

## الباب الأول الزلازل وأسباب حدوثها

تعريفها :

الزلازل هزات أرضية تحدث من وقت إلى آخر نتيجة تقلصات في قشرة الأرض وعدم استقرار في باطنها وهي مسببة عن عوامل تكتونية باطنية ، وتحدث في اليابس والماء على السواء ، وقد تكون أفقية أو رأسية .

علاقة الظواهر الزلزالية بالبركانية :

تتفق إلى حد كبير أسباب حدوث الزلازل العنيفة مع انفجار البراكين ، وذلك لأن مصدر تلك الظواهر الطبيعية واحد . هو باطن الأرض وما يعرفه العلماء بالـ (Baryspher) أو الماجما ( Magma ) ، كما أن أماكن حدوث الزلازل هي نفس الأماكن التي تكثرت بها البراكين المشهورة في العالم .

وفي بعض الأحيان تحدث هزات زلزالية قبيل حدوث الانفجار البركاني بمدة وجيزة ، وذلك لعدم استقرار قشرة الأرض في

تلك المناطق ، كما لوحظ أن درجة حرارة النافورات الحارة أو الجزر (Geyser) تزداد قبيل حدوث الثورات البركانية أو الهزات الزلزالية .

كل هذا تختص عوامل باطنية بإحداثه ، لا سيما من ناحية حرارة باطن الكرة الأرضية الذي يعتقد كثير من العلماء أن حرارته شديدة للغاية ، وعلى ذلك كان لعظم هذه الحرارة الداخلية أثر في حدوث تلك الظواهر الزلزالية والبركانية .

ولكن لا بد لنا أن نتساءل : من أين تأتي هذه الحرارة العظيمة في باطن الأرض ؟ وما مصدرها الأساسي ؟ والرد على ذلك - كما يقول الأستاذ هرشل (Herschel) الفلكي هو أن كوكبنا الأرضي عندما بدأ يتكون في حالته الأولى كان في حالة شبه غازية تشبه السُّدم العظمى (Nebulae) ، وفي تلك الحالة كانت درجة الحرارة ملايين السنتيغراد ، ويسمىها (Aeriform matter) ، ثم بتأثير الدوران الشديد ، واجتماع الذرات تكوّن الكوكب الذي نعيش عليه بعد تصلب القشرة . وعلى ذلك كانت النواة شديدة الحرارة بالطبع ، وذلك بعد حفظ التوازن . ويوافق على هذا الرأي الأستاذ (Playfair) والدكتور (Hutton) ؛ ويقول هرشل : إن القوة الطاردة المركزية وسرعة

الدوران هما اللتان حافظتا على هذا الشكل الكروي للأرض .  
ومن التجارب التي عملت لقياس الجيوفيزيكا الأرضية وجد  
أن كثافة المواد تزداد كلما تعمقنا في باطن الأرض ، كما أن  
الجاذبية الأرضية تزداد أيضاً ، ويقول بذلك الأستاذ الجغرافي  
الكبير لابلاس (Laplace) ، وقد قدر كثافة الأرض بـ  $\frac{5}{4}$  ،  
أي مثل كثافة الماء خمس مرات ونصف ، وقدّر كثافة الصخور  
بـ ٣ ، والمعادن بـ ٢١ ، وعلى ذلك يعتقد بعض العلماء أن  
النواة الأرضية (Terrestrial Nucleus) تقرب من كثافة الحديد  
وهي ٧ . ويقول علماء الطبيعيات إن الماء تزداد كثافته إلى  
الضعف عند عمق ٩٣ ميلاً ، وتصبح كثافته ككثافة الزئبق على  
عمق ٣٦٢ ميلاً ؛ ويعتقد الدكتور يونج (Dr. Young) أن  
الصلب في باطن الأرض ينضغط منه  $\frac{1}{4}$  حجمه والصخور  $\frac{1}{8}$   
حجمها .

وعلى أية حال فمسألة النواة الأرضية من المسائل التي لا تزال  
غامضة عند كثير من العلماء ، وإن كان بعضهم أمثال  
(Jefferey's) ، (Joly) وغيرهما يقول إنها ربما تكون صلبة .

## نظرية الحرارة الباطنية :

وهذه النظرية لصاحبها الأستاذ هوبكنز (Hopkins) الذي يفترض فيها أن الحرارة شديدة جداً في باطن الأرض ، ولكن بالنسبة للضغط الواقع عليها فإنها تحافظ على تماسكها ، ويقول إن سمك القشرة الأرضية بالنسبة لقطر الأرض يبلغ الخمس حسب أبحاثه الخاصة ، على أنه لا يمانع في إمكان وجود نواة من مواد شبه سائلة عظيمة الحرارة للغاية ، ويقول إن الأدلة كثيرة على حرارة باطن الأرض ، فإننا كلما تعمقنا في المناجم رأينا درجة حرارة الصخور والماء والهواء تزداد  $1^{\circ}$  ف كل  $44$  قدماً ، على أننا في بعض الأحيان نجد أن الترمومتر يسجل  $1^{\circ}$  ف لكل  $75$  قدماً كما لاحظ ذلك الأستاذ (Fox) الجيولوجي في بعض مناجم كورنوال (Cornwall) .

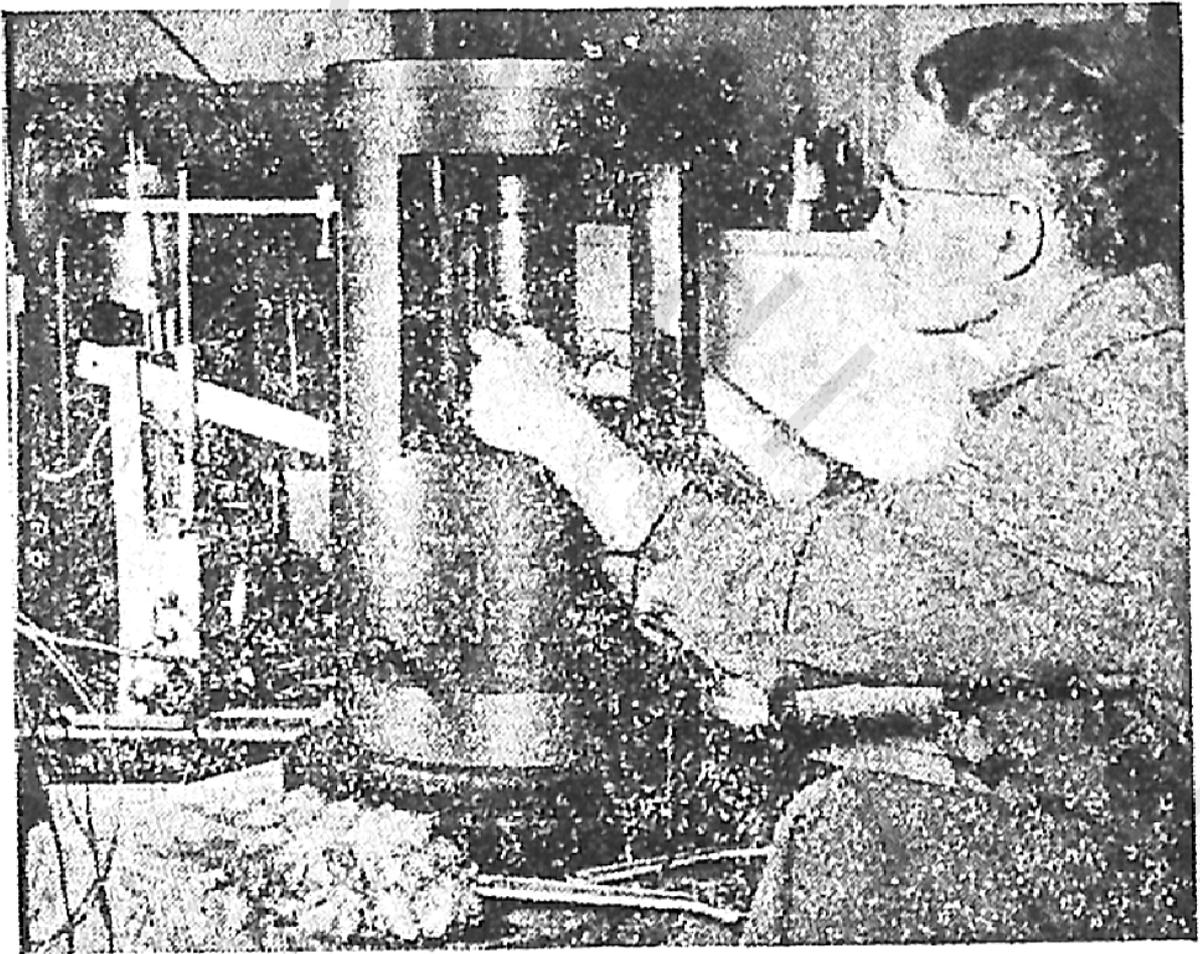
أما الأستاذ كوردييه (Cordier) الفرنسي فقد سجل حسب أبحاثه زيادة درجة الحرارة  $1$  سنتيجراد كل  $25$  متراً ، وعلى هذا الأساس نجد أننا إذا سلمنا برأيه فسنصل إلى نتيجة غريبة ، وهي أن درجة الغليان للماء ستكون على عمق ميلين ، ومعظم المعادن والمواد سائلة ومنصهرة على عمق  $24$  ميلاً ، حتى

الحديد ، إذ من المعروف أن درجة انصهار الحديد  $21,00^{\circ}$  ف وعلى ذلك تكون درجة حرارة النواة (Earth's nucleus)  $450,000^{\circ}$  ف .

ولكن هناك اعتراضاً وجيهاً على نظرية الحرارة الباطنية ، وهو أنه إذا كان الأمر كذلك ، حسب رأى الأستاذ كوردييه ، فإن قشرة الأرض تنصهر وتتبخر وتأتي غيرها ، وهكذا . . . وإن كان هذا الاعتراض يضعف كثيراً من قيمة النظرية ، ولكن الأستاذ كوردييه يتمسك بوجود أبخرة ساخنة في نواة الكرة الأرضية ؛ ويقول إن هناك موجات قد تحدث في نواة الأرض ، وموجات جزر كالتى تحدث في البحار ، وهى تشمل ما يسمى السيماء (Sima) ، وقد أطلق عليها هذا الاسم الأستاذ النمساوى الكبير (Suess) ، وإن قشرة الأرض ترتكز عليها ، وإن تمدد السيماء وانكماشها لا يتعدى الانفجارات البركانية والزلازل ، وليس خطراً على قشرة الأرض .

التغيرات الكيماوية في باطن الأرض وهل هى مصدر الحرارة ؟  
كلنا نعرف بالطبع أن قشرة الأرض مكونة من مركبات من الصخور والمعادن ، وهذه تدخل فيها مركبات عضوية وغير

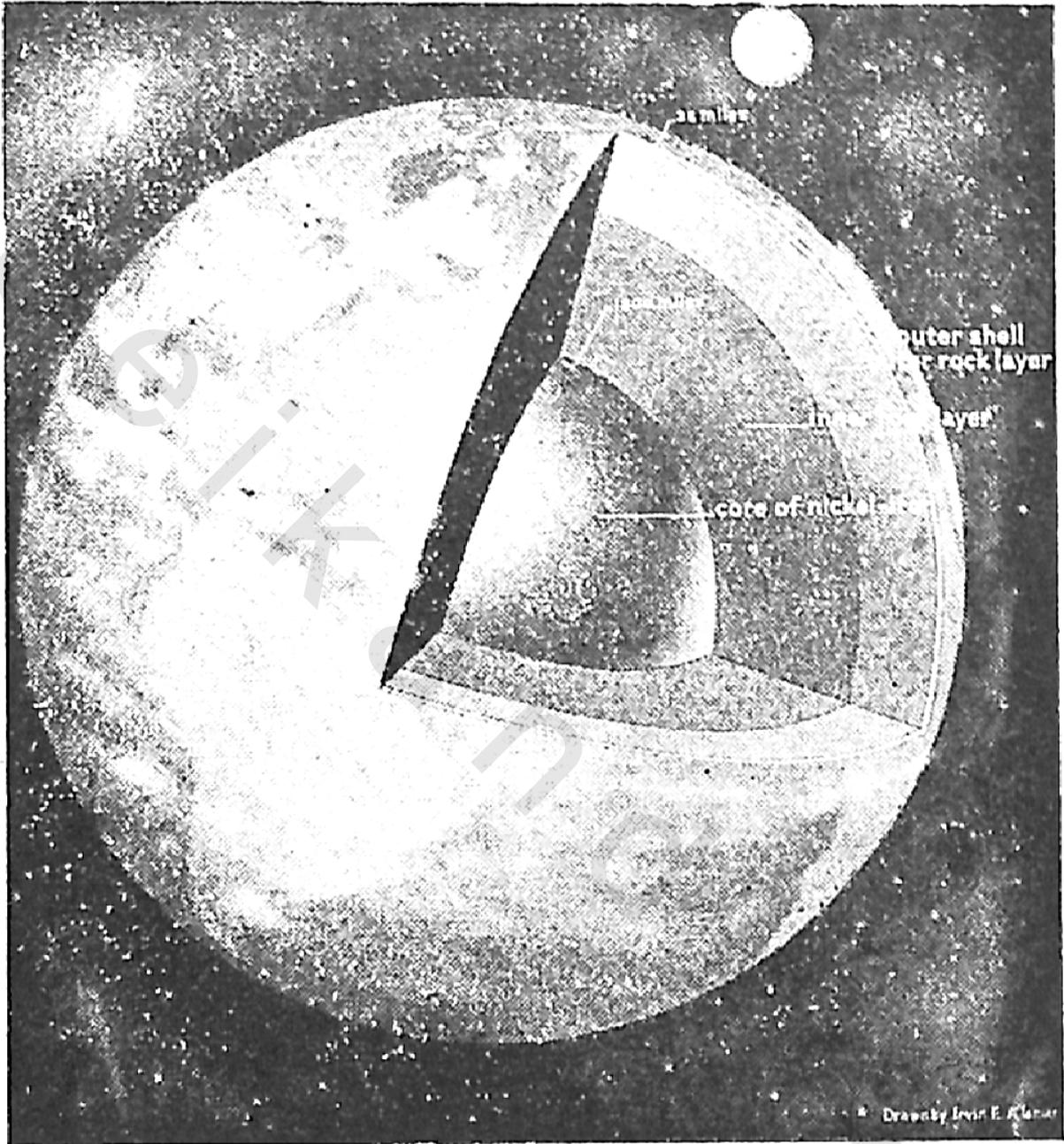
عضوية . ومن المسلم به أن أى تغيير يحدث فى تلك المواد فى باطن الأرض يعمل على زيادة الحرارة زيادة شديدة ؛ ويرى الأستاذ ليمرى (Lemery) أن عنصر الحديد والكبريت إذا اتحدا وتعرضا لبخار الماء يعملان على زيادة الحرارة والالتهاب ، لا سيما فى باطن الأرض ، حيث الحرارة والضغط الشديد . كما أن عنصر إيوديد النتروجين أيضاً له تأثير فى التهاب



الأستاذ بريدجا Prof. Bridgman يفحص جهاز قياس الضغط فى باطن الكرة الأرضية بأحد المعامل

النواة وزيادة حرارتها . وكثير من العلماء يميلون إلى هذه النظرية الكيماوية ، ولكنهم يقولون إنها ليست السبب الوحيد لمثل تلك الحرارة الشديدة .

الكهربية في باطن الأرض وهل هي مصدر الحرارة ؟  
 فهناك أيضاً الكهرباء الأرضية التي يقول دافى (Davy) إنها تحدث من التغييرات الكيماوية في باطن الأرض ، كما أن لها علاقة وثيقة بالمغناطيسية الأرضية ؛ والأدلة على أن الأرض مشحونة بالمغناطيسية والكهربية تلك الآلات الحديثة الكهربائية والمغناطيسية الدقيقة التي تبحث عن المعادن والعروق المعدنية في قشرة الأرض في الجبال فهي - كما يقول الأستاذ (Fox) - قد أثبتت وجود موجات من الكهارب داخل الكرة الأرضية ، وأن الأرض مغناطيس هائل ، كما بيّن ذلك من قبل العلامة الفرنسي أمبير (Ampère) . وينقسم العلماء قسمين من ناحية مصدر الكهرباء الأرضية ، فبعضهم يقول إنها من تأثيرات التفاعل الكيماوي ، وهم من أتباع النظرية الكيماوية ، والبعض الآخر يعتقد أن الكهرباء الأرضية من تأثيرات خارجية كالأشعة الشمسية ، وعلاقتها بالكوكب الأرضي ، وهذا هو الرأي الراجح .



صورة تخيلية للكرة الأرضية ونواتها التي تتكون من حديد ونيكل

والدليل على ذلك تأثير الشمس في دورانها على الإبرة  
المغناطيسية صيفاً وشتاءً وليلاً ونهاراً ، والموجات الكهربائية التي  
تأتي من الشمس ، سواء أكانت طويلة أم قصيرة ، سريعة أم

بطيئة ؛ وصاحباً هذا الرأي هما الأستاذان الفرنسيان الفلكيان  
(De la Rue) ، (Albert Nodon) .

ويقول فراداي (Faraday) إنه ما دامت الأرض مغناطيسياً  
هائلاً يدور حول نفسه فإنه من الطبيعي جداً أن تكون هناك  
كهارب في داخله وخارجه ، فالكهارب موجودة في باطن الكرة  
الأرضية ، كما هي موجودة في الغلاف الغازي .

أما الأستاذ نكور (Neckar) فيعتقد أن هناك علاقة بين  
الكهربية الجوية والكهربية الأرضية ، وأنهما مؤثران ومتأثران  
بعضهما ببعض . وقد وجد أن هناك علاقة بين خطوط التساوي  
المغناطيسي ، وخطوط (Strike) في السلاسل الجبلية الرئيسية ؛  
كما أنه وجد أن كثيراً من الكهرباء الجوية مصدره البخار المستمد  
من المحيطات العظيمة بتأثير الشمس ؛ وقد لوحظ أنه تنبعث طاقة  
كهربية ، عند ما يحول الإنسان الماء الملح إلى ماء عذب أو  
بخار ماء ، كما يلاحظ في بعض الثورات البركانية حدوث برق  
مع سحب الدخان المنبعثة من باطن الأرض .

وعلى أية حال فإن التفاعل الكيماوي من جهة ، والكهربية  
من جهة أخرى ، تحافظان على توليد الحرارة المستمرة في باطن  
الأرض ، وبالتالي تبدو كأنها مصدر أساسي للحرارة الكامنة فيها .

نظرية الطاقة الذرية والمواد الإشعاعية :

هناك نظرية حديثة ترجع أساس الحرارة الباطنية إلى المواد الإشعاعية الموجودة في باطن الأرض (Radioactive matter) والطاقة الذرية (Atomic Energy) المتولدة من تلك المواد .  
وأصحاب هذا الرأي من أمثال جيجر ، ودثرفورد ، وهولمز (Geiger-Rutherford-Holmes) يعتقدون أن باطن الأرض أو النواة الأرضية تحوى مواد إشعاعية قوية مثل اليورانيوم والبلوتونيوم والراديوم والثوريوم وغيرها ، وهذه تولد إشعاعات تستمر ملايين السنين . وقد وجد داخل صخور الجرانيت والبوينيت ومعدن الترمالين (Tourmalin) دوائر مضيئة أطلقوا عليها (Pleochroic Haloes) .

وقد لاحظ الأستاذ (Joly) أن بعض هذه الدوائر المضيئة موجودة في الذرات الدقيقة لصخور ومعادن منها (Zircon) ويفسر جولى ظاهرة الدوائر المضيئة في هذه المعادن بأنها من تأثير أشعة الفا (Alpha) التى تنبعث من تلقاء نفسها من المواد الإشعاعية ومن ذرات الهليوم بسرعات متفاوتة ؛ ويلاحظ أن الدوائر المضيئة للثوريوم أوسع من دوائر اليورانيوم ، وهذه الدوائر

في صخور ما قبل الكبري (Pre-Camb) وهي ترجع إلى ١٠٠٠ مليون سنة حسب رأى الأستاذ (Holmes) .

ويوافق على هذه الآراء الأستاذ جريجورى (Gregory)

ولودج (Lodge) فهما يعتقدان أن هذه المواد الذرية هي التي تغذى باطن الأرض بالحرارة اللازمة المستمرة ملايين السنين ، ويستدلون على صحة ذلك بما يأتي :

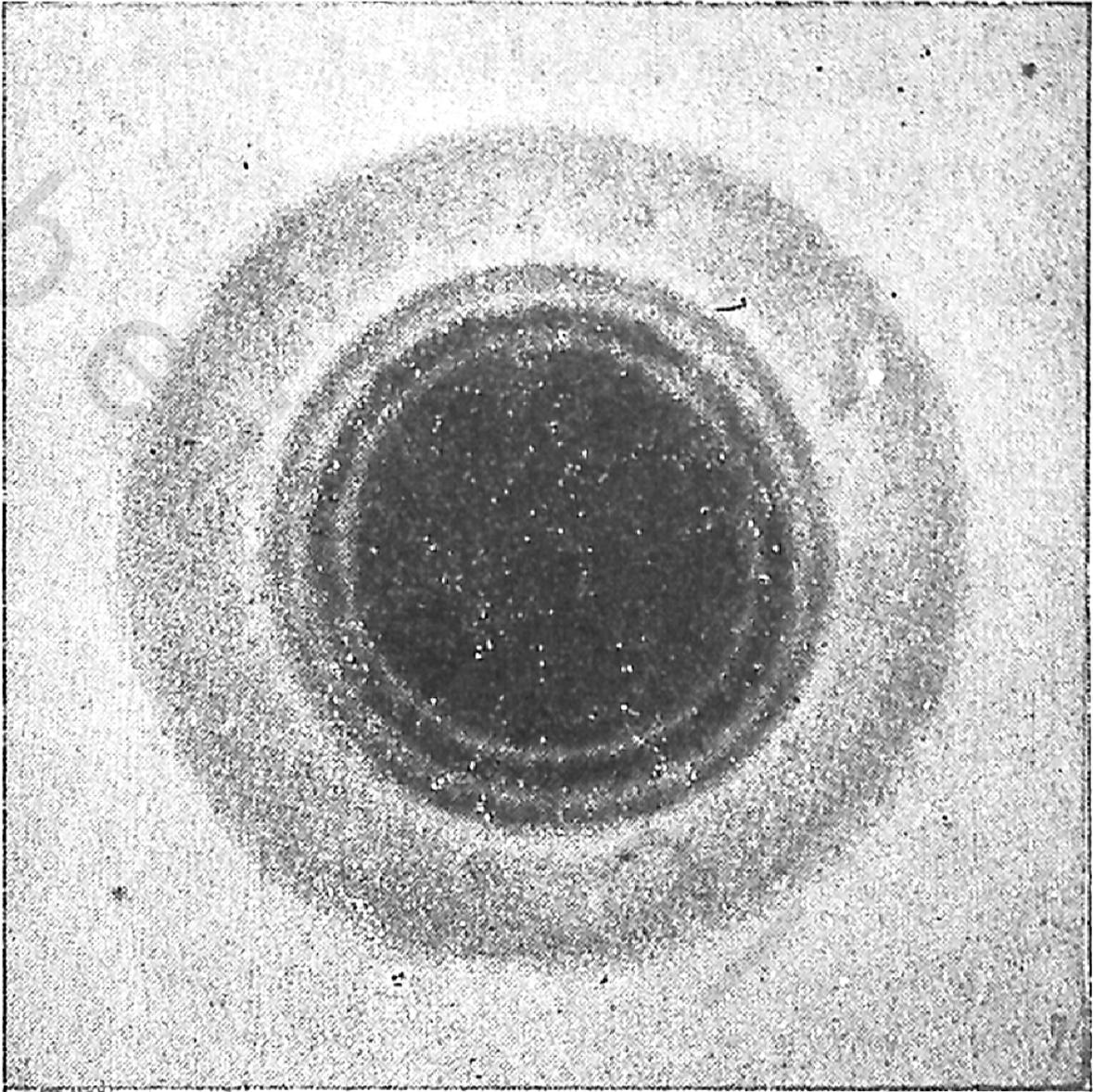
- اليورانيوم يفقد إشعاعه بعد ٥ مليارات من السنين .
- الراديوم يفقد إشعاعه بعد ١٧٦٠ سنة .
- البلوتونيوم يفقد إشعاعه بعد ١٤٠ يوماً .
- الثوريوم يفقد إشعاعه بعد ١٠ مليارات من السنين .

هل الغازات المحبوسة داخل الأرض

هي السبب في حدوث الزلزال ؟

يعتقد كثير من العلماء أن الغازات المحبوسة داخل الأرض سواء أكانت سائلة أم غازية لها تأثير كبير في إحداث اهتزازات عنيفة في قشرة الأرض أو انفجارات بركانية .

وهذه الغازات المحبوسة تنكمش أحياناً وتمدد أحياناً أخرى بتأثير الحرارة الباطنية التي سبق الكلام عنها ، وفي هذه الحالة



(دوائر مضيئة (Pleochroic Haloes)

تحدث موجة من المدّ في اتجاه أفقي أو رأسي ، فينتج عنها الزلزال أو الهزات الأرضية التي تمرّ داخل طبقات الصخور في قشرة الأرض ، أو تنبعث بقوة على هيئة انفجار بركاني شديد ، ولكن يعتقد الأستاذ (Mallet) الجيولوجي أن قشرة الأرض

ليست مرنة لهذه الدرجة ؛ والرد على ذلك واضح ، فهناك أدلة كثيرة على أن انطلاق الغازات المحبوسة بقوة يؤثر في قشرة الأرض ، فعند انفجار بركان كوتوباكس (Kotopaxi) في أمريكا الجنوبية قذفت الغازات المحبوسة قطعة صخرية حجمها ١٠٠ ياردة مكعبة إلى مسافة تبلغ أكثر من ٩ أميال ؛ وبركان (Hecla) في إيسلندا عند ما ثار قذف بمقذوفات نارية شوهدت من ساحل النرويج ، والغازات الخانقة التي انبعثت من براكين المارتينيك وثوراتها تسببت في اختناق أكثر من ٢٠٠٠٠٠ نسمة .

وبعض براكين أمريكا الجنوبية - لا سيما في شيلي - تخرج غازات كبرينية وفوسفورية وهيدروجينية وغاز ثاني أكسيد الكربون وحامض البريك ، مما يدل دلالة واضحة على أن هناك غازات محبوسة داخل الأرض تنطلق بقوة عند تمددها ، وأن الانفجار البركاني يشتد أحياناً ويخف أحياناً أخرى تبعاً لتمدد تلك الغازات المحبوسة .

الأسباب الرئيسية الخاصة بحدوث الزلازل :

يمكن تلخيص الأسباب الرئيسية الخاصة بحدوث الزلازل فيما يأتي :

أولاً : عامل الحرارة الباطنية الكامنة في باطن الأرض ، وله

الأثر الأكبر في حدوث الهزات الزلزالية وانفجار البراكين .

ثانياً : تقلصات القشرة الأرضية لأنكماش الباطن وتمدده ، كما يعتقد بعض العلماء من أصحاب النظريات القديمة ، وذلك يحدث بالطبع موجات زلزالية .

ثالثاً : لما كانت الحرارة تزداد باستمرار كلما تعمقنا في باطن الأرض ، سواء في المناجم أم في غيرها ، فإن ذلك يدل على أن جويف الأرض في حالة شبه سائلة مرتفعة الحرارة تشبه الحديد المصهور ؛ وهذه المواد الباطنية (Magma) هي التي تسبب حدوث الزلازل وانفجار البراكين في حالة تمددها أو انتفاخها ، فإذا لم تخرج إلى سطح الأرض فإنها تكون عروقاً معدنية (metallic ores) رابعاً : من الأسباب الرئيسة في حدوث الزلازل - نتيجة لتمدد المواد الباطنية - وجود الحرارة الباطنية الناتجة من التفاعلات الكيماوية المستمرة التي تحدث في نواة الأرض ، وبالتالي تساعد على زيادة الحرارة نتيجة لتحلل المواد التي تحويها تلك المعادن والصخور الجوفية .

خامساً : الموجات الكهربائية التي تحيط بالكرة الأرضية وتدخل في تركيبها هذه الكهربائية ، سواء أكانت من عامل خارجي كالشمس أو باطنية نتيجة للتفاعل الكيماوي ، فلهذه الموجات تأثير كبير في زيادة الحرارة الباطنية وتشبع الكرة الأرضية

بمغناطيسية خاصة بها ، ويستدل على ذلك بالاستعانة بأجهزة دقيقة تبين العروق المعدنية ، وهذه الأجهزة مغناطيسية كهربية سادساً : علاقة الكهربائية الأرضية بالتفاعلات الكيماوية لها أثر كبير في المحافظة على الحرارة الشديدة في باطن الأرض ، وهما تعتبران مصدر تلك الحرارة ، كما يعتقد كثير من العلماء الحديثين ، وهذه الكهربائية الأرضية لها علاقة أيضاً بالكهربية الجوية .

سابعاً : المواد الإشعاعية (Radioactive) الموجودة في باطن الأرض ، والطاقة الذرية الهائلة المنبعثة من تحطيم الذرات في اليورانيوم والثوريوم ، لها تأثير كبير في زيادة الحرارة الكامنة في باطن الأرض ، وبالتالي في حدوث الشواهر الزلزالية والبركانية نتيجة لتمدد (Magma) الأرضية .

ثامناً : وجود الغازات المحبوسة داخل الأرض والتها بها يساعد على حدوث الزلازل ، وخروج هذه الطاقة المحبوسة يسبب أكثر الاضطرابات الجيوفيزيكية التي تحدث في قشرة الأرض ، فتحدث الزلازل أو الهزات السيسموغرافية ، وتفجر البراكين ، والدليل على ذلك خروج تلك الغازات من فوهات كثير من البراكين واشتعالها أثناء الثورات البركانية المشهورة .