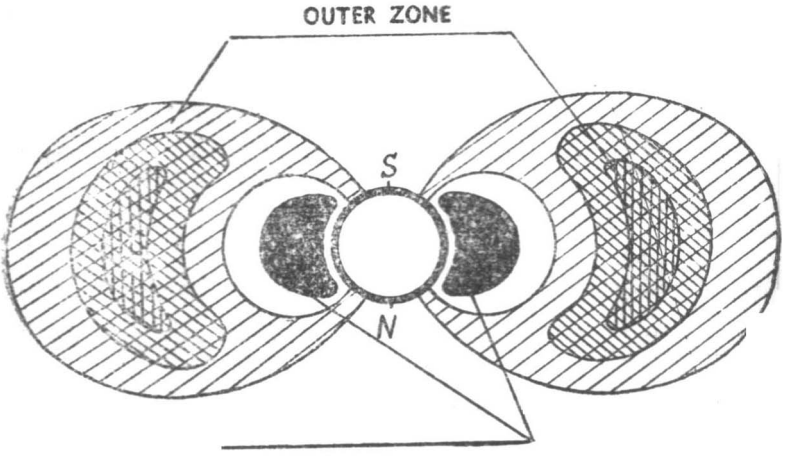
وكان العلماء مهتمين بما يمكن أن يقدمه الصفير أكثر من اهتمامهم به فى حد ذاته : فقبل اكتشاف ظاهرة الصفير مثلا كان العلماء يظنون أن الغلاف الجوى ينتهى عند ١٥٠٠ ميل فقط ولكنهم عرفوا أن الغلاف الجوى يمتد حتى ٧ آلاف ميل . وفى خلال التجارب الأولية التى أجريت فى السنة الجغرافية الدولية وجدوا أن كثافة الإلكترونات عالية جداً فى هذه المناطق العالية التى ظنوها من قبل فارغة أو فضاء تاماً . ويقدر العلماء كثافة الإلكترونات فى هذه المناطق بحوالى ١٠ آلاف إلكترون فى البوصة المربعة لأنها استطاعت نقل إشارات الصفير .

وأثار هذا الاكتشاف سؤالاً جديداً هو من أين تأتى هذه الالكترونات هل هى تخلق فى هذه المنطقة بالذات تلقائياً ؟ أم هى آتية من مناطق أكثر بعداً عنا فى الفضاء ؟ إن هناك اختلافاً كبيراً فى وجهات النظر الخاصة بهذه الالكترونات وما زالت هناك أبحاث كثيرة ستجرى فى المستقبل قبل تحديد مصدرها بصورة قاطعة . وقد أضافت أبحاث السنة الجغرافية جديداً إلى ظاهرة الصفير فقد اكتشف نوع جديد منه وسماه العلماء « صفير عالمى » أو « صفير على نطاق عالمى » والسر فى هذه التسمية أن العلماء سجلوا الصفير فى أكثر من مكان فى وقت واحد ، سجلوه فى نيوزيلندا وألاسكا وكاليفورنيا وبرمودا وواشنطون . وما زال العلماء حائرين حقيقة فى إيضاح طبيعة هذا النوع من الصفير . ولكننا نستطيع بصفة عامة أن نقول إن النتائج التى حصل عليها العلماء فى السنة الجغرافية الدولية أثبتت لهم صحة ما سبق لهم أن افترضوا عن ظاهرات الصفير .

الأشعة الكونية :

لم تستحوز مادة من المواد فى الأرض وفى عالم الفضاء على اهتمام العلم

المنطقة الخارجة



المنطقة الداخلة

شكل تقريبى لتوضيح احزمة اشعاع «فان الن»

وانتباههم مثل ما فعلت الأشعة الكونية . لقد عرفت هذه الرسل الفضائية السرية لأول مرة فى مطلع هذا القرن ومنذ ذلك الوقت أجريت عليها دراسات مستفيضة. ورغم الانتباه المركز عليها فإنها ما زالت حتى الآن سراً محيراً ولغزاً كبيراً .

والأشعة الكونية التى تسمى أحياناً « القذائف الذرية » تصطدم بالأرض وجوها فى جميع الجهات . وهى مشحونة بالكهرباء وتنتقل بسرعة تقرب من سرعة الضوء كما أنها ذات طاقة عالية ضخمة . وقد تمكن العلماء من متابعتها من خلال أجهزة وضعت فى قنوات ومناجم وبحيرات عميقة ، وهى تعد أقوى بكثير من الجزيئات الناشئة عن السحب الغازية المندفعة من الشمس إذ أن طاقتها تتراوح بين ١٠٠ مليون و ١٠ بلايين بليون إلكترون فولت .

وتتكون الأشعة الكونية من أيونات موجبة أو بروتونات (نواة ذرة الهيدروجين) . ويوجد منها نوعان مختلفان : أولية وثانوية . والنوع الأول من الأشعة الكونية هو تلك الأشعة الأصلية التى تكونت قبل الاصطدام بالجزيئات الأخرى فى الغلاف الجوى . والثانوية هى التى تتولد عن اصطدام الأشعة الأولية بنوى الذوات فى الجو وينشأ عن هذا التصادم فيض من ميسونات ونيوترونات مع مجموعات أخرى من الجزيئات بعضها مستقر وبعضها غير مستقر. وبعض هذه الجزيئات متعادل والبعض الآخر يحمل شحنة كهربية .

أما مصدر الأشعة الكونية وكيفية تكوينها وطريقة حصولها على طاقتها العالية فما زالت أسراراً تحير العلماء ويجدّون لحلها ، وقد كان الظن السائد أن معظم الأشعة الكونية يأتى إلينا من الفضاء الذى بين نجوم مجرتنا وقليل منها قد يكون مصدره الشمس فى أحوال نادرة . وعلى كل حال

فإن العلماء يأملون فى أن تؤدى حملة البحث التى تناولت هذه الأشعة خلال السنة الجغرافية الدولية إلى إيضاح معلومات جديدة عنها . وقد كشفت الأبحاث فعلا عن نتائج علمية باهرة .

وقد أجريت أبحاث الأشعة الكونية من محطات أرضية كما أجريت فى الجو ، بل وفى الفضاء ، واستخدمت فى أبحاثها أدوات وأجهزة وآلات عديدة من بينها عدادات مختلفة الأصناف والأحجام منها أنواع عدة من عدادات جيجر ، لتسجل نسبة ما ينفذ خلالها من هذه الأشعة عن طريق التغير الحادث فى عدد من الأفلام الفوتغرافية كما استخدمت أجهزة أخرى مثل مرقاب النيوترونات وتلسكوب الميسون وغرف التأين .

وحملت الطائرات والبالونات والصواريخ البعيدة المدى أجهزة حساسة لتسجيل التغييرات الحادثة فى طبقات الجو العليا . وحتى الأقمار الصناعية أحدث اكتشافات الإنسان لعبت دوراً بل وقدمت واحداً من أهم كشوف السنة الجغرافية الدولية كلها . وسنتحدث عن هذا بعد قليل .

وحينما اتخذ برنامج الأشعة الكونية فى السنة الجغرافية الدولية طريقه نحو التنفيذ كان العلماء العاملون فيه من ٣١ دولة يعملون فى ١٩٥ محطة موزعة فى جميع أنحاء العالم . وكان أول اكتشاف متعلق بهذه الأشعة هو أن درجة تركيزها تجرى فى دوائر متعاقبة . وكانت القراءات المأخوذة عام ١٩٥٨ نصف قراءات عام ١٩٥٤ . وأظهرت القراءات الجديدة أن الأشعة الكونية ذات الطاقة المنخفضة قد اختفت تقريباً خلال السنوات الواقعة بين القراءتين . ورأى العلماء أن نشاط الشمس هو السبب لهذا وقالوا إن الدليل على ذلك أن نشاط الشمس وصل إلى أقل حالاته خلال عام ١٩٥٤ ولكن هذا النشاط زاد بشكل ملحوظ خلال السنة الجغرافية الدولية . وحينما تعمق العلماء فى هذه النظرية أرجعوا التغير إلى المجال المغنطيسى للشمس لأن هذا المجال أقوى من مجال الأرض وحينما تلتهب

الشمس تخرج منها عادة سحب من الغازات الشمسية المتأينة أو العالية التأين. وحينما تندفع هذه السحب فى الفضاء فإنها تحمل معها بعض مجالات الشمس المغنطيسية . هذه المجالات تمتص الأشعة الكونية ذات الطاقة المنخفضة التى تكون فى طريقها إلى الأرض . ومن هنا فإن وصول الشمس إلى قمة نشاطها من شأنه أن ينقص من الأشعة الصغيرة الطاقة إلى حد كبير ويجعلها تختفى تماماً .

وقد قدمت دراسات الأشعة الكونية نتيجة أخرى هامة ، هى وجود أشعة إكس فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى. ولم يكن معروفاً من قبل أن هذه الأشعة موجودة فى هذه الطبقات ولكن البالونات التى ارتفعت إلى ١٠٠ ألف قدم عن سطح الأرض حملت أجهزة أكدت وجود هذه الأشعة فى هذه المناطق المرتفعة ، وكان انفجار الكميات الضخمة من أشعة إكس مصحوباً بظواهر شفق إشعاعى فقط مما دفع العلماء إلى الاعتقاد بأن هذه الأشعة من الإلكترونات السابحة فى جو الفضاء العلوى وأن الإلكترونات بالتالى تنشأ من سحب الغازات المتأينة التى تطلقها الشمس .

وقد كشفت الدراسات التى أجريت على وهج الشمس فى مارس وأغسطس عام ١٩٥٦ عن وجود أشعة جاما وبروتونات منخفضة الطاقة فى المناطق العالية من الغلاف الجوى. والمعروف أن أشعة جاما إلكترو مغناطيسية فى طبيعتها وأن طول موجاتها أقصر من طول موجات أشعة إكس . وقد افترض العلماء أن أشعة جاما تنتج عن الإلكترونات التى تكون فى مرحلة تحلل فى الغلاف الجوى للشمس . أما بالنسبة للبروتونات ذات الطاقة المنخفضة فالمعتقد أنها تنبعث من الشمس مباشرة أثناء ثورانها. وهذان الغرضان فى حاجة إلى أبحاث جديدة للتأكد من صحة أيهما .

وإذا ما عدنا إلى الأشعة الكونية فسنجد أن نتائج الدراسات فى المناطق

والاستوائية قد أثبتت لعلماء الطبيعة الأرضية أن مسارات هذه الجزيئات العالية السرعة قد انحرفت عما توقعوه لها من قبل . ومسارات هذه الجزيئات يحددها المجال المغناطيسى للأرض وكان اعتقاد العلماء لفترة طويلة أنها مسارات منتظمة تماماً ، ومن هنا فقد أوجدوا ما أسموه خط استواء الأشعة الكونية . ولكن نتائج السنة الجغرافية الدولية أجبرتهم على تغيير هذا الخط ونقله ٤٥ درجة إلى الغرب من موقعه الذى حددوه من قبل .

وكانت أهم الكشوف فى ميدان الأشعة الكونية فى الواقع بعيدة عن كل الأشعة القادمة إلينا من الفضاء مباشرة فهى قد اتصلت بصفة خاصة بالأشعة الموجودة فى حزامين معينين من الجزيئات المتأينة يحيطان بالأرض. هذان الحزامان اكتشفتهما وحددت مكانهما الأقمار الصناعية الأمريكية المستكشف والرائد . وسميت المناطق المتأينة بأحزمة فان ألن ، نسبة إلى الدكتور جيمس فان ألن عالم الأشعة الكونية الأمريكى المعروف الذى تمكن بمعاونة عدد من زملائه من تحليل البيانات التى أرسلتها مركبات الفضاء الأمريكية من أن يؤكد لأول مرة وجود الأحزمة المكهربة . وساعدت المعلومات المرسلة من الأقمار الأخرى على تحديد شكل هذه الأحزمة ، إلا أن هناك كثيراً من المعلومات التى ما زالت غامضة حتى الآن حولها .

وأحزمة فان ألن الإشعاعية مكونة من منطقتين من الجزيئات المشحونة إحداهما داخلية والأخرى خارجية. والحزام الداخلى اكتشفه القمر الصناعى (المستكشف ١) فى ٣١ يناير عام ١٩٥٨ . ويبدأ هذا الحزام من ارتفاع ١٣٠٠ ميل عن سطح الأرض ويمتد لمسافة ثلاثة آلاف ميل فى الفضاء ويبلغ طوله ٤ آلاف ميل فى اتجاه شمالى جنوبى . وهو يتخذ

من خط الاستواء المغناطيسى مركزاً له . وإذا ما أخذنا قطاعاً طولياً له فسنجد أن شكله يشبه إلى حد ما قطاعاً فى حبة الفاصوليا .

أما الحزام الخارجى فيبدأ من ارتفاع ٨ آلاف ميل من سطح الأرض ويمتد فى الفضاء لأكثر من أربعة آلاف ميل فى اتجاه شمالى جنوبى أيضاً إلا أن طوله يصل إلى ١٦ ألف ميل ، ويشبه فى مظهره أصبعاً من الموز . وقد اكتشفه القمر الصناعى الرائد الثالث فى السادس من شهر ديسمبر عام ١٩٥٨ . ويفصل الحزامين عن بعضهما البعض منطقة مفرغة تماماً من الجزيئات المشحونة .

وقد أظهرت التحليلات الأولية التى قام بها عدد من العلماء أن الجزيئات المشحونة فى الحزام الداخلى إنما تتولد فى الطبقات العليا فى الجو . إذ تصطدم الأشعة الكونية المرتطمة بالغلاف الجوى للأرض بنواة الأكسجين والأزوت لتكوين نيوترونات ، هذه النيوترونات تتحلل عند هربها من الغلاف الجوى إلى الداخل إلى بروتونات وإليكترونات، ولكن هذه الجزيئات يحبسها مجال الأرض المغناطيسى ليكون منها الحزام الإشعاعى الداخلى .

وأصل الحزام الداخلى ليس ثابتاً حتى الآن . ففى البداية اعتقد العلماء أن السبب فى نشأته هو الإلكترونات المندفعة فى الفضاء خارجة من الشمس، ولكن الدراسات التى أجريت فيما بعد أثبتت للعلماء أن الجزيئات المتولدة فى الغلاف الجوى للأرض قد تكون عاملاً من عوامل تكوين هذا الحزام. ولقد تبين من الدراسات التى قام بها الدكتور ويلموت هيس الأستاذ بمعمل لورنس للإشعاعات وهو تابع لجامعة كاليفورنيا أن هذه النظرية صحيحة إلى حد كبير .

ويرى هذا العالم وعدد من زملائه أن هذه الإلكترونات التى تكون

الحزام الخارجى يأتى معظمها من نفس تحلل النيوترونات كما يحدث فى بروتونات الحزام الداخلى .

وقد وجد العلماء أن نسبة الإشعاع فى الحزامين معاً عالية جداً وهى مرتفعة فى الحزام الداخلى عنها فى الحزام الخارجى. ولهذا التركيز أهمية عظيمة على زيادة الفضاء فى المستقبل ، إذ أن الأشعة الخطرة الموجودة فى هذين الحزامين قد تقف عقبة كأداء أمام رواد الفضاء . ويقدرون أن رجل الفضاء الذى يجتاز هذين الحزامين فى سفينة فضاء غير مدرعة لا يستطيع أن يعيش أكثر من ٤٥ ساعة فى الحزام الخارجى بإلكتروناته وأقل من هذا فى بروتونات الحزام الداخلى المميتة . ولكن هذا الخطر لم يثبط من عزيمة علماء الفضاء ، بل إنهم على العكس اقترحوا طرقاً ثلاثة للتغلب على إشعاعات حزامى فان ألن الخطرة. والطريقة الأولى هى بالطبع بناء سفن فضاء فيها من الوقاية ما يبعد خطر الأشعة القاتلة أما الاحتمال الثانى فعن طريق إطلاق سفن الفضاء من القطبين المغنطيسيين للكرة الأرضية حيث تقل نسبة الإشعاعات فى الحزامين إلى الصفر تقريباً ولذا فمن الممكن استخدامها كمخارج للهرب من الحزامين ، ولهذا يرى العلماء أن القطب الشمالى والجنوبى للأرض قد يصبحان فى يوم ما قواعد هامة لإطلاق سفن الفضاء .

والاقتراح الثالث الذى حاول العلماء الهرب عن طريقه من حزامى فان ألن هو زيادة مقدرة الإنسان نفسه على تحمل هذه الأشعة ومنحه مناعة قوية ضدها عن طريق استخدام كيميائيات معينة مثل (السيسيتامين) ويرى العلماء أن استخدام هذه المواد سيزيد مقدرة الإنسان على تحمل الإشعاعات بنسبة ٥٠ ٪

وفضلا عن السفر فى الفضاء هناك أهمية أخرى لحزامى فان ألن، وهى دورهما فى توضيح عدد من الظواهر الخاصة بالطبيعة الأرضية: إن الدكتور

فان ألن نفسه يرى أن لهذين الحزامين صلات قوية بظاهرة الشفق القطبي ويعتقد هو وعدد من زملائه أنهما مخازن ضخمة رهيبة للجزيئات المشحونة ذات الطاقة العالية التي تخرج أحياناً من المخزن فجأة لتتجه نحو الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى فتحدث ظاهرة الشفق عند اقترابها من الأرض . وهذه الجزيئات التي يفقدها الحزامان تعوضها جزيئات أخرى تدخلهما عن طريق حزم من الغازات الشمسية

ويؤمن كثير من هؤلاء العلماء بأن هذين الحزامين هما السبب المباشر في الاضطرابات والعواصف المغناطيسية التي تعرقل المواصلات اللاسلكية، بل إن هذه العواصف توقف موجات الراديو تماماً عندما تشتد إلى حد معين . وهناك اعتقاد عام بين علماء الطبيعة بأن حزامي فان ألن قد يكونان مسئولين إلى حد كبير عن الدفء الموجود في الطبقات العليـــا الرقيقة من الغلاف الجوى.

لقد كان حزاما فان ألن دون شك من أهم مكتشفات السنة الجغرافية الدولية ، وسيظلان مجالاً لأبحاث علمية مستفيضة خلال الأعوام القادمة. ولقد اكتشف العلماء السوفييت أخيراً احتمالات وجود حزام ثالث قد يكون محيطاً بالكرة الأرضية ، وتشير الأجهزة التي حملتها صواريخهم إلى أن هذا الحزام يبدأ من ارتفاع قدره ٣٤ ألف ميل ويمتد في الفضاء نحو ٦٤ ألف ميل تقريباً .

* * *

الأيونوسفير

الغلاف الجوى ملاءة من الغازات تغلف الكرة الأرضية ، وهو عامل حيوى في قيام الحياة على سطح الأرض لأنه يزودنا بالأكسجين الذى

لا يستطيع أى كائن حى أن يعيش بدونه ، وهو أيضاً درع واق لنا يمتص الإشعاعات الضارة ويخفف عنا الطاقة الضخمة التى تحويها الأشعة الكونية وأشعة أكس والأشعة فوق البنفسجية، ويجعل هذه الأشعة كلها غير ضارة بنا بل ويجعلها فاصلاً يحجز عنا الشهب والغبار الذرى الآخر .

والغلاف الجوى منطقة معقدة دائمة التغير حيرت العلماء أجيالا طويلة. ولقد حصل العلماء على كميات ضخمة من المعلومات فى بحثهم عن أسرار هذا « المحيط » من الهواء فعرفوا مثلاً أنه مكون من طبقات بعضها فوق بعض وأكبر هذه الطبقات يسمى الكرات spheres وتفصلها عن بعضها البعض مناطق إنتقالية أضيق يطلق عليها العلماء الوقفات pauses .

ونحن نعيش فى أكثر هذه الكرات بعداً نحو الداخل وهى التى تعرف « بالتروبوسفير » . وتمتد فوقنا إلى ارتفاع يزيد على ٧ أميال . وفى هذه المنطقة بالذات يتشكل الطقس اليومى لجميع مناطق الأرض . وفوق هذه المنطقة توجد منطقة أخرى تمتد إلى خمسين ميلاً وتسمى هذه الكرة الثانية « ستراتوسفير » . وتلى هذه المنطقة منطقة أخرى تسمى « الأيونوسفير » وهى تصل إلى ارتفاع قدره ٤٠٠ ميل . أما آخر طبقات الجو أو كراته فهى « إكسوسفير » التى تمتد فى عالم الفضاء إلى ٦٠٠ ميل تقريباً . وأكثر هذه الكرات كثافة هو أقربها إلى الأرض . وكلما ابتعدنا عن الأرض قلت كثافة الكرات .

وقد أولى علماء العالم منطقة الأيونوسفير اهتماماً أكثر من اهتمامهم بالطبقات الأخرى، والسبب فى ذلك ليس بعيداً عن الإدراك فهذه المنطقة هى أعقد مناطق الفضاء وأشدها غموضاً ، وهى أيضاً المنطقة التى تساعد الجو على أداء وظيفة هامة ، وهى الاتصالات اللاسلكية البعيدة المدى ،

والسر فى ذلك هو قدرتها على عكس موجات الراديو . وقد بلغ اهتمام العلماء بهذه المنطقة بالذات حداً جعلهم يخصصون لها علماً أسموه علم طبيعة الأيونوسفير .

وقد قال العلماء بوجود الأيونوسفير منذ نحو مائة سنة وقد سمى بهذا الإسم (لأن جزيئات المادة منه متأينة أو مكهربة) عندما قال عالم طبيعى وجوى يدعى « بلفور ستيوارت » بوجود هذه المنطقة لأول مرة . ولم يهتم العلماء باقتراحه أو فرضه هذا حتى عام ١٩٠١ حينما قام العالم الإيطالى العبقرى جاليليو ماركونى بإرسال إشارة لاسلكية لأول مرة عبر المحيط الأطلسى . وحينما حاول العلماء تعليل ذلك عادت إلى أذهانهم مقترحات ستيوارت حول وجود منطقة مكهربة فى الجو المحيط بالأرض .

وقد توصل العالم الأمريكى أرثر كينللى والعالم البريطانى أوليفر هفيسيد كل منهما على حدة إلى وضع نظرية تقول بوجود طبقة مكهربة فى طبقات الجو العليا وقالا إنها هى السر فى وصول موجات ماركونى. وظلت النظرية افتراضاً حتى عام ١٩٢٥ حينما قام عالمان أمريكيان هما « جريجورى بريت وميرل تيف» بإجراء تجربة أثبتت صحة النظرية السابقة. وتمكن هذان العالمان من تحديد موقع الأيونوسفير ومداه بالدقة الكاملة .

ومن ذلك الوقت والعلماء دائبون على أبحاثهم التى تبين منها أن هذا الأيونوسفير إنما هو درع عريض من الهواء المتأين ينقسم إلى أربع طبقات مختلفة وتبدأ من ارتفاع ٦٠ ميلاً فوق سطح الأرض وتمتد إلى أكثر من ٤٠٠ ميل من سطح الأرض . وسمى العلماء هذه المناطق بالرموز التالية د ، هـ ، و ، وِ .

وتبدأ المنطقة د وهى أكثر المناطق انخفاضاً أى أقربها إلينا، من ارتفاع

٦٠ ميلا فوق سطح الأرض، وتلتحم فى المنطقة التالية لها وهى المسافة « هـ » التى تمتد بين ارتفاع ٧٠ ميلاً ، ٩٠ ميلاً فوق سطح الأرض، وبعدهما طبقتا و ، و اللتان ينتهى ارتفاعهما عند ٤٠٠ ميل فوق سطح الأرض . والسر فى كهربة هذه الطبقات هو وجود إلكترونات حرة وذرات وجزيئات متأينة . وبعض الذرات المتأينة سالب وبعضها الآخر موجب. والمعروف أن منطقة الإيونوسفير تتباين فيها درجة الحرارة إلى مدى واسع يزيد على أربعة آلاف درجة مئوية .

ويدين الأيونوسفير بوجوده فى المقام الأول إلى الإشعاعات القادمة من الشمس . ويعود التأين أساساً إلى الأشعة الفوق البنفسجية التى تمتصها الطبقات العليا من الجو . ورغم ذلك فالعلماء لا يعرفون حتى الآن الطريقة الميكانيكية التى تتولد بها الإليكترونات والتى تختفى بسببها من وقت لآخر. وتختلف كثافة الجزيئات المكهربة من منطقة لأخرى وتتزايد أعدادها مع ارتفاع الطبقة ، ففى المنطقة « د » مثلاً وهى كما سبق أن ذكرنا تقع أسفل الإيونوسفير نجد أن عدد الجزيئات المكهربة لا يتجاوز عشرة آلاف جزىء فى البوصة المربعة بينما تزيد الكثافة فى أعلى المناطق وهى « و » إلى ١٠ ملايين جزىء فى البوصة المربعة ، واختلاف كثافة الجزيئات فى مناطق الإيونوسفير هو الذى يمكنها من عكس موجات الراديو . وكلما ازدادت للكثافة ازداد تردد الموجة المنعكسة .

والخاصية المميزة فى الأيونوسفير هى طبيعته المتقلبة ، فتكوينه الطبيعى يتغير من موسم إلى موسم ومن فصل إلى فصل بل ومن يوم ليوم آخر ، ولما كانت هذه المنطقة المكهربة معتمدة على الشمس فى وجودها فإن أى تغير فى الشمس أو أى نشاط فيها يبدو واضحاً فى هذه الطبقة. وهى تتأثر كذلك بالشهب التى تدخلها من الفضاء كما أنها تتأثر بجاذبية كل من الشمس والقمر

وشدهما للأرض . ولقد كان من حسن حظ العلماء حقاً أن كانت الشمس فى أوج نشاطها فى السنة الجغرافية الدولية إذ كانت فرصة ذهبية للحصول على معلومات جديدة عن منطقة الإيونوسفير .

وقد اقتضت أبحاث الأيونوسفير فى السنة الجغرافية الدولية إستخدام ١٣٥ محطة فى مختلف أنحاء العالم . وقد اشترك مع العلماء القائمين بالأبحاث عدد كبير من هواة اللاسلكى قدروا بالمئات . وطلب من هؤلاء الهواة أن يكتبوا تقريراً عن الموجات التى استقبلوها فى أجهزتهم وطولها ومدتها ووقتها . وكان الهدف من كل الأبحاث تحديد توزيع الإلكترونات فى كل أنحاء العالم وارتفاعها وموقعها الجغرافى ليلاً ونهاراً وفى المواسم المختلفة وفى الفترات التى تكون فيها منطقة الأيونوسفير هادئة والفترات التى تكون فيها مضطربة .

وقبل أن نناقش النتائج الهامة التى وصل إليها العلماء فى ميدان الأيونوسفير دعونا نتحدث قليلا عن الوسائل التى استخدموها فى جمع المعلومات عن الأيونوسفير . كان الجهاز الرئيسى لهم هو « الأيونوسوند » وهو عبارة عن جهاز إرسال لاسلكى وجهاز استقبال ، ويستطيع هذا الجهاز إرسال موجات راديو مختلفة التردد إلى الأيونوسفير وحينما تنعكس هذه الموجات إلى الأرض مرة أخرى يقيس المستقبل مواعيد عودتها وتعرض الأصداء العائدة على مرسمة أشعة الكاثود للذبذبات ، وهى نوع من أنابيب الصور التليفزيونية . وكلما ازداد ارتفاع تردد موجات الراديو ازداد تغلغلها فى الأيونوسفير ، ومن هنا فإن الوقت الذى تستغرقه الموجة اللاسلكية ذهاباً وإياباً يحدد لنا بدقة بعد المنطقة التى عكست عندها هذه الموجة . وهذه الطريقة التى تعرف « بالإسقاط العمودى » تقدم لنا معلومات كثيرة عن الأيونوسفير وتوضح لنا كذلك كثافة الإلكترونات فى منطقة ما وسمك المنطقة المتأينة

وتحدد لنا مكان الإلكترونات وتكشف عن التغير المستمر فى مناطق الأيونوسفير. ولكن هذه الطريقة لا تكفى إلا للحصول على بيانات من الإلكترونات . أما المعلومات عن طبيعة الذرات والجزيئات المتأينة الأخرى فتستخدم طرق أخرى للحصول عليها ومنها الصواريخ المزودة بالأجهزة العلمية .

وفى القواعد التى أقيمت فى المنطقة الوطنية الجنوبية حيث لا يعرف إلا القليل عن طبيعة الأيونوسفير أو لا يعرف شيء على الأطلاق ، تمكن العلماء من الوصول إلى كشوف غير عادية ؛ فقد وجدوا أن طبقة « و » أعلى مناطق الأيونوسفير كانت لاتزال موجودة فوق القطب خلال الليل القطبى الطويل وكان هناك شك فى احتمال وجودها والشمس مختفية . ووجد العلماء فعلاً اختلافاً فى تركيب طبقة « و » من الأيونوسفير عند القطبين عنها فى المناطق المعتدلة فهى فوق المنطقة القطبية الجنوبية مكونة من طبقات أو سحب من الجزيئات المتأينة. وقد وجد العلماء أن هذه المناطق تمر بتغيرات فى دورة منتظمة تستغرق ٢٤ ساعة . ومن المعتقد أن هذا التغير يعود إلى التغير الحادث فى المجال المغناطيسى للأرض .

وإكتشف العلماء فى مناطق أخرى أن طبقات « و » من الأيونوسفير تمر بتغيرات رئيسية بين النهار والليل، ففى خلال الليل تكون الحزم المتأينة رقيقة جداً فى ظلام الليل ولكنها فى النهار حينما تسطع الشمس بقوة تتمدد ويزداد سمكها .

وثمة اكتشاف آخر هام وهو وجود أشعة إكس شمسية فى المناطق المنخفضة من الأيونوسفير وقد أكدت وجودها الصواريخ المزودة بالأجهزة العلمية، وهذه الأشعة لا الأضواء فوق البنفسجية هى المسئولة عن تأين المنطقة « د » وهى أقرب مناطق الأيونوسفير إلينا . وهى المسئولة أيضاً عن زيادة

الإلكترونات فى المنطقة إلى الحـــد الذى يجعلها تعكس موجات اللاسلكى .

وليست الاكتشافات التى ذكرناها سوى عينات من الاكتشافات التى وصل إليها علماء طبيعة الأيونوسير خلال السنة الجغرافية الدولية . وكان بعض الدراسات الأخرى موجهاً بصفة مباشرة أو غير مباشرة إلى نواحٍ متخصصة من الأيونوسفير ولقد بحثنا عدداً منها من بينها الشفق وظاهرة الصفير ، وحزام فان ألن، والأشعة الكونية . وقد أفادت كل الدراسات التى أجريت فى هذه المجالات فعلاً فى معرفة المزيد عن منطقة الايونوسفير ذاتها ، لا من الناحية العلمية البحتة فحسب بل ومن ناحية الأثر الحيوى والعلمى الذى للأيونوسفير على مواصلاتنا اللاسلكية .