حركة الصفائح التكتونية

لقد ظل توزُّع اليابس والماء، على سطح الأرض، إلى جانب الظواهر التضاريسية الكبرى، من المرتبة الثانية ـ لغزاً، يحير العلماء، حتى أوائل القرن العشرين. وقد تعددت الاجتهادات والتخمينات، منذ النهضة العلمية الحديثة والتي ظهرت على شكل فرضيات، تشرح توزُّع اليابس والماء، وكيفية تكوّن السلاسل الجبلية. وربما كانت أقوى هذه النظريات،
وأكثرها إثارةً للجدل، في الوقت نفسه، نظرية العالم الألماني، فجنر
Wegener، المعروفة بنظرية "زحزحة القارات" Continental Drift Theory،
التي قال بها عام 1922. ثم جاءت نظرية تيارات الحرارة الصاعدة في وشاح الأرض Mantle thermal Convection Currents، للعالم الإنجليزي، هولمز، والتي قال بها عام 1928، لتضيف محاولة جديدة إلى المحاولات العلمية المتتالية، لتفسير بعض حقائق طبيعة قشرة الأرض وظواهرها. فضلاً عما أضافته أعمال استكشاف قيعان المحيطات، وبخاصة المحيط الأطلسي، والتي بدأت في الأربعينيات من القرن العشرين. فقد اكتشفت سلسلة المرتفات المغمورة الممتدة في وسط قاع المحيط الأطلسي بين الشمال والجنوب، بموازاة ساحليه، الشرقي والغربي؛ وقد أطلق عليها "حيد منتصف الأطلسي" Mid-Atlantic Ridge. ثم وجد أن في منتصف هذا الحيد أخدود، ممتد، على طول امتداده. ولم يأت عام 1960 إلا وفكرة الصفائح التكتونية، قد اكتمل هيكلها، ورسخت في الفكر العلمي؛
وبنيت، على أساسها، نظرية تكتونية الصفائح Plate Tectonics. وشكلت هذه
النظرية، منذ الستينيات من القرن الماضي، ثورة في الفكر العلمي لعلماء
الأرض. وكانت تهذب، وتعاد صياغتها، وتؤكَّد مع تقدم أساليب الرصد
والقياس. وتقدم النظرية، اليوم، أساساً لفهم أفضل لشكل سطح الأرض
ومظاهره التضاريسية الكبرى. وهي تقول، إن الطبقة الخارجية من الأرض،
مقسمة إلى عدد من الصفائح Plates، يتجاوز اثنتي عشرة صفيحة، منها
الكبيرة، ومنها الصغيرة. هذه الصفائح تتحرك، نسبة إلى بعضها، وهي تطفو
فوق طبقة من الصهير الصخري، عالي الحرارة.
وللوصول إلى فهم أفضل لهذه النظرية، لا بد من إعطاء نبذة
تاريخية من تطور الفكر البشري، في تفسير ظواهر سطح الأرض؛ وأخرى إلى
تركيب الكرة الأرضية؛ ثم النظر في تفاصيل نظرية تكتونية الصفائح،
وتفاسيرها لتلك الظواهر.
نبذة تاريخية
ظلت أسئلة كثيرة عن ظواهر سطح الأرض، تراود العلماء، قروناً من الزمن،
من دون إجابات شافية؛ إذ كانت تشرح بعض الجوانب، وتقصِّر عي بعضها، فلا
تكتمل الصورة. ويزداد الشك في صحتها، مع مرور الزمن، ومع تزايد
الاكتشافات، وتقدم العلم. من هذه الأسئلة:
1. لماذا يتكرر حدوث الزلازل، وتثور البراكين، في مناطق محددة من العالم؟
2. كيف، ولماذا تشكلت سلاسل الجبال العظمى، مثل جبال الألب،
والهملايا، بارتفاعاتها الشاهقة؟
3. لماذا سطح الأرض عديم الاستقرار؟
4. كيف أخذت القارات والمحيطات مواقعها وأشكالها الحالية.

كانت ظواهر سطح الأرض، حتى بداية القرن الثامن عشر الميلادي،
تفسر بأنها كوارث Catastrophism. وكان كثير من الناس، في أوروبا،
يعتقدون أن طوفان نوح Biblical Flood، كان له الأثر الأكبر في تشكُّل
سطح الأرض. وتمادى هذا التفكير، حتى طغى على علوم الأرض؛ فعُدَّت ظواهر
ذلك السطح، هي نتاج سلسلة من الكوارث؛ وما التاريخ الطبيعي للأرض إلا
سلسلة من التغيرات المفاجئة، يفصل بينها فترات من الركود. وظلت هذه
الفكرة سائدة، حتى منتصف القرن التاسع عشر الميلادي، حين حلت محلها
فكرة الاتساق والتجانس Uniformitarionism في أساس التماثلية
Uniformatrian Principle. وكانت تلك طريقة جديدة في التحليل، انبثقت من
أفكار العالم الأسكتلندي، جيمس هاتون James Hatton، عام 1785؛ وهي
تقول: "إن الحاضر هو مفتاح الماضي". وتعني هذه الفكرة، بالنسبة إلى
علوم الأرض، أن القوى والعمليات، المؤثرة في سطح الأرض، سواء البطيئة
والسريعة، هي القوى والعمليات نفسها، التي شكلت سطح الأرض، خلال العصور
الجيولوجية.
وقد وردت فكرة، أن القارات، تحركت، خلال العصور الجيولوجية،
إلى مواقعها الحالية، في أعمال بعض الباحثين، قبل وقت طويل من حلول
القرن العشرين. ففي عام 1596، كان الخرائطي إبراهيم أورتيليوس Abraham
Ortelius، يرى أن الأمريكتين اقتطعتا من أوروبا وأفريقيا، بالزلازل
والفيضانات. وقد أورد رأيه هذا، في كتابه Thesaurus Geographicus.
وظهرت عدة أفكار مؤيدة لأفكاره، وشبيهة بها، خلال القرن التاسع عشرالميلادي.
نظرية تزحزح القارات، التي قال بها العالم الألماني، فجنر،
وكان لها صيت ذائع، وواجهت معارضة وجدلاً شديدين ـ أصبحت، في بداية
القرن العشرين، نظرية علمية جديرة بالمناقشة والاهتمام. فحواها أن سطح
الأرض، قبل 200 مليون سنة، كانت تشغله قارة يابسة كبرى، واحدة، أطلق
عليها بانجايا Pangaea، وتعني كل الأرض؛ ومحيط مائي واحد، أطلق عليه
بانثاسا Panthass. ثم تكسرت بانجايا، وتزحزحت أجزاؤها إلى مواقعها الحالية، التي تشغلها، اليوم، قارات العالم.
ولكن ألكسندر دو تويت Alexander Du Toit، أستاذ الجيولوجيا في جامعة
جوهانسبرج، وهو أحد المؤيدين لنظرية التزحزح ـ خمَّن أن قارة بانجايا
الكبرى انفصلت، أولاً، إلى قارتين كبيرتين، هما: لوراسيا Laurasia، في
نصف الكرة الأرضية الشمالي؛ وجندوانا لاند Gondwana Land، في النصف
الجنوبي. ثم تكسرت هاتان القارتان أجزاء أصغر، تكوِّن، اليوم، قارات اليابس.
ثم قال هولمز Holms بالفكرة نفسها. وأضاف أن التيارات الحرارية، في
صهير وشاح الارض، هي التي تدفع القارات إلى التحرك. لم تلق النظرية، في بداية الأمر، قبولاً؛ وإنما أثارت جدلاً
واسعاً، ناجماً عن ثوابت الفكر العلمي، في ذلك الوقت، أن القارات
والمحيطات، هي من الظواهر القديمة، الثابتة، على سطح الأرض؛ فضلاً عن
أن فجنر، لم يستطع أن يجيب عن التساؤل الأساسي لمعارضيه، عن ماهية
القوة، التي دفعت كتل القارات إلى التحرك، وآلية ذلك التحرك. ولم تثن
فجنر الاعتراضات الشديدة، والانتقادات الساخرة، أحياناً، عن أن يمعن في
الدفاع عن نظريته، باحثاً عن مزيد من الأدلة والشواهد، لتدعيمها، والرد
على معارضيه؛ حتى مات، متجمداً، عام 1930، في بعثة لاستكشاف الغطاءات
الجليدية، في جزيرة جرينلاند Greenland. ولم تكن وفاته نهاية المطاف
لأفكاره، بل احتدم الجدل فيها، بين مؤيديها ومعارضيها؛ ولم يحسمه إلا
ما تمخض به استكشاف قاع المحيط، وبعض الأبحاث، من حقائق جديدة، عززت
تلك النظرية، ومهدت لنظرية تكتونية الصفائح.
تركيب الكرة الأرضية
تتألف الأرض من ثلاثة أقسام رئيسية، هي: الغلاف الصخري
Lithosphere، والوشاح السائل Mantle، والنواة Core.
1. الغلاف الصخري
يتألف الغلاف الصخري من الطبقات الصخرية الصلبة، التي تحيط
بالأرض. وبناءً على هذا التعريف، فهو يشمل قسمين:
أ. القشرة الأرضية
وهي قسمان:
1- قشرة قارية، مكونة من صخور جرانيتية، تتركب، في الغالب، من
معادن السيليكا والألمنيوم؛ ويطلق عليها، اختصاراً، صخور السيال
Sial. ولا تتجاوز كثافتها 2.8جرام، في كل سنتيمتر مكعب. ومتوسط
سمكها 40 كيلومتراً.
2- قشرة محيطية، مكونة من صخور بازلتية، تتركب، في الغالب، من
معادن السيليكا والماغنسيوم؛ يطلق عليها، اختصاراً، صخور السيما
Sima. وتبلغ كثافتها 3.25 جرامات، كل سنتيمتر مكعب. وينخفض سمكها إلى 10 كيلومترات فقط.

ب. الوشاح الخارجي الصلب
يمتد الوشاح الخارجي الصلب أسفل القشرة الأرضية، بقسميها، مباشرة. ويراوح سمكه بين 60 و90 كيلومتراً. والغلاف الصخري، بقسميه، مقسم إلى عدد من الصفائح، التي تغلف الكرة الأرضية، وتتحرك على سطحها. وتحت الغلاف الصخري مباشرة، طبقة لدنة Ductile، من الوشاح. ويراوح سمك الغلاف الصخري بين 100 كيلومتر و125 كيلومتراً، في القارات؛ وبين 70 كيلومتراً و100 كيلومتر، في المحيطات.
2. الوشاح
يُضم، عادة، الجزء العلوي الصلب، من الوشاح إلى القشرة الأرضية؛ ويطلق عليهما معاً الغلاف الصخري، وهو الذي تتكون منه الصفائح التكتونية، التي تغطي سطح الأرض. ويتحرك الغلاف الصخري فوق طبقة لدنة من الوشاح، ليست صلبة، تتكسر؛ ولا سائلة، تتدفق بسهولة؛ وتسمى آسثنوسفير Asthnosphere. ويقدَّر سمكها بنحو 350 كيلومتراً. ويبلغ إجمالي سمك الوشاح، من حدوده العليا حتى النواة، 2883 كيلومتراً. وتشير تحليلات الموجات الزلزالية، إلى أن طبقة الوشاح، بين الآسثنوسفير والنواة، مكونة من صهير صخري سائل.
3. النواة
تنقسم إلى قسمين:
أ. النواة الخارجية: وهي سائلة، ومكونة من مواد أعلى كثافة من المواد المكونة للوشاح. ويقدر سمكها بنحو 2257 كيلومتراً.
ب. النواة الداخلية: مكونة من مواد صلبة، عالية الكثافة. ويناهز نصف قطرها 1231 كيلومتراً.

إن المعلومات عن التركيب الداخلي للأرض، تحت القشرة الأرضية، ليست
مبنية على الملاحظة أو القياس المباشر؛ ولكنها مستنتجة من تحليل سريان
الموجات الزلزالية، والتجارب المعملية على صخور، تحت ضغط وحرارة
شديدَين.

حركة الصفائح التكتونية

تقسم نظرية تكتونية الصفائح الغلافَ الصخري للأرض، إلى عدد
من الصفائح المتباينة مساحاتها تبايناً كبيراً؛ فمنها الكبيرة، ومنها الصغيرة. وهناك، على الأقل، ست صفائح تكتونية كبيرة، نسبياً، هي: صفيحة
المحيط الهادي Pacific Plate، والصفيحة الأوراسية Eurasia Plate،
والصفيحة الأفريقية Africa Plate، وصفيحة أمريكا الشمالية North
America Plate، وصفيحة أمريكا الجنوبية South America Plate، والصفيحة الأسترالية ـ الهندية Australia-India Plate، والصفيحة العربية Arabia Plate، والصفيحة الإيرانية Iran Plate.
ويتكون حزام ثنية الألب، الممتد من مضيق جبل طارق حتى الشرق الأوسط، من
عدد من الصفائح الصغيرة جداً. ومن الصفائح ما يمتد تحت المحيط فقط، مثل: صفيحة نازكا Nazca Plate، في المحيط الهادي، قبالة السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية؛ وصفيحة كوكوس Cocos Plate، إلى الشمال منها، قبالة السواحل الغربية لأمريكا الوسطى. ومن الصفائح ما هو قاري فقط، مثل: الصفيحة الإيرانية. ومنها ما هو محيطي وقاري، أي يمتد تحت قارة وجزء من المحيطات، مثل: الصفيحة العربية، والصفيحة الأفريقية، وصفيحة أمريكا الشمالية. يراوح سمك الصفائح، تحت المحيطات، بين 70 و80 كيلومتراً؛
وبين 100 كيلومتر و150 كيلومتراً، في القارات. ولأن الصفائح تغطي كل السطح الخارجي للأرض، فلا يوجد فيه
فراغ ليس مشغولاً بإحداها؛ ولأن حجم الأرض ومساحة سطحها ثابتان؛ فإن
تحرك أي صفيحة من هذه الصفائح، سيؤثر في الصفائح المجاورة لها. وتبعاً
لاتجاه حركة الصفيحة، بالنسبة إلى الصفائح المجاورة، فقد ميز العلماء
ثلاثة أنواع، من العلاقات الحركية فيما بينها. إذ رأوا أن الحد الفاصل
بين أي صفيحتَين، سيشهد واحدة من ثلاث حالات، تبعاً لحركة كل منهما،
نسبة إلى الأخرى: إما أن تتحرك كل منهما في اتجاه فتتباعدان، فتكون
الحدود متباعدة (الشكل الرقم 44)؛ أو أن تصطدما، فتسمى حدودهما، في هذه
الحالة، حدوداً متقاربة (الشكل الرقم 45)؛ أو أن تحتك إحداهما بالأخرى،
حين تنزلقان، أفقياً، في اتجاهين متعاكسين، فتكون الحدود بينهما أفقية
أو محافظة (الشكل الرقم 46). لذا، يمكن القول، إن أنواع الحدود الحركية
Tectonic Boundaries، ثلاثة هي: الحدود الصفائحية المتباعدة، والحدود
الصفائحية المتقاربة، والحدود الصفائحية المحافظة.
1. الحدود الصفائحية المتباعدة تتحرك الصفيحتان التكتونيتان المتجاورتان، في هذه الحالة، مبتعدتين إحداهما عن الأخرى؛ فتتباعد حدودهما، وتسمى الحدود المتباعدة Diverging Plate Boundaries. ويملأ الفراغ، الناتج من تباعدهما، صهير صخري بازلتي Basaltic، يندفع من الوشاح، من الأسفل؛ لسد الفراغ،
فيتجمد، مكوناً قشرة محيطية جديدة. ويصحب هذه العملية نشاط بركاني، على
طول حدود التباعد؛ وانبثاق لابة Lava قاعدية، تشبه في تركيبها تركيب
الوشاح، تكوِّن القشرة المحيطية. ويؤدي تباعد الصفيحتَين، وتكون صخور
جديدة بينهما، اتساع أرضية المحيط Sea Floor Spreading باستمرار. وهذه
الفكرة، هي أحد أسس نظرية الصفائح التكتونية؛ إذ كلما تكونت قشرة
محيطية جديدة، تحركت في الاتجاهين، متيحة انبثاق صهير جديد وتجمُّده.
الفارق الكبير في درجة الحرارة، بين سطح القشرة المحيطية، التي تغطيها مياه الأعماق المحيطية، التي لا تتجاوز درجة حرارتها أربع درجات مئوية؛ وبين درجة حرارة صهير الوشاح، تحتها، التي تتجاوز 600ْ مئوية ـ ينجم عنه ارتفاع درجة حرارة صخور القشرة، في مناطق انبثاق الصهير، لتكوين قشرة محيطية جديدة. ويؤدي ارتفاع الحرارة الشديد تمدد صخور حدود الصفائح، وتخفيض كثافتها. وإزاء الضغط عليها من الأسفل، والناتج عن اندفاع حمم الصهير إلى الأعلى، ترتفع حدود الصفائح المتباعدة، آلاف الأمتار، عن قاع المحيط حولها.
يسفر ارتفاع حدود الصفائح المتباعدة (الشكل الرقم 44)، عن تكوين سلاسل جبلية مغمورة، على طول هذه الحدود؛ تعرف بالظهور المحيطية، أو أُحياد أواسط المحيطات Mid-Oceanic Ridges. تمتد الظهور المحيطية، متصلة على شكل شبكة من السلاسل الجبلية الضخمة؛ تحيط بالأرض، مثلما تحيط الشبكة بكرة السلة. ويقدر إجمالي طولها بنحو 65 ألف كيلومتر. وهي تعلو فوق قاع المحيط، بمتوسط ارتفاع، يصل إلى 4500 متر. وعلى الرغم من أن هذا الارتفاع، يكاد يفوق أعلى المرتفعات على اليابس، إلا أنها نادراً ما تعلو فوق سطح الماء.
وقد يصل عرضها، في بعض الأماكن، إلى ثمانية كيلومترات. وهذه السلاسل من
المرتفعات المغمورة، وإن كانت تبدو متصلة، في مناطق تباعد الصفائح؛ إلا
أنها تمتد، على شكل قطاعات صغيرة، تربط بينها صدوع تحويلية، وأخاديد.
وهي ليست، بالضرورة، متعامدة على خط الانفصال بين الصفيحتَين
المتباعدتين ومما يميز هذه السلاسل المغمورة، أنه يمتد، في قمتها، أخدود
عميق، على طول امتدادها. وقد استدل به العلماء، وبعدد من الشواهد
الأخرى، التي ستذكر لاحقاً، على أن هذه النطاق، هو مركز تباعد الصفائح
Spreading Centers. وسرعة تباعد الصفائح مختلفة؛ إلا أن معدلها السنوي
يراوح بين سنتيمتر واحد، كما في شمال المحيط الأطلسي، وفي البحر
الأحمر؛ 4.4 سنتيمتر في السنة في شرق المحيط الهادي. وهذه السرعة، وإن
كانت تبدو ضئيلة، بمقاييس العمر البشري؛ إلا أنها كبيرة، باستمراريتها
خلال العصور الجيولوجية. يعد الحيد الممتد في وسط المحيط الأطلسي Mid-Atlantic Ridge، أشهر جزء في هذه السلسلة المغمورة؛ إذ كان أول ما اكتشف منها في قاع المحيط، أثناء تمديد كبول التلغراف، بين أوروبا وأمريكا الشمالية بعد

الحرب العالمية الأولى. ونظراً إلى كثافة النقل بين ساحلي المحيط الأطلسي، وخاصة الجزء الشمالي منه؛ ونتيجة للتقدم، العلمي والتقني، للدول المطلة على جانبيَه؛ فقد حظي حيد وسط المحيط الأطلسي بدراسات مستفيضة، كشفت كثيراً من تفاصيل هذه السلسلة، من الظهور المرتفعة، الممتدة في قيعان المحيطات، والتي يشكل حيد قاع المحيط الأطلسي جزءاً منها.