الفصل السابع

كوكب الأرض

الفصل السابع
كوكب الأرض

يعيش الإنسان فوق سطح هذا الكوكب، ويتنفس هواءه ويروي ظمأه بمائه، ويتغذى بما تجود به أرضه وتربته، وينتفع بطيوره وحيواناته ونباتاته، ويستغل مسطحاته البحرية ومجاريه النهرية لمنفعته. ومن بين بلايين الكواكب السابحة في الفضاء السماوي جعل الله تبارك وتعالى كوكب الأرض سكنا للإنسان، واستخلفه فيه ليعمره ولينتفع بما أنعم الله به عليه من نعم لا تعد ولا تحصى، وليستفيد بما سخره الله ـ سبحانه ـ من مخلوقات لخدمته، وليستبصر في ملكوت السمٰوات والأرض ليشكر ربه خالق كل شيء على ما أنعم به من نعم وفضل وكرم. يقول تبارك وتعالى:

﴿ وإذ قال ربُّك للملائكة إني جاعل في الأرض خليفة قالوا أتجعلُ فيها من يُفسِدُ فيها وَيَسفِكُ الدماءَ ونحن نُسَبِّح بحَمدكَ ونقدسُ لك قال إني أعلَمُ ما لا تَعْلَمُون ﴾ البقرة (٣٠).

وكوكب الأرض ـ مسكن الإنسان ـ الذي يبهرنا بالظاهرات التضاريسية التي تشكل سطحه، وبنظام توزيع مسطحاته المائية واليابسة، وبتعرضه لحدوث الحركات التكتونية (الجوفية أو الباطنية) التي تتوالد في باطنه، وبانبثاق المصهورات اللافية التي تشكل مظهر سطحه، ما هو في الحقيقة إلا كوكب صغير الحجم جدًّا من بين كواكب المجموعة الشمسية The Solar System التي تتأثر جميعها بجاذبية الشمس الأم، والتي يدور كل كوكب منها في مدار خاص به حولها من الغرب إلى الشرق.

وهذا الكوكب الذي قد يبدو فسيح الأرجاء واسع الامتداد في نظر الكثيرين من العامة، ليس عالمًا منفصلا بذاته، بل هو حلقة صغيرة جدًّا من سلسلة غير متناهية الامتداد تتركب من بلايين الحلقات وتمثل الكون بأسره، وكل ما يحدث في أي حلقة من حلقات سلسلة الكون له أثره الفاعل والمباشر في استمرار الحياة

على سطح الأرض. وأشارت الآيات القرآنية الكونية إلى أن الأرض كانت في فترة ما متصلة وملتصقة بغيرها من نجوم الفضاء السماوي، ثم انفصلت وتفتقت عنها لما أراد الله جل وعلا لها أن تكون، وجعل الله سبحانه وتعالى من الماء كل شيء حي، وجعل في باطن الأرض ثقلا محكمًا يثبت به قوة جاذبيتها، وأرسى جبالا شامخات راسخة فوق سطحها، وجعل السماء فوقها سقفًا محفوظًا. وكوكب الأرض مثله كغيره من بقية الكواكب والنجوم في الفضاء السماوي له دورة محورية وأخرى انتقالية حول النجم الأم الشمس. وكل شيء في الكون يَسْبَح في مداره الخاص به ويُسَبِّحُ بحمد الله الذي خلقه وسواه بحكمة مقدرة وبالحق الذي لا يأتيه الباطل من بين يديه ولا من خلفه. يقول المولى تبارك وتعالى:

﴿أَوَلَم يرَ الذين كفروا أن السمٰواتِ والأرضَ كانتا رتقا ففتقناهما وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون * وجعلنا في الأرضِ رواسي أن تميد بهم وجعلنا فيها فجاجًا سبلاً لعلهم يَهتَدُون * وجعلنا السماءَ سقفًا محفوظًا وهم عن آياتها معرضون * وهو الذي خلقَ الليلَ والنهارَ والشمس والقمرَ كُلٌّ في فلكٍ يَسْبَحُون﴾ الأنبياء (٣٠ ـ ٣٣).

شكل الكرة الأرضية:

كوكب الأرض ليس كرويًّا بصورة هندسية تامة، بل يتفلطح سطحه عند القطبين، ويبلغ قطره القطبي ٧٩٠٠ ميل وقطره الاستوائي ٧٩٢٨ ميلاً. ويعتقد العلماء أن هذه الزيادة في طول القطر الاستوائي عن طول القطر القطبي ترجع إلى تأثير عمليات دوران الأرض حول نفسها أثناء المراحل الأولى عند بداية نشوئها. وهذه الحقيقة التي توصل إليها العلم والهندسة الجيوديسية مؤخرًا جاء ذكرها في القرآن الكريم منذ أكثر من أربعة عشر قرنًا مضت، وذلك في قوله تبارك وتعالى:

﴿ أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نأتِي الأرْضَ نَنقُصُهَا من أطرافِهَا والله يحكم لا معقِّبَ لحُكْمِهِ وهو سريعُ الحساب ﴾ الرعد (٤١).

وقد اختلف المفسرون في تفسير «أَنَّا نأتِي الأرضَ ننقُصُهَا من أطرافِهَا . . .». فقال بعضهم إن ذلك يدل على خراب أرض المشركين وقبض أهلها[١]. وقال بعضهم الآخر[٢] إن ذلك معناه هلاك العلماء في الأرض وموتهم . وقال الإمام الفخر الرازي: «أَوَلَمْ يروا أن كل ما يحدث في الدنيا من الاختلاف خراب بعد عمارة، وموت بعد حياة، وذل بعد عز، ونقص بعد كمال».

وأطراف الشيء هي أبعد أجزائه عن وسطه أو مركزه، وبالنسبة لكوكب الأرض، فإن أطرافه تتمثل في ناحيتين هما:

أ ـ القمم والهامات العليا للجبال، وهي التي تمثل الأطراف الرأسية لقشرة الأرض. وهذه الأطراف العليا تتناقص في الارتفاع تبعا لتآكلها ونحتها المستمرين بفعل عوامل التجوية والتعرية.

ب ـ أطراف الكرة الأرضية عند القطبين، وتبعا لتفلطح منطقتي القطبين أدى ذلك إلى تناقص طول القطر القطبي عن طول القطر الاستوائي. وهذا الأمر له أثره في اختلاف زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الكرة الأرضية واختلاف الليل والنهار طولا وحرارة على أجزاء سطح الأرض. وتوضح الآيات القرآنية أن هذا التناقص مستمر إلى يوم الساعة، ومن ثم جاء الفعل بصيغة المضارع (ننقصها). يقول المولى عز وجل:

﴿ بَلْ متعنا هؤلاءِ وآباءهُم حتى طَالَ عليهم العُمُرُ أفلا يرون أَنَّا نأتِي الأرضَ نَنقُصُهَا من أطرافِهَا أَفَهُمُ الغالبُونَ ﴾ الأنبياء (٤٤).

---

(١) الخازن: «لباب التأويل في معاني التنزيل».

(٢) د. حجازي، ج١٣/ ٥٦.

وتوضح البيانات الآتية أبعاد الكرة الأرضية وكثافتها ومناسيبها .

أولاً: بعض أطوال الأرض وأبعادها :

من بين المحاولات الأولى لمعرفة أبعاد الأرض تلك التجربة التي قام بها عالم الرياضيات الفلكي الإسكندري إيراتوستين (١٧٦ ــ ١٩٦ ق م) لمحاولة إيجاد محيط الأرض؛ فقد لاحظ إيراتوستين اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمت الراصد فيما بين الإسكندرية وأسوان على اعتقاد منه أنهما تقعان على خط طول واحد. وكان مقدار هذه الزاوية ٢ , ٥٧° وتساوي المسافة بين المدينتين والتي قدّرها بنحو ٥٠٠٠ فرسخا يونانيا. ومن تقديره لقوس هذه الزاوية استطاع أن يقدر محيط الكرة الأرضية بنحو ٢٥٢ , ٠٠٠ أستديا (الميل يبلغ نحو ١٠ أستديات) أي نحو ٢٤٦٦٢ ميلا (٣٩٥٠٠ كم)[١].

نصف القطر القطبي	٣ , ٩٥٠ ميلا (٦٣٥٧ كم)
نصف القطر الاستوائي	٣ , ٩٦٤ ميلا (٦٣٧٨ كم)
متوسط نصف قطر الأرض	٣ , ٥٩٦ ميلا (٦٣٧١ كم)
المحيط القطبي	٢٤ , ٩٠٠ ميل (٤٠ , ٠٠٩ كم)
المحيط الاستوائي	٢٤ , ٨٥٧ ميلا (٤٠ , ٠٧٧ كم)

(قيمة التفلطح) درجة إهليلجية الأرض Ellipticity – مقدار التناقص عن الشكل الدائري المنتظم.

$$\text{قيمة التفلطح} = \frac{\text{(القطر الاستوائي – القطر القطبي)}}{\text{القطر الاستوائي}} = \frac{١}{٢٩٧}$$

(١) د. حسن أبو العينين: «كوكب الأرض»، الطبعة العاشرة ـ الإسكندرية (١٩٨٨م)، ص ٩ ـ ١١.

ثانيًا : حجم الأرض :

حجم الأرض عامة	٢٦٠ بليون ميل٣ (١,٠٨ × ٨١٠ كم٣)
حجم المسطحات المائية	٣٣٠ مليون ميل٣ (١,٣٧٠ × ٦١٠ كم٣)
حجم قشرة الأرض Crust	٢ بليون ميل٣ (٦,٢١٠ × ٦١٠ كم٣)
حجم القشرة الغطائية للأرض Mantle	٢١٦ بليون ميل٣ (٨٩٨٠٠٠ × ٦١٠ كم٣)
حجم باطن الأرض Core	٤١ بليون ميل٣ (١٧٥,٥٠٠ × ٦١٠ كم٣)

ثالثًا : كثافة الأرض : (على أساس كثافة المياه = ١)

متوسط كثافة الأرض	٥,٥٢
كثافة قشرة الأرض	٢,٨٥
كثافة القشرة الغطائية للأرض	٤,٥٣
كثافة باطن الأرض	١٠,٧٠

رابعًا : مساحة الأرض :

مساحة سطح الكرة الأرضية

١٩٨ مليون ميل٢ (٥١٠ × ٦١٠ كم٢)

مساحة اليابس (٢٩,٢٢٪ من مساحة الكرة الأرضية)

٥٧,٥ مليون ميل٢ (١٤٩ × ٦١٠ كم٢)

مساحة المسطحات المائية (٧٠,٧٨٪ من مساحة الكرة الأرضية)

١٣٩,٤ مليون ميل٢ (٣٦١ × ٦١٠ كم٢)

مساحة اليابس مع مساحة الرفارف القارية

١٢٨,٤ مليون ميل٢ (٣٢٢,٦ × ٦١٠ كم٢)

خامسًا: مناسيب الأرض:

أعلى ارتفاع لليابس (قمة أفرست)	٢٩,٠٢٨ قدما (٨,٨٤٨ م)
أشد عمق معروف للماء (بخانق ماريانا)	٣٦,١٩٨ قدما (١١,٠٣٣م)
متوسط ارتفاع اليابس	٢,٧٥٧ قدما (٨٤٠ م)
متوسط أعماق المحيطات	١٢,٤٦٠ قدما (٣,٨٠٨م).

كروية الأرض:

على الرغم من انبساط سطح الأرض واستواء مظهره العام وتكوينه من سهول واسعة مستوية الامتداد. فقد أدرك معظم العلماء منذ القدم أن الأرض التي يعيش الإنسان عليها هي كروية الشكل، وأنها معلقة على شكل كرة تسبح في الفضاء. وأكد الفلاسفة الإغريق كروية الأرض، وظهر ذلك في دراسات فيثاغورس وأرسطوطاليس (٣٨٤ ـ ٣٢٢ ق. م). وقد تبين للعلماء إبان هذه الفترة البعيدة أن الشمس تشرق على البلدان التي تقع في الشرق قبل شروقها على البلدان التي تقع في الغرب. ومعنى ذلك أن الشمس لا تشرق على جميع أجزاء سطح الأرض في وقت واحد، وكذلك حال غروبها، ومن ثم يتبين أن شكل الأرض لا بد أن يكون كرويًا، وأن هذه الكرة الأرضية تدور حول نفسها، وأن الشمس تضيء النصف الذي يواجهها من هذه الكرة ويكون ذلك نهارًا. أما النصف الآخر الذي يظاهر الشمس أثناء دورانه المحوري، فيكون ليلا مظلمًا.

وتأكد العلماء من حقيقة كروية الأرض عن طريق بعض المشاهدات الميدانية، وذلك مثل رؤية أعالي الأشياء ـ من بعد ـ قبل أسافلها في كل من اليابس والبحر. فيرى المشاهد على الأرض القمم الجبلية وهاماتها قبل رؤيته أقدامها، وفي البحر يرى سواري السفن وأعاليها قبل أن يرى أسافلها. ثم جاء

ماجلان ١٥١٩م وأبحر من أسبانيا متجهًا غربًا إلى الطرف الجنوبي لأمريكا الجنوبية، وبعدها عبر المحيط الهادي عام ١٥٢١م، ثم وصل إلى جزر الفلبين، وأكمل بحارته الرحلة من بعده ووصلوا إلى المحيط الهندي ومنه إلى أوروبا، وعادوا إلى أسبانيا مرة أخرى عن طريق الشرق، مما أثبت حقيقة كروية الأرض. وعلى قدر قوة أبصارنا لا يشاهد الإنسان السطح الكروي للأرض وهو واقف على سطحها، بل يرى سطح الأرض وكأنه منبسط تمامًا حتى امتداد خط الأفق الذي تتلامس فيه الأرض مع السماء بصريًا.

وقد حظيت قضية كروية الأرض باهتمام العلماء والجغرافيين المسلمين. فقد أكد القزويني [١] كروية الأرض مثلها مثل الشمس وبقية النجوم والكواكب الأخرى، واستدل على ذلك عند تفسيره حدوث ظاهرتي خسوف القمر وكسوف الشمس. وأوضح شمس الدين الدمشقي [٢] حقيقة كروية الأرض في قوله: «الدليل على أن الأرض كروية الشكل مستديرة أن الشمس والقمر وسائر الكواكب لا يوجد طلوعها ولا غروبها على جميع النواحي في وقت واحد، بل يُرى طلوعها في النواحي الشرقية من الأرض قبل طلوعها على النواحي المغربية...». كما رسم العلماء والعرب والمسلمون قارات العالم في القرن الرابع الهجري على خرائط تثبت كروية الأرض ومنها صورة الأرض **للمسعودي**[٣] (المتوفى سنة ٣٤٦هـ)، وأقاليم العالم السبعة **لياقوت الحموي** [٤] وخرائط أقاليم

---

(١) زكريا بن محمد القزويني: «عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات»، طبعة القاهرة (١٩٦٦م)، ص ١١ـ ١٥.

(٢) شمس الدين الأنصاري الدمشقي: «نخبة الدهر في عجائب البر والبحر»، مكتبة المثنى ــ بغداد، ص ٩.

(٣) المسعودي، أبو الحسن علي بن الحسين: «مروج الذهب ومعادن الجوهر»، أربعة أجزاء ــ القاهرة (١٩٥٨م).

(٤) ياقوت الحموي: «معجم البلدان» بيروت (١٩٥٥م)، ج١/ ٢٥.

العالم **للمقدسي**[1] (المتوفى سنة ٣٧٥هـ)، وصورة جميع الأرض **لابن حوقل**[2]، وصورة تمام أقاليم الأرض **للإصطخري**[3]، وصورة الأرض **للإدريسي**[4] وغيرهم كثيرون. ويقول **ابن خلدون**[5] في افتتاح مقدمته: «اعلم أنه قد تبين في كتب الحكماء الناظرين في أحوال العالم أن شكل الأرض كروي، وأنها محفوفة بعنصر الماء كأنها عنبة طافية عليه، فانحسر الماء عن بعض جوانبها لما أراد الله من تكوين الحيوانات فيها وعمرانها بالنوع البشري الذي له الخلافة على سائرها، وقد يتوهم من ذلك أن الماء تحت الأرض وليس بصحيح، وإنما التحت الطبيعي قلب الأرض ووسط كرتها، الذي هو مركزها، والكل يطلبه بما فيه من الثقل وما عدا ذلك من جوانبها، وأما الماء المحيط بها فهو فوق الأرض...».

كما أكد علماء التفسير من المسلمين كروية الأرض، وأشار **ابن القيم**[6] إلى أن الأرض كروية الشكل، وأن الإنسان يكتشف في آيات الله من وقت إلى آخر ما

---

(١) المقدسي، شمس الدين أبو عبد الله محمد: «أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم»، طبعة ليدن (١٩٠٦م)، وراجع نفيس أحمد: «دور المسلمين في الجغرافيا»، ترجمة فتحي عثمان ـ الكويت (١٩٧٩م).

(٢) ابن حوقل، أبو القاسم النصيبي: «كتاب صورة الأرض»، طبعة ليدن (١٩٣٨م)، وطبعة بيروت (١٩٦٢م).

(٣) الإصطخري، أبو إسحاق إبراهيم: «المسالك والممالك»، تحقيق د. محمد جابر الحيني ـ القاهرة (١٩٦١م).

(٤) الإدريسي في كل من: أ. د. حسن أبو العينين: «دراسات في علم الخرائط»، الطبعة العشرون ـ مذكرة جامعية، الإسكندرية (١٩٨٤م) ص ٢٥.

ب ـ د فلاح أسود: «دور العرب والمسلمين في رسم الخرائط»، المؤتمر الجغرافي الإسلامي الأول ـ الرياض (١٩٧٩م)

(٥) ابن خلدون، عبد الرحمن بن محمد: «مقدمة ابن خلدون»، تحقيق د. علي عبد الواحد وافي ـ ٤ أجزاء ـ القاهرة (١٩٥٧م).

(٦) ابن قيم الجوزية: «التبيان في أقسام القرآن»، بيروت ـ بدون تاريخ، تصحيح طه شاهين، ص ١٨٥.

يؤكد له ذلك ليصدق الله ورسله فيما أخبر بـه من آيات الكتاب الكريم. ويذكر **ابن حزم**[١] في شأن كرويـة الأرض. «أن أئمة المسلمين المستحقين لاسم الإمـامة في العلم لم ينكـروا تكويـــر الأرض». ويقول **ابن تيمية**[٢]: «اعلـم أن الأرض قد اتفقـوا على أنهـا كرويـة الشكـل . . . وليس تحت وجـــه الأرض إلا وسطهـا ونهايـــة التحت المركز. . . وهـو الـذي يسمى محـــط الأثقـال. . .». ويقـــول الشيـخ **بن بـاز**[٣]: «وكونهـا ـ الأرض ـ كرويـة لا ينافي تسطيح وجهها المسكون للعالم، وجعلهـا فراشًـا ومهادًا». وأوضح **الفخر الرازي**[٤] أن مـد الأرض هـو بسطها إلى مـا لا يدرك منتهـاه، وقد جعل الله حجم الأرض عظيماً لا يقع البصر على منتهاه، والكرة إذا كانت في غاية الكبر كان كل قطعة منها تشاهد كالسطح المستوى الامتـداد. وكرر **الألوسي**[٥] في كتـابه روح المعـاني هذا التفسير نفسـه. ومن مشاهـدة ظل الأرض على القمر طوال الشهـر القمري بدوران القمـر حول الأرض استـدل **القزويني**[٦] على كـروية الأرض وكـرويـة النجوم والكـواكب في الفضاء السماوي.

ولم يشاهد الإنسان الأرض في شكلها الكروي وهي تسبح في الفضاء السماوي إلا عندما أطلق العلماء الروس القمر الصنـاعي الأول «سبوتنيك» في مداره حول الأرض في أكتوبر ١٩٥٧م. واستطاع العلماء الحصـول على صور جيدة لكوكب

---

(١) ابن حـزم الأندلسي: «الفصل في الملل والأهـواء والنحل»، طبع الخانجي ـ القـاهرة ـ بدون تـاريخ ـ ج٢/ ٧٨ـ ٨٩.

(٢) ابن تيمية، تقي الدين أحمد بن عبد الحليم: «الجواب الصحيح لمن بدل دين المسيح»، مطبعة النيل ـ القاهرة (١٩٠٥م).

(٣) ابن بـاز: «الأدلة النقلية والحسية على جريان الشمس» الرياض، بدون تاريخ، ص ٦٧.

(٤) الفخر الرازي: «مفاتيح الغيب»، طهران ـ بدون تاريخ ـ ج١٩/ ٣.

(٥) الألوسي، شهاب الدين محمود: «روح المعاني»، بيروت ـ بدون تاريخ ـ ج١٣/ ٩٠ ـ ٩١.

(٦) القزويني: «آثار البلاد وأخبار العباد»، بيروت (١٩٦٠م).

الأرض بواسطة آلات التصوير التي كانت مثبتة في القمر الصناعي. وفي عام ١٩٦٦م هبط القمر الصناعي «لونيك ٩» بأجهزته التقنية المطورة على سطح القمر، وأرسل لمحطات الاستقبال على الأرض صورًا عن كوكب الأرض (شكل ١٦ أ). وقد أشار القرآن الكريم إلى كروية الأرض في آيات متعددة في قوله تعالى:

﴿ والأرضَ مدَدنَاهَا وألقينَا فيها رَواسِيَ . . . ﴾ ق (٧).

﴿ والله جَعَلَ لكم الأرض بساطًا * لتسلكوا منها سبلا فجاجًا ﴾ نوح (١٩ ـ ٢٠).

﴿ والأرض بعد ذلك دحاها * أخرج منها ماءها ومرعاها ﴾ النازعات (٣٠ ـ ٣١).

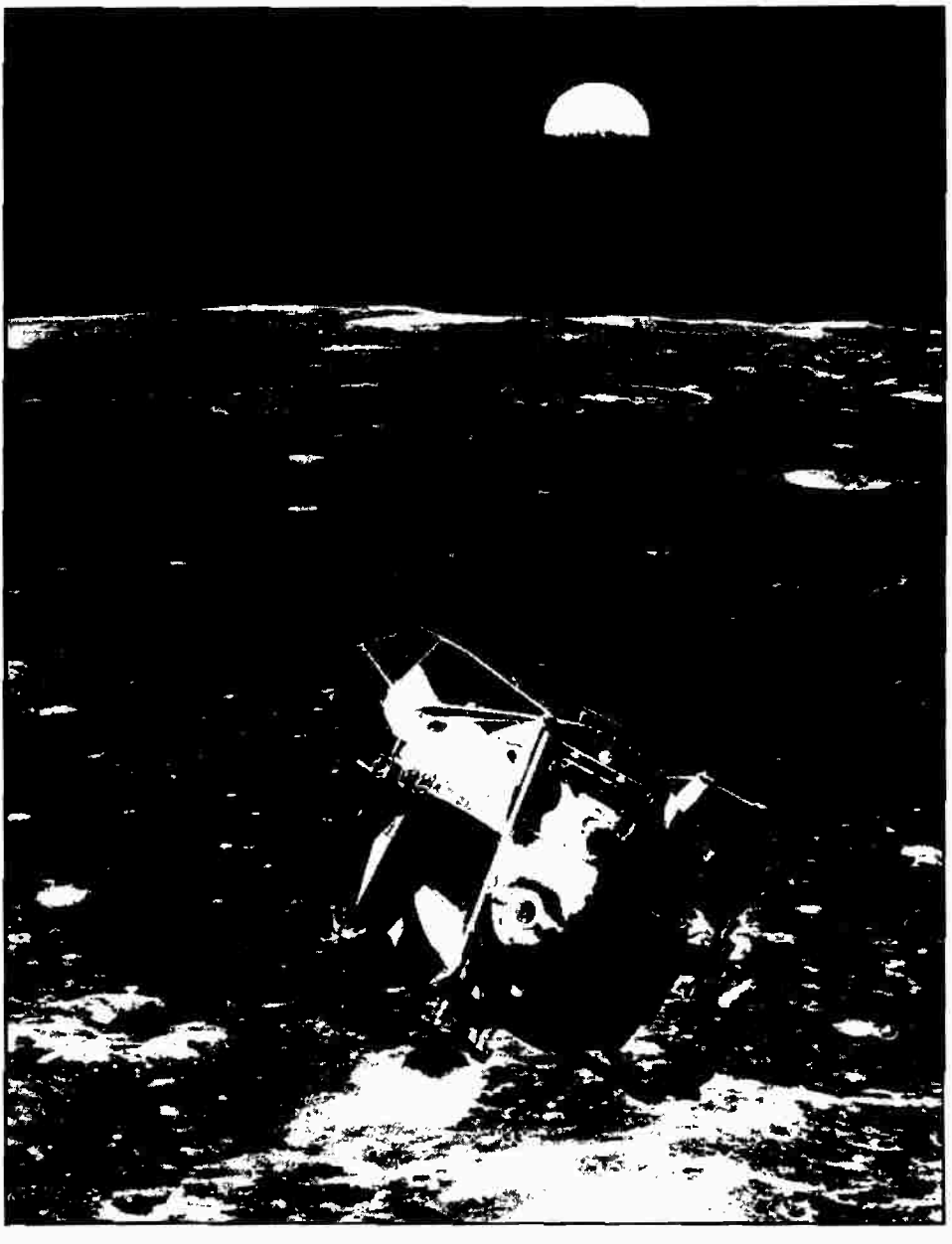
﴿ . . . وإلى الأرض كيف سطحت . . . ﴾ الغاشية (٢٠).

﴿ الذي جعل لكم الأرض مهدا وجعل لكم فيها سبلا لعلكم تهتدون ﴾ الزخرف (١٠).

﴿ . . . يكور الليل على النهار ويكور النهار على الليل . . . ﴾ الزمر (٥).

ويقول المفسرون «يكور» من كور العمامة وهو إدارتها واستدارتها حول الرأس. والدحو: هو التكوير بالعمامة، والدحية في اللغة هي البيضة، فكأن الله تعالى يحدد شكل الأرض الكروي بشكل البيضة. ويقول الشيخ جوهري[1] إن التكوير هو اللف واللـيّ ويقال: كار العمامة على رأسه وكورها، ولا جرم أن كل واحد من الليل والنهار في تتابعهما أشبه بتتابع أكوار العمامة بعضها على بعض، ولفظ «مددناها» أي بسطها ولم يقل الله سبحانه وتعالى أي أرض

(١) الشيخ طنطاوي جوهري: «الجواهر في تفسير القرآن الكريم»، طبع الحلبي (١٣٥٠هـ).



(شكل ١٦ أ) سفية الفضاء أبوللو (II) عند هبوطها على سطح القمر في يوليو عام ١٩٦٩م، ويظهر في الأفق كوكب الأرض الكروي الشكل.

مبسوطة، ومعنى ذلك أن الناظر إلى سطح الأرض أينما كان، وفي أي بقعة منها يراها مبسوطة.

وتظهر هذه الآيات القرآنية الامتداد في الأرض والرواسي الثابتات والبهجة في النبات، فالأرض بذلك ممدودة راسية بهيجة.

ودحو الأرض كذلك هو تمهيدها وبسط قشرتها، بحيث يصبح من السهل السير عليها، وتكوين تربة صالحة للإنبات فيها. والأرض جعلها الله سبحانه وتعالى مسطوحة أمام النظر وممهدة للحياة والسير والعمل فيها. ﴿ **الذي جعل لكم الأرض مهدًا . . .** ﴾، أي جعل الله الأرض ممهدة للسير عليها وللحياة والنماء والزرع فيها. وسيظل مدلول هذا النص يتسع ويتعمق ويكشف عن آفاق وآماد مع اتساع المعرفة وتطور العلم البشري. والله جل وعلا جعل الأرض مهدًا وذلل سبل الحياة فيها، وقدر فيها موافقات شتى تسمح مجتمعة بوجود الإنسان وتيسير الحياة له، ولو اختلت إحدى هذه الموافقات لتعذرت الحياة أو تعسرت[1].

ومد الأرض وتسويتها وتسطيحها وبسطها لا يفهم منه أن كوكب الأرض مسطح الشكل، بل إن الإنسان يرى بقاع الأرض من أي موقع عليها، ومن أي مكان فيها مبسوطة وممتدة ومستوية الامتداد أمامه. ويفسر الشيخ الشعراوي[2] ذلك بأن الإنسان يرى الأرض مبسوطة أمامه سواء أكان في القطب الشمالي، أم في القطب الجنوبي، أم في المنطقة الاستوائية، أم في أي مكان آخر على سطح الأرض. وهذا لا يمكن أن يحدث بهذه الصورة إلا إذا كانت الأرض كروية. فلو أن الأرض كانت غير ذلك (مربعة أو مثلثة أو في أي شكل هندسي آخر)، كان

---

(١) سيد قطب: «في ظلال القرآن»، دار الشروق (١٩٨٦م)، ج٥/ ٣١٧٨.

(٢) الشيخ محمد متولي الشعراوي: «معجزة القرآن»، أخبار اليوم ـ القاهرة، ص ٨٨ بدون تاريخ.

لا بد للإنسان أن يشاهد حوافَّ للأرض عند أطرافها. وقد سبق لكثير من الأئمة المسلمين تأكيد ذلك بهذا المعنى نفسه من قبل كما جاء في كتابات الإمام ابن حزم الأندلسي والفخر الرازي وشهاب الدين الألوسي، وأكد العلماء أن الشكل الوحيد الذي يرى فيه الإنسان سطح الأرض منبسطًا وممتدًا إلى أبعد آفاق بصره هو الشكل الكروي. يقول تبارك وتعالى:

﴿ **لا الشمسُ يَنبَغِي لَهَا أن تُدرِكَ القمرَ ولاَ الليلُ سابقُ النهارِ وكلٌّ في فلكٍ يَسْبَحُون** ﴾ يس (٤٠). وقوله تعالى: ﴿ لا الشمسُ ﴾، فأدخل « لا » لمعنى النفي، ولكن ينصب ما بعدها إلا أن تكون نكرة [١]، فهذا مثل قوله تعالى: ﴿ **ولا أنتم عابدون** ﴾.

فالشمس لا يمكن لها أن تدرك القمر، وقد عرف العلم ذلك مؤخرًا بدراسة المدارات الخاصة بكل نجم وكل كوكب في ذلك الفضاء السماوي الفسيح، وإن هذه المدارات لا تتلاقى ولا تصطدم ببعضها أبدًا. والآية الكريمة هنا كما يقول الشيخ الشعراوي فيها نفي لشيء موجود غير صحيح يريد الله سبحانه وتعالى أن يصححه لمفاهيم البشر؛ «فالعرب كانوا يقولون إن الليل يسبق النهار. . . واليوم عند العرب يبدأ بغروب الشمس. . . بمعنى أن شهر رمضان يثبت بعد غروب شمس آخر يوم من شهر شعبان، وعيد الفطر يثبت بعد غروب شمس آخر يوم من شهر رمضان، وإذا كان العرب يقولون إن الليل يسبق النهار. . . ومعنى ذلك أن النهار لا يسبق الليل. . .

إذن وجدت عندنا مسألتان . . . الليل يسبق النهار. . . والنهار لا يسبق الليل. . . «النهار لا يسبق الليل» . . . تركها الله ولم يعرض لها؛ لأنها حقيقة. . . ولكن جاء إلى عبارة أن الليل يسبق النهار ورد عليهم بقوله تعالى:

---

(١) الأخفش، سعيد بن مسعدة البلخي المجاشعي: «معاني القرآن»، جزءان، ج٢/ ٦٦٧.

﴿ولا الليل سابق النهار﴾. إذن لا النهار يسبق الليل، ولا الليل يسبق النهار، معنى ذلك أن الليل والنهار يوجدان معًا في وقت واحد على الأرض. وهذا لا يتأتى إلا إذا كانت الأرض كروية»[1].

حركة الأرض ودورانها:

للأرض حركتان، تعرف الأولى منهما باسم الحركة المحورية أو الدورانية، حيث تدور الأرض حول محورها الوهمي من الغرب إلى الشرق دورة كاملة في مدة تستغرق يومًا كاملاً. وتعرف الحركة الثانية باسم الحركة الانتقالية، حيث تدور الأرض حول الشمس من الغرب إلى الشرق في مدار إهليلجي خاص بها لا تحيد عنه، وتتم الأرض دورة كاملة في هذا المدار في مدة سنة واحدة.

وقد كثر الجدل والنقاش حول حدوث حركتي الأرض، وعند نزول القرآن الكريم لم يستطع بعض الناس أن يتفهم حدوث هاتين الحركتين، بينما أكد بعض آخر حدوث دوران الأرض حول محورها، وكان من بينهم البيروني[2] وأبو سعيد أحمد السجزي.

ولا يحس الإنسان بحركة دوران الأرض المحورية أو حتى بحركتها الانتقالية مثل إحساسه ومشاهدته حركة الشمس، أو حركة القمر الذي يراهما من الأرض. وقد تحقق لإنسان هذاالعصر رؤية حركة الأرض المحورية وحركتها الانتقالية بأم عينيه عند صعود رواد الفضاء إلى أعلى وهبوطهم على سطح القمر، ورؤية كوكب الأرض في الفضاء. ويعزى عدم شعور الإنسان بحركة الأرض،

---

(١) الشيخ محمد متولي الشعراوي ـ المرجع السابق، ج١/ ٨٩ ـ ٩٠.

(٢) أ ـ البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد: «مفتاح علم الهيئة» ص ٥١.

ب ـ البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد: «الآثار الباقية عن القرون الخالية»، طبعة ليبزج (١٩٢٣م).

وهو واقف على سطحها إلى أن كل ما يحيط به على سطح الأرض يتحرك معه في الاتجاه نفسه مع حركة الأرض. ولكن تختلف سرعة الدوران على سطح الأرض باختلاف الموقع بالنسبة لدوائر العرض المختلفة؛ فسرعة دوران الأرض عند نقطة القطب تكون معدومة، في حين تصل إلى ٣١٢م/ الثانية عند دائرة عرض ٥٠° شمالا أو جنوبا، وتبلغ أقصى سرعة لها عند الدائرة الاستوائية حيث تصل إلى ٤٦٥م/ الثانية.

وتدور الأرض حول محورها الوهمي دورة واحدة كاملة كل ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة و٤ ثوان، وتعد هذه المدة الزمنية هي المدة الفاصلة بين رؤية نجم ثابت ثم رؤيته مرة ثانية من المكان نفسه، وتسمى هذه المدة باليوم النجمي Sidereal day.

أما اليوم الشمسي Solar day فإنه أطول من اليوم النجمي بـ ٣ دقائق و٥٦ ثانية (٢٤ ساعة تمامًا)، ويحسب اليوم الشمسي بحساب اليوم النجمي نفسه، إلا أن النجم الثابت في هذه الحالة هو الشمس، أو بمعنى آخر يمكن القول إن اليوم الشمسي هو عبارة عن المدة التي تنقضي بين مرور الشمس على خط زوال واحد مرتين متتاليتين (١).

وينتج عن دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق تعاقب حدوث الليل والنهار، حيث إن النصف الكروي من الأرض الذي يواجه الشمس يصبح

---

(١) يزيد اليوم الشمسي على اليوم النجمي بـ ٣ دقائق و٥٦ ثانية؛ ذلك لأن الأرض إذا أتمت حركة كاملة حول محورها الوهمي أمام النجوم فإنها تكون قد قطعت جزءًا صغيرًا من مسارها حول الشمس يقدر بنحو $\frac{١}{٣٦٥}$ من هذا المسار.

أي أن اليوم الشمسي - اليوم النجمي = $\frac{١}{٣٦٥}$ من اليوم

أي يساوي $\frac{١}{٣٦٥} \times ٢٤ \times ٦٠$ = ٥٦ ثانية و٣ دقائق

على ذلك فإن السنة الشمسية = ٣٦٥,٢٤ يومًا شمسيًا

= ٣٦٦,٢٤ يومًا نجميًا.

مضيئًا في حين يكون النصف الآخر معتمًا. فلو كانت الأرض لا يحدث فيها هذه الحركة المحورية لقسمت الأرض إلى نصف مضيء دائم وآخر معتم ثابت.

شروق الشمس وغروبها على الأرض:

يعزى شروق الشمس إلى تعرض ذرات الغازات التي تتركب منها الشمس للإثارة بدرجة عالية جدًّا، وينتج عنها طاقة متنوعة كالموجات الإشعاعية، والأشعة الحرارية، والضوئية، وفوق البنفسجية، وأشعة إكس، وأشعة جاما. ويتم إثارة الغازات القريبة من سطح الشمس عن طريق الطاقة المنبعثة من ذرات الغازات في باطن الشمس.

وتشرق الشمس على النصف الكروي من الأرض الذي يواجهها أثناء عملية الدوران المحوري للأرض، فإذا افترضنا موقعًا ما على سطح الكرة الأرضية، فإن المشاهد يرى من هذا الموقع شروق الشمس عند الساعة السادسة صباحًا من جهة الشرق، ومع دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق يبتعد هذا الموقع غربًا، وتقع الشمس بعد ذلك فوق سمت المشاهد الساعة ١٢ ظهرًا، وعند الساعة السادسة مساء يبتعد موقع المشاهد عن الشمس غربًا مرة أخرى، ويرى المشاهد من هذا الموقع نفسه غروب الشمس من جهة الغرب، إلى أن يختفي قرص الشمس عن ناظره تمامًا، ويحل الليل على هذا الموقع لمدة ١٢ ساعة أخرى إلى حين استكمال الأرض دورة محورية كاملة، وبعدها يرى المشاهد من هذا الموقع المذكور نفسه شروق الشمس مرة أخرى من جديد. ويختلف عدد ساعات شروق الشمس من موقع إلى آخر على سطح الكرة الأرضية تبعا لموقعه بالنسبة لدوائر العرض المختلفة[1]. يقول المولى عز وجل:

---

(١) د. حسن أبو العينين: «الجغرافيا العملية والخرائط»، مذكرة جامعية، الطبعة الخامسة عشرة ـ الإسكندرية (١٩٨٢م)، موضوع إضاءة الكون، ص ٨ ــ ١٧ وموضوع التوقيت والأناليما من ص ٣٣ ـ ٥٣.

﴿ ولله المشرِقُ والمغـرِبُ فأينما تولـوا فثم وجـهُ الله إن الله واسعٌ عليـمٌ ﴾ البقرة (١١٥).

والمشرق هو مـوضع الشروق، والمغرب هو موضع الغـروب وهما وما بينهما من الجهات والمخلوقات ملك لله تبارك وتعـالى. وتخصيصهما هنا بالذكر؛ لأن سبب الآية الكـريمة اقتضى ذلك. ويقول ابن عطية الغـرناطي [1] في تفسيره إن أينما شرط، وتولـوا جزم بـه والجواب في قولـه تعالى: « فثـم »، والمعنى: فأينما تـولوا نحـوه وإليه؛ لأن ولى وإن كـان غالب استعمالها أدبـر، فإنها تقتضي أن يقبل إلى ناحية تقـول: وليت عن كذا وكذا. واختلف الناس في تأويل الوجـه الذي جاء مضافًا إلى الله تعالى في مواضع من القرآن. فقال الحذاق: ذلك راجع إلى الوجود والعبارة عنـه بالـوجه مـن مجاز كلام العـرب، إذ كان الـوجه أظهـر الأعضاء في الشـاهد وأجلهـا قـدرًا. كما اختلف المفسرون في سبب نـزول هـذه الآية. فقـال قتادة: أباح الله لنبيه ﷺ بهذه الآية أن يصلي المسلمون حيث شاءوا. وقال مجاهد والضحـاك: معنـاها إشـارة إلى الكعبـة، أي حيث كنتم من المشرق والمغـرب، فأنتم قادرون على التوجـه إلى الكعبة التي هي وجه الله الذي وجهكـم إليه.

وقال ابن جبير: نـزلت الآية في الدعـاء لما نزلت ﴿ ادعوني أستجب لكم ﴾. قال المسلمون: إلى أين ندعو؟ فنزلت: ﴿ فأينما تولوا فثـم وجه الله ﴾.

ولله المشرق والمغرب، والحق سبحـانه وتعـالى رب المشرق والمغرب ومـا بينهما، وهـو رب المشرقين ورب المغربين، وهـو رب المشارق والمغـارب. يقول المولى عـز وجل:

---

(١) الغـرناطي، محمـد عبد الحـق بن عطيـة: «المحرر الـوجيز في تفسير الكتـاب العزيـز»، (٤٨١هـ ـ ٥٤١هـ). تحقيق وتعليق الأستاذ أحمد صادق الملاح (جزءان) بدون تاريخ، ص ٣٩٣.

﴿ ربُّ المشرقِ والمغربِ لا إلـه إلا هو فاتخِـذهُ وَكيلاً ﴾ المزمل (٩).

﴿ قال ربُّ المشرقِ والمغربِ وما بينهمـا إن كنتم تعقلون ﴾ الشعراء (٢٨).

﴿ ربُّ المشرقيــن وربُّ المغربيــن * فبـأي آلاء ربكمــا تكذبــان ﴾ الرحمٰن (١٧ ـ ١٨).

﴿ فلا أقسـم برب المشارق والمغارب إنـا لقادرون ﴾ المعارج (٤٠).

وقـد اختلف المفسرون في تفسير هـذه الآيـات الكـريمات، ويقـول سيـد قطب[١]: «ربُّ المشرق والمغـرب . . .»، فهـو رب كل متجـه . . . رب المشرق والمغرب، وهـو الواحد الأحد لا إلـه إلا هو، والاتكال على الله وحده هـو الثمرة المباشرة للاعتقاد بوحدانيتـه وهيمنته على المشرق والمغرب، أي على الكون كلـه. وعن «رب المشرقين ورب المغربين»؛ يقـول سيد قطب [٢]: «المقصود بهما شروق الشمس وشروق القمر وغروبهما كذلك، وذلك بمناسبة ذكر الشمس والقمر فيما تقدم من آلاء الله في سـورة الرحمٰن. وقد يكون المقصـود كذلك مشرقي الشمس المختلفي الموضع صيفا وشتـاء ومغربيها كـذلك. والمشرقان والمغربـان فوق أنهما من آيات الله هما من آلاء الله على الجن والإنـس بما يتحقق فيهما من الخير لسكان هذه الأرض جميعا. وعن «برب المشـارق والمغارب . . .»؛ يقول سيد قطب [٣]: إن ذلك قـد يعني مشارق النجـوم الكثيرة والمغارب المتـوالية على بقـاع الأرض، وهي تتـوالى في كل لحظـة على مـواقع مختلفـة من سطح الأرض عنـد دورانها المحـوري، ففي كل لحظـة مع دوران الأرض حـول نفسهـا أمـام الشمس يطلع مشرق ويختفي مغرب.

---

(١) سيد قطب: «في ظلال القرآن»، ج٥/ ٢٥٩٣.

(٢) سيد قطب، المرجع السابق، ج٦/ ٣٤٥٢.

(٣) سيد قطب، المرجع السابق، ج٦/ ٣٧٠٣.

أما الشيخ الشعراوي [1]، فيفسر هذه الآيات في قوله إن مفهوم المشرق هو جهة شروق الشمس، ومفهوم المغرب هو جهة غروبها، وليس هناك تعارض بين العقل والآية في ذلك. وقال تعالى: ﴿ ربُّ المشرق والمغرب ﴾، ولم يقل رب المشرق ورب المغرب، وذلك لأن الشروق والغروب يتمان في وقت واحد. أي إن الشمس تشرق على بلد في الوقت نفسه الذي تغرب فيه عن بلد آخر مع دوران الأرض حول نفسها، وهذا أيضا يؤكد كروية الأرض. وقوله تعالى: ﴿ ربُّ المشرقين وربُّ المغربين ﴾، معناه أنها تجمع بين عمومية الجهة وهي الشرق وبين الموقع المحدد بالذات لشروق الشمس من جهة الشرق. وقوله تعالى: ﴿ برب المشارق والمغارب ﴾، ذلك لأن كل بلد له مشرق وله مغرب. ولا يوجد مشرق واحد ومغرب واحد لأية دولة في العالم ـ وبخاصة الكبيرة المساحة ـ وإنما هي مشارق ومغارب. فزاوية الشروق تتغير من موقع لآخر، وكذلك زاوية الغروب، ولكن الحس لا يدرك ذلك. بل إنه إذا نظرنا إلى الكرة الأرضية نجد أنه في كل جزء من الثانية مشرق تشرق الشمس فيه على مدينة ما وتغيب عن مدينة أخرى، أي إن هناك ملايين المشارق وملايين المغارب لكل بقاع الأرض.

تعاقب الليل والنهار:

تحدث القرآن الكريم عن تعاقب الليل والنهار في آيات متعددة مبينًا أهميتهما ودلالتهما بالنسبة لحياة الإنسان والمخلوقات على سطح الأرض. يقول المولى عز وجل:

﴿ وَهُوَ الذي جَعَلَ الليلَ والنهارَ خِلفةً لِمَن أرَادَ أن يذكّر أو أرَادَ شكورًا ﴾ الفرقان (٦٢).

﴿ والليلِ إذا عسعس * والصبح إذا تنفس ﴾ التكوير (١٧ ـ ١٨).

---

(١) الشيخ محمد متولي الشعراوي: «معجزة القرآن»، كتاب أخبار اليوم ـ ج١، القاهرة ـ بدون تاريخ، ص ٢٣ ـ ٢٥.

﴿ والليل إذا يغشىٰ * والنهار إذا تجلى ﴾ الليل (١ ـ ٢).

﴿ قل أرأيتم إن جعل الله عليكم الليل سرمدًا إلى يوم القيامة من إله غيرُ اللهِ يأتيكم بضياءٍ أفلا تسمعون * قل أرأيتم إن جعل اللهُ عليكم النهار سرمدًا إلى يوم القيامة من إله غير الله يأتيكم بليل تسكنون فيه أفلا تبصرون ﴾ القصص (٧١ ـ ٧٢).

﴿ ألم تر أن الله يولجُ الليلَ في النهارِ ويولج النهارَ في الليلِ وسخر الشمسَ والقمرَ كلٌّ يجري إلى أجل مسمًّى وأن الله بما تعملون خبيرٌ ﴾ لقمان (٢٩).

﴿ يولجُ الليلَ في النهارِ ويولج النهار في الليل وسَخَّرَ الشمسَ والقمرَ كلٌّ يجري لأجلٍ مُسمًّى ذلكم الله ربُّكُم له الملك والذين تدعونَ من دونه ما يملكون من قطميرٍ ﴾ فاطر (١٣).

﴿ يُولِجُ الليلَ في النهارِ ويُولجُ النهارَ في الليلِ وهو عليم بذاتِ الصُّدُورِ ﴾ الحديد (٦).

﴿ تُولجُ الليلَ في النهارِ وتولجُ النهارَ في الليلِ . . . ﴾ آل عمران (٢٧).

﴿ وآيةٌ لَّهُمُ الليلُ نسلخُ منهِ النهارَ فإذا هم مُظلِمُون ﴾ يس (٣٧).

﴿ اللهُ الذي جَعَلَ لَكُمُ الليلَ لتسكنوا فيه والنهارَ مُبصرًا إن اللهَ لَذُو فضلٍ على الناس ولكن أكثر الناسِ لا يشكرون ﴾ غافر (٦١).

ويقول المفسرون في شرح هذه الآيات الكريمات السابقات الذكر: إن «عسعس»: ما يطلب الصيد بالليل من السباع، والخفيف من كل شيء.

العس: نفض الليل عن أهل الريبة، ومن الصيد ليلاً في تخف، ومن الخفة تكون عسعسة الليل في ظلامه في أول إقباله أو عند إدباره في السحر قبيل الصبح. ولعل السياق القرآني أن العسعسة عند إدبار الليل، إذ بعدها تنفس

الصبح. وينقل إجماع المفسرين على أنه بمعنى الإدبار. وقد يقال إن عسعس بمعنى أقبل وبمعنى أدبر معًا[1].

﴿ **والصبح إذا تنفس** ﴾، التنفس استعارة لانبلاج نور الصباح و﴿ **الليلُ نسلخ منه النهار** ﴾، فقد استعير السلخ هنا لانفصال النهار عن الليل وكأنه مسلوخ منه. والمستعار منه هو ظهور المسلوخ من جلده وكلاهما حسي، والمستعار له هو ظهور النهار من الليل وظلمته.

﴿ **والليل إذا يغشى** ﴾، أي يغطي الليلُ الأرض بظلامه عند حلوله، ﴿**والنهار إذا تجلى** ﴾، أي أضاء النهارُ الأرضَ بنوره وضيائه. ويغشى من غشي، والغشاء أي الغطاء.

وتقال الغاشية والغشاوة لغطاء خاص هو جلدة تغشى القلب، فإذا انخلع منها القلب مات صاحبه ومنه الغاشية: داء يأخذ في الجوف أو ورم يكون في البطن[2].

وتوقظ هذه الآيات الكريمات مشاعر الإنسان بتنبيهه إلى حدثين كونيين عظيمين لهما مكانتهما في استمرار الحياة على سطح الأرض ألا وهما حدوث الليل وحدوث النهار. وقد لا يشعر بعض الناس ولا يروعهم مطلع الشمس ولا مغيبها إلا قليلا، ولا يهز مشاعرهم طلوع النهار وإقبال الليل إلا نادرًا. فتنبه هذه الآيات القرآنية إلى التأمل والاستبصار في مثل هذه الأحداث الكونية التي ترتبط بها الحياة. فماذا سيكون الحال إذا ظل الليل ليلا، أو إذا بقي النهار نهارا إلى يوم القيامة؟ ونعلم أن الناس يكونون في اشتياق إلى نور الصباح حين يطول بهم الليل، وفي انتظار تقدم الليل وسكونه من أجل راحتهم حين يطول عليهم

---

(١) معجم ألفاظ القرآن الكريم ـ مجمع اللغة العربية، القاهرة ج٢/ ٤٢.

(٢) ابن منظور: «لسان العرب المحيط»، إعداد وتصنيف يوسف خياط، بيروت ـ ج٢/ ٢٤٠.

الهجير ساعات من النهار. والحياة كلها تحتاج إلى فترة الليل لتجدد ما تنفقه من الطاقة في نشاط النهار. فكيف يكون الحال بالناس لو ظل النهار سرمدًا إلى يوم القيامة على فرض أنهم ظلوا أحياء ؟ (١). فالليل سكينة وقرار، والنهار نشاط وعمل، والإنسان في حاجة إلى كليهما معًا بقدر مقدر تقديرًا حكيمًا لمزاولة حياته في سهولة ويسر.

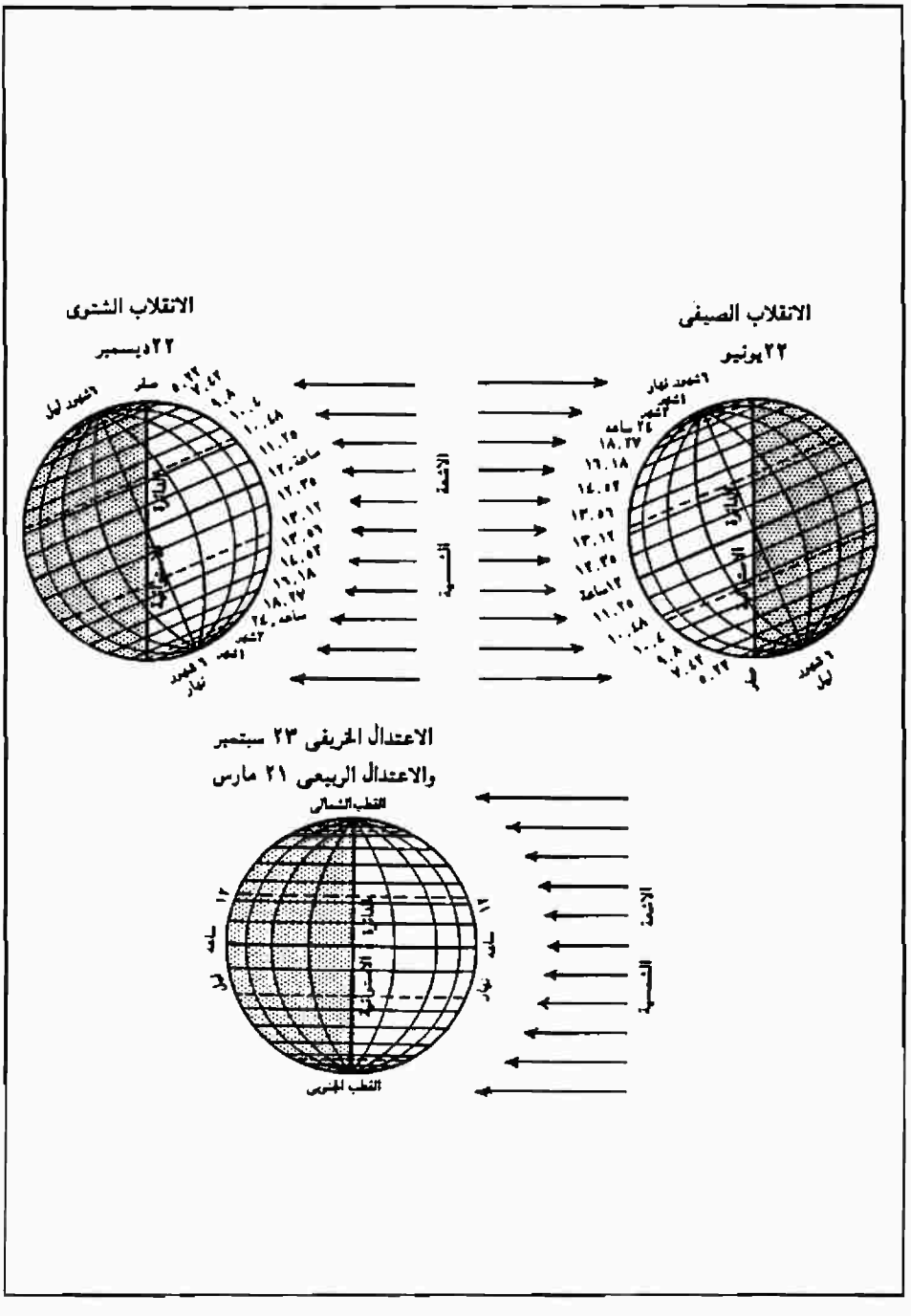
وقد وصفت الآيات القرآنية مشهد تعاقب الليل والنهار بصور واستعارات رائعة. والله تبارك وتعالى يولج الليل في النهار ويولج النهار في الليل، أي يدخل كلا منهما في الآخر، ومن ثم يختلف طول الليل وطول النهار من مكان إلى آخر حسب موقعه بالنسبة لدوائر العرض المختلفة، بل في المكان الواحد حسب اختلاف فصول السنة.

وعندما تكون أشعة الشمس عمودية على مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي، وتتعرض نقطة القطب الشمالي للأشعة الشمسية ذات زاوية السقوط الأفقية لمدة ٢٤ ساعة كاملة طوال فصل الصيف. أما إذا كانت الشمس عمودية على الدائرة الاستوائية، فإن طول النهار عند هذه الدائرة يتساوى مع طول الليل، ويكون طول كل منهما ١٢ ساعة، وعند دائرة عرض ١٧° شمالا يكون طول النهار ١٣ ساعة، وعند دائرة عرض ٣٩° شمالا يكون طول النهار ١٦ ساعة. وقال ابن عباس ومجاهد والحسن وقتادة والسدي وابن زيد في معنى قوله تعالى: ﴿**يولج الليلَ في النهار**. . .﴾: إن ما ينتقص من النهار فيزيد في الليل، وما ينتقص من الليل فيزيد في النهار دأبًا كل فصل من السنة. وتحتمل ألفاظ الآية أن يدخل فيها تعاقب الليل والنهار كأن زوال أحدهما ولوج في الآخر (٢).

---

(١) سيد قطب: «في ظلال القرآن»، الطبعة الثانية عشرة ـ بيروت (١٩٦٨م)، ج٥/ ٢٧٠٨.

(٢) الغرناطي، محمد عبد الحق بن عطية: «المحرر الوجيز في تفسير الكتاب العزيز»، (٤٨١ ـ ٥٤١هـ)، تحقيق الأستاذ أحمد الملاح (جزءان)، ج٢، ص ٣٧٣.



شكل (١٦) اختلاف طول الليل والنهار عند دوائر العرض المختلفة
خلال فصول السنة

فالليل والنهار حدثان أو عمليتان كونيتان، وبحكمة مقدرة من العزيز الحكيم جعل الليل سكنا للإنسان وراحة واستجماما له، والنهار مبصرًا معينا على الرؤية والحركة. أما الأرض والسماء فهما من بين ظواهر الكون، وجعل الله الأرض قرارًا صالحًا للحياة، والسماء بناء متماسكًا لا يمكن له أن يتداعى أو ينهار إلا إذا قضى الله له بذلك، وهذا لن يكون إلا يوم الساعة.

الشفق والفجر:

تحث تعاليم ديننا الإسلامي الحنيف على دراسة الحسابات الفلكية لتحديد أوقات الصلاة. وقد اهتم العلماء المسلمون بدراسة حركة الشمس الظاهرية حول الأرض، حيث ترتبط بها مواقيت الصلاة. ولتحديد وقت بزوغ **الفجر** أهمية خاصة. وأقسم المولى عز وجل به و ﴿ **الفجر** . . . ﴾ سورة الفجر (١)، وميز تبارك وتعالى قرآن الفجر وترتيله على أي وقت آخر في قوله تعالى: ﴿ . . . **إن قرآن الفجر كان مشهودًا** ﴾ الإسراء ٧٨. ويضم هذا القسم الإلهي في مطلع سورة الفجر المشاهد الطيبة التي تذكي النفوس وتسحر الألباب ساعة تنفس الحياة ببداية بزوغ الفجر، وإطلال نوره على الأرض رويدا رويدا، وكأن أنفاسه مناجاة وتفتحه ابتهال، ومن الصلاة الشفع والوتر في جو الفجر والليالي العشر (العشر من ذي الحجة، أو العشر من المحرم، وقيل أيضا هي العشر من رمضان). يقول المولى جل جلاله:

﴿ **والفجر * وليالٍ عشرٍ * والشفع والوترِ * والليلِ إذا يسرِ * هل في ذلك قَسَمٌ لذي حجر** ﴾ الفجر (١ ـ ٥).

﴿ **أَقِم الصلاةَ لِدُلُوك الشمسِ إلى غَسَقِ الليل وقرآن الفجر إن قُرآن الفجر كان مشهودًا** ﴾ الإسراء (٧٨).

﴿ . . . وكُلُوا واشربوا حتى يتبين لكُمُ الخيط الأبيض من الخيطِ الأسودِ من الفجرِ ثم أَتِمُّوا الصِّيَامَ إلى الليلِ . . . ﴾ البقرة (١٨٧).

وقد اختلف المفسرون في تفسير دلوك الشمس فقيل: ميل الشمس عن كبد السماء وقت الزوال. وقيل: إنه غروبها [١].

وغسق: غسق، وغاسق، وغساق، وغساقًا، تدور المادة على معنى الانصباب والسيلان. ومن انصباب الليل على الكون يجيء الظلام. والغاسق: الليل إذا دخل في كل شيء، أو القمر إذا خسف [٢].

وأقسم الله تبارك وتعالى بالشفق والليل وما وسق في قوله عز وجل:

﴿ فلا أُقْسِمُ بالشفقِ * والليلِ وما وَسَقَ ﴾ الانشقاق (١٦ ـ ١٧).

ويفسر بعض العلماء [٣] الشفق بأنه الوقت الخاشع المرهوب بعد الغروب. ويحدد العلم الشفق Twilight بأنه هو تدرج الضوء على دائرة الأفق المرئي من جهة شروق الشمس، ومن جهة غروبها كذلك [٤]، أو بمعنى آخر فإن الشفق هو الحد الفاصل لحالة الضوء بين ظلام الليل المعتم، ونور الفجر المبصر. ويتتابع القسم بالليل وما وسق، أي بما جمع وحمل، ومن ثم قد يكون المقصود في الآية الكريمة بالشفق أثناء بزوغ الفجر.

---

(١) معجم ألفاظ القرآن الكريم ـ مرجع سابق، ج١/ ص ٤٠١.

(٢) معجم ألفاظ القرآن الكريم ـ مرجع سابق، ج٢/ ١٠١.

(٣) سيد قطب، مرجع سابق، ج٦/ ٣٨٦٨.

(٤) دائرة الأفق المرئي هي دائرة ظاهرية بالنسبة لعين الراصد، وهي عبارة عن محيط دائرة تبدو عنده السماء من بعيد وكأنها تلامس سطح الأرض أو البحر إبصاريا.

ويقدر طول هذا البعد بنحو خمسة أميال بالعين المجردة، ولكنه يزداد طولا مع الارتفاع عن سطح الأرض. والأفق البحري أكثر انتظامًا في شكله الدائري عن الأفق الأرضي (البري)، حيث لا توجد عوائق ما تحول دون رؤية عين الراصد. وتتحرك دائرة الأفق مع تحرك الراصد نفسه وكأن الأفق عبارة عن سراب لا يمكن الوصول إليه.

وقد ميز الفلكيون [1] أنواعًا مختلفة من الشفق Aurora ، وتبين لهم أن نور الشفق ناتج عن الإلكترونات التي تصاحب سقوط الأشعة الشمسية في طبقة الأيونوسفير، ويتكون ما يعرف باسم **الفجر أو الشفق القطبي الشمالي** Aurora Borealis في نصف الكرة **الشمالي**، وباسم **الفجر أو الشفق القطبي الجنوبي أو الأسترالي** Aurora Australis في نصف الكرة الجنوبي .

وتسهم الاضطرابات الكهربائية في طبقة الأيونوسفير (القسم الأعلى من الغلاف الجوي) في تكوين تيارات ضوئية تشع على شكل مروحي فوق منطقتي القطبين المغناطيسيين الشمالي والجنوبي، ويمكن رصدها من مسافات بعيدة [2] . وتتأثر هذه العمليات بالحقول المغناطيسية للكرة الأرضية . ويشتد حدوث الشفق القطبي في طبقة الأيونوسفير خلال فترات نشاط البقع الشمسية، وليس لحدوث الشفق القطبي أي تأثير على الظروف المتيورولوجية في طبقة التروبوسفير التي تؤثر في تشكيل طقس سطح الأرض ومناخه بصورة مباشرة . ويتميز الشفق بألوانه الزاهية الرائعة، فمنها الوردية والبنفسجية والخضراء والصفراء والخضراء المائلة إلى البياض، وبها تشكله هذه الألوان من أكاليل وخصل وجداول . وأطلق الرومان على الشفق اسم : «إلهة الفجر» عندهم أو «ابنة الشمس» أورورا Aurora [3] .

ويلاحظ أن قوس **الشفق** لا ينخفض عن ٨٠ كم فوق سطح الأرض . وميز الفلكيون بين ثلاثة أنواع من الشفق هي :

---

(١) د. حسن أبو العينين : «أصول الجغرافيا المناخية»، مرجع سابق، ص ٧٥ ـ ٧٦ .

(٢) أ ـ د. حسن أبو العينين : «أصول الجغرافيا المناخية»، مرجع سابق، ص ٦٨ ـ ٧٠ .

ب ـ أحمد رياض تركي وآخرون : «المعجم العلمي المصور»، دار المعارف (١٩٦٣م)، ص ٣٤ .

جـ ـ محمود حامد محمد : «الميتورولوجيا»، القاهرة (١٩٤٦م)، ص ٧٦ ـ ٧٩ .

(3) a - Howard J. Critchfield, " General Climatology " Prentice- Hall, New Jersey, 2end edi (1966) p. 12-13.

ب ـ كولين رونان : «الكون»، الموسوعة العلمية الحديثة ـ بيروت (١٩٨٠م)، ص ٤٨ ـ ٤٩ .

أ ـ **الشفق الفلكي الصباحي**: حيث تكون الشمس أسفل الأفق المرئي بنحو ١٨°.

ب ـ **الشفق البحري**: حيث ترتفع حركة الشمس الظاهرية نحو ٦° عند صعودها جهة الشرق، ويشاهد في هذه الحالة الضوء الأزرق القاتم عند خط الأفق المرئي.

جـ ـ **الشفق الأرضي**: حيث تستمر حركة الشمس الظاهرية في الارتفاع بنحو ٦° أخرى عما كانت عليه في حالة الشفق البحري. ويكون الضوء في هذه الحالة كافيًا تمامًا لتحديد دائرة الأفق، وتختفي عنده النجوم، ويمكن رؤية المباني العالية في المدن.

وأطلق العلماء المسلمون اسم **الفجر الحقيقي**، على وقت الفجر الذي يستطيع فيه البصر أن يميز بين **اللون الأسود واللون الأبيض**، وتعبير الفجر **الظاهري** على وقت الفجر المبكر عن الفجر الفلكي الصباحي بحوالي ساعة واحدة. ويتولد الفجر في هذه الحالة بسبب انتشار ضوء الشمس وبعثرته عندما تقع بعيدة عن خط **الشفق** الفلكي الصباحي بحوالي ٢٠°. ومن السهل على المشاهد أن يميز بين كل من الفجر الحقيقي والفجر الظاهري، حيث إن ضوء الأول منهما يبدو مماسًا لدائرة الأفق المرئي، في حين أن الآخر يكوّن خيوطًا ضوئية تتخذ شكل الذيل أو الذنب.

وقد تتعرض أجزاء من كتلة هواء طبقة الأيونوسفير في بعض الأحيان، لفعل بعض غازات لها القدرة العالية على الاشتعال ذاتيا، ويؤدي ذلك إلى حدوث عمليات احتراق في الطبقات العليا من الأيونوسفير، ويتكون فيها ما يسمى **باللمعان أو الوهج الهوائي** [1] Air Glaw.

---

(١) د. حسن أبو العينين: «أصول الجغرافيا المناخية»، مرجع سابق، ص ٧٥.

اختلاف حرارة الليل والنهار:

قدر الله العليم الحكيم اختلاف الليل والنهار، وتعاقب حدوثهما واختلاف درجة حرارة الهواء في كل منهما واختلاف عدد ساعات دوامهما طولاً أو قصرًا.

وحرارة الهواء أثناء النهار مصدرها الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض وكذلك الإشعاع المرتد من هذا السطح، ومن ثم ترتفع درجة حرارة الهواء نهارًا في أي مكان على سطح الكرة الأرضية بالنسبة لدرجة حرارة الهواء ليلاً التي تتوقف على كمية الإشعاع الأرضي المرتد من سطح الأرض وفقدان حرارة هذا السطح بالإشعاع Radiation. ويطلق على الفرق بين أعلى درجة الحرارة الهواء نهارًا وأقلها ليلا تعبير المدى الحراري اليومي Daily range of temperature.

وتمتد الأشعة الشمسية في الفضاء على شكل خطوط إشعاعية مستقيمة متوازية. ولو كانت الأرض مسطحة الشكل لسقطت هذه الأشعة على جميع أجزائها في وقت واحد، وإضاءتها. وظل النهار ثابتا سرمدًا لا انتهاء له. ولو كان الوضع كذلك لما كان هناك اختلاف في القوة الحرارية للأشعة الشمسية على أي مكان على سطح الأرض حيث إن زاوية سقوطها على سطح الأرض متساوية ومتشابهة من مكان إلى آخر. وحيث إن سطح الأرض كروي، فإن الأشعة الشمسية الساقطة عند الدائرة الاستوائية للأرض (خلال فترة الاعتدالين) تكون عمودية وقوية جدًّا، بخلاف الأشعة الشمسية الساقطة عند القطبين التي تكون أفقية الامتداد وضعيفة جدًّا.

وفيما بين القطبين والدائرة الاستوائية تكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض المقوس الشكل زاوية مائلة وقوتها الحرارية ضعيفة عن تلك فوق الدائرة الاستوائية. ومن ثم كان الاختلاف في درجة حرارة النهار، ودرجة برودة الليل من موقع إلى آخر على سطح الأرض في اليوم الواحد نفسه تبعا لمدى

الاختلاف في قوة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض والإشعاع الأرضي المرتد عنه. كما تختلف درجة حرارة النهار في المكان الواحد من فصل إلى آخر من فصول السنة مع دوران الأرض حول الشمس. يقول تبارك وتعالى:

﴿يُولِجُ اللَّيْلَ فِي النَّهَارِ وَيُولِجُ النَّهَارَ فِي اللَّيْلِ وَهُوَ عَلِيمٌ بِذَاتِ الصُّدُورِ﴾ الحديد (٦).

﴿واختلاف الليل والنهار . . .﴾ الجاثية (٥).

﴿إن في خلق السمٰوات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولي الألباب﴾ آل عمران (١٩٠).

﴿إن في اختلاف الليل والنهار وما خلق الله في السمٰوات والأرض لآيات لقوم يتقون﴾ يونس (٦).

الميزانية الحرارية على سطح الأرض:

سبقت الإشارة من قبل ـ في الموضوع الثالث عند الحديث عن الشمس ـ إلى دراسة قوة الإشعاع الشمسي وأنواع الأشعة الشمسية الساقطة على سطح الأرض، وهذا يؤثر بدوره فيما يعرف باسم الميزانية الحرارية للأرض[١].

يخترق الإشعاع الشمسي الغلاف الجوي متجهًا صوب سطح الأرض، وهنا يرتد مرة أخرى إلى الغلاف الجوي على شكل إشعاع أرضي. وعن طريق هذه الأشعة الأخيرة، وتيارات الحمل الحرارية الصاعدة Convection، وعمليات التوصيل الحراري Conduction بمساعدة ما يتمثل في الغلاف الجوي من مواد تساعد على امتصاص الحرارة وتوصيلها وانتشارها ـ تتنوع الحرارة في الهواء وتنتقل أفقيًا ورأسيًا من مكان إلى آخر في كل نطاق الغلاف الجوي، وذلك مع حركات

---

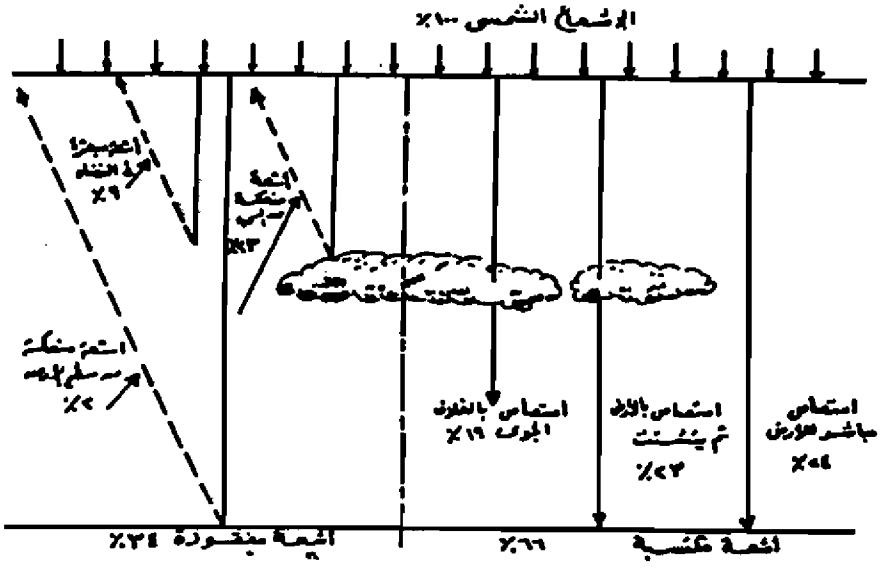
(١) د. حسن أبو العينين: «أصول الجغرافيا المناخية»، الإسكندرية (١٩٨٨م) ص ٨٣ ـ ٩٠.

انتقال الهواء. هذا إلى جانب أثر عمليات التبخر Evaporationوالتكاثف Con-densation في اختلاف درجة حرارة الهواء من مكان إلى آخر.

ويعمل الإشعاع الشمسي Insolation الساقط على سطح الأرض على انتقال الطاقة الحرارية عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية من الشمس إلى سطح الأرض[1]. ولكن لا يصل كل الإشعاع الشمسي المنبعث من الشمس إلى الأرض بقوته الأصلية نفسها، بل يتبين أن ٣٢٪ من الإشعاع الشمسي تنعكس بواسطة السحب وتنتشر إلى أعلى في الفضاء الخارجي عن طريق الجزيئات الدقيقة المعلقة في الهواء، ونحو ٢٪ من هذه الأشعة الشمسية تنعكس مرة ثانية إلى الفضاء عند سقوطها على سطح الأرض. وهكذا تصل جملة هذه الأشعة المنعكسة Total reflectivity إلى الفضاء الخارجي عن طريق السحب وسطح الأرض معًا نحو ٣٤٪ من جملة الأشعة الشمسية. ويطلق العلماء على جملة هذه الأشعة الأخيرة تعبير الألبيدو أي نورانية الأرض Earth Albedo. ونحو ثلثي الأشعة الشمسية هي التي تستخدم في عمليات تسخين الهواء الملامس لسطح الأرض وبقية أجزاء الغلاف الجوي (شكل ٣). وحيث إن الأرض تمتص الإشعاع الشمسي وتحوله إلى حرارة Heat، فإن سطح الأرض يعد في حد ذاته كذلك جسمًا مشعًّا Radiating body[2]. وعلى الرغم من أن مكونات الغلاف الجوي لا تمتص سوى نسبة محدودة جدًّا من الموجات الإشعاعية القصيرة للإشعاع الشمسي المار عبرها، فإن للغلاف الجوي القدرة على الاحتفاظ بنسبة

(1) Howard, J. Critchfield, "General Climatology" Prentice Hall, N.J. 1966, p. 14.

(2) Hare, G.O. and Sweeney, J., "The atmospheric system..." Oliver and Boyd, London (1986) p. 42.



(شكل ١٧) الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي
وتسخين الهواء الملامس لسطح الأرض والغلاف الجوي

كبيرة جـدًّا من الإشعاع الأرضي (مـوجـات طويلـة) المرتـدة من سطح الأرض. ويقوم بهذه المهمة الأخيرة كل من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون[١].

وتنتقل الحرارة في الهواء كـــذلك بمســـاعـــدة عمليـــات التـــوصيل الحراري Conduction، أي عمليـات تـوصيل الحرارة خـلال وسط (قـد يكـون جـامدا أو سـائلا أو غـازا) دون تحرك الـوسط نفسه. وتحدث عمليـة التـوصيل الحراري عندمـا يتلامس جسمان مختلفـان في درجة حـرارتهما، فتنتقل الحرارة من الجسم الأعلى حـرارة إلى الجسم الآخـر الأقل حـرارة. وتستمـر عمليـة الانتقـال الحراري بهذه الصورة بينهما إلى أن تتشابه درجـة حرارة هذين الجسمين[٢]. وعلى ذلك فعندما يمتص سطح الأرض الإشعاع الشمسي وترتفع درجة حرارته تنتقل درجة الحرارة من الهواء الملامس لسطح الأرض إلى الهواء الذي يقع فوقه. ويحدث العكس إذا ما كان سطح الأرض والهواء الملامس له أقل حرارة من الهواء فوقهما، ويحدث ذلك خـلال أيام فصل الشتـاء وأثناء بعض الليـالي الباردة في العـروض المعتدلة والعروض العليا.

ويعد الهواء نفسه مـوصلا رديئا للحرارة ولكن عندما تـرتفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض بفعل الإشعـاع الأرضي، فإنـه ينسـاب إلى أعلى ويصبح أقل كثافة عما كـان عليه من قبل، وتعرف هذه العملية بـاسم التيارات الحرارية

(1) a - Plair, T.A., "Weather elemets", Prentice-Hall, N.J. (1959), p. 84.

b - Mather, J.R., "Climatology...", Mc Graw-Hill, N.Y. (1974) p. 17. (1966) p. 15.

(٢) (أ) يطلق بعض العلماء على عمليـة تغلغل الإشعـاع الشمسي Insolation عبر الغلاف الجوي، ثم انحباسـه ـ بعد أن ينعكس عند سطح الأرض ـ على شكل إشعاع أرضي Tresstial radiation تعبير «تأثير البيوت الزجاجية للنباتات» The Grean House Effect ، حيث يمكن أن نشبه هـذه العملية بما يحدث في بيوت النبـاتات التي يمكـن لها أن تحتفظ بالحرارة داخلهـا بعد سقـوط الإشعاع الشمسي فـوق جـدرانها الـزجاجيـة. فهي تسمح بـدخـول الإشعـاع الشمسي، ولا تسمح بخـروج الحرارة من داخلها. راجع أيضًا: Lockwood, J.G., "World Climatology", (1974) p. 10.

(B) Trewartha, G. T."An introduction to climate", Mc Graw-Hill, N.Y. (1954) p. 20.

الصاعدة أو تيارات الحمل Convection. وعندما يبرد الهواء في المناطق العليا من الغلاف الجوي يزداد وزنه وترتفع كثافته ويتعرض للهبوط مرة ثانية من أعلى إلى أسفل ليحل بدوره محل الهواء الساخن الذي سبق أن صعد إلى أعلى. هذا إلى جانب أثر الفعل الناتج عن الحرارة الكامنة Latent heat التي تكمن في بخار الماء الذي يتبخر فوق المسطحات المائية الواسعة. وتشتمل الكتل الهوائية الحارة الرطبة على كميات كبيرة من الحرارة الكامنة في بخار الماء[1].

العوامل التي تؤثر في قوة الإشعاع الشمسي:

هناك عوامل متعددة تؤثر في قوة الإشعاع الشمسي ذاته من فترة إلى أخرى، كما أن قوة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض تختلف من وقت إلى آخر تبعًا لكيفية انتقال الأشعة الشمسية عبر الأوساط المختلفة، وشكل الموجات الإشعاعية الساقطة ونوعها، وأشكال الأسطح التي تستقبل هذه الأشعة. وقد تبين للعلماء أن أي جسم ترتفع درجة حرارته عن الصفر المطلق (-٢٧٣°) يمكن له أن ينقل الطاقة إلى كل الأجسام التي حوله عن طريق الإشعاع، وذلك

---

(١) الحرارة الكامنة للانصهار: Latent heat هي عبارة عن كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من الجسم الصلب إلى سائل دون أن تتغير درجة حرارته. وعلى سبيل المثال فإن الحرارة الكامنة لانصهار الجليد هي ٣٣٥ جولا/ جرام (٨٠ سعرا/ جم، عند الصفر المئوي) بمعنى أنه يلزم للجرام الواحد من الماء في درجة الصفر المئوي أن يفقد ٣٣٥ جولا ليتحول إلى ١ جرام من الجليد عند درجة الصفر المئوي.

أما الحرارة الكامنة لتصعيد البخار، فهي عبارة عن كمية الحرارة التي يكتسبها جرام واحد من السائل لكي تتغير حالته من السيولة إلى الغازية دون أن تتغير درجة حرارته. وتبلغ هذه الحرارة ٢٢٦٠ جولا/ جرام (٥٤٠ سعرا/ جم) عند درجة حرارة ١٠٠°م (لاحظ أن «جول» J. هو مقدار ثابت بالمكافئ الميكانيكي للحرارة».

بفعل الطاقة المكـونة على شكل موجات كهرومغناطيسيـة تنتقل مع سرعة الضوء ولا تتطلب أي جسم وسيط لنقلها[١].

وقد تبين كذلك أن الأجسام الداكنة اللون تمتص كل الأشعة الساقطة عليها، في حين أن الثلج يعكس الأشعة الضوئية الساقطة على سطحه. وعلى أي حال، فإن كل الموجات الساقطة على الأجسام السوداء يتوقف توزيع طول موجاتها على درجـات الحرارة المطلقة (أي الحرارة المقـاسة من درجـة حرارة الصفـر المطلق). ومن ثـم، فإن قـانون ستيفان وبولتزمـان ـ Stefan Boltzmann ينص على أن «الطاقة الكليـة أو فيض الإشعاع المرتد من مساحة معينـة من الأجسام السوداء خـلال زمن معين يتنـاسب مع الأس الـرابع لـدرجـة الحرارة المطلقـة لهذا الجسم»[٢].

ط = ش σ ر^{٤} أو $F = e \sigma T^4$

حيث إن:

F = الطاقة الكلية أو فيض الإشعاع المرتد. (ط)

e = معامل انبعاث الإشعاع من السطح. (ش)

---

(١) Lockwood, J, "World Climatology, Norwich, (1974) p. 6-7 ويتميز الإشعـاع الكهرومغناطيسي بطـول موجاته، حيث يتمثل فيـه قسم كبير من الأشعة منها الأشعـة السينية (أشعة إكس×) القصيرة جدًّا، والأشعة البنفسجية والأشعة تحت الحمراء المرئية infra-red والموجات الصغيرة micro-waves والموجات الإشعاعية radio-waves، ويتراوح طول مـوجات الأشعـة المرئية من ٤ , ٠ ميكروميتر إلى ٧٤ر٠ ميكروميتر (١ ميكروميتر = ٤١٠ سم). راجع المرجع السابق ص ٧.

(٢) Lockwood, J., "World Climatology", Norwich, (1974) p. 7 ويمكن التعبير عـن ذلك أيضًا باستخدام قانون التبادل عند واين Wien displacement law، حيث إن طول الموجـة في حالة الطاقة العظمى λ m maximum energy تتناسب تنـاسبا عكسيًّا inversely proprtional مع درجة الحرارة المطلقة. ويُعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

حيث إن: - $\lambda m = \frac{a}{T}$

a = عامل ثابت يساوي = ٢,٨٩٨ × ١٠ $^{-٣}$ درجة حرارة كالفن المطلقة

$a = (2.898 \times 10^{-3} \times \text{deg K})$

T = درجة الحرارة المطلقة للجسم . (ر)

σ = ثـابت يســاوي = (٥,٦٧٠ × ١٠ $^{-٨}$ أرج لكل سم^{٢} ـ درجة حـرارة كالفن المطلقة^{٤}) { 5.670×10^{-8} mw/cm^2 (deg K)^4 } = σ

وعلى ذلك يمكن أن نلخص ببسـاطـة العـوامل التي تـؤثر في قـوة الإشعـاع الشمسي وتنوع مداه على سطح الأرض في النقاط التالية :

١ ـ مـدى ثبات قوة الإشعاع الشمسي نفسـه أو الثابت الشمسي Solar constant وهذا يتوقف على :

أ ـ قوة النشاط الإشعاعي الشمسي(١).

ب ـ اختـلاف طول المسافـة بين الشمس والأرض (تبعًا لـدوران الأرض حول الشمس في مدارها الإهليلجي الشكل)(٢).

٢ ـ مدى شفافية طبقات الغلاف الجوي .

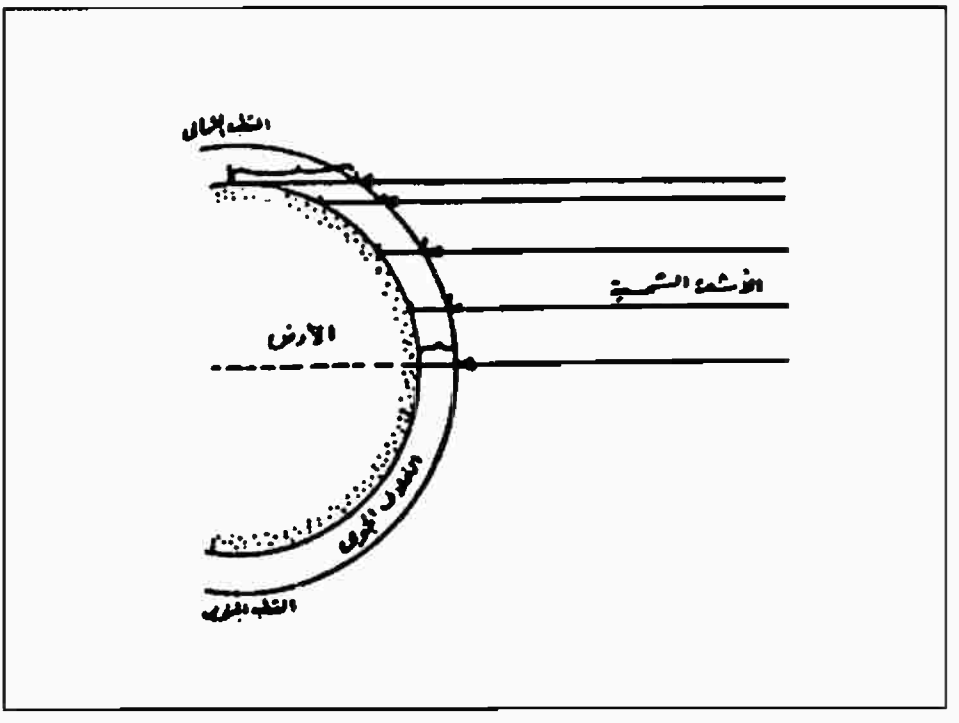
٣ ـ اختلاف عدد ساعات إشراق الشمس خلال اليوم الواحد من مكان إلى آخر على سطح الأرض .

٤ ـ زاويـة ميل الأشعة الشمسيـة على سطح الأرض ذلك لأن الأشعة العمـودية الساقطة عند الدائرة الاستوائية تخترق مسافة محدودة من الغلاف الجوي، إذا ما قـورنت بالأشعـة الشمسية التي تسقط عند المنـاطق شبه القطبيـة . انظر (شكل ١٨) . وتبعًـا لسطح الأرض الكـروي الشكل من نـاحية، ومـدى

---

(١) تبين للعلماء أن متوسط كميـة الحرارة خارج الغلاف الغـازي تبلغ نحو ٢ جرام كـالوري لكل سم^{٢} في الـدقيقة ، ومـن ثم فإن قوة النشـاط الإشعـاعي الشمسي تقـدر بنحـو ٤,٥ مليون حصـان (horse-power) لكل ميل^{٢} . (الكالوري Calories وحـدة الـسعـر الحراري) . راجع Howard, J. Critchfield, "General Climatology", Prentice-Hall, New Jersey, 2ed edi (1966) p. 17-19.

(٢) د. حـسن أبو العينين : «الجغرافيا العملية» بيروت ـ ١٩٧٨م ـ مذكرة جامعية .



(شكل ١٨) اختلاف طول الأشعة الشمسية
واختلاف زاوية سقوطها على سطح الأرض.

تعامد الأشعة الشمسية على المكان من ناحية أخرى، فإن الأشعة الشمسية قد تسقط عمودية كما قد تكون مائلة فوق سطح هذا المكان. (شكل٥)، وبلا شك فإن الأشعة الشمسية التي تسقط عمودية فوق مكان ما (خاصة خلال وقت الظهيرة) تكون أقوى من غيرها من الأشعة الأخرى.

وعلى ذلك يتبين أن زاوية سقوط الأشعة الشمسية على الدائرة الاستوائية خلال الاعتدالين (مارس وسبتمبر) تكون صفرًا أو ١٨٠°. أما في يونيو وفي سبتمبر فتبلغ $\frac{1}{2}$ ٢٣°، ومن ثم تكون شدة الحرارة الشمسية تساوي ١ (رقم أساسي) خلال الاعتدالين ونحو ٩٢ , ٠ خلال الانقلابين. أما عند دائرة عرض ٣٥° شمالاً فتكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية في مارس وسبتمبر نحو ٣٥°، وفي يونيو $\frac{1}{2}$ ١١°، وفي ديسمبر $\frac{1}{2}$ ٥٨°، وينتج عن ذلك أن شدة الأشعة

الشمسية هنا خلال مارس وسبتمبر تصل إلى نحو ٠,٨٢ (من الرقم الأساسي ١)، وفي شهر يونيو ٠,٩٨، وفي شهر ديسمبر (الشتاء الشمالي) ٠,٥٢، أما بالنسبة لدائرة عرض ٧٥° شمالاً، فتبلغ زاوية سقوط الأشعة الشمسية هنا خلال شهري مارس وسبتمبر ٧٥° في حين تصل إلى نحو ١/٢ ٥١° خلال شهر يونيو (الصيف الشمالي)، ونحو ١/٢ ٩٨° خلال شهر ديسمبر، وعلى ذلك تبلغ شدة الإشعاع الشمسي خلال مارس وسبتمبر عند دائرة العرض هذه نحو ٠,٢٦ في حين تصل إلى نحو ٠,٦٢ خلال شهر يونيو وتكون صفرًا عند شهر ديسمبر (الشتاء الشمالي).

كما يتضح ذلك في الجدول الآتي: (١)

	مقدار زاوية سقوط الأشعة الشمسيه (بالدرجات)			شدة الأشعة الشمسية (على أساس أن الأشعة العمودية = ١)		
دائرة العرض	يونيو	مارس وسبتمبر	ديسمبر	يونيو	مارس وسبتمبر	ديسمبر
٧٥° شمالا	٥١ ١/٢	٧٥	٩٨ ١/٢	٠,٦٢	٠,٢٦	صفر
٣٥° شمالا	١١ ١/٢	٣٥	٥٨ ١/٢	٠,٩٨	٠,٨٢	٠,٥٢
الدائرة الاستوائية	٣٣ ١/٢	صفر	٢٣ ١/٢	٠,٩٢	١,٠٠	٠,٩٢
٣٥° جنوبًا	٥٨ ١/٢	٣٥	١١ ١/٢	٠,٥٢	٠,٨٢	٠,٩٨
٧٥° جنوبًا	٩٨ ١/٢	٧٥	٥١ ١/٢	صفر	٠,٢٦	٠,٦٢

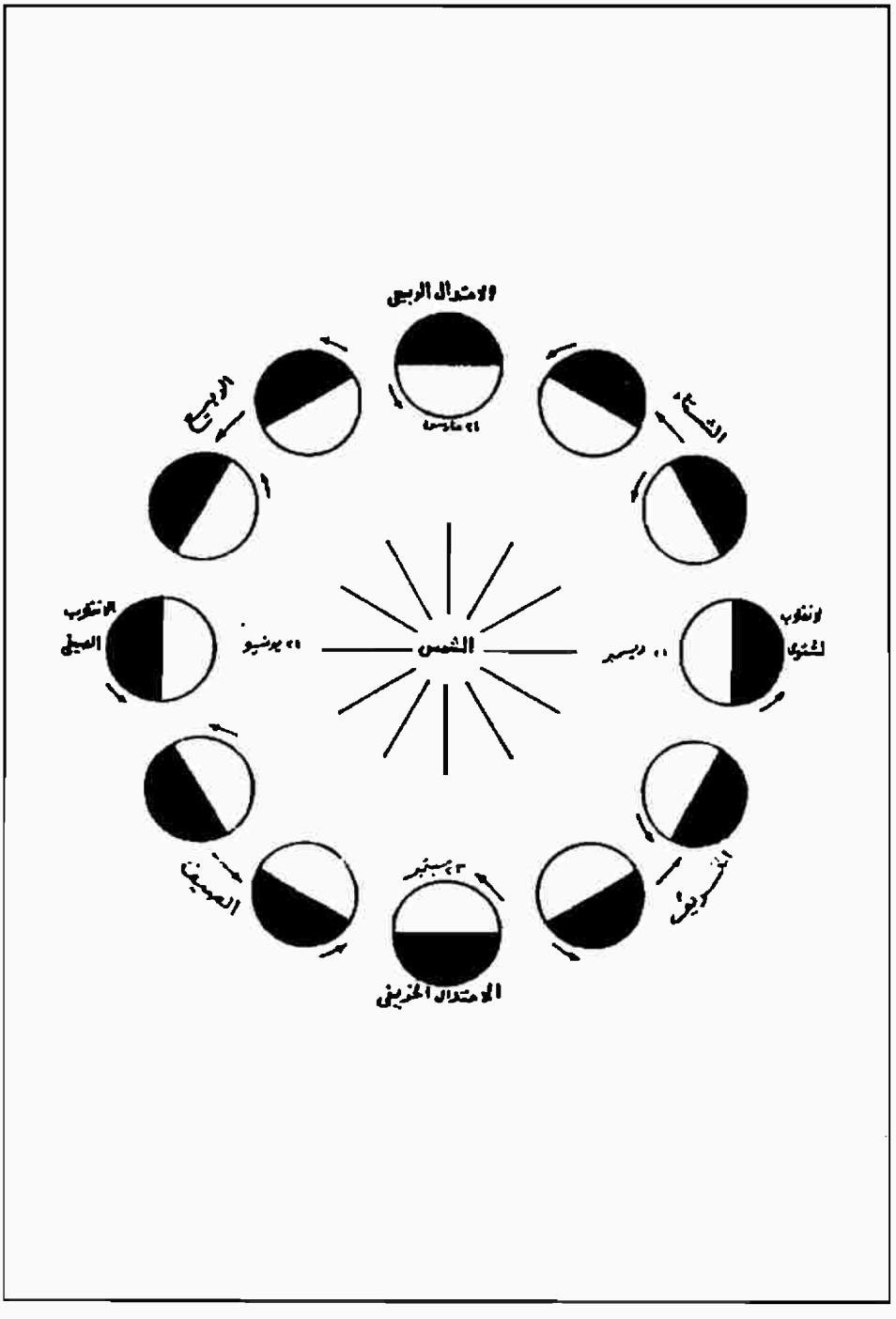
(1) Gresswell, K.P., "Physical geography", Longman, (1972) p. 17.

وحيث إن مـدار الأرض حـول الشمس بيضـاوي الشكل ellpise، فـإن لهذا القطع النـاقص البيضـاوي الشكـل محورين يصـلان بين الشمس والأرض، ويطلق على المحور الأطول اسم المحور الرئيس major axis والمحور الأقصر اسم المحور الثانوي minor axis، وإن متوسط طول المسافة بين الشمس والأرض نحو ٩٣ مليون ميل (١٥٠ مليون كم) إلا أن هذه المسافة تزداد أو تتناقص (تبعًا لنوع المحـور الـرئيس أو الثانوي) في حدود ١ ١/٢ مليـون ميل (٤ , ٢ مليون كم). وفي يوم ٣ من يناير تصبح الأرض في مدارهـا الإهليلجي أقرب ما تكون إلى الشمس وتبلغ طـول المسافـة بينهما ٥ , ٩١ مليون ميل (١٤٧ مليـون كم) ويقال في هـذه الحالة أن الأرض في الحضيض Perihelion أي قريبة Peri من الشمس. أما في يوم ٤ من يـوليو فتصبح الأرض في مـدارها الإهليلجي أبعـد ما تكـون عن الشمس ويبلغ طول المسافة بينهما ٥ , ٩٤ مليـون ميل (١٥٢ مليون كم)، ويقال في هذه الحالة إن الأرض في الأوج Aphelion أي بعيدة Ap عن الشمس[١]. وقد تبين للعلماء أن قـوة الإشعـاع الشمسي الـذي يصل إلى سطح الأرض خـلال فترة الحضيض تزداد بنحو ٧٪ عن قوته خلال فترة الأوج[٢] ومع دوران الأرض حول الشمس من الغـرب إلى الشرق واختـلاف اتجاه ميـل محور الأرض يـؤثـر ذلك في مواقـع الدائرة الضـوئية Circle of Illumination وأشكالها وحـدوث الفصول الأربعة. (شكل ١٩).

---

(١) قدر العلماء أن متوسط سرعـة دوران الأرض في مدارها خـلال الحركة الانتقاليـة يبلغ نحو ٦٦ , ٦٠٠ ميل في الساعة (أي نحو ١٠٧ , ٠٠٠ كم في السـاعـة) ولكن تختلف هذه السرعة من موقع إلى آخر على طول مدار الأرض حول الشمس، حيث تزداد سرعة الأرض عندما تكون الأرض في الحضيض Perihelion وتقل سرعتها عندما تكون في الأوج Aphelion.

(2) a - Strahler, A. N., "Introduction to physical geography", Wiley (1969), p. 51-71.
b - Trewartha, G.T., "An introduction to climate", Mc Graw-Hill, N. Y (1954) p. 10-13.



(شكل ١٩) حدوث الفصول الأربعة مع دوران الأرض حول الشمس.

وتؤثر درجة شفافية طبقات الغلاف الجوي في مدى قوة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض. وقد سبقت الإشارة من قبل إلى أثر كل من الغبار والرماد والسحب وبخار الماء وبعض الغازات في عمليات انعكاس الأشعة الشمسية وكيفية تشتتها وامتصاصها واحتفاظ هذه العوامل بالإشعاع الأرضي في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي. وعلى ذلك فإن المناطق التي تكثر فيها السحب والهواء الملوث بالأتربة تستقبل كمية أقل نسبيا من الأشعة الشمسية. كما تختلف درجة شفافية الغلاف الجوي مع دوائر العرض على سطح الأرض، فبالنسبة للعروض العليا والوسطى فإن الأشعة الشمسية لا بد أن تقطع مسافة أطول نسبيا من الغلاف الجوي عن تلك المسافة في المناطق الاستوائية.

ويختلف طول فترة عدد ساعات إشراق الشمس خلال اليوم مع دوائر العرض المختلفة ومع اختلاف فصول السنة كذلك. وعندما يزداد طول فترة ساعات إشراق الشمس قد يؤدي ذلك إلى ارتفاع كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض. ويوضح الجدول الآتي (راجع شكل ١٦ ص ٣٠). اختلاف طول الليل والنهار عند دوائر العرض المختلفة خلال فصول السنة (في نصف الكرة الشمالي). فعند الدائرة الاستوائية يتساوى طول الليل والنهار، بحيث يبلغ طول أي منهما ١٢ ساعة يوميًّا. وفي حالة تعامد الشمس على مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي يزداد طول فترة عدد ساعات إشراق الشمس على دوائر العرض في نصف الكرة الشمالي. فتبلغ نحو ١٣ ساعة عند دائرة عرض ١٧° شمالا، ونحو ١٦ ساعة عند دائرة عرض ٤٩° شمالا ونحو٢٤ ساعة عند دائرة عرض $\frac{1}{2}$ ٦٦° شمالا، ونحو ٦ شهور عند موقع القطب الشمالي. غير أنه ينبغي ألا يفهم من ذلك أن درجة حرارة الهواء عند دوائر العرض العليا ترتفع عنها عند المناطق المدارية، ذلك لأن نورانية الأسطح الثلجيةAlbedo of snow

surfaces أعلى من نـورانيـة سطح الأرض نفسـه، ومن ثم تنعكس الأشعـة الشمسية الساقطة على الأسطح الثلجية بسرعة، ولا تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة

دوائر العرض (شمالا) (الصيف الشمالي)	الدائرة الاستوائية	١٧°	٤١°	٤٩°	٦٣°	٦٦,٣٠°	٦٧,٢٠°	٩٠°
عدد ساعات إشراق الشمس	١٢	١٣	١٥	١٦	٢٠	٢٤	شهر	٦ شهور

الهواء الملامس لسطحها، بـالدرجة نفسها التي تنتج عن الإشعـاع الأرضي المرتد من سطح الأرض [١].

اختلاف طول الليل والنهار:

لا يتساوى طول الليل والنهار على جميع دوائر العرض المختلفة في وقت معين خلال اليوم الـواحد، أو من وقت لآخر للمكان نفسه خلال فصـول السنة عند دوران الأرض حول الشمس. ويعـزى هذا الاختـلاف إلى أثر ميل محور الأرض الـذي يـؤدي إلى تكوين دائرة إضـاءة عظمى لا تتفق أبعـادهـا مع الـدائرة التي تنصف الكـرة الأرضية إلى قسمين متسـاويين. هـذا إلى جـانب اختلاف درجـة الأشعة الشمسية على سطح الأرض من مكان إلى آخر [٢]. (انظر شكل ١٦).

---

(1) a - Howard. J. Critchfield "General Climatology", Prentice-Hall, N.J., 2ed edi (1966) p. 19.
b - Barry, R. G., And Chorley R. J., "Atmosphere, Weather and Climate" Methuen, London (1969) p. 30-37.

(٢) د. حسن أبو العينين: «الجغـرافيا العمليـة» مذكـرة جامعية ـ الطبعة الخامسـة عشرة ـ الإسكنـدرية (١٩٨٢م) ٢٨ ـ ٣٢.

اختلاف طول الليل والنهار في حالة الاعتدالين (الخريف والربيع):
Vernal and Autumnal Equinoxes

في هـذه الحالـة تكـون أشعـة الشمس السـاقطـة على سطح الكـرة الأرضيـة عمـودية على الـدائرة الاستـوائية، وعلى ذلـك تنقسم الكرة الأرضيـة إلى قسمين متساويين بواسطة الـدائرة الضوئية العظمى Circle of illumination ، ويكون نصفها الذي يـواجه أشعة الشمس مضيئًا، والنصف الآخر المظـاهر له مظلمًا، ويصبح طول النهار عنـد خط الاستواء ١٢ ساعة، وكـذلك طول الليل، حيث تدور الأرض دورة كاملة ٣٦٠° خلال ٢٤ ساعة.

اختلاف طول الليل والنهار في حالة الانقلاب الصيفي (٢١ من يونيو):
Summer Solstice

ويقصـد بـذلك فصل الصيف بـالنسبـة لنصف الكـرة الشمالي حيث تكـون الشمس عمـودية على مـدار السرطـان، وذلك تبعًا لميل محور الأرض. وفي هـذه الحالة نلاحظ أن الدائرة الضوئية العظمى تتسع في نصف الكرة الشمالي، وتضم كل نطاق الـدائرة القطبية الشماليـة داخلها (٥ , ٦٦° شمالاً) في حين أنها تنحصر في نصف الكرة الجنوبي ويخرج عنها كل نطاق الدائرة القطبية الجنوبية.

وعلى ذلك يلاحظ أنـه بالنسبة للنصف الشمالي من الكرة الأرضيـة (صيفًا) مـا يلـي:

أ ـ يكون طول النهار أطول من طول الليل عند دوائر العرض المختلفة.

ب ـ يكون الفـرق في اختلاف طـول الليـل وطول النهـار بسيطا عند الدائـرة الاستوائية، ويزداد كلما اتجهنا شمالاً صوب القطب الشمالي.

جـ ـ تقع دائـرة عرض ٥ , ٦٦° شمـالاً وما فوقها حتى نقطة القطب الشمالي تحت تأثير الأشعة الشمسية بصورة مستمرة، ويرى الناس قرص الشمس مضيئًا

لمدة ٢٤ ساعة متوالية على الرغم من دوران الأرض ٣٦٠° حول محورها في ٢٤ ساعة، فتبعا لميل محور الأرض ووقوع نطاق الدائرة القطبية الشمالية داخل نطاق الدائرة الضوئية العظمى لا يحل على الأرض فترة إظلام.

أما بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي (الشتاء الجنوبي)، فينعكس الوضع تمامًا ونلاحظ ما يلي:

أ ـ يكون طول النهار أقصر من طول الليل عند كل دوائر العرض المختلفة.

ب ـ يكون الفرق بين اختلاف طول النهار وطول الليل محدودًا عند الدائرة الاستوائية، ويزداد كلما اتجهنا جنوبًا صوب القطب الجنوبي.

جـ ـ تقع دائرة عرض ٥ ,٦٦° جنوبًا وما تحتها حتى نقطة القطب الجنوبي خارج نطاق الأشعة الشمسية بصورة مستمرة، ولا يرى الناس قرص الشمس إطلاقًا لمدة ٢٤ ساعة مستمرة على الرغم من دوران الأرض ٣٦٠° حول محورها في ٢٤ ساعة، فتبعا لميل محور الأرض وتعامد الشمس على مدار السرطان ووقوع نطاق الدائرة القطبية الجنوبية خارج نطاق الدائرة الضوئية العظمى لا يحل على الأرض فترة إضاءة.

اختلاف طول الليل والنهار في حالة الانقلاب الشتوي (٢٢ ديسمبر): Winter Solstice

ويقصد بذلك فصل الشتاء بالنسبة لنصف الكرة الشمالي حيث تكون أشعة الشمس عمودية على مدار الجدي في نصف الكرة الجنوبي تبعًا لميل محور الأرض. وفي هذه الحالة نلاحظ أن الدائرة الضوئية العظمى تتسع في نصف الكرة الجنوبي وتضم كل نطاق الدائرة القطبية داخلها (٥ ,٦٦° جنوبًا) في حين أنها تنحصر في نصف الكرة الشمالي ويخرج عنها كل نطاق الدائرة القطبية

الشمالية . وعلى ذلك يـلاحظ بالنسبـة للنصف الجنوبي (الصيف الجنـوبي) من الكرة الأرضية ما يلي :

أ ـ يكون طول النهار أطول من طول الليل عند كل دوائر العرض المختلفة .

ب ـ يكـون الفرق في اختـلاف طول الليل وطول النهـار محـدودا عنـد الدائرة الاستوائية ، ويزداد كلما اتجهنا جنوبًا صوب القطب الجنوبي .

جـ ـ تقع دائرة عرض ٥ ,٦٦° جنوبًـا وما تحتها حتى نقطة القطب الجنوبي في نطاق تأثير الأشعـة الشمسية بصورة مستمرة ، ويرى النـاس قرص الشمس لمدة ٢٤ ساعة كاملة على الـرغم من دوران الأرض ٣٦٠° حول محورها في ٢٤ ساعة ، فتبعًا لميل محور الأرض ووقوع نطـاق الدائرة القطبية الجنوبيـة داخل نطاق الدائرة الضوئية العظمى لا يحل على الأرض فترة إظلام .

أمـا بالنسبـة لنصف الكـرة الشمالي (فصل الشتـاء) فينعكس الوضع تمامًـا ، ونلاحظ الآتي :

أ ـ يكون طول النهار أقصر من طول الليل عند كل دوائر العرض المختلفة .

ب ـ يكـون الفرق في اختـلاف طول الليل وطـول النهار محدودًا عنـد الدائرة الاستوائية ، ويزداد كلما اتجهنا شمالاً صوب القطب الشمالي .

جـ ـ تقع دائرة عـرض ٥ ,٦٦° شمالاً وما فـوقها حتى نقطـة القطب الشمالي خارج نطـاق الأشعة الشمسية بصـورة مستمرة ، ولا يرى النـاس قرص الشمس إطلاقًا لمدة ٢٤ ساعة متتالية على الرغم من دوران الأرض ٣٦٠° حول محورها في ٢٤ سـاعة ، وذلك تبعًـا لميل محور الأرض وتعـامد الشمس على مـدار الجدي ، ووقوع نطاق الدائرة القطبية الشمالية خـارج نطاق الدائرة الضوئية العظمى ، فلا يحل على الأرض فترة إضـاءة . وعلى ذلك يختلـف التـوقيت من مكـان إلى آخـر

حسب موقعه على خطوط الطول المختلفة، وهذا له أثره في تحديد مواقيت الصلاة ومواقيت الصيام[1].

حركة كل ما في الأرض وما عليها والحكمة الإلهية في ذلك:

إن حركة الأرض هي المسبب الأساسي للحياة على سطحها، فلولا هذه الحركة لما كانت هناك حياة على سطحها، وما استمرت الأرض في دورانها المنتظم المحكم بالصورة التي نعرفها عنها اليوم. والأرض وما في جوفها وما يوجد على سطحها وما يقع فوقها متأثرًا بجاذبيتها كلها جميعًا في حركة دائمة ومستمرة ومنتظمة مقدرة تقديرا محكمًا بأمر الله عز وجل، فاطر السمٰوات والأرض؛ فكوكب الأرض وجوفه الداخلي الصخري الناري وأغلفته المائية والغازية في حركة دائمة، ولو فرض أن توقفت هذه الحركة أو أصابها شيء من الخلل لانعدمت الحياة، ويمكن أن نلخص هذه الحقيقة في النقاط التالية:

١ ـ ينتج عن الحركة المحورية لكوكب الأرض قوة طرد مركزية تتناسب مع قوة الجذب الشمسي على طول مربع المسافة بين مركزي الشمس والأرض. ومن ثم أصبح لكوكب الأرض مدار خاص به لا يحيد عنه، وثبت موقع كوكب الأرض في الفضاء السماوي، ومنذ بداية نشوء كوكب الأرض حتى اليوم ظل هذا الكوكب على مسافة ثابتة مقدرة من نجم الشمس ويسبح في مداره

---

(١) للدراسة التفصيلية للتوقيت، راجع د. حسن أبو العينين «الجغرافيا العملية» الطبعة الخامسة عشرة ـ الإسكندرية ـ (١٩٨٢م) ص ٣٣ ـ ٥٤، وذلك لمعرفة المقصود بالتوقيت المحلي، والتوقيت العالمي والساعة الزمنية الدولية، ومناطق التوقيت القياسي في الولايات المتحدة الأمريكية، وأحزمة التوقيت العالمي ـ وخط التوقيت العالمي، والتوقيت الشمسي، والتوقيت النجمي أو الفلكي ـ والتوقيت الشمسي الظاهري، ونموذج الأناليما.

بعض الكتب في هذا الموضوع نفسه أخذت معلومات من هذه المذكرة الجامعية دون الإشارة إليها، وذلك لأن هذه المذكرة لم تنشر لي في كتاب.

الإهليلجي حول الشمس دون توقف ودون تغير في سرعة دورانه، ولو كانت هذه العملية تخضع للمصادفة البحتة ـ كما يرى الملحدون ـ لتغير موقع كوكب الأرض في الفضاء السماوي بين زمن وآخر إلا أن الأرض مثلها مثل بقية الكواكب والنجوم في السماء مسخرة بأمر الله جل وعلا تسبِّحُ في الفضاء وتُسبحُ بحمد الله فاطرها، وإن النظام الشمسي كله مسير بالقانون الإلهي الأعظم المطلق للكون. ومن هنا ندرك قيمة التوازن بين كل حركة تخص كل نجم أو كل كوكب في هذا الكون الفسيح الأرجاء، وأن كل كوكب متصل ومرتبط بجاذبية النجم الأم، وأن كل نجم مرتبط بجاذبية المجرة التابع لها وأن كل مجرة ترتبط هي الأخرى بغيرها من المجرات، وكل ما في الكون في فلك يَسْبَحون ويُسبِّحون بحمد الله.

٢ ـ نتيجة للحركة المحورية الدائمة لكوكب الأرض تجمعت المعادن الثقيلة في باطن الأرض بينما تألفت قشرتها الخارجية من معادن خفيفة. وأكدت الدراسات الجيوفيزيقية أن قشرة الأرض تتركب من طبقات صخرية مختلفة الكثافة والتركيب المعدني.

ويطلق على القشرة السطحية للأرض اسم طبقة السيال Sial (سليكات الألمونيوم) والسفلية الواقعة تحتها مباشرة اسم طبقة السيما Sima (سليكات الماغنسيوم)، ثم يقع أسفل قشرة الأرض طبقات صخرية مرتفعة الكثافة تعرف باسم طبقة المانتل Mantle والإثنوسفير والميزوسفير، وتنتهي بالطبقة المركزية (السنتروسفير) عند مركز الكرة الأرضية.

وإذا كانت كثافة قشرة الأرض تصل إلى ٤ , ٢ فإن كثافة مواد الطبقة المركزية فيها تصل إلى ١١. ومعنى ذلك أن هذه الطبقة الأخيرة ــ دون أن يراها الإنسان ـ تتركب من معادن ثقيلة جدًّا مثل الحديد والنيكل. ومع تجمع هذه المعادن الأخيرة تنتشر فيها المواد المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم

والرابيديوم، ومن ثم اكتسبت الأرض ثقلها وقوة جاذبيتها. ولولا تجمع هذه المواد والمعادن الثقيلة في باطن الأرض لما استطاعت الأرض أن تحتفظ بما يوجد على سطحها ولانفلت الغلاف الغازي في الفضاء السماوي بعيدًا عن سطح الأرض. وعلى ذلك يمكن القول بأن مياه البحار والمحيطات والغلاف الغازي الذي يحيط بالأرض، والإنسان الذي يعيش على سطحها وما أقامه عليها من منشآت عمرانية، وكل ما هو موجود على السطح الكروي للأرض مثبت عليها بفعل قوة الجاذبية الأرضية. وجعل الله الأرض في حركة مستمرة للإبقاء على توازنها وموقعها في الفضاء السماوي ولاستمرار احتفاظها بقوة جاذبيتها وثقلها. ولا تفقد الأرض هذا الثقل إلا إذا قضى الله عز وجل لها بذلك يوم الساعة، ويقول المولى تبارك وتعالى: ﴿**إذا زُلزلَتِ الأرضُ زِلزالها * وأخرجت الأرضُ أثقالها * وقال الإنسان ما لها * يومئذ تُحدِّث أخبارها * بأن ربك أوحَى لها**﴾ الزلزلة (١ ـ ٥).

٣ ـ نتيجة للتفاعل المستمر بين المواد المشعة المتمركزة مع المعادن الثقيلة في باطن الأرض تتولد طاقة حرارية هائلة تعمل على رفع درجة حرارة باطن الأرض آلاف الدرجات المئوية، وينجم عن ذلك انصهار المعادن وتحولها من الحالة الصلبة إلى مواد سائلة ثم إلى أخرى غازية. وإذا فرض عدم خروج وانبثاق هذه الغازات الملتهبة من باطن الأرض، لتعرضت الكرة الأرضية للانفجار وتصبح كأنها قنبلة نووية في الفضاء السماوي. ومن حكمة الله عز وجل لإبقاء الأرض في حالتها واحتفاظها بتوازنها بين كواكب المجموعة الشمسية وصلاحيتها لحياة الإنسان أن جعل باطن الأرض يتشقق شقوقا طولية عميقة جدًّا تسهم بدورها في خروج بعض الغازات المحبوسة الملتهبة في باطنها، وانبثاق بعض المصهورات اللافية والحمم النارية عن طريق البراكين النشطة الثائرة. ومعنى ذلك أن البراكين التي يعدها الكثيرون من الكوارث الطبيعية

هي في الحقيقة العامل الرئيسى الـذي يحفظ للأرض بقاءها، كما أنها تعمل على إضـافـة مـواد معـدنيـة جـديـدة منبثقـة من بـاطن الأرض إلى السطح ليستغلها الإنسان في حياته ومعيشته، ولـم يكن في استطاعته إخراجها إلى السطح أو الـوصول إليها في بـاطن الأرض. ومع خـروج الغازات السـاخنة عند ثـوران البراكين تضاف كميات هائلـة جديدة من الغـازات إلى الغلاف الغازي نفسـه، وعند بـرودتها تتعرض للتكثف وتـؤدي إلى تكوين السحب وسقوط الأمطار. وتعرف الأمطار هنا بالمياه الأولية Juvenil water أي المياه الأصلية الآتية من باطن الأرض التي تضاف إلى ما هو موجود من مياه سابقة على سطح الأرض. وعلى ذلك يتبين أن نشوءَ الغـلاف الغازي أصـلا بما فيه من سحب ومـا ينزل منـه من مـاء، وكذلك تكـوين المسطحات المحيطيـة والبحريـة والأنهار على سطح الأرض يرجعـان إلى أثر تجمع الغـازات الأولية حـول سطح الكرة الأرضيـة التي انبثقت من باطنهـا نتيجة لاستمـرار دوران الأرض حـول نفسها. وسخـر الله جل وعـلا الغـلاف الغازي ومـا فيـه من سحب لمنفعة الإنسان وتيسير معيشته على سطـح الأرض؛ فالسحاب ينزل منه الماء فيحيي الأرض بعد موتها. يقول تبارك وتعالى:

﴿ . . . **وما أنزل الله من السماءِ من مـاءٍ فأحيا به الأرض بعد موتها وبثَّ فيها من كلِّ دابـة وتصريف الريـاح والسحـابِ المُسخـر بين السمـاء والأرض لآيات لقومٍ يعقلُـون** ﴾ البقرة (١٦٤).

ونزول الماء من السماء ومن السحب (والسحب هي القسم الأدنـى من السماء الذي يقـع فوق سطح الأرض) جـاء ذكره في آيـات متعددة في القرآن الكـريم في قوله تعالى:

﴿ **الله الـذي خلـقَ السمـٰـوات والأرضَ وأنـزل مـن السماء مـاء** . . . ﴾ إبراهيم (٣٢).

﴿وأرسلنا الرياحَ لواقح فأنزلنا من السماءِ ماء فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين﴾ الحجر (٢٢).

﴿والله أنزل من السماء ماءً فأحيا به الأرضَ بعد موتِها إن في ذلك لآيةً لقومٍ يسمعون﴾ النحل (٦٥).

وإذا كان الماء ينزل من السحب والسماء فإن نشأته الأولى كانت أصلا في باطن الأرض؛ فتكوين كل من الأغلفة الغازية والمائية والصخرية تعزى جميعًا إلى أثر حدوث التفاعلات النووية في باطن الأرض ذاتها.

وهذه الحقيقة لم يتوصل إليها العلم الحديث إلا مؤخرًا، وأشار إليها القرآن الكريم منذ أكثر من أربعة عشر قرنًا مضت، يقول المولى عز وجل:

﴿والأرضَ بعد ذلك دَحَاهَا * أخرج منها ماءَهَا ومرعاهَا﴾ النازعات (٣٠ ـ ٣١).

ولولا حدوث دوران الأرض حول نفسها لما تكونت كل هذه الظواهر ولما كانت هناك حياة بالصورة التي هي عليها اليوم على سطح هذا الكوكب.

٤ ـ إن دوران الأرض حول محورها يشكل تضاريس سطح الأرض؛ فقد أثبتت الدراسات الجيولوجية أن السلاسل الجبلية الكبرى على سطح الأرض سواء أكانت القديمة العُمر منها التابعة للزمن الباليوزوي (مثل جبال الأبلاش ومرتفعات إسكنديناوة) أم الحديثة العُمر منها التابعة للزمن الكاينوزوي (مثل مرتفعات الألب في أوروبا والهيملايا في آسيا والروكي والأنديز في الأمريكتين) كانت جميعًا عبارة عن رواسب هائلة الحجم تجمعت فوق أرضية المحيطات الجيولوجية القديمة لفترات طويلة من الزمن تصل إلى مئات الملايين من السنين، وبفعل النشاط النووي في باطن الأرض تعرضت هذه الرواسب لحركات رفع تكتونية (جوفية) أدت إلى ظهورها على سطح

الأرض على شكل طبقات رسوبية ملتوية متخذة شكل السلاسل الجبلية والهضاب العالية.

وتحدث حركات الرفع uplift في قشرة الأرض بفعل النشاط التكتوني في جوف الأرض وصعود الغازات الساخنة والماجما الملتهبة من باطن الأرض إلى أعلى عند سطحها أو تحت سطحها مباشرة. ومن ثم تلتوي قشرة الأرض وتتجعد تحت تأثير الضغط من أسفل إلى أعلى، وتتكون الجبال والهضاب ويتضرس سطح الأرض بظواهر تضاريسية متنوعة (١).

وقد تعرضت الأرض لعدة حركات تكتونية نشيطة متعاقبة خلال العمر الجيولوجي الطويل لقشرة الأرض، وكان يفصل بين كل حركة تكتونية نشيطة فترة هدوء تكتوني نسبي تسمح خلالها بتجمع المزيد من المواد المشعة في باطن الأرض لتمارس عملها من جديد. وهكذا ميز الجيولوجيون بين فترات جيولوجية نشيطة تكتونيًا (خلال الزمنين الجيولوجيين الأول والثالث) وأخرى هادئة تكتونيًا (خلال الزمنين الجيولوجيين الثاني والرابع). وإذا افترضنا عدم حدوث هذه الحركات التكتونية النشيطة التي تؤدي إلى بناء السلاسل الجبلية، فإن معنى ذلك أن مسرح الأرض سيكون عرضة للتشكيل بفعل عوامل التجوية والتعرية التي ستؤدي به في النهاية إلى تكوين سهول تحاتية واسعة الامتداد، ومعنى ذلك لانعدم التنوع في الأشكال التضاريسية لسطح الأرض. إلا أن هذه الحركات التكتونية المقدرة تقديرًا محكمًا من العزيز الحكيم، والتي تحدث بين فترة جيولوجية وأخرى، وفي أماكن متفرقة من سطح الأرض تعمل على إعادة بناء

---

(١) د. حسن أبو العينين «الألواح الجيولوجية ونظمها التكتونية» كتاب مترجم عن نظرية الصفائح الجيولوجية "plate tectonic" بتكليف من جامعة الكويت (١٩٨٨م) ص ١ ـ ٢١٦.

الجبال في مناطق من سطح الأرض لتحل محل جبال أخرى أزالتها عوامل التجوية والتعرية في مناطق أخرى من سطح الأرض. وهكذا احتفظت الأرض بتوازنها التضاريسي وبتنوع مظهر سطحها وبتعدد نعم الله فيها والتي لا تعد ولا تحصى ليستفيد الإنسان الذي استخلفه الله عز وجل على سطح الأرض من كل هذه النِعم لتيسير حياته ومعيشته فيها.

٥ ـ الغلاف الغازي الذي يحيط بالأرض هو الآخر في حركة مستمرة، فيخترق الإشعاع الشمسي Solar insolation طبقات الغلاف الجوي متجهًا صوب سطح الأرض، وهنا يرتد إلى أعلى مرة أخرى على شكل ما يعرف بالإشعاع الأرضي Terrestial Radiation. وعن طريق هذه الأشعة الأخيرة وتيارات الحمل الحرارية الصاعدة Convection وعمليات التوصيل الحراري Conduction بمساعدة ما يتمثل في الغلاف الغازي من مواد تساعد على امتصاص الحرارة وتوصيلها وانتشارها، تتنوع درجة حرارة الهواء وتنتقل فيه أفقيًا ورأسيًا مع حركة انتقال الهواء نفسه. هذا إلى جانب أثر عمليات التبخر Evaporation والتكاثف Condensation في اختلاف درجة حرارة الهواء من مكان إلى آخر.

وتؤثر درجة حرارة الهواء في تنوع مقدار الضغط الجوي Atmospheric pressure، كما يؤثر نوع الضغط الجوي ومدى شدة انحداره في اتجاه الرياح واختلاف سرعتها على سطح الأرض. فعندما ترتفع درجة حرارة الهواء يخف وزنه ويصعد إلى أعلى ويقل مقدار ضغطه الجوي وتتكون مراكز من الضغط الجوي المنخفض والعكس صحيح.

وعند صعود الهواء إلى أعلى في طبقة التروبوسفير يتعرض للبرودة التدريجية وتنخفض درجة حرارته ويثقل وزنه فيهبط من أعلى إلى أسفل على شكل ما يسمى بالهواء الهابط، وعند وصول هذا الهواء إلى سطح الأرض تتكون مراكز من

الضغط الجوي المرتفع ، وتنتقل الرياح (الهواء المتحرك بالقرب من سطح الأرض) من مراكـز الضغط المرتفع إلى مراكـز الضغط المنخفض لتحل الـرياح محل الهواء الساخن الصـاعد إلى أعلى . ومن ثم فإن حركة الهواء في الغـلاف الغازي المحيط بـالأرض هي حركـة مستمرة لا تتـوقف من مكان إلى آخـر. وقد سـاعدت هـذه الحركة على تغير الطقس ، والاختلاف الجغرافي لتوزيـع كميات الأمطار الساقطة من مكـان إلى آخـر على سطح الأرض ، كما أسهمت حركـة الهواء في تجديـده في المكان الواحد وعدم السماح لتركز الملوثات والنفايات في الجو في بقعة محدودة من الغلاف الغازي .

٦ ـ الغلاف المائي على سطح الأرض هـو الآخر في حركة مستمـرة محكمة ومقدر من المولى العزيز الحكيم ؛ فالمياه في المجـاري النهرية تجري من مناطق المنابع العليـا للأحـواض النهريـة متجهة صـوب الأجزاء الـدنيا منهـا ، ثم تصب معظم أنهار العالم في البحار والمحيطات على مستـوى واحد (منسوب صفر) يعرف باسم مستوى القاعدة العام General base level .

وتتعرض المسطحات المائية للإشعاع الشمسي الذي يعمل بدوره على تسخين المياه السطحية وتعـرضهـا لفعل التبخر ، وعنـد صعـود البخار إلى أعلى تتكـون السحب في طبقة التروبـوسفير وقد يسقط منها المطـر لتتم الدورة الهيدرولـوجية عملها ؛ فـالمياه التي يفقـدها سطح الكـرة الأرضية (من المسطحـات المائية) عن طريق التبخر يكتسبها مرة أخرى عن طريق التساقط .

وعند تعـرض المياه السطحية في البحـار والمحيطات لفعل التبخر تـرتفع فيها نسبة الملوحة ، وتـزداد كثافتها . ولولا ملوحة مياه البحار واختـلافها كيميائيا عن مياه الأنهار لانعدمت فيها الحياة البحريـة التي تعيش فيها اليوم ، وصارت مياهًا ساكنة آسنة لا تصلح للحياة ، وارتفعت فيها نسبة التلوث بدرجات عالية . ومن

فضل الله تبارك وتعالى على الإنسان أن جعل مياه البحار في حركة مستمرة in a constant motion تتخذ أشكالاً متعددة منها الأمواج المعتادة أو المألوفة Ordinary waves وأمواج المد والجزر Tidal waves والتيارات البحرية Sea Cur-rents. ولكل من هذه الأشكال فوائدها المناخية والاقتصادية للإنسان ساكن هذا الكوكب ولها تأثيراتها المباشرة في تشكيل الخصائص الطبيعية والكيميائية والحياة البيولوجية في البحار والمحيطات.

والأمواج Waves هي عبارة عن الحركة السطحية لمياه البحار والمحيطات وحتى البحيرات؛ وذلك بفعل احتكاك الرياح Friction of winds الملامسة للمسطحات المائية. وتتحرك المياه السطحية للبحر في حركة دائرية على شكل أمواج تدور أجزاؤها في دائرة بحيث ترجع أجزاؤها إلى مواقعها نفسها التي تحركت منها في البداية. وعلى ذلك فإن الأمواج العالية مهما كانت سرعتها تقف وتنتهي عند خط الساحل ولا تخرج عنه. ويتلاشى تكوين الأمواج عند عمق ٣٣٠ قدمًا من سطح الماء. وتعزى نشأة الأمواج إلى عاملين هما:

أ ـ عامل رئيس وهو الأثر الناتج عن احتكاك الرياح بالمسطحات المائية.

ب ـ عامل ثانوي يتمثل في نشوء بعض أنواع من الأمواج العالية المحلية بفعل الحركات التكتونية الفجائية الزلزالية في قاع المحيطات، ومنها أمواج التسنامي.

والمد والجزر Tides ارتفاع وانخفاض وقتي في مستوى سطح البحر، ويؤدي ذلك إلى ارتفاع منسوب مياه البحار الواسعة (المحيطات في نصف الكرة الجنوبي) عدة أمتار وتنتقل المياه منها إلى البحار الشمالية وتدخل الخلجان الضيقة على شكل ما يعرف باسم أمواج وتيارات المد Tidal currents. ويرجح العلماء أن هذه العملية تعود إلى سببين رئيسين هما:

أ ـ قوة الجذب القمري وقوة الجذب الشمسي لسطح الأرض وما عليه، وموقع القمر بالنسبة لموقع الأرض والشمس أثناء دورانه الانتقالي.

ب ـ قوة الطرد المركزية للأرض.

فعندما يكون القمر والأرض والشمس على خط زوال واحد، كما يحدث في حالتي البدر والمحاق، يشتد حدوث المد وذلك تبعًا لإضافة قوة الجذب الشمسي إلى قوة الجذب القمري وزيادتهما عن قوة الطرد المركزية للأرض، فيجذبا معًا المسطحات المائية (والهواء في الغلاف الغازي) على سطح الأرض، ويعرف المد في هذه الحالة باسم المد العالي Spring tide.

أما إذا وقع القمر على طول ضلع زاوية قائمة بالنسبة لموقعي الشمس والقمر، فيقلل الجذب القمري من قوة الجذب الشمسي وينخفض منسوب المد، ويعرف في هذه الحالة باسم المد المعتدل(١).

أما التيارات البحرية Sed-Currents فهي بخلاف كل أشكال الأمواج، حيث لا يمكن مشاهدتها في البحر، ولا يمكن أن نشعر بوجودها وأماكن نشوئها وتحديد مجموعاتها واتجاهاتها بالنظر بالعين المجردة في البحر. ويمكن أن نشبه حركة التيارات المائية في الأحواض البحرية بحركة الهواء في الغلاف الغازي؛ فعند تسخين الهواء الملامس لسطح الأرض يصعد هذا الهواء إلى أعلى (على شكل هواء صاعد) وعند برودة الهواء في طبقات الجو العليا يهبط هذا الهواء إلى أسفل (على شكل هواء هابط). ولا يمكن للإنسان مشاهدة هذا الهواء سواء أكان صاعدًا أم هابطًا. ومثله في هذه الحالة مثل التيارات البحرية في البحار

(١) للدراسة التفصيلية، راجع د. حسن أبو العينين «جغرافية البحار والمحيطات» الإسكندرية، الطبعة الثامنة (١٩٨٩م) ص ٢٢١ ـ ٢٣٧.

والمحيطات، والتي تنشأ هي الأخرى تبعًا لتنوع الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه البحر-Differences in Physical and Chemical Characteristics of sea wa ter، فعندما ترتفع كثافة مياه البحر (تبعًا لارتفاع حرارة المياه أو تبعًا لارتفاع نسبة الأملاح في المياه أو لكليهما معا) تنتقل مياه البحر من المسطحات المائية الأعلى كثافة إلى المسطحات المائية الأخرى الأقل منها منها كثافة، وذلك على شكل مجموعتين أساسيتين من التيارات البحرية هما :

أ ـ التيارات البحرية الأفقية: Horizontal Sea-Currents

وفيها تنتقل مياه البحر من مسطح مائي إلى آخر عند المنسوب أو العمق نفسه على شكل تيارات أفقية سواء أكانت هذه الحركة الأفقية للمياه تقع بالقرب من سطح البحر Surface Horizontal Currents أم بعيدة عن سطح البحر Deep Horizontal Currents. وقد جرى العرف بين الجغرافيين باستخدام تعبير «التيارات البحرية» Sea-Currents للإشارة بوجه خاص إلى التيارات البحرية الأفقية السطحية Surface Horizantal Currents أي تلك التي تحدث عند أو قرب سطح البحر. وهذه الحركة الأخيرة للتيارات البحرية ما هي إلا حركة محدودة جدًّا من بقية الحركة الكبرى للتيارات البحرية في الأحواض المحيطية.

ب ـ التيارات البحرية الرأسية: Vertical Sea-Currents

ويقصد بذلك حركة المياه من المسطحات المائية الأعلى كثافة إلى المسطحات المائية الأخرى الأقل منها كثافة على شكل تيارات رأسية، سواء أكانت هذه الحركة المائية من أعلى إلى أسفل أم من أسفل إلى أعلى.

وعلى ذلك يمكن أن نشير إلى حقيقتين رئيستين هما :

أ ـ تزداد كثافة المياه البحرية طرديًّا مع ارتفاع درجة حرارة المياه، ومع زيادة نسبة الأملاح فيها أو لكليهما معًا.

ب ـ ترتفع نسبة الأملاح في مياه البحار إما نتيجة لارتفاع درجة حرارة المياه وتعرض جزء منها للتبخر وتركز الأملاح في المياه البحرية الباقية، وإما نتيجة لانخفاض درجة حرارة المياه وتعرض المياه السطحية للتجمد وتركز الأملاح في المياه البحرية السفلية الواقعة أسفل الغطاء الثلجي البحري.

وعلى ذلك ينبغي أن نلاحظ ما يلي:

(أ) ترتفع كثافة المياه السطحية في البحار والمحيطات في العروض الاستوائية والمدارية، ويعزى ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية (تبعًا لسقوط الأشعة الشمسية العمودية والقوية عليها) ومن ثم تعرض جزء من هذه المياه للتبخر وتركز الأملاح في المياه السطحية، وينتج عن ذلك ارتفاع كثافتها. وفي هذه الحالة الأخيرة أي عند ارتفاع كثافة المياه في موقع ما تنتقل بعض المياه على شكل تيارات سطحية من المسطحات المائية الأعلى كثافة إلى تلك المسطحات المائية الأقل كثافة، وبعضها الآخر على شكل تيارات رأسية، حيث تنساب المياه الثقيلة الأعلى كثافة من أعلى إلى أسفل وتتجمع أسفل مياه المحيط. ومعنى ذلك أن هناك حركة رأسية دائمة للمياه حيث تعمل فيها المياه جاهدة لترتيب طبقات مياه البحر بحسب اختلاف كثافتها، ومن ثم تعد المياه البحرية السفلية أعلى كثافة عن غيرها من المياه الأخرى (ويعزى ذلك إلى ارتفاع نسبة الأملاح فيها على الرغم من انخفاض درجة حرارتها).

(ب) أنه لا دخل للرياح أو لحركة دوران الأرض أو لشكل السواحل في نشوء التيارات البحرية وتكوينها Initiation of currents وتكوينها، وإنما هذه العملية الأخيرة تعزى إلى الفعل الناتج عن الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه البحر التي تعد هي الأخرى في حركة دائمة وفقا لهذه الخصائص. وعلى ذلك فإن

للتيارات البحرية السطحية، بل والسفلية لها كذلك نظام يكاد يكون ثابتًا تمامًا، هـذا النظام هـو وليد اختـلاف قـوة الإشعاع الشمسي فـوق المسطحات المائيـة لسطح الأرض، ومن ثم اختلاف الخصـائص الطبيعية والكيميـائية من مسطح مائي إلى آخر، وانتقال المياه من المسطحات المائية الأعلى كثافة على شكل تيارات بحريـة سطحية إلى المسطحـات المائية الأقـل كثافـة، وتزداد قـوتها عند تعـامد الأشعة الشمسية فوق العروض الاستوائية، وتقل قوتها خلال فترة الانقلابين. في حين نلاحظ أن تيار لبرادور البارد في المحيـط الأطلسي الشمالي تعظم قوته خلال فصل الشتاء، ويضعف تياره ويقل أثره خلال فصل الصيف.

(حـ) يتأثر اتجاه التيـارات البحرية The direction for Sea Currents بعدة عوامل مجتمعة كلهـا مع بعض وليس لأثر فعل عامل واحد منهـا بذاته ومن بين هـذه العوامل، حـركـة دوران الأرض من الغرب إلى الشرق، وشكل السـواحل وأبعاد المحيطـات وأعماقها، والاتجاه السـائد للريـاح الدائمـة فوق المسطحـات المائية. ويلاحظ مثـلا أن الفعل الناتج عن الرياح التجاريـة الشمالية الشرقية في نصف الكرة الشمالي والريـاح التجارية الجنوبية الشرقيـة في نصف الكرة الجنوبي وعند المسطحات المائيـة الاستوائية أقوى من الفعل النـاتج عن أثر دوران الأرض حـول نفسهـا. ومن ثم عنـد نشـوء التيـارات البحـريـة في المسطحـات المائيـة الاستـوائية تبعـا للخصائص الطبيعيـة لميـاه المحيطات في هـذه المواقع، وتسهم الرياح التجاريـة الشرقية في نصفي الكرة في توجيه التيـارات البحرية السطحية وتحديد اتجاهها من الشرق إلى الغرب مع اتجاه الـرياح التجاريـة نفسه وفي اتجاه مضاد لحركة دوران الأرض حول نفسها. ومن ثم يتجه من الشرق إلى الغـرب كل من التيـار الاستوائـي الشمالي في نصف الكرة الشمالي والتيار الاستوائـي الجنوبـي في نصف الكـــرة الجنوبـــي في المحيطين الهنـــدي والأطلسي. وعنـــد ارتفـــاع

منسوب مياه البحر في الجانب الغربي من المحيط الأطلسي بفعل هذه التيارات البحرية السطحية واصطدامها بالساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية يتكون التيار المرتجع الذي يتجه من الغرب إلى الشرق فيما بين التيارين السابقي الذكر.

(د) قد يصل الامتداد العرضي لبعض التيارات البحرية السطحية إلى عدة كيلومترات، وقد يتألف التيار السطحي البحري من عدة شعب متجاورة، كما قد تصل أعماق أو سمك الكتلة المائية للتيار البحري السطحي إلى عدة مئات من الأمتار، ويمكن تحديد ذلك بسهولة عن طريق قياس درجات حرارة المياه البحرية السطحية وحتى أعماق ١٠٠٠ متر مثلا، وكذلك تحديد نسبة ملوحتها ودرجة كثافتها. ومن ثم فإن مياه التيارات البحرية تحدد أبعادها الأفقية والرأسية على أساس أنها كتلة مائية متحركة تختلف في خصائصها الطبيعية والكيميائية عن المياه المجاورة لها، أو تلك التي تقع أعلاها أو أسفلها. ويمكن تحديد هذه الكتلة المائية وتمييزها من المسطحات المائية الأخرى المجاورة لها باستخدام الأدوات الخاصة بقياس الحرارة وملوحة مياه البحار.

وأكد الباحثون أن كل قطرة من مياه المحيط قد مرت بدورتين كبيرتين هما: الدورة الرأسية من سطح البحر إلى قاعه وبالعكس، والدورة الأفقية من المسطحات المائية الإستوائية إلى المسطحات المائية القطبية وبالعكس كذلك، ويرجح العلماء أن طول هاتين الدورتين بالنسبة لقطرة معينة من الماء قد يتخذ فترة زمنية تتراوح من ٣٠٠ ـ ٦٠٠ سنة.