This file has been cleaned of potential threats.

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

الفصل السادس

الألكترونيات والجيولوجيا [١]

الجيولوجيا هى علم الأرض , تتألف من الأرض الصلبة ، والصخور وتكوينها ، والعمليات التي من خلالها تتغيير كما تشبر الجيولوجيا إلى دراسة ملامح الأجرام السماوية (مثل جيولوجيا القمر أو المريخ) وتعطى نظرة ثاقبة عن تاريخ الأرض من خلال توفير الأدلة الأولية للصفائح التكتونية[٢] ، والتاريخ التطوري للحياة ، وطبيعة المناخ الماضي . دراسة الجيولوجيا مهمة لإستكشاف وإستغلال المعادن والنفط والغاز ، وتقييم الموارد المائية ، وفهم المخاطر الطبيعية ، وعلاج المشاكل البيئية ، وتوفير نظرة ثاقبة لتغير المناخ فى الماضى ولها دورا في الهندسة الجيوتقنية وهى أحد المناهج الأكاديمية الهامة.

٦ – ١ المواد الجيولوجية

أستنتجت غالبية البيانات الجيولوجية من الأبحاث المتعلقة بالمواد الأرضية الصلبة وذات علاقة بأحد الإتجاهين: الصخور والمواد الغير موحدة.

- الصخور:

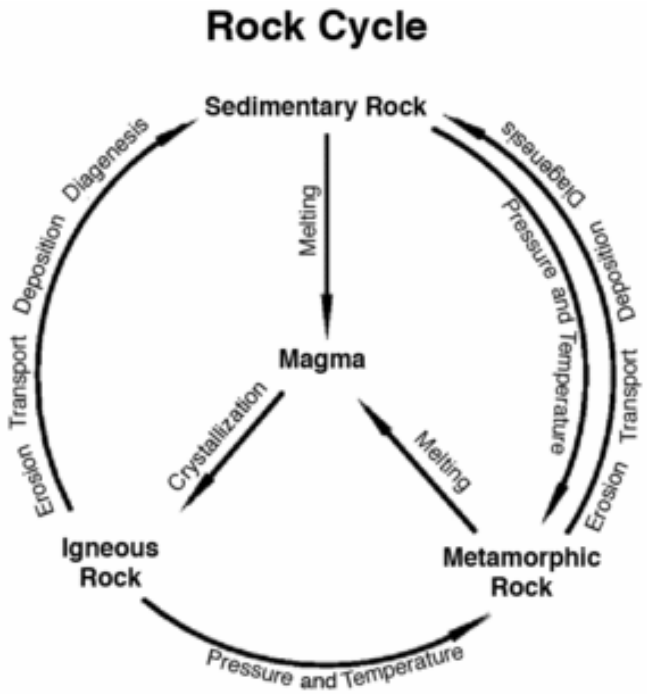
هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الصخور: البركانية ، والرسوبية ، والمتحولة . توضح دورة الصخور العلاقات بين الأنواع الثلاثة ومصدر المواد المنصهرة فى باطن الأرض عندما تتبلور الصخور نتيجة للإنصهار (فى باطن الأرض و/أو بالحمم البركانية)، مثل الصخور

---

١ جيولوجيا – من ويكيبيديا، الموسوعة الحرة – للمجلة العلمية، انظر الجيولوجيا (مجلة)

٢ الصفائح التكتونية Plate tectonics is a scientific theory describing the large-scale motion of Earth's lithosphere. The theoretical model builds on the concept of continental drift developed during the first few decades of the 20th century. The geoscientific community accepted plate-tectonic theory after seafloor spreading was validated in the late 1950s and early 1960s

البركانية التى يعاد ترسيبها على الصخور الرسوبية، وتصبح صخور متحولة بسبب الحرارة والضغط التي تغير محتوياتها المعدنية والتي تعطيها سمة النسيج , يمكن للصخور الرسوبية بعد ذلك أن تتحول إلى الصخور المتحولة بسبب الحرارة والضغط وبعد ذلك يمكنها تغيير أوضاعها لتصبح في نهاية المطاف صخور رسوبية ويمكن أن تتآكل ويعاد ترسيبها كصخور متحولة . الأنواع الثلاثة من الصخور يمكن إعادة صهرها وعندما يحدث هذا، يتم تشكيل مصدر صهر جديد، ينتج عنه الصخور البركانية التى قد تتبلور مرة أخرى وتوفر الصخور سجل رئيسي لمعظم التاريخ الجيولوجي للأرض.



الشكل (٦ – ١) رسم تخطيطى لدورة الصخور

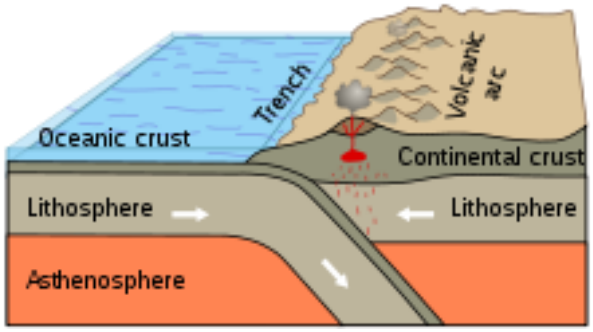
تبين العلاقة بين المواد المنصهرة والرسوبية والمتحولة، والصخور البركانية

- **المواد الغير موحدة**

تتوفر عادة من الصخور الترسيبية الأخيرة وهي ترسيبات سطحية تقع فوق الصخور الأساسية [٣] وغالبا ما يشار لهذه المواد بالجيولوجيا الرباعية وهذا يشمل دراسة المواد الترسيبية والتربة ، بما في ذلك دراسات الجيومورفولوجيا ، الترسيبية، وعلم المناخ القديم .

- **الصفائح التكتونية**

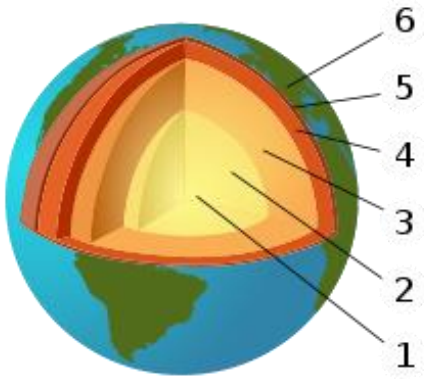
أدى التقارب القارى للمحيطات إلى تداخل الجزر البركانية التى لها تأثير واحد من الصفائح التكتونية , ظهرت مجموعة من الإكتشافات في ١٩٦٠ وأهمها إنتشار قاع البحر الذى أظهر بأن الأرض يابسة والتي تشمل القشرة والجزء العلوى الصلب من القشرة العلوية المنفصلة لعدد من الصفائح التكتونية التي تتحرك عبر التشويه البلاستيكالي ، والوشاح الصلب العلوي، وهو ما يسمى غلاف موري. هناك علاقة حميمة بين حركة الصفائح على السطح والحمل الحراري للوشاح . تتحرك الصفائح المحيطية وغلاف تيارات الحمل الحراري دائما في نفس الإتجاه، لأن الغلاف الصخري المحيطي هو الطبقة الحرارية العليا المتاخمة الجامدة وهذا هو الرابط بين الصفائح الجامدة المتحركة من سطح الأرض والغلاف الترسيبى الذى يسمى الصفائح التكتونية.



الشكل (٦ – ٢) تداخل الجزر البركانية

يوضح الشكل (٢-٦) ألواح المجارى الفرعية، والحدود القارية وعدد قليل من حدود الصفائح وقد ساهم تطوير الصفائح التكتونية وضع أسس مادية لملاحظات كثيرة عن الأرض الصلبة. ساهمت آلية الصفائح التكتونية لظهور نظرية الإنجراف القاري ، حيث تحركت القارات على سطح الأرض خلال الأزمنة الجيولوجية كما ساهمت القوة الدافعة لتشوهات القشرة الأرضية لإعداد جديد للملاحظات الجيولوجيا التركيبية , تكمن قوة نظرية الصفائح التكتونية في قدرتها على الجمع بين كل هذه الملاحظات في نظرية واحدة فى كيفية تحرك الغلاف الصخري فوق الطبقة الترسيبية.

٦ – ١ ـ ٢ هيكل الأرض



الشكل (٦ – ٣) هيكل طبقات الأرض (١) اللب الداخلي. (٢) اللب الخارجي. (٣) الوشاح السفلي. (٤) الوشاح العلوي. (٥) القشرة الأرضية. (٦) القشرة (جزء من الغلاف الصخري)

يعطى التقدم في علم الزلازل نظرة ثاقبة للتكوين الداخلي لهيكل الأرض من خلال النمذجة الحاسوبية وعلم المعادن والبلورات في درجات الحرارة العالية وضغوط وأوقات وصول الموجات الزلزالية كما أظهر التقدم في هذا المجال وجود لب سائل خارجى ولب صلب سميك داخلي وأدت هذه التطورات إلى تطوير نموذج لطبقات الأرض , القشرة والغلاف الصخري على القمة والقشرة السفلية (مفصولة داخل نفسها بالثغرات الزلزالية عند ٤١٠ و ٦٦٠ كيلومترا)، واللب الخارجي واللب الداخلي . إستخدمت بيانات الضغط ودرجة الحرارة للزلازل والنمذجة جنبا إلى جنب لمعرفة التركيب العنصري للأرض لقياس التغيرات في التركيب البلوري والتغيرات الكيميائية المرتبطة بالثغرات الزلزالية الرئيسية في القشرة وظهور هياكل البلورات المتوقعة في النواة الداخلية للأرض.

❖ تاريخ الأرض والمقياس الزمني الجيولوجي

يشمل المقياس الزمني الجيولوجي لتاريخ وعمر الأرض الى ٤,٥٤ بليون سنة وأقرب نظم الطاقة الشمسية يبعد ٤،٥٦٧ بليون سنة في البداية المعترف بها بشكل غير رسمي والمعروف بحقبة الهاديان وفيما يلى الأحداث الرئيسية الهامة:

❖ من ٤،٥٦٧ بليون عام: تشكيل النظام الشمسي

- **من ٤,٥٤٠ بليون عام: تعاظم الأرض**
- **من ٤ بليون عام: نهاية الإنفجار الشديد المتأخر ، (الحياة الأولى)**
- **من ٣,٥ بليون عام: بدء عملية التمثيل الضوئي**
- **من ٢,٣ بليون عام: الغلاف الجوي الأكسوجينى، أول كرة ثلج أرضية**
- **من ٥٤٢ ± ٠,٣ مليون عام: الإنفجار الكامبري – الإنفجار الواسع للحياة الجسدية الصعبة. أول الحفريات المتوفرة من بدء زمن الحياة القديمة**
- **من ٣٨٠ مليون عام: أول الحيوانات الفقرية البرية**
- **من ٢٥٠ مليون عام: إنقراض عصر بيرميان الترياسي – ٩٠٪ من الحيوانات على الأرض ماتت مع نهاية حقبة الحياة القديمة وبدء العصر الوسيط**

الشكل (٦ – ٤) (أ) تكوين أوسترالوبيثيكوس الأفريقي –(ب) وصف لجمجمة سالان ثروبوس كأول عضو أقرب للبشر

- **من ٦٦ مليون عام: العصر الطباشيري– إنقراض العصر الطباشيري– موت الديناصورات فى نهاية الزمن الوسيط وبداية حقب الحياة الحديثة**
- **من ٧ مليون عام: ظهور الإنسان الأول**
- **من ٣,٩ مليون عام: أول أسترالوبيثكس[٣]**
- **من ٢ مليون عام: ظهور أول إنسان عاقل**

---

٣ أول أسترالوبيثكس **and paleontological *Australopithecus* is an extinct genus of hominins. From archaeological evidence, the *Australopithecus* genus apparently evolved in eastern Africa around 4 million years ago before spreading throughout the continent and eventually becoming extinct somewhat after two million years ago.**

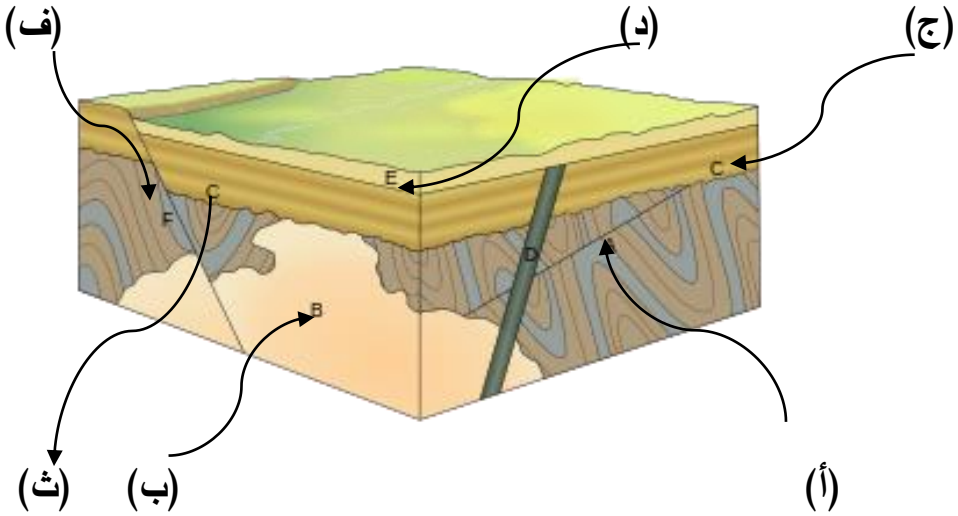
❖ **تقنين أساليب الأزمنة**

إستخدمت مجموعة متنوعة من الأساليب لتحديد كل من الزمن النسبي والمطلق للأحداث الجيولوجية وبعد ذلك أستخدمت هذه التواريخ للعثور على المعدلات التي تحدث فيها التغيرات الجيولوجية.

- **العصور النسبية**

وضعت طرق الأزمنة عندما ظهرت الجيولوجيا فى البداية وما زال الجيولوجيين يستخدمون هذه المبادئ الى اليوم كوسيلة لتوفير المعلومات عن التاريخ الجيولوجي وتوقيت الأحداث الجيولوجية على مبدأ الوتيرة الواحدة حيث أن العمليات الجيولوجية التي لوحظت في تعديل القشرة الأرضية في الوقت الحاضر قد تمت بنفس الطريقة خلال الأزمنة الجيولوجية٠
وهناك مبدأ أساسي من مبادئ الجيولوجيا وهو أن "الوقت الحاضر هو مفتاح الماضي" وبعبارة هاتون: يساهم "التاريخ الماضي من عالمنا فى تفسير ما يمكن أن ينظر إليه على أنه يحدث الآن. يتعلق مبدأ العلاقات المتداخلة بالتداخلات الشاملة في الجيولوجيا، عندما يخترق التسلسل البركانى تشكيل الصخور الرسوبية ، فإنه يمكن تحديد أن الإقتحام البركانى أحدث زمنا من الصخور الرسوبية وهناك عدد من أنواع مختلفة من التدخلات. يتعلق مبدأ العلاقات المتداخلة بتشكيل طبقات مستحدثة ومتواليات العصور من خلال تقاطعها فنجد أن الطبقات المستحدثة أحدث عمرا من الصخور المقطوعة ووفقا لذلك، إذا تم العثور على طبقة تخترق بعض التشكيلات ، فإن التشكيلات التي قطعت هي أقدم عمرا من الطبقة المشكلة، وتلك التي لم يتم قطعها يجب أن تكون أصغر عمرا والعثور على المفتاح في هذه الحالات قد يساعد على تحديد ما إذا كانت الطبقة المستحدث تشكيلها هى تغير عادي أو تغيير فى الإتجاه . ينص مبدأ الإدراج والمكونات على أنه، مع الصخور الرسوبية، إذا وجدت شوائب في التكوين، فإن إدراج الشوائب يجب أن يكون أقدم من التشكيل الذى يحتوي عليها٠ على سبيل المثال، في الصخور الرسوبية، فإن التشكيل الأقدم هو الذى وقع وتدرج في طبقة جديدة٠ وتنشأ حالة مماثلة مع الصخور البركانية عندما تم العثور

عليها٠ يتم تعريف الأجسام الغريبة على نحو إنصهار أو تدفق الحمم ، وأدرجت في وقت لاحق لتبرد في المصفوفة٠ ونتيجة لذلك، فهذا الجزء أقدم من الصخور التي تحتوي عليها٠ ومبدأ الأفقية الأصلية لترسيب الرواسب يحدث أساسا على المسطح الأفقي٠



الشكل (٦ – ٥) العلاقات المتداخلة لتحديد الأعمار النسبية لطبقات الصخور والتراكيب الأخرى٠

أ – الطبقات الصخرية المطوية نتيجة خطأ التوجه . ب – التسرب الكبير نتيجة خطأ التوجه ؛ ج – الغير مطابق الزاوى التحتى التي ترسبت على طبقات الصخر. د – سد البركاني ؛ ث – الأصغر سنا من الطبقات الصخرية ؛ ف – الخطأ العادي ٠

دعم هذا التعميم مراقبة الرواسب البحرية وغير البحرية الحديثة في طائفة واسعة من البيئات ٠ ومبدأ تكوين طبقة الصخور الرسوبية في تسلسل الأخاديد دون عائق هي أحدث من طبقة أسفل منه وأقدم من طبقة أعلى منه ٠ منطقيا الطبقة الأحدث عمرا لا يمكن أن تنزلق تحت طبقة سبق ترسيبها٠ يسمح هذا المبدأ النظر الى الطبقات الرسوبية بإعتبارها شكلا من أشكال خط الزمن العمودي، وهو رقم قياسي جزئي أو كامل من الوقت المنقضي من ترسب الطبقة السفلية إلى ترسب طبقة أعلى . يقوم مبدأ تعاقب الحياة على ظهور الحفريات في الصخور الرسوبية. كما توجد الكائنات في نفس الفترة الزمنية في جميع أنحاء العالم، يمكن أن يستخدم وجود الكائنات أو عدم وجودها لإستنتاج العمر النسبي للتشكيلات التي وجدت. وقد وضعت مبادئ الخلافة بشكل مستقل عن الفكر التطوري، ولكن نظرا لعدم

التيقن من التحجر، وتوطين أنواع الحفريات بسبب التغيرات الجانبية في نظم الحياة، والتي لا يمكن العثور على كل الحفريات على الصعيد العالمي في الوقت نفسه.

الشكل (٦ – ٦) مبدأ تكوين طبقة الصخور الرسوبية

- التأريخ والتاريخ الجيولوجي

إستخدمت أساليب كثيرة لتحديد العمر المطلق لعينات الصخور والأحداث الجيولوجية وتعتبر هذه التواريخ مفيدة، ويمكن إستخدامها بالاشتراك مع التأريخ النسبي للأساليب أو لمعايرة الطرق النسبية. في بداية القرن العشرين، حدث تقدم مهم في مجال العلوم الجيولوجية حبث أمكن الحصول على تواريخ مطلقة دقيقة للأحداث الجيولوجية بإستخدام النظائر المشعة وغيرها من الأساليب التى تسببت فى تغير مفهوم الزمن الجيولوجي. سابقا، إستخدم الجيولوجيين فقط الحفريات والإرتباط الطبقي لتأريخ الصخور بالنسبة إلى بعضها البعض وبإستخدام النظائر المشعة أصبح من الممكن تعيين الأعمار المطلقة لعينات الصخور وإستخدام هذه التواريخ المطلقة لتسلسل الحفريات ، وتحويل الأعمار النسبية القديمة إلى العصور المطلقة الجديدة. فى العديد من التطبيقات الجيولوجية، تم قياس نسب النظائر فى العناصر المشعة في المعادن التي توضح مقدار الوقت الذي إنقضى منذ مرور صخرة معينة في درجة حرارة الإغلاق ، النقطة التي تتوقف فيها النظائر الإشعاعية المختلفة لإنتشارها داخل وخارج التكوين البلوري . تستخدم علوم

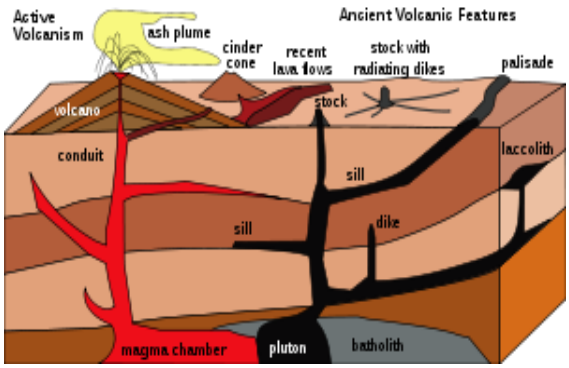
جيوتشرونولوجي وثيرموتشرونولوجي [٤] في تحديد أعمار الصخور وتشمل الطرق الشائعة منها تأريخ اليورانيوم – والرصاص، وتأريخ البوتاسيوم – الأرجون، وتأريخ الأرجون – الأرجون وتأريخ اليورانيوم – ثوريوم . وتستخدم هذه الأساليب لمجموعة متنوعة من التطبيقات التي يرجع تاريخها الى طبقات الحمم البركانية والرماد البركاني التى وجدت ضمن تسلسل الطبقات الأثرية والتى يمكن أن توفر بيانات العمر المطلق لعينات الصخور الرسوبية التي لا تحتوي على النظائر المشعة ومعايرة تقنيات الأعمار النسبية. يمكن إستخدام التقنيات الكيميائية الحرارية لتحديد ملامح درجة الحرارة داخل القشرة، والإرتقاء بسلاسل الجبال. تستخدم تجزئة عناصر سلسلة اللانثينيدات[٥] لحساب الأعمار منذ تحريك الصخور وتستخدم وسائل أخرى لمزيد من الأحداث الأخيرة فقد أستخدمت تقنيات التلألؤ المحفز بصريا لتأريخ السطوح و/أو معدلات التعرية كما أستخدمت تقنيات حلقات الشجر لتأريخ المناظر الطبيعية كما أستخدم الكربون المشع لتأريخ المواد الحديثة جيولوجيا والتى تحتوي على الكربون العضوي .

---

٤ علوم جيوتشرونولوجي وثيرموتشرونولوجي Geochronology is the science of determining the age of rocks, fossils, and sediments using signatures inherent in the rocks themselves. Thermochronology is the study of the thermal evolution of a region of a planet. Thermochronologists use radiometric datingalong with the closure temperatures that represent the temperature of the mineral being studied at the time given by the date recorded, to understand the thermal history of a specific rock, mineral, or geologic unit. It is a subfield within geology, and is closely associated with geochronology.

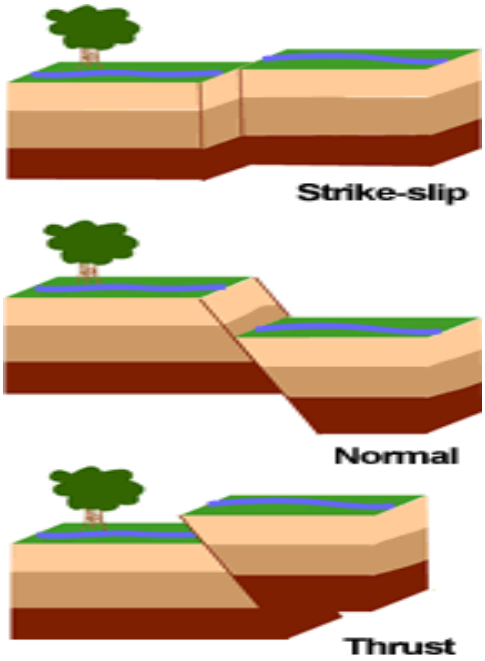
٥ عناصر سلسلة اللانثينيدات The lanthanide series of chemical elements comprises the fifteen metallic chemical elements with atomic numbers 57 through 71, from lanthanum through lutetium These fifteen lanthanide elements, along with the chemically similar elements scandium and yttrium, are often collectively known as the rare earth elements.

❖ **التطور الجيولوجي**



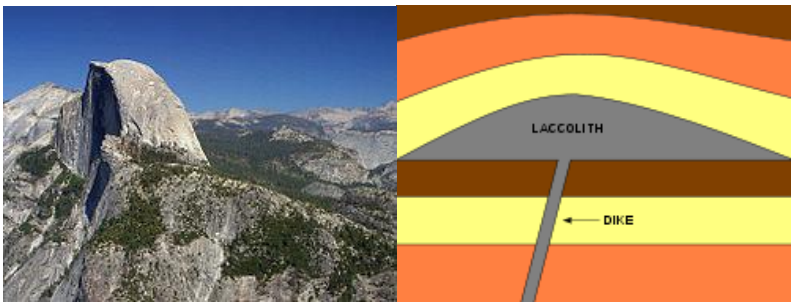
الشكل (٦ – ٧) التسلسل الأفقي للصخور الرسوبية بالأنشطة البركانية

يتأثر التسلسل الأفقي للصخور الرسوبية بالأنشطة البركانية , فى العمق غرفة صهر مرتبطة بأجسام بركانية كبيرة وتغذى غرفة الصهر البراكين ، وترسل دفعات من المواد المنصهرة التي تتبلور فى وقت لاحق على شكل السدود والعتبات كما تتقدم غرفة الصهر صعودا لتشكل أجسام بركانية متداخلة ويوضح الرسم البياني على حد سواء مخروط رماد بركانى ، وتكوينات البركان ، التي تصدر كل من الحمم النارية والرماد.



الشكل (٦ – ٨) أنواع الأخطاء التى قد تنشأ

يستعرض الشكل مثال على ثلاثة أنواع من الطبقات المسنحدثة الى تحدث نتيجة القذف عند إنزلاق الشرائح الصخرية على بعضها البعض، تنشأ الطبقات المسنحدثة العادية عندما تتغلغل الصخور فى إمتداد أفقي، تنشأ الطبقات المسنحدثة عندما تمر الصخور بقصور أفقي كما تتغير جيولوجيا منطقة ما عبر الزمن كما تترسب الشرائح الصخرية وتغلغلها وعمليات التشوه الناشئة تغيير الأشكال والمواقع وتتواجد الوحدات الصخرية الأولى إما عن طريق الترسيب على السطح أو التسلل داخل الصخور السطحية. يمكن أن يحدث الترسيب عندما تستقر الرواسب على سطح الأرض وفي وقت لاحق في الصخور الرسوبية، أو عندما تسرى المواد البركانية مثل الرماد البركاني أو تدفقات الحمم التدفقات وتمثل غطاء للسطح.



الشكل (٦ – ٩) (أ) جبل جرانيتى (ب) اقتحام وتشويه الطبقات

تدفع التدفقات البركانية مثل باثوليثس، لاككوليثس[٦]، السدود، والعتبات ، صعودا في الصخور الفوقية، وتتبلور , بعد أن يتم ترسيب التسلسل الأول من الصخور، يمكن أن تتشوة وحدات الصخور أو تتحول . يحدث التشوه عادة نتيجة لقصور فى الإمتداد الأفقي ، أو فى الحركة الجانبية. تتصل هذه الأنظمة الهيكلية على نطاق واسع إلى حدود متقاربة ، حدود

---

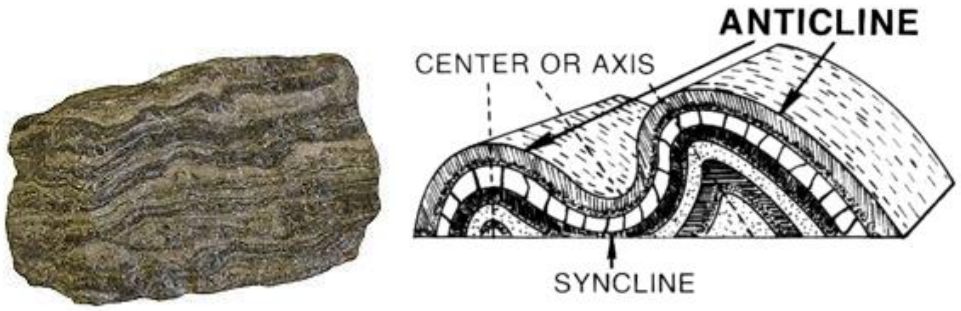
٦ التدفقات البركانية مثل باثوليثس، لاككوليثس A batholith is a large emplacement of igneous intrusive (also called plutonic) rock that forms from cooled magma deep in the intermediate rock– Earth's crust. Batholiths are almost always made mostly of felsic or A laccolith is a sheet intrusion (or ،types, such as granite, quartz monzonite, or diorite concordant pluton) that has been injected between two layers of sedimentary rock. The pressure of the magma is high enough that the overlying strata are forced upward, giving the laccolith a dome or mushroom–like form with a generally planar base

متباينة ، وحدود متحولة ، على التوالي بين الصفائح التكتونية وعندما توضع الشرائح الصخرية تحت الضغط الأفقي يقل طولها وتزداد سمكا لأن الشرائح الصخرية، وغيرها من الطين، لا تتغير بشكل ملحوظ في الحجم ، ويتم ذلك بطريقتين: من خلال الطبقات المستحدثة والطي في القشرة السطحية الضحلة ، حيث يمكن أن يحدث التشوه الهش ، وتوجه الطبقات المستحدثة التشكيل ، والتي تتسبب في تحريك الصخور العميقة الى أعلى منطقة الصخور الضحلة لأن الصخور العميقة غالبا ما تكون قديمة، كما لوحظ من قبل مبدأ التشكيلات ، وهذا يؤدي لصعود الصخور القديمة أعلى الصخور الأحدث عمرا . الحركة على طول الأخطاء يمكن أن تؤدي إلى طي الطبقات، إما بسبب أن الطبقات المستحدثة ليست مستوية أو لأنه تم سحب الطبقات الصخرية فى الإتجاه الطولى، وتشكيل طيات مسحوبة كما يحدث الإنزلاق على طول الصدع. تسلك الصخور فى أعماق الأرض سلوك اللدائن، ويحدث إضعاف للطبقة الصخرية بدلا من ظهور طبقات مستحدثة ويمكن لهذه الطيات إما أن تكون تلك التي تكون فيها المواد في وسط غلاف أبازيم صعودا، وينشأ أشكال غير منتظمة أو حيث الابازيم تكون أسفل. إذا إستمرت قمم الوحدات الصخرية داخل طيات تشير إلى الاتجاه الصعودي، يطلق عليها القبوة أو القعيرة [٧]، على التوالي وإذا كان بعض من الوحدات في المنطقة تواجه الهبوط، يسمى تغير وضع أو إنقلاب القبوة أو القعيرة، وإذا إنقلبت جميع الوحدات الصخرية أو أن الإتجاه الصحيح غير معروف، تسمى ببساطة تغيير فى أوضاع الطبقات الصخرية. تسبب الضغوط ودرجات الحرارة العالية أثناء القصور الأفقي

---

٧ القبوة أو القعيرة an anticline is a type of fold that is an arch-like shape and has its oldest beds at its core. A typical anticline is convex up in which the hinge or crest is the location where the curvature is greatest, and the limbs are the sides of the fold that dip away from the hinge. و a syncline is a fold with younger layers closer to the center of the structure. A synclinorium (plural synclinoriumsor synclinoria) is a large syncline with superimposed smaller folds.[1] Synclines are typically a downward fold, termed a synformal syncline (i.e. a trough); but synclines that point upwards, or perched, can be found when strata have been overturned and folded

على حد سواء طي وتحول الصخور. يسبب هذا التحول تغييرات في التركيب المعدني للصخور وتنشأ ظاهرة التورق[٨] ، أو السطوح المستوية ، والمتعلقة بنمو المركبات المعدنية تحت الضغط وهذا يمكنه إزالة علامات النسيج الأصلي للصخور، مثل قواعد الصخور الرسوبية، وتدفق ملامح الحمم ، وأنماط الكريستال في الصخور البلورية .



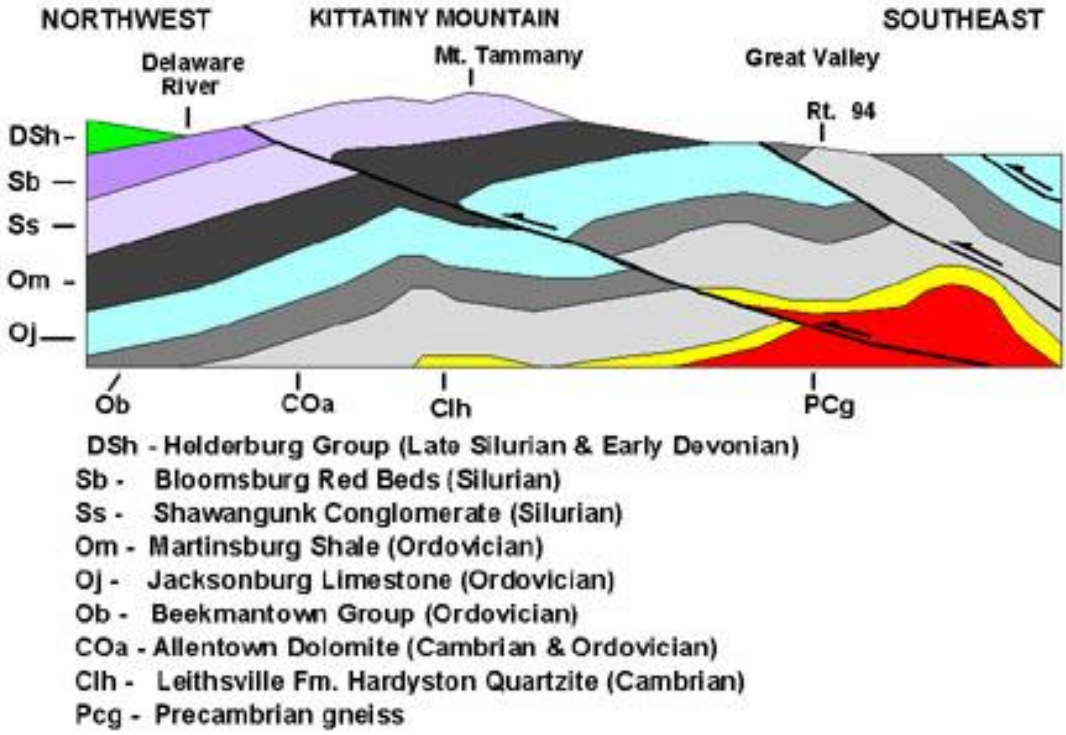
الشكل (٦ – ١٠) (أ) رسم تخطيطي للطيات، مما يشير إلى أنانتيكليني ومن سينكليني (القبوة أو القعيرة) (ب) الصخور متحولة ظاهرة التورق.

بسبب تمدد شرائح الصخور ككل تصبح أطول وأقل سمكا ويتم هذا من خلال التصدع العادي الذى يسبب إسقاط الصخور المرتفعة تحت الصخور المنخفضة وينتج عادة في شرائح الصخور الحديثة ويجري وضعها أسفل الوحدات القديمة وتحولت الصخور الممتدة فى الأعماق أيضا ويمكن لهذه الصخور الممتدة التحول حيث تنزلق الوحدات الصخرية على بعضها البعض، يتطور التصدع نتيجة قذف الإنزلاق في المناطق الضحلة، وتصبح مناطق قص في الأعماق حيث تتشوه الصخور . يحدث خلال التشويه إضافة طبقات صخور جديدة، بالترسيب والتداخل وغالبا ما يؤدى التصدع وعمليات التشوه الأخرى إلى ظهور تدرجات طبوغرافية. تزداد المواد المرسبة على طبقات الصخور في الإرتفاع إلى أن تتآكل من قبل منحدرات القمم والقنوات وتتراجع الرواسب على طبقات الصخور كما تحافظ الحركة المستمرة

---

٨ التورق Foliation in geology refers to repetitive layering in metamorphic rocks. Each layer may be as thin as a sheet of paper, or over a meter in thickness

على طول الصدع على الإنحدار الطبوغرافي على الرغم من حركة الرواسب، وتستمر لإنشاء مساحة للمواد التى يتم ترسيبها وغالبا ما ترتبط أحداث التشوه أيضا مع ثورة البراكين والأنشطة البركانية.



الشكل (٦ – ١١) المقطع العرضي الجيولوجي من جبل كيتاتيني ويظهر هذا المقطع العرضي الصخور المتحولة، تعلوها رواسب حديثة ترسبت بعد وقوع حدث التحول وقد طويت هذه الوحدات الصخرية في وقت لاحق ووقوع أخطاء أثناء رفع الجبل

يتراكم الرماد البركاني والحمم على السطح، وتتم عمليات الإقتحام النارى من أسفل السدود الطويلة، ويدخل الإقتحام الناري المستوى على طول التشققات، وبالتالي غالبا ما تشكل بأعداد كبيرة في المناطق التي يجري فيها التشوة بنشاط وهذا يمكن أن يؤدي إلى العديد من السدود. كل هذه العمليات لا تحدث بالضرورة في بيئة واحدة، وليس بالضرورة حدوثها بنظام واحد على سبيل المثال، تتكون جزر الهاواي بالكامل من الطبقات البازلتية من خلال تدفقات الحمم البركانية وهذه المفاهيم دليلا لفهم التاريخ الجيولوجي للمنطقة.

٦ – ١ – ٣ الطرق الجيولوجية

إستخدم الجيولوجيون عدد من الأماكن ، والمختبرات، وأساليب النمذجة العددية للتعرف على تاريخ الأرض وفهم العمليات التي تحدث على وفي باطن الأرض, إستخدمت في الفحوص الجيولوجية النموذجية المعلومات الأساسية المتعلقة بطبقات الصخور، والجيولوجيا التركيبية لدراسة مواضع الطبقات الصخرية وما بها من تشوهات. في كثير من الحالات، إستعرض الجيولوجيين دراسة التربة الحديثة، الأنهار ، المناظر الطبيعية ، والأنهار الجليدية ، الفحوص في الماضي والحياة الحالية ومسارات البيولوجية الكيميائية ، وإستخدام الطرق الجيوفيزيائية للتحقيق في باطن الأرض.

- الأساليب التطبيقية

الشكل (٦ – ١٢) على اليمين معيار برونتون العابر الجيبى ، ويستخدم من قبل الجيولوجيين في رسم الخرائط الجيولوجية– فى المنتصف نموذج مخيم تعيين موقع في ١٩٥٠ – على اليسار أجهزة الكمبيوتر المحمولة مع نظام تحديد المواقع ونظم وبرمجيات المعلومات الجغرافية

يختلف العمل الميداني الجيولوجي إعتمادا على المهمة المطلوبة ويتكون العمل الميداني النموذجي من:

- رسم الخرائط الجيولوجية (رسم الخرائط الهيكلية – رسم الخرائط الطبقية)
- رسم الخرائط السطحية: (مسح السمات الطبوغرافية – إنشاء الخرائط الطبوغرافية)
- العمل على فهم التغيير عبر المناظر الطبيعية، بما في ذلك: (أنماط التآكل والترسيبات– تغيير قناة النهر من خلال الهجرة – أساليب منحدرات القمم)

- **رسم الخرائط السطحية الفرعية من خلال الطرق الجيوفيزيائية وتشمل (الإستطلاعات الزلزالية الضحلة – الرادار الأرضى المخترق – المسوحات المغناطيسية الجوية)**
- **التصوير المقطعي للمقاومة النوعية الكهربائية ويستخدم فى (التنقيب عن المواد الهيدروكربونية – العثور على المياه الجوفية – تحديد مكان القطع الأثرية المدفونة)**
- **الطبقات عالية الدقة (قياس ووصف الأقسام الطبقية على السطح – حفر الآبار وقطع الأشجار)**
- **الكيمياء الحيوية والجيوميكروبيولوجي – جمع العينات (تحديد المسارات البيوكيميائية – تحديد أنواع من الكائنات الحية الجديدة – تحديد المركبات الكيميائية الجديدة)**
- **إستخدام الاكتشافات فى: (فهم الحياة الأولى على الأرض، وكيف تعمل والتغلب عليها – البحث عن المركبات الهامة لإستخدامها في التعدين والمستحضرات الصيدلانية)**
- **علم المتحجرات : حفر ومواد الحفريات (للبحث في الحياة الماضية وتطورها – للمتاحف والتعليم)**
- **جمع عينات للتاريخ الجيولوجي والجيولوجيا الحرارية**
- **علم الجليد : قياس خصائص الأنهار الجليدية وحركتها**

❖ **علم الصخور**

الشكل (٦ – ١٣) المجهر المستخدم فى علم الصخور

وهو مجهر ضوئي بصري مزود بعدسات إستقطاب ، وعدسة قمعية، والمعوضات (لوحات من مواد متباينة الخواص، لوحات الجبس وأوتاد من الكوارتز)، لتحليل البلورات بالإضافة إلى تحديد الصخور في هذا المجال، يحدد الجيولوجيين عينات الصخور في المختبر بأسلوبين من خلال المجهر الضوئي وباستخدام مسبار مجهري إلكترونى ، حيث يمكن التعرف على المعادن من خلال خصائصها المختلفة . في المسبار الإلكترونى، يتم تحليل المواقع الفردية للتركيبات الكيميائية الدقيقة والإختلافات في التركيب داخل البلورات الفردية الثابتة والنظائر المشعة كما توفر الدراسات نظرة ثاقبة على تطور الجيوكيميائية فى الوحدات الصخرية.

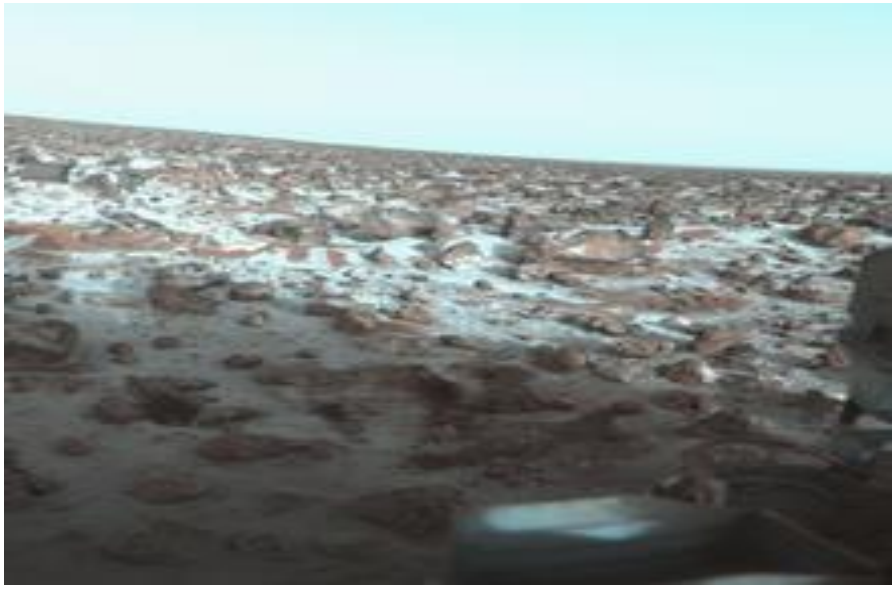
- **علم طبقات الأرض**

يتم تحليل عينات من مناطق طبقية مختلفة تم جمعها من مواقعها في المختبر بهدف الحصول على بيانات من خلال المسح الجيوفيزيائي التي تظهر فى مواقع الوحدات الطبقية في باطن الأرض، غالبا ما تستخدم برامج الكمبيوتر للقيام بذلك في ثلاثة أبعاد، يمكن إستخدام هذه البيانات لإعادة بناء العمليات القديمة التي حدثت على سطح الأرض، وتفسير البيئات الماضية، وتحديد مناطق للمياه، والفحم، وإستخراج النفط والغاز، يتم تحليل عينات الصخور من النوتئات والحفريات الموجودة فى المنطقة مما يساعد لفهم البيئة الترسيبية والوحدات الصخرية التى تم تشكيلها وتاريخ تكوين الصخور داخل الجزء الطبقي من أجل توفير حدود أفضل مطلقة لتوقيت ومعدلات الترسيب وعلامات الإنتكاسات المغناطيسية في وحدات الصخور البركانية للحصول على معلومات حول المناخ في الماضي.

- **الجيولوجيا الكوكبيه**

مع إستكشاف الفضاء في القرن العشرين، بدأ البحث فى الكواكب الأخرى بنفس الطرق التي تم تطويرها لدراسة الأرض ويسمى هذا الميدان الجديد من الدراسة جيولوجية الكواكب التي تعرف أحيانا باسم أستروجيولوجي وتعتمد على المبادئ الجيولوجية المعروفة لدراسة الكواكب الأخرى في النظام الشمسي. تستخدم "الجيولوجيا" أسماء الكواكب الأخرى عند وصف تكوينها والعمليات الداخلية: فمثلا جيولوجيا المريخ والجيولوجيا القمرية ". مع

إستخدام مصطلحات متخصصة مثل سيلينولوجي (دراسات القمر)، أريولوجي (المريخ)، وتم التركيز على دراسة جميع جوانب جيولوجيا الكواكب الأخرى وقد أدى ذلك إلى إرسال العديد من البعثات الفضائية هدفها الأساسي فحص أجسام الكواكب للبحث عن أدلة على وجود الحياة في الماضي أو الحاضر على هذه العوالم. المسبار فينيكس هو أحد السفن الفضائية لتحليل تربة المريخ القطبية للبحث عن المياه والمكونات الكيميائية والمعدنية المتصلة بالعمليات البيولوجية.



الشكل (٦ – ١٤) سطح المريخ كما صور من السفينة الفضائية فايكنغ ٢ فى ٩ ديسمبر ١٩٧٧.

٦–١ – ٤ الجيولوجيا التطبيقية

- **الجيولوجيا الإقتصادية**

الجيولوجيا الإقتصادية فرع مهم من الجيولوجيا يتناول جوانب مختلفة من المواد الخام الإقتصادية التي تستخدمها البشرية للوفاء بإحتياجاتها المختلفة. المواد الخام الإقتصادية هي تلك التي يمكن إستخراجها بشكل مربح ويساهم الجيولوجيين الإقتصاديين في تحديد وإدارة الموارد الطبيعية بالأرض، مثل النفط والفحم، فضلا عن الموارد المعدنية، والتي تشمل المعادن مثل الذهب والحديد والنحاس واليورانيوم.

- **جيولوجيا التعدين**

تتكون جيولوجيا التعدين من عمليات الإستخراج للمواد الخام من الأرض وتشمل الأحجار الكريمة ، المعادن ، والعديد من المواد الخام مثل الأسبستوس ، البيرلايت ، والميكا ، الفوسفات ،الزيولايت ، الطين ، الخفاف ، الكوارتز ، والسيليكا ، فضلا عن عناصر مثل الكبريت ، الكلور ، والهليوم والمواد ذات الندرة لصناعة الإلكترونيات.

- **جيولوجيا النفط**

الشكل (٦ – ١٥) سجل الطين وسيلة مشتركة لدراسة الخصائص الصخرية عند حفر آبار النفط.

تحديد المواقع تحت السطحية من الأرض التي يمكن أن تحتوي على المواد الهيدروكربونية القابلة للإستخراج، وخاصة النفط والغاز الطبيعي لأن العديد من هذه الخزانات موجودة في الأحواض الرسوبية ، وكذلك التعرف على تشكيل وتطور هذه الأحواض الرسوبية والقشرة الأرضية والوضع الحالي من الوحدات الصخرية.

- **الجيولوجيا الهندسية ، ميكانيكا التربة والهندسة الجيوتقنية**

الجيولوجيا الهندسية تطبيق للمبادئ الجيولوجية لممارسة مهنة الهندسة بغرض ضمان أن العوامل الجيولوجية التى تؤثر على الموقع والتصميم وبناء وتشغيل وصيانة الأعمال الهندسية تعالج بشكل صحيح. تستخدم في مجال الهندسة المدنية المبادئ والتحليلات الجيولوجية من أجل التأكد من المبادئ الميكانيكية للهياكل التي يتم بناؤها وهذا لا يسمح بإنهيار الأنفاق والجسور وناطحات السحاب والمباني التي سيتم بناؤها على أسس متينة.

- **علم المياه والقضايا البيئية**

يمكن تطبيق المبادئ الجيولوجية لحل المشاكل البيئية المختلفة مثل الحقول البنية المصابة بالتلوث، وفهم التفاعل بين البيئة الطبيعية والبيئة الجيولوجية كما تستخدم هيدرولوجيا المياه الجوفية ، لتحديد مواقع المياه الجوفية والتي يمكنها توفير إمدادات من المياه الغير ملوثة خاصة في المناطق القاحلة، ورصد إنتشار الملوثات في الآبار الجوفية والحصول على البيانات من خلال الطبقات الصخرية، الآبار ، العينات الجوفية والجليدية التى تستخدم لإعادة بناء المناخ القديم حول الماضي ودرجة الحرارة الحالية، وهطول الأمطار، ومستوى سطح البحر في جميع أنحاء العالم, هذه البيانات هي المصدر الرئيسي للمعلومات عن تغير المناخ العالمي خارج البيانات التطبيقية.

- **الأخطار الطبيعية**

دراسة المخاطر الطبيعية من أجل سن قوانين البناء الآمنة ونظم الإنذار التي تستخدم لمنع فقدان الممتلكات والحياة. ومن أمثلة المخاطر الطبيعية الهامة التي تتصل بالجيولوجيا ووثيقة الصلة بالأرصاد الجوية مثل: (الانهيارات الثلجية – الزلازل – الفيضانات – الإنهيارات الأرضية وتدفقات الحطام – هجرة الأنهار – المجاري – الهبوط الأرضى – التسونامي – البراكين).

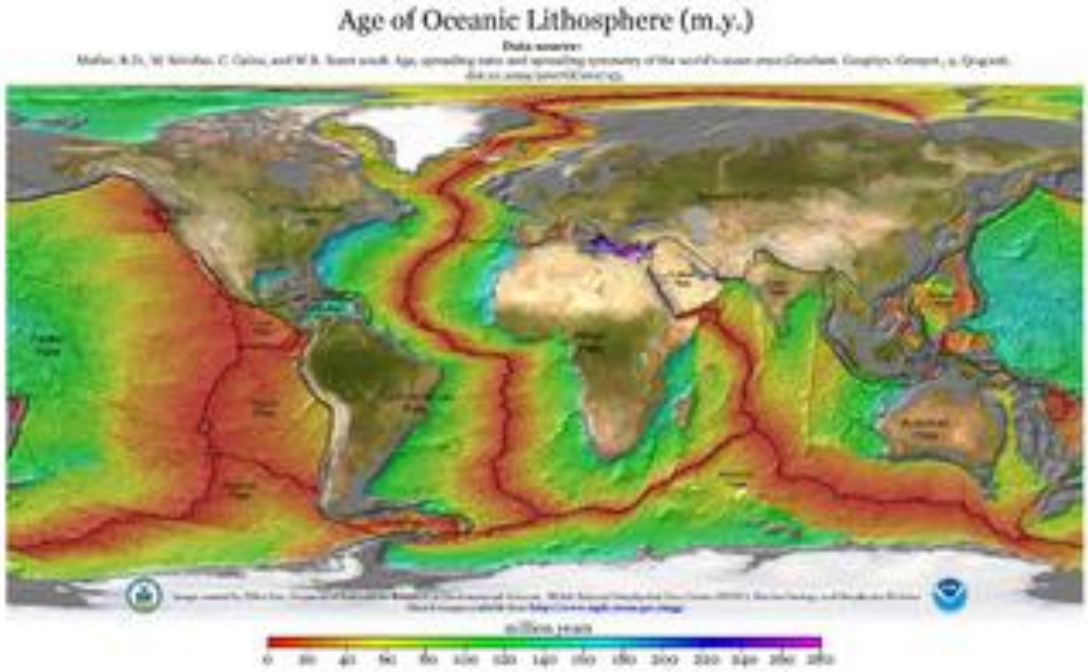
الشكل (٦ – ١٦) الإنهيار الصخري

٦ – ١ – ٥ تاريخ الجيولوجيا والتسلسل الزمني للجيولوجيا

الشكل (٦ – ١٧) خريطة جيولوجية لإنجلترا، ويلز ، وجنوب اسكتلندا . أنجزت في عام ١٨١٥

ترجع دراسة المواد الفيزيائية للأرض إلى اليونان القديمة خلال الفترة الرومانية (٢٨٧ – ٣٧٢ قبل الميلاد) فى مجال البحث عن المعادن والفلزات . تختلف التقديرات حول العمر المحدد للأرض من بضع مئات من آلاف المليارات من السنين وبحلول أوائل القرن العشرون وبإستخدام التقنيات الإشعاعية تم تقدير عمر الأرض بملياري سنة ومع هذا الكم الهائل من الوقت فتح الباب أمام نظريات جديدة حول العمليات التي شكلت الكوكب. التقدم الأكثر أهمية في الجيولوجيا فى القرن العشرون هو تطور نظرية الصفائح التكتونية وتقديرات عمر الأرض ونشأت نظرية الصفائح التكتونية من ملاحظتين جيولوجيتين منفصليتين : إنتشار قاع البحر والإنجراف القاري وقد ساهمت النظرية لثورة في علوم الأرض ويحدد اليوم عمر الأرض بما يقارب من ٤,٥ بيليون سنة.

٦ – ٢ الجيوفيزياء [٩]



الشكل (٦ – ١٨) لتحديد عمر قاع البحر من المعلومات من الشذوذ المغناطيسي

الجيوفيزياء هو أحد تخصصات العلوم الطبيعية المعنية بالعمليات والخصائص الفيزيائية للأرض وبيئه الفضاء المحيط ، وإستخدام الأساليب الكمية لتحليلها ومصطلح الجيوفيزياء يشير أحيانا فقط إلى التطبيقات الجيولوجية مثلا: شكل الأرض – الجاذبية الأرضية والمجالات المغناطيسية – الهيكل الداخلي ومكوناته – الديناميكا الأرضية والتعبير عن سطح الأرض في الصفائح التكتونية ، وتاريخ الصهارة[١٠] – البراكين وتشكيل الصخور ومع ذلك، تستخدم المنظمات الجيوفيزيائية الحديثة تعريف أوسع يتضمن دورة المياه بما في ذلك الثلج والجليد، وديناميكا الموائع للمحيطات والغلاف الجوي، الكهرباء والمغناطيسية في الغلاف الأيوني والغلاف المغناطيسي وعلاقة الشمس والأرض ومشاكل مماثلة مرتبطة مع القمر والكواكب الأخرى. على الرغم من الإعتراف بمصطلح الجيوفيزياء كنظام مستقل في القرن التاسع عشر، إلا أن أصولها تعود إلى العصور القديمة حيث تم تصنيع أول البوصلات

---

٩ الجيوفيزياء –من ويكيبيديا، الموسوعة الحرة

١٠ الصهارة – باطن أو مركز الأرض المنصهر

المغناطيسية من حجارة مغناطيسية [١١]، في حين لعبت البوصلات المغناطيسية الحديثة دورا هاما في تاريخ الملاحة وتم بناء أول جهاز قياس الزلازل في العام ١٣٢ قبل الميلاد. إستخدم إسحق نيوتن نظريته في الميكانيكا للتعرف على ظاهرة المد والجزر ووضعت أدوات لقياس شكل وكثافة ومجال الجاذبية لكوكب الأرض فضلا عن عناصر من دورة المياه. وضعت في القرن العشرون الطرق الجيوفيزيائية للتنقيب عن بعد للأرض الصلبة والمحيطات، ولعبت الجيوفيزياء دورا أساسيا في تطوير نظرية الصفائح التكتونية . يتم تطبيق الجيوفيزياء لإحتياجات المجتمع، مثل الموارد المعدنية ، والتخفيف من الأخطار الطبيعية وحماية البيئة وإستخدم المسح الجيوفيزيائي البيانات لتحليل إمكانات مكامن البترول والترسبات المعدنية وتحديد المياه الجوفية، والعثور على القطع الأثرية، وتحديد سمك الأنهار الجليدية والتربة، وتقييم مواقع لإصلاح البيئة.

٦ – ٢ – ١ الظواهر الفيزيائية

مجال الجيوفيزياء متعدد التخصصات، ويسهم في كل من مجالات علوم الأرض وكيفية ارتباطها بالأرض والمناطق المحيطة بها.

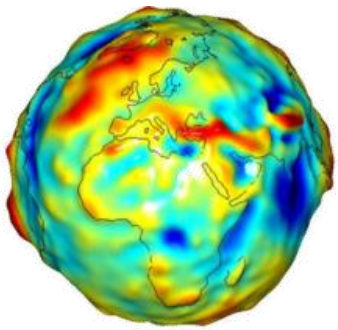
- الجاذبية الأرضية

تؤدي جاذبية القمر والشمس إلى موجتين عاليتين وموجتين منخفضتين من المد والجزر كل يوم قمرى، أو كل ٢٤ ساعة و ٥٠ دقيقة. لذلك، هناك فجوة من ١٢ ساعة و ٢٥ دقيقة بين كل موجتين عاليتين وموجتين منخفضتين من المد والجزر. تتسبب قوى الجاذبية فى ضغط الصخور للأسفل فوق الصخور العميقة، وتزيد كثافتها كلما زاد العمق. يمكن إستخدام قياسات تسارع وقوة الجاذبية على سطح الأرض للبحث عن الرواسب المعدنية. يوفر مجال

---

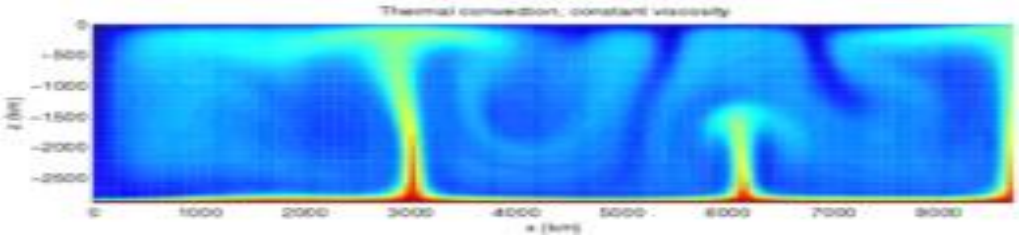
١١ حجارة مغناطيسية – A lodestone is a naturally magnetized piece of the mineral magnetite They are naturally–occurring magnets, which can attract iron. The property of magnetism was first discovered in antiquity through lodestones. Pieces of lodestone, suspended so they could turn, were the first magnetic compasses

الجاذبية السطحية معلومات عن ديناميكيات الصفائح التكتونية وتسمى قوة الجاذبية السطحية الحيود وهو أحد المصطلحات لشكل الأرض ويمكن أن يكون الحيود هو مستوى سطح البحر العالمي إذا كانت المحيطات في حالة توازن، ويمكن أن يمتد عبر القارات على شكل قنوات ضيقة جدا.



الشكل (٦ – ١٩) خريطة الإنحرافات في الجاذبية من سلسة الأرض المثالية

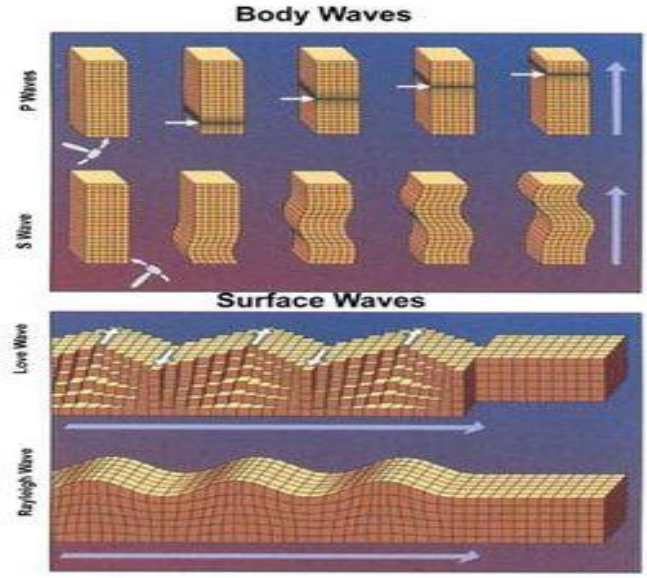
- تدرج الطاقة الحرارية الأرضية



الشكل (٦ – ٢٠) نموذج الحمل الحراري في عباءة الأرض , الأعمدة الحمراء الرقيقة هي أعمدة العباءة

يؤدى توليد وتدفق الحرارة المجال المغناطيسي للأرض من خلال الديناميكا الجيولوجية والألواح التكتونية خلال الحمل الحراري لعباءة الأرض . المصادر الرئيسية للحرارة هي الحرارة البدائية والنشاط الإشعاعي ، وإن كان هناك أيضا مساهمات من تحولات المراحل وتأتى معظم الحرارة على السطح عن طريق الحمل الحراري ، على الرغم من أن وجود طبقتين للحدود الحرارية هما الحدود الأساسية والعباءة والقشرة الأرضية – من خلالها يتم نقل الحرارة عن طريق التوصيل وتأتى بعض الحرارة الى الأعلى من الجزء السفلي للعباءة من خلال أعمدة العباءة وتدفق الحرارة على سطح الأرض حوالي ٤,٢ ×١٠^{١٣} وات، ويعتبر مصدر محتمل للطاقة الحرارية الأرضية .

- **الزلازل**



الشكل (٦ – ٢١) توضيح التشوهات فى الكتلة بواسطة موجات الكتلة والموجات السطحية

الموجات الزلزالية عبارة عن الإهتزازات التي تنتقل عبر باطن الأرض أو على طول سطحها. يمكن أيضا أن تتأرجح الأرض كلها في النماذج التي تسمى أساليب طبيعية أو التذبذبات الحرة فى الأرض ويتم قياس حركات الأرض من الموجات أو من خلال وسائط عادية بإستخدام أجهزة قياس الزلازل وإذا تحققت هذه الموجات من مصدر محلي مثل زلزال أو انفجار، يمكن إجراء القياسات في أكثر من موقع واحد لتحديد موقع المصدر وتعطى مواقع الزلازل معلومات عن الصفائح التكتونية والحمل الحراري للعباءة . قياسات الموجات الزلزالية هي مصدر المعلومات عن المنطقة التي مرت بها الموجات الزلزالية. فى حالة تغير كثافة أو تكوين الصخور فجأة، تنعكس بعض الموجات ويمكن أن توفر إنعكاس الموجات معلومات عن البنية القريبة من السطح. التغييرات في إتجاه تحرك الزلزال تسمى الإنكسار ، ويمكن أن يستخدم للإستدلال على البنية العميقة للأرض . تشكل الزلازل خطرا على البشر وهناك ضرورة لفهم آلياتها، والتي تعتمد على نوع الزلزال (على سبيل المثال، فى الطبقات السطحية أو التركيز فى الأعماق)، يمكن أن تؤدي إلى تقديرات أفضل لمخاطر الزلازل والتحسينات في هندسة الزلازل .

- **الكهرباء**

على الرغم من ملاحظة الظواهر الكهربائية أثناء العواصف الرعدية ، هناك دائما مجال كهربائي هابط قرب السطح تبلغ قيمته ١٢٠ ف/متر بالنسبة إلى الأرض الصلبة، يحتوى الغلاف الجوي على شحنة موجبة صافية بسبب قصف الأشعة الكونية ويتدفق تيار كهربائى حوالي ١٨٠٠ أمبير في الدائرة العالمية الذى يتدفق إلى الأسفل من الغلاف الجوي المتأين على معظم الأرض والعودة إلى الأعلى من خلال العواصف الرعدية ويتجلى تدفق البرق تحت السحب. تستخدم مجموعة متنوعة من الطرق الكهربائية في المسح الجيوفيزيائي وتعتبر بعض القياسات جهود كهربائية عشوائية التى يمكن أن تنشأ في الأرض بسبب الإضطرابات الطبيعية أو من صنع الإنسان. تتدفق التيارات الكهربائية الأرضية[١٢] في الأرض والمحيطات لسببين: الحث الكهرومغناطيسي الناتج بالتفاوت الزمنى والمجال المغناطيسي الأرضي وحركة التوصيل الكهربائى بين الأجسام (مثل مياه البحر) عبر المجال المغناطيسي الدائم للأرض. يمكن إستخدام توزيع كثافة التيار الأرضي للكشف عن الإختلافات في المقاومة النوعية الكهربائية للهياكل تحت الأرض.

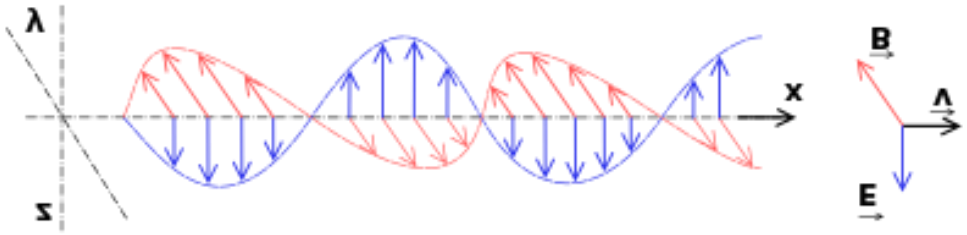
- **الموجات الكهرومغناطيسية**

تحدث الموجات الكهرومغناطيسية في الغلاف الأيوني والغلاف المغناطيسي وكذلك فى اللب الخارجي للأرض . يعتقد أن سبب سيموفينية الفجر[١٣] هى الإلكترونات عالية الطاقة التي تحدث في الحزام الإشعاعى المعروف بإسم فان ألين .

---

١٢ التيارات الكهربائية الأرضية – A telluric current or Earth current, is an electric current which moves underground or through the sea. Telluric currents result from both natural causes and human activity, and the discrete currents interact in a complex pattern. The currents are low frequency and travel over large areas at or near the surface of the Earth.

١٣ سيموفينية الفجر The electromagnetic dawn chorus is a phenomenon that occurs most often at or shortly after dawn local time. With the proper radio equipment, dawn chorus can be converted to sounds that resemble birds' dawn chorus (by coincidence).



الشكل (٦ – ٢٢) الموجات الكهرومغناطيسية المتكونة بالإشعاع يمكن تصورها كإنتشار ذاتى لموجات عرضية متأرجحة للمجالات الكهربائية والمغناطيسية

تنتج الصفارات[١٤] بواسطة إضرابات البرق وتولد الموجات الكهرومغناطيسبة تعرف بإسم (البرق)[١٥] ويمكن أيضا أن تتولد موجات الكهرومغناطيسية عن طريق الزلازل. تنشأ مجالات مغناطيسية في اللب الخارجي للأرض بواسطة الحث الكهرومغناطيسي نتيجة للتيارات الكهربائية في الحديد السائل العالى الموصلية. موجات ألفين هي موجات طاقة مغناطيسية ديناميكية في الغلاف المغناطيسي أو فى لب الأرض وهى ذات تأثير بسيط على المجال المغنطيسي الأرضي ، ولكن بوتيرة أبطأ موجات مثل موجات روسبي المغناطيسية التي قد تكون أحد المصادر لتباين العلمانية المغنطيسية الأرضية[١٦]. الأساليب الكهرومغناطيسية التي تستخدم في المسح الجيوفيزيائي تشمل الكهرومغناطيسية العابرة والمغناطيسية الناشئة عن التيارات الكهربائية الأرضية.

---

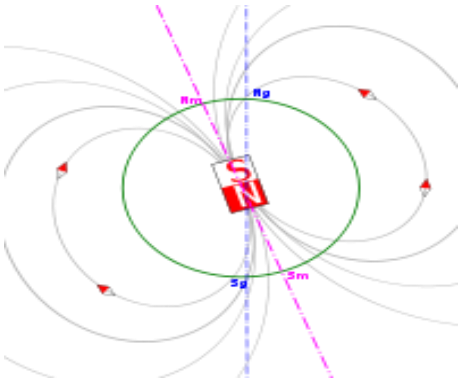
١٤ الصفارات – A whistler is a very low frequency or VLF electromagnetic (radio) wave generated by lightning. Frequencies of terrestrial whistlers are 1 kHz to 30 kHz, with a maximum amplitude at 3 kHz to 5 kHz. Although they are electromagnetic waves, they occur at audio frequencies, can be converted to audio using a suitable receiver.

١٥ الموجات الكهرومغماطيسبة التى تعرف بإسم (البرق) – Electromagnetic hiss is a naturally occurring Extremely Low Frequency/Very Low Frequency electromagnetic wave (i.e., 300 Hz – 10 kHz) plasma of either the Earth's ionosphere or magnetosphere. Its name is that is generated in the derived from its incoherent, structureless spectral properties which, when played through an audio system, sound like white noise (hence the onomatopoetic name, "hiss").

١٦ تباين العلمانية المغنطيسية الأرضية – Geomagnetic secular variation refers to changes in the Earth's magnetic field on time scales of about a year or more. These changes mostly reflect changes in the Earth's interior, while more rapid changes mostly originate in the ionosphere ormagnetosphere

- **المجال المغناطيسي للأرض ، المسح الجوى المغناطيسي وباليومغناطيسية[١٧]**

يحمي المجال المغناطيسي الأرض من الرياح الشمسية القاتلة ، وقد أستخدم لفترة طويلة للملاحة ومصدره من حركات السوائل فى اللب الخارجي للأرض . المجال المغناطيسي في الغلاف الجوي العلوي يؤدي إلى إرتفاع الشفق[١٨] .ويميل المجال الأرضى الى شكل ثنائي القطب ، ولكنه يتغير مع مرور الوقت (وهي ظاهرة تسمى الإختلاف العالمى المغناطيسي الأرضي) الذى يبقى القطب المغناطيسي الأرضي بالقرب من القطب الجغرافي ، ولكن في فترات عشوائية في المتوسط ٤٤٠،٠٠٠ إلى مليون سنة أو نحو ذلك، تنعكس قطبية المجال للأرض .



الشكل (٦ – ٢٣) محور ثنائي القطب الأرضى يميل بعيدا عن محور الدوران

---

١٧ باليومغناطيسية – **Paleomagnetismis the study of the record of the Earth's magnetic field in rocks, sediment, or archeological materials. Certain minerals in rocks lock-in a record of the direction and intensity of the magnetic field when they form. This record provides information on the past behavior of Earth's magnetic field and the past location of tectonic plates. The record and sedimentary rock sequences (provides a of geomagnetic reversals preserved in volcanic tool. Geophysicists who specialize in time-scale that is used as a geochronologic paleomagnetism are called *paleomagnetists***

١٨ الشفق **An aurora, sometimes referred to as a polar light, is a natural light display in the sky, predominantly seen in the high latitude (Arctic and Antarctic) regions.[a] Auroras are produced when the magnetosphere is sufficiently disturbed by the solar wind that the trajectories of charged particles in both solar wind and magnetospheric plasma, mainly in the form of electrons and protons, precipitate them into the upper atmosphere (thermosphere/exosphere), where their energy is lost.**

يتم تحليل هذه الإنتكاسات المغناطيسية الأرضية ضمن المقياس الزمني الجيومغناطيسية القطبي ، الذى يحتوي على ١٨٤ فترة قطبية في ٨٣ مليون سنة الماضية، مع تغيير في التردد مع مرور الوقت، في أحدث عملية إنقلاب كامل لحدث لاشامب[١٩] قبل ٤١،٠٠٠ سنة خلال العصر الجليدي الأخير . لاحظ علماء الجيولوجيا إنعكاس المغناطيسية الأرضية المسجلة في الصخور البركانية، من خلال إرتباط تقنية مغناطيس أوستراتيجرافي[٢٠] ، بشكل موازى خطى لإتجاهات الشذوذ المغناطيسي في قاع البحر وتوفر هذه الإتجاهات معلومات كمية لقاع البحر كجزء من الصفائح التكتونية أساس تقنية مغناطيس أوستراتيجرافي ، الذي يربط الإنتكاسات المغناطيسية بالأشكال الخطية الأخرى لبناء الجداول الزمنية بالإضافة إلى ذلك، فإن الصخور الممغنطة يمكن إستخدامها لقياس حركة القارات.

- **النشاط الإشعاعي**

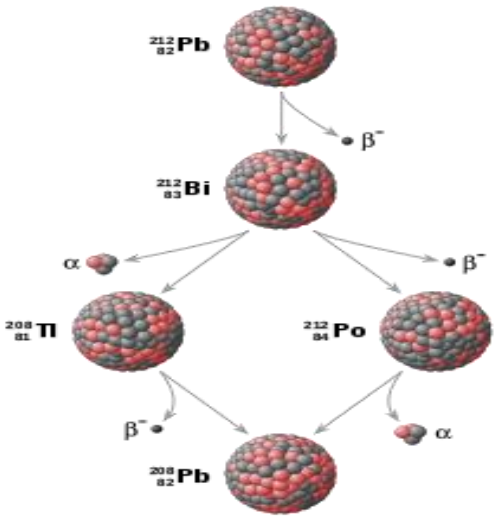
يشكل الإضمحلال الإشعاعي نحو ٨٠٪ من درجة حرارة الأرض الداخلية ، المحركة للديناميكا الجيولوجية[٢١] واللوحات التكتونية . النظائر المشعة الرئيسية المنتجة للحرارة هي البوتاسيوم ٤٠ ، اليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم ٢٣٥، والثوريوم ٢٣٢ . تستخدم العناصر المشعة للتأريخ الإشعاعي وهى الطريقة الأساسية لإنشاء النطاق الزمني المطلق في التاريخ الجيولوجي .

---

١٩ حدث لاشامب The Laschamp event was a short reversal of the Earth's magnetic field. It occurred 41,400 (±2,000) years ago during the last ice age and was first recognised in the late 1960s as a geomagnetic reversal recorded in the Laschamp lava flows in the Clermont–Ferrand district of France

٢٠ تقنية مغناطيس أوستراتيجرافي Magnetostratigraphy is a geophysical correlation technique used to date sedimentary and volcanic sequences.

٢١ المحركة للديناميكا الجيولوجية – The dynamo theory describes the process through which a conducting fluid can maintain a magnetic field rotating, convecting, and electrically over astronomical time scales. A dynamo is thought to be the source of the Earth's magnetic field, as well as the magnetic fields of other planets.



الشكل (٦ – ٢٤) مثال لسلسلة الاضمحلال المشعة

تتضائل النظائر الغير مستقرة بمعدلات يمكن التنبؤ بها، معدلات تضائل النظائر مختلفة تغطي نطاق واسع من القيم العددية، ويمكن إستخدام الإضمحلال الإشعاعي لتحديد دقيق لتاريخ الأحداث الأخيرة والأحداث التي وقعت في الماضي من العصور جيولوجية. يتطلب رسم الخرائط الراديومترية إستخدام الأرض وتقنيات قياس الطيف الكتلي بمطياف جاما المحمول جوا لرسم وتعيين وتركيز وتوزيع النظائر المشعة القريبة من سطح الأرض، وهو مفيد لتعيين الخصائص والتغيير.

٦ – ٢ – ٢ ديناميكا الموائع

- **السوائل الجيوفيزيائية**

تحدث حركة السوائل في الغلاف المغناطيسي ، فى الجو والمحيطات، وفى عباءة وقلب الأرض وعلى الرغم من أن هذه السوائل ذات لزوجة هائلة ، فإنها تتدفق مثل السوائل على فترات زمنية طويلة وينعكس هذا التدفق في ظواهر مثل ظاهرة توازن الجاذبية بين القشرة الأرضية والعباءة[٢٢] ، وظاهرة إرتفاع الكتل الأرضية من الجليد[٢٣] وأعمدة العباءة يقود

---

٢٢ توازن الجاذبية بين القشرة الأرضية والعباءة– Isostasy is the state of gravitational equilibrium between Earth's crust and mantle such that the crust "floats" at an elevation that depends on its thickness and density of underlying roots of the low density of the mountain

تدفق العباءة الصفائح التكتونية والتدفق في لب الأرض ويتسبب فى الحركة الجيولوجية. ديناميكا السوائل الجيوفيزيائية هي الأداة الأساسية في علوم المحيطات الفيزيائية والأرصاد الجوية كما أن دوران الأرض له آثار عميقة على ديناميكا الموائع الأرضية ، ويرجع ذلك في كثير من الأحيان إلى تأثير كوريوليس[٢٤] الذى يؤدي إلى إرتفاع أنماط واسعة النطاق مثل موجات روسبي ويحدد أنماط الدورات الأساسية للعواصف وكذلك تؤدى الى أنماط الدوران على نطاق واسع في المحيط وكذلك موجات كلفن وإعصار أيكمن اللولبى على سطح المحيط . تتمحور دورة الحديد المنصهر في قلب الأرض، بواسطة أعمدة تايلور ويمكن نمذجة الأمواج وغيرها من الظواهر في الغلاف المغناطيسي بإستخدام الطاقة الديناميكية المغناطيسية .

- فيزياء المعادن

تستخدم الخصائص الفيزيائية للمعادن للإستدلال على تكوين باطن الأرض من الزلازل ، وكذلك من التدرج الحراري الأرضي وغيرها من مصادر المعلومات. الخصائص المرنة للمعادن ومخططات مراحل الضغط العالي ، نقاط الإنصهار ومعادلات الحالة تحت ضغط العالى والخصائص الإنسيابية للصخور، وقدرتها على التدفق. تجعل التشوهات فى الصخور التدفق محتمل، على الرغم أنها فى وقت قصيرة تصبح الصخور هشة وتتأثر لزوجة الصخور بدرجة الحرارة والضغط، وهذا بدوره يحدد المعدلات التي تتحرك بها الصفائح التكتونية. يعتبر الماء مادة معقدة جدا وخصائصه الفريدة ضرورية للحياة, شكل الخصائص الفيزيائية للماء والغلاف المائي والتي تشكل جزءا أساسيا من دورة المياه والمناخ كما تحدد خصائص الماء الحرارية الديناميكية ظواهر التبخر والتدرج الحراري في الغلاف الجوي .

---

٢٣ ارتفاع الكتل الأرضية من الجليد خلال الفترة الجليدية- Post-glacial rebound (sometimes called continental rebound) is the rise of land masses that were depressed by the huge weight of ice sheets during the last glacial period, through a process known as isostatic depression. Post-glacial rebound and isostatic depression are different parts of a process known as either glacial isostasy

٢٤ تأثير كوريوليس- the Coriolis force is an inertial force (also called a *fictitious force*) that acts on objects that are in motion relative to a rotating reference frame

تنطوى الأنواع العديدة من هطول الأمطار على خليط معقد من العمليات مثل التلاحم، والبرودة الفائقة والتشبع الفائق. يكون بعض الماء المياه الجوفية ويشمل تدفق المياه الجوفية ظواهر مثل الترشيح ، في حين أن موصلية الماء تجعل الطرق الكهربائية والكهرومغناطيسية مفيدة لتتبع تدفق المياه الجوفية. الخصائص الفيزيائية للمياه مثل الملوحة لها تأثير كبير على الحركة في المحيطات ومراحل عديدة من تكوين الجليد وتشكيل الغلاف الجليدي ، وتأتي في أشكال مثل الصفائح الجليدية ، الأنهار الجليدية ، والجليد البحري وجليد المياه العذبة ، الثلوج ، والأرض المتجمدة,

٦ – ٢ – ٣ مناطق الأرض – حجم وشكل الأرض

الأرض كروية الشكل تقريبا، ولكنها تنتفخ نحو خط الاستواء ، لذلك فهى تقريبا في شكل المجسم الإهليلجي[٢٥] هذا الإنتفاخ بسبب الحركة ويتسق تقريبا مع الأرض في التوازن الهيدروستاتيكي للشكل المفصل للأرض، ومع ذلك، يتأثر أيضا بتوزيع القارات والمحيطات ، وإلى حد ما بديناميكا الصفائح.

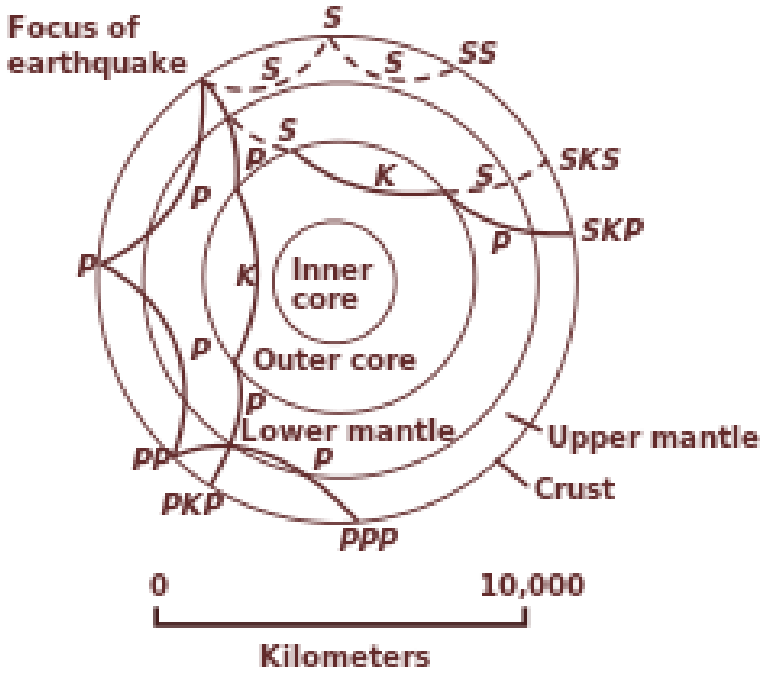
- الهيكل الداخلي للأرض

الأدلة من حدوث الزلازل ، تدفق الحرارة على السطح ، الجمع بين الفيزياء المعدنية جنبا إلى جنب مع كتلة الأرض وعزم القصور الذاتي لإستنتاج نماذج من باطن الأرض – تركيباتها، والكثافة ودرجة الحرارة والضغط على سبيل المثال، تعني أن الثقل النوعي للأرض (٥,٥١٥) أعلى بكثير من الثقل النوعي للصخور على السطح (٣،٣–٢،٧) ، مما يعني أن المواد الأعمق أكثر كثافة وهذا يعني ضمنا إنخفاض عزم القصور ومع ذلك، فإن بعض الزيادة فى الكثافة تمثل ضغط ميكانيكى تحت ضغوط هائلة في باطن الأرض. ويمكن حساب

---

٢٥ المجسم الإهليلجي– An Earth ellipsoid is a mathematical figure approximating the shape of the Earth, used as a reference frame for computations in geodesy, astronomy and the geosciences. Various ellipsoids have been used as approximations.

تأثير الضغط بإستخدام معادلة آدامز ويليامسون والإستنتاج هو أن الضغط وحده ليس المسؤول عن الزيادة في الكثافة ونعلم أن لب الأرض يتكون من سبيكة من الحديد والمعادن الأخرى.



الشكل (٦ – ٢٥) السرعات والموجات والحدود الزلزالية في المناطق الداخلية من الأرض

تشير إعادة بناء الموجات الزلزالية في العمق الداخلي للأرض أنه لا يوجد موجات مرنة[٢٦] في اللب الخارجي . هذا يدل على أن اللب الخارجي هو سائل، لأن السوائل لا يمكن أن تدعم نظرية القص. واللب الخارجي سائل وحركة هذا السائل موصل كهربائى عالى يولد المجال بالأرض والنواة الداخلية ، ومع ذلك، فإن الأرض صلبة بسبب الضغط الهائل. كما تشير إعادة بناء الإنعكاسات الزلزالية في العمق الداخلي الى عدم إستمرارية كبيرة في السرعات السيزمية التي ترسم المناطق الرئيسية في الأرض: النواة الداخلية ، اللب الخارجي ، العباءة الأرضية ، الغلاف والقشرة الصخرية . تنقسم العباءة

٢٦ موجات مرنة– S-waves, secondary waves, or shear waves (sometimes called an elastic S-wave) are a type of elastic wave, and are one of two types of elastic body waves, so named because they move through the body of an object, unlike surface waves.

الى الوشاح العلوي ومنطقة إنتقالية والوشاح السفلي. تمثل المسافة بين القشرة والعباءة ظاهرة إنقطاع موهو [٢٧]. النموذج الزلزالي للأرض في حد ذاته لا يحدد تكوين الطبقات، النموذج الكامل للأرض، والفيزياء المعدنية لازمة لتفسير السرعات السيزمية من حيث التكوين. تعتمد الخصائص المعدنية على درجة الحرارة وبالتالي فإن الطاقة الحرارية الجيولوجية يجب أن يتم تحديدها وهذا يتطلب تطبيق النظرية الفيزيائية للتوصيل الحراري والحمل الحراري والمساهمة الحرارية من العناصر المشعة . النموذج الرئيسي للهيكل الإشعاعي للمناطق الداخلية من الأرض هو النموذج الأولى للأرض , بعض أجزاء هذا النموذج تم تحديثها من قبل الإكتشافات الحديثة في الفيزياء المعدنية وأستكملت بالتصوير المقطعي الزلزالي . تتكون العباءة أساسا من السيليكات ، تتفق الحدود الفاصلة بين طبقات العباءة مع مرحلة التحولات وتعمل العباءة كمادة صلبة للموجات الزلزالية، ولكن تحت الضغوط العالية ودرجات الحرارة يحدث تشوهات على مدى ملايين السنين وتتصرف مثل السائل وهذا يجعل الصفائح التكتونية ممكنة.

- الغلاف المغناطيسي

إذا كان المجال المغناطيسي للكواكب قوي بما فيه الكفاية، فإن تفاعله مع الرياح الشمسية يشكل الغلاف المغنطيسي للأرض. في وقت مبكر رسمت المسابر الفضائية الأبعاد الإجمالية للمجال المغنطيسي للأرض التي تمتد نحو ١٠ أنصاف أقطار الأرض نحو الشمس. تستمر الرياح الشمسية وهي تيارات من الجسيمات المشحونة، وتيارات خارج وحول المجال المغناطيسي الأرضي وراء الذيل المغناطيسي لمئات من أنصاف أقطار الأرض داخل الغلاف المغنطيسي، وهناك مناطق كثيفة نسبيا من مناطق الرياح الشمسية تسمى أحزمة فان ألن الإشعاعية .

---

٢٧ إنقطاع موهو – The Mohorovičić discontinuity usually referred to as the Moho, is the boundary between the Earth's crust and the mantle.

٦ – ٢ – ٤ طرق القياس

- الجيوديسيا [٢٨]

تعرف الجيوديسيا بالقياسات الدقيقة الجيوفيزيائية في وقت ومكان معين لموضع ما ، جنبا إلى جنب مع تشوه الأرض والجاذبية , في حين أن الجيوديسيا والجيوفيزياء مجالين منفصلين ، وكلا الفرعين لهما إرتباطا وثيقا بالعديد من المنظمات العلمية على حد سواء مثل الإتحاد الأمريكي للجيوفيزياء والإتحاد الجيوفيزيائي الكندي والإتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء . في معظم الأحيان يتم تحديد الأماكن المطلقة بإستخدام نظام تحديد المواقع العالمي[٢٩] ويتم تحديد المكان ثلاثي الأبعاد بإستخدام رسائل من أربعة أو أكثر من الأقمار الصناعية المرئية ، وبالأشارة إلى النظام المرجعي الجيوديسي عام ١٩٨٠ فهناك بديل، وهو علم الفلك البصري ، ويجمع بين الإحداثيات الفلكية ومتجه الجاذبية المحلية للحصول على الإحداثيات الجيوديسية. هذه الطريقة تحدد المكان في إحداثيين وهى أكثر صعوبة من إستخدام نظام تحديد المواقع ومع ذلك، فهى مفيدة لقياس حركات الأرض مثل الإيماءة وتمايل تشاندلر ويمكن تحديد الأوضاع النسبية لنقطتين أو أكثر بإستخدام تقنية قياس الخط الطويل جدا. أصبحت قياسات الجاذبية جزء من الجيوديسيا حيث هناك حاجة لقياسات ذات صلة على سطح الأرض بالنسبة الى نظام إحداثيات مرجعى حيث يمكن تطبيق قياسات الجاذبية على الأرض بإستخدام أجهزة قياس جاذبية يتم نشرها إما على السطح أو بتحليق طائرات الهليكوبتر. منذ ١٩٦٠ ، يتم قياس مجال الجاذبية الأرضية من خلال تحليل حركة الأقمار الصناعية ويمكن أيضا أن يتم قياس مستوى سطح البحر عبر الأقمار الصناعية

---

٢٨ الجيوديسيا Geodesy known as geodetics or geodetics engineering— a branch of applied mathematics and earth sciences, is the scientific discipline that deals with the measurement and representation of the Earth (or any planet), including its gravitational field, in a three-dimensional time-varying space. Geodesists also study geodynamical phenomena such as crustal motion, tides, and polar motion, using space and terrestrial techniques while relying on datums and coordinate systems

٢٩ نظام تحديد المواقع العالمي.global positioning system (GPS)

بإستخدام قياس الإرتفاعات بالرادار وفي عام ٢٠٠٢، أطلقت وكالة ناسا تجربة إستعادة الجاذبية والمناخ (غريس)[٣٠] بواسطة توأمين من الأقمار الصناعية يقومان برسم خريطة للإختلافات في مجال جاذبية الأرض عن طريق قياس المسافة بين القمرين بإستخدام نظام تحديد المواقع ونظام نطاق الميكروويف. الكشف عن الإختلافات فى الجاذبية بواسطة تقنية جريس تشمل تلك التي تسببها التغيرات في تيارات المحيطات – الجريان السطحي – إستنزاف المياه الجوفية – ذوبان الصفائح الجليدية والأنهار الجليدية.

- المسابر الفضائية

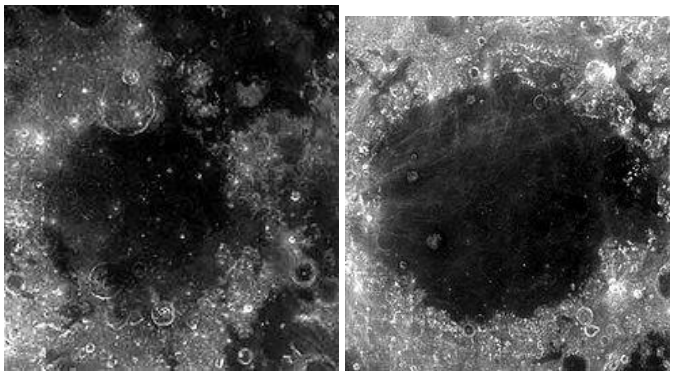
ساهمت المسابر الفضائية فى جمع البيانات ليس من منطقة الضوء المرئي فحسب، بل في مناطق أخرى من الطيف الكهرومغناطيسي حيث يمكن وصف الكواكب من مجالات قوى الجاذبية والحقول المغناطيسية. تسمح قياس التغيرات في التسارع بواسطة المركبات الفضائية فى مداراتها بالحصول على التفاصيل الدقيقة لمجالات الجاذبية للكواكب ليتم تعيينهاعلى سبيل المثال، في ١٩٧٠، تم قياس إضطرابات مجال الجاذبية فوق سطح القمر ماريا من خلال مركبات القمر المدارية ، والتي أدت إلى إكتشاف تجمعات من الكتل ، ماسكونس[٣١] ، تحت الأمطار[٣٢] ، الصفاء أو السكينة ، كريسيوم[٣٣] ، نيكتاريس[٣٤] وأحواض هوموروم[٣٥] .

---

٣٠ تجربة استعادة الجاذبية والمناخ (غريس) The Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE), a joint mission of NASA and the German Aerospace Center, has been making detailed measurements of Earth's gravity field anomalies since its launch in March 2002.

٣١ ماسكونس – In astronomy and astrophysics, a mass concentration (or mascon) is a region of a planet or moon's crust that contains a large positive gravitational anomaly

٣٢ تحت الأمطار – Mare Imbrium" Sea of Showers" or "Sea of Rains") is a vast lava plain within the Imbrium Basin on the Moon. One of the larger craters in the Solar System, The Imbrium Basin formed from the collision of an asteroid during the Late Heavy Bombardment.



الشكل (٦ – ٢٦) على اليمين مجسم ماري كريسيوم القطر ٥٥٥ كم – على الشمال مجسم ماري هوموروم – القطر ٣٨٩ كم

٦ – ٢ – ٥ مواقع "التصوير الجيوفيزيائي للتراث" تحت السطح

تحققت سلسلة من المشاريع بإستخدام تقنيات تنميط المقاومة، التصوير المقطعي المقاوم، المغناطيس، والرادار الأرضي وتقنيات المسح الصوتي للتصوير الغير مباشر من السطوح الضحلة الفرعية. تم تطبيق هذه التقنيات للتنقيب الجيوفيزيائي لمواقع التراث، حيث أنها الأكثر طلبا من حيث الدقة المطلوبة وتقدم مجموعة واسعة من الأنواع المحتملة للهدف تحت سطح الأرض، حقيقة أن العديد من المواقع التراثية محمية وأيضا توفر فرصة الإتصال المتكرر وتتيح الفرصة لتطوير عدد من مواقع الإختبار المعروفة جيدا لإختبار معدات جديدة والتحقق من صحة خوارزميات معالجات جديدة. يشارك النهج الجيوفيزيائي في مجال التصوير الغير مباشر ولكن هناك إختلافات كبيرة في سهولة تفسير البيانات الأولية ومدى تعقيد المعالجة المطلوبة لتحسين تفسيرها.

---

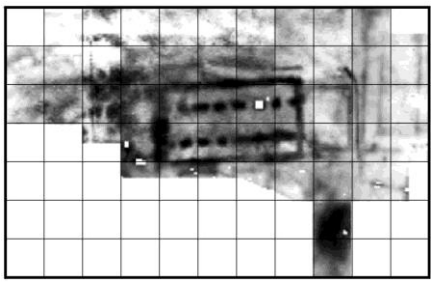
٣٣ كريسيوم Mare Crisium (the "Sea of Crises") is a lunar mare located in the Moon's Crisium basin, just northeast of Mare Tranquillitatis. The basin is of the Pre-Imbrian period, 4.55 to 3.85 billion years ago.

٣٤ نيكتاريس- Mare Nectaris ("Sea of Nectar") is a small lunar mare or sea (a volcanic lava plain noticeably darker than the rest of the Moon's surface) located south of Mare Tranquillitatis southwest of Mare Fecunditatis, on the near side of the moon.

٣٥ أحواض هوموروم Mare Humorum (the "Sea of Moisture") is a lunar mare. The impact basin it is in is 425 kilometers across

❖ **المسح بالمقاومة النوعية**

قياس المقاومة النوعية بتقنية الأربعة مجسات هى أبسط أساليب التصوير تحت سطح الأرض وتستخدم البيانات الأولية لإنتاج صورة مباشرة تشبه تمثيل التغيرات للمقاومة النوعية للتربة – من ميزات المقاومة النوعية إظهار ظلال داكنة رمادية لأى من (الحجارة والطوب والتربة الجافة والكهوف ...) مع ميزات التوصيل الكهربائى كما تظهر ظلال أخف رمادية (للمناطق المشبطة للتربة، والخنادق، المواد العضوية ...)٠

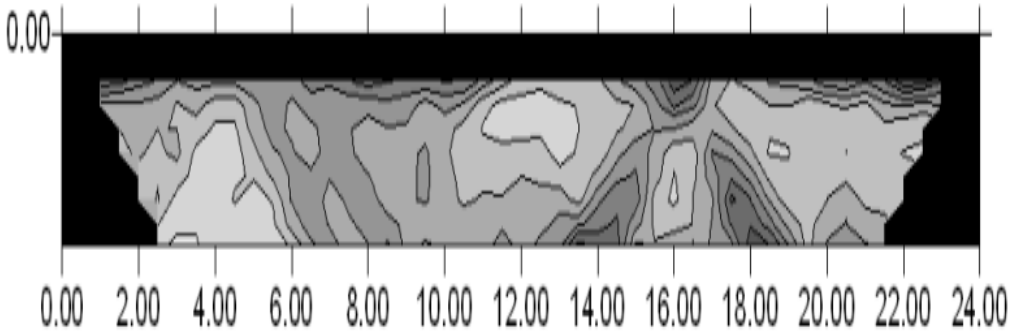


الشكل (٦ – ٢٧) المسح بتقنية المقاومة النوعية في أحد مواقع التراث العالمي

النهج الأكثر شيوعا هو تثبيت مجسين للإتصال عن بعد في مكان وتحريك المجسين المحمولين الأخرين حول أنحاء الموقع خلال شبكة مسح على سبيل المثال، تم تنفيذ المسح الموضح فى الشكل (٦ – ٢٧) في أحد مواقع التراث العالمي وكانت ساحات المسح ١٠ X ١٠ متر في الحجم ويمثل كل مربع ٤٠٠ نقطة قياس على مدى شبكة مربعة كل منها نصف متر، مع تباعد المجسات المحمولة نصف متر . فى حالة تغيير المسافات بين المجسات المحمولة يمكن تصوير أحجام مختلفة من التربة – المسافات الأوسع تعنى إكتشاف مناطق أعمق ، ولكن على حساب وحدات تخزين أكبر وبالتالي، فإن معالجة البيانات كصورة يمكن أن تكون مضللة – في الحقيقة، فإن كل بكسل يمثل المتوسط المرجح على وحدات التخزين المختلفة تحت السطح ، مع العمق الفعال للمسح ودرجة التداخل بين الأحجام إعتمادا ليس فقط على تباعد قياس المجسات، ولكن أيضا على تباعد فتحات الشبكة الغير معروفة فى الحالة الموجودة تحت سطح الأرض وتتركز الأبحاث على تجهيز وتعزيز البيانات المسجلة بإستخدام تكوينات المجسات المختلفة وعلى إندماج" مجموعات البيانات المختلفة لإنتاج التفسيرات المعززة للموقع.

❖ **التصوير المقطعي المقاوم:**

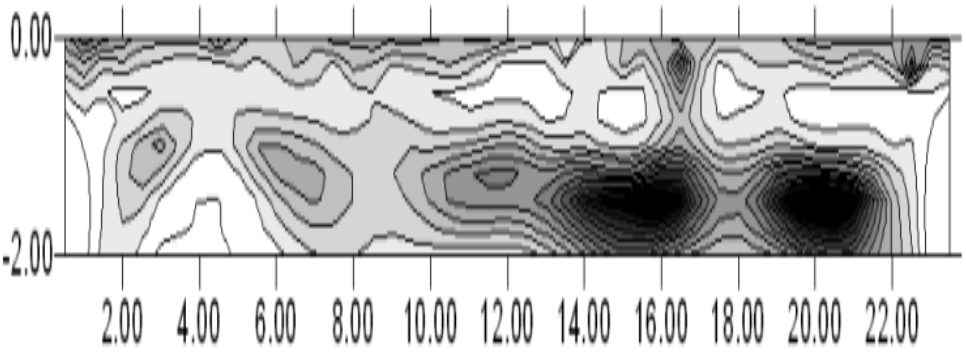
لا توفر نتائج تقنية المقاومة النوعية العادية أي معلومات حول عمق الإختلافات – في الواقع، فهى تقدم فقط وجهة نظر واضحة حول متوسط سمك معين من محتويات الطبقة تحت السطحية وللحصول على معلومات العمق فمن الضروري حقن التيار الكهربائي عبر تشكيلة واسعة من المجسات وبعد ذلك محاولة فصل البيانات المستنتجة وهذا نهج طويل الأمد في مجال التنقيب الجيوفيزيائي العميق ولسنوات عديدة وتفسير البيانات بإستخدام تقنية إستقرار المجالات المختلفة وتوازن التجمعات المعدنية[٣٦] وهى تقنية سريعة وعملية وتقريبية والتي تقدم لمحة عامة مفيدة إلا أنه من الأفضل التعامل مع البيانات بطرق مماثلة لتلك المستخدمة في التصوير الشعاعي الطبقي الطبي – وإعتبار القيم المسجلة على أنها تمثل المتوسطات المرجحة لتداخل مناطق تحت سطح الأرض (ولكن متفاوتة على نطاق واسع في الموقع والحجم) على نحو فعال، توفر القياسات المعزولة نظرة جزئية، لكميات مختلفة من المعلومات بعد تعرضها لدرجات مختلفة من الطمس والضوضاء – من الممكن بعد ذلك بناء إنعكاس للبيانات بإستخدام مزيج من النمذجة المادية وتقنيات التحسين المتكررة لإنشاء حل للنموذج الذي يتماشى مع كل البيانات المسجلة والفيزياء المعروفة وهيكل عملية المسح .



الشكل (٢٨–٦) نتائج لتقنية إستقرار المجالات المختلفة وتوازن التجمعات المعدنية الجيوفيزيائية

---

٣٦ استقرار المجالات المختلفة وتوازن التجمعات *المعدنية* – **A pseudosection, also called a*n* equilibrium phase diagram, is a type of phase diagram that shows the fields of stability of different equilibrium mineral assemblages for a single bulk-rock composition.**



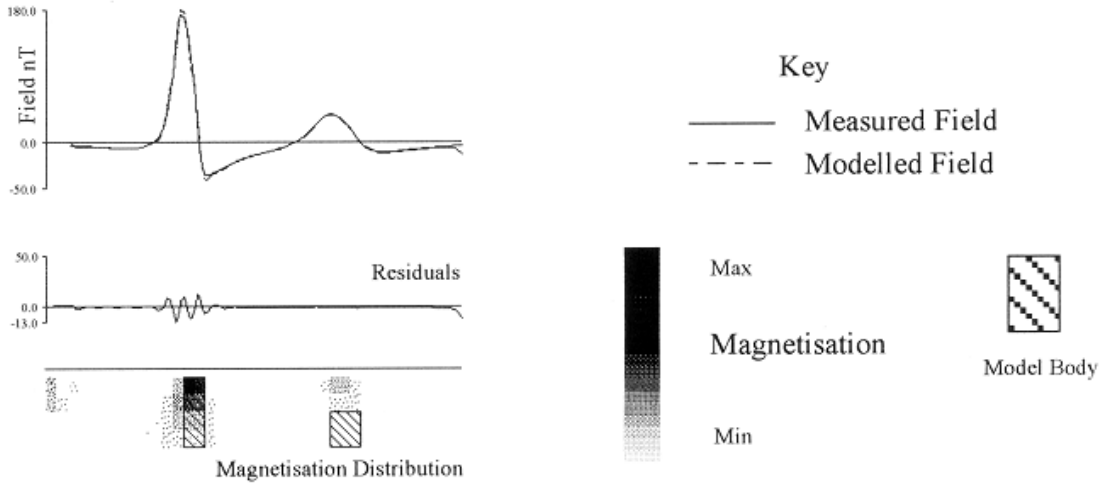
الشكل (٦ – ٢٩) إنعكاس للبيانات الأولية على أساس النمذجة المادية لنموذج معاملات التحت السطحية

يوضح الشكل (٦ – ٢٨) صور تمثل مقطعين للجزء العمودي لمجموعة مجسات تصوير شعاعي طبقي متعدد لأحد مبانى التراث العالمى عبر خط مسح لأكثر من ٢٤متر في الطول، مما يعكس الإختلافات في المقاومة النوعية للتربة لحوالى عمق مترين من سطح الأرض. الصورة العلوية هي بيانات لتقنية إستقرار المجالات المختلفة وتوازن التجمعات المعدنية الجيوفيزيائية التقليدية، في حين أن الصورة السفلى فى الشكل (٦ – ٢٩) هي إنعكاس للبيانات الأولية على أساس النمذجة المادية لنموذج معاملات التحت السطحية، وتمثل التناسب الأمثل لنتائج النموذج مع البيانات الميدانية. تتضمن البيانات المقلوبة، المعلومات المادية والقيود، مع القطع الأثرية الأقل تحريفا. يظهر القسم "الحقيقي" وجود سلسلة من الحالات الشاذة المقاومة متفاوتة الحجم على عمق متر واحد وتشمل أثر التغيرات في التضاريس على البيانات المسجلة، وكيفية إتخاذ مثل هذه الآثار في الإعتبار في حالات الإنعكاس والتفسير.

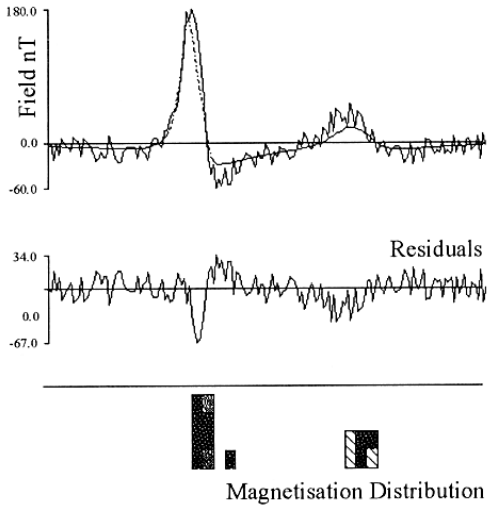
❖ **القياس المغناطيسي:**

تشمل أساليب التنقيب المغناطيسي إستخدام أجهزة قياس مغناطيسية تتحرك على طول خط قطاع فوق سطح المنطقة ذات الاهتمام. يمكن أن يظهر المجال المغناطيسي العديد من الميزات الموجودة تحت سطح الأرض (بقايا معدنية، أساسات من الطوب والمناطق ذات المستويات العالية من المواد العضوية ...) التي يمكن كشفها بسهولة على مستوى السطح، ولكن لسوء الحظ ، فإن معظم نظم القياس المغناطيسية تسجل مجرد مجال واحد من الثلاثة

الأبعاد وإضافة إلى التعقيد، فإن المجال السطحى يمثل مجموع متجهات أية مجالات محلية تتفاعل مع المجال المغناطيسي للأرض وبناء على ذلك، تعتبر البيانات المغناطيسية مجرد تمثيل غير مباشر للهياكل المدفونة ، مع تمييز الحالات الشاذة المتذبذبة من حيث الحجم والمكان والعرض والشكل وجميعها تتأثر بالعمق والحجم والمغنطة لأى من خواص الهياكل المدفونة كما هو الحال مع نهج التصوير المقطعي المقاوم، فمن الممكن إستخدام تقنيات النمذجة الفيزيائية مع تقنيات التحسين في محاولة لعكس البيانات وإيجاد حل نموذج للتوزيع تحت سطح الأرض لظاهرة المغنطة التي توفر تلائم جيد لبيانات المجال .



الشكل (٦ – ٣٠)

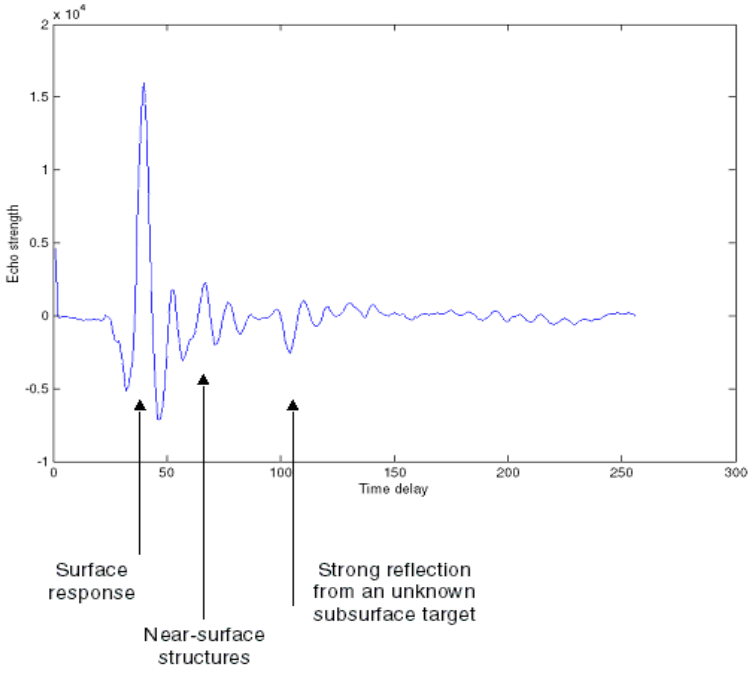


الشكل (٦ – ٣١) أثر مغناطيسي صاخب والتفسير هو أن الهدفين المختلفين تحت السطح، فإن الشذوذ الضيق الأقوى أقل تأثر بالضوضاء

في الواقع، يرجع ذلك إلى الإضمحلال السريع للمجال المغناطيسي مع المسافة، من مشاكل الإنعكاس المغناطيسى وجود عدد كبير من الحلول المختلفة تماما التي تتوافق مع البيانات وأكدت النتائج أن العديد من النهج الأمثل الطبيعي تنتج حلول لها مخلفات صغيرة عدديا ولكنها غير صحيحة ويوضح الشكل (٦ – ٣٠) مثال، حيث كان هناك تطابق سيئ للغاية للكائنات المعروفة الموجودة تحت سطح الأرض. ومع ذلك، من خلال تقديم سلسلة من القيود وبإستخدام نهج التليين للتحسين العشوائي، قد تبين أنه من الممكن عكس البيانات الضوضائية لتحديد موضع وحجم الهياكل المغناطيسية المدفونة. توضح الصورة فى الشكل (٦ – ٣١) أثر مغناطيسي صاخب، جنبا إلى جنب مع منحنى الملائمة والذي يتطابق مع التفسير.

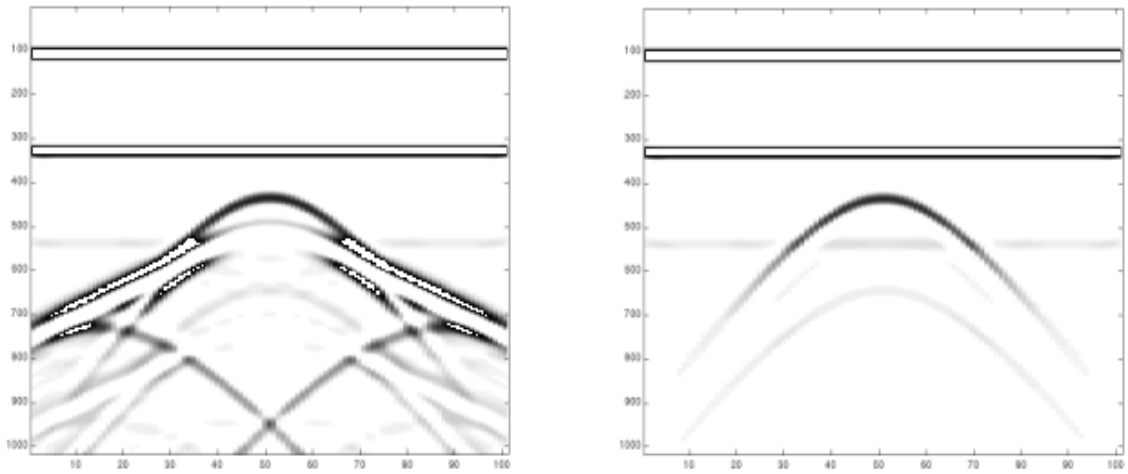
❖ جس الأرض بالرادار

نهج رادار جس الأرض تقنية ذات إمكانات كبيرة للتصوير تحت سطح الأرض، ولكنها مقيدة الإستخدام لإرتفاع التكلفة وفى أسلوب معالجة وتفسير البيانات المسجلة.



الشكل (٦ – ٣٢) أثر الصدى لرادار واحد – لا توفر معلومات إتجاهية في منحنى زمن الإستجابة

نشأت الصعوبات لسببين أساسيين – الأول أن إشارة الرادار تتعرض لخسائر كبيرة مع إنتشار موجات الطاقة التى تنتشر من خلال التربة (وخاصة في الطين الرطب)، والسبب الثاني هو أن هوائى جهاز الإستقبال يسجل كل الموجات المنعكسة التى تصله في لحظة معينة من الزمن، لذلك فإن إشارات الصدى المسجلة تمثل في الواقع خلاصة معقدة متعددة المسارات ومتعددة إتجاه الأحداث. يتركز أسلوب معالجة وعمل نمذجة فيزيائية دقيقة لإنتشار نبضات الطاقة الرادرية الكهرومغناطيسية وإنعكاساتها من خلال العمق تحت السطحي الغير متجانس والهدف على المدى الطويل الحصول على إنعكاس حقيقي لبيانات الرادار، ولكن الجهد الحسابي يعني أن النمذجة لهياكل محددة مسبقا للمساعدة في التفسير هو هدف أكثر واقعية.



الشكل (٦ – ٣٣) (أ) إستجابة نبض رادار لتسريب الأنبوب في الرمال، تحت الطبقة السطحية من الخرسانة– الشكل (ب) إستجابة نبض رادار لأنبوب محاط بالرمال، تحت الطبقة السطحية من الخرسانة

يوضح الشكل (٦ – ٣٣)، على سبيل المثال، صور إستجابات نبض رادار لحالتين، الشكل (ب) يوضح إستجابة الرادار لأنبوب صغير على عمق ٣٠٠ مم – فوق الأنبوب طبقة سطحية ١٥٠ مم من الخرسانة ويحاط الأنبوب برمال جافة. يعطى الأنبوب إرتفاع لإستجابة خواص القطع الزائد كلما تحركت الهوائيات خلاله، في حين ينتج السطح الواقع بين الهواء والكتلة الخرسانية وكذلك السطح الواقع بين الكتلة الخرسانية والتربة آثار أفقية وأثار مرئية

"نتيجة الإنعكاسات الداخلية الثانوية متعددة المسارات. يوضح الشكل (أ) تتبع الرادار لنفس الشكل الهندسى الكلى، مع الإفتراض أن الأنبوب يمكنه التسريب بحيث تكون المنطقة المثلثة الرملية الموجودة تحت الأنبوب مشبعة بالماء ٠ الواجهات المنحدرة الجديدة بسبب الحافة الرطبة تنتج إنعكاسات إضافية قوية.

٦ – ٣ النماذج الجيولوجية

النمذجة الجيولوجية، هى العلوم التطبيقية لتطور تمثيل النماذج بالكومبيوتر لأجزاء من القشرة الأرضية على أساس الملاحظات الجيوفيزيائية والجيولوجية التى تمت على وتحت سطح الأرض. يحدد النموذج الجيولوجى ثلاثي الأبعاد الكميات الفيزيائية في مجال الاهتمام. كما ترتبط النمذجة الجيولوجية لمفهوم مشاركة نموذج الأرض؛ متعددة التخصصات، القابلة للتشغيل المتبادل وتعتبر قاعدة للمعرفة قابلة للتحديث عن باطن الأرض. كما تستخدم النمذجة الجيولوجية عادة لإدارة الموارد الطبيعية ، وتحديد المخاطر الطبيعية ، وقياس العمليات الجيولوجية ، مع التطبيقات الرئيسية لحقول النفط والغاز وطبقات المياه الجوفية ورواسب الخامات على سبيل المثال، في صناعة النفط والغاز ، تتطلب النماذج الجيولوجية الواقعية كمدخل لبرامج لمحاكاة الخزنات التي تنبؤ بسلوك الصخور تحت مختلف المواد الهيدروكربونية كسيناريوهات للمعرفة. يمكن أن يتطور الخزان فقط وينتج لمرة واحدة ٠ مما يؤدى الى خطأ إختيار الموقع مع الظروف السيئة للتنمية مما يعتبر أمر مأساوي وإسراف. تسمح إستخدام النماذج الجيولوجية ومحاكاة المكامن للمهندسين تحديد الخيارات الإقتصادية والفعالة، وخطة التطور الفعال لخزان ما وتعتبر النمذجة الجيولوجية مجال حديث نسبيا منبسق من الجيولوجيا والذي يدمج مجالات الجيولوجيا التركيبية ، الرسوبية ، الطبقات ، علم المناخ القديم ، وعمليات النشأة المتأخرة ويمثل التكوين الجيولوجي ثنائى الأبعاد شكل مضلع والذى يمكن أن يحدد التصدعات، وعدم مطابقة المدى الأفقى. في النماذج الجيولوجية تحدد الوحدة الجيولوجية بمثلث له سطح شبكى ثلاثى الأبعاد أو على شكل مضلع كوحدة جيولوجية مغلقة تماما، بغرض تحديد الملكية أو نمذجة السوائل

وتقسيمها إلى مجموعة من الخلايا، وغالبا ما يشار إليها باسم فوكسيلس (عنصر حجمي). الشبكات ثلاثية الأبعاد مكافئة لشبكات ثنائية الأبعاد وتستخدم للتعبير عن خصائص أحد السطوح. تنطوي النمذجة الجيولوجية عموما على الخطوات التالية:

١. تحليل أولي للسياق الجيولوجي فى مجال الدراسة

٢. تفسير البيانات والملاحظات على أنها مجموعة نقاط أو خطوط أضلاع

٣. بناء النموذج الهيكلي لوصف حدود الصخور الرئيسية (الآفاق، عدم التطابق، الاقتحام، والصدوع)

٤. تعريف الشبكة ثلاثية الأبعاد فى النموذج الهيكلي لدعم التمثيل الحجمي من حيث عدم التجانس وحل المعادلات التفاضلية الجزئية التي تحكم العمليات الفيزيائية في باطن الأرض (على سبيل المثال إنتشار الموجات الزلزالية ، إنتقال السوائل لأوساط مسامية يسهل إختراقها)

❖ الإطار الهيكلي لمكونات النمذجة الجيولوجية

تتضمن النقاط المكانية إدراج حدود التشكيل الرئيسية، بما في ذلك آثار كل من التصدعات ، الطي ، والتآكل وعدم المطابقة . تنقسم مجموعات الصور الطبقية الكبرى الى مزيد من الطبقات الفرعية من الخلايا مع إختلاف الأشكال الهندسية وعلاقتها بالسطوح المحيطة النسبية (بالتوازي مع القمة، ومع القاعدة). تحدد أبعاد الخلية القصوى الحد الأدنى لحجوم الأشكال المطلوب حلها بشكل يومى (مثال يومي: على خريطة رقمية لمدينة، مكان وجود حديقة المدينة يمكن تمثيلها بوحدة بكسل واحدة خضراء كبيرة، كما يمكن تمثيل المواقع لملعب لكرة السلة، وملعب البيسبول، وحوض سباحة بوحدة بكسل أصغر وبدقة عالية للإستخدام).

- نوع الصخور

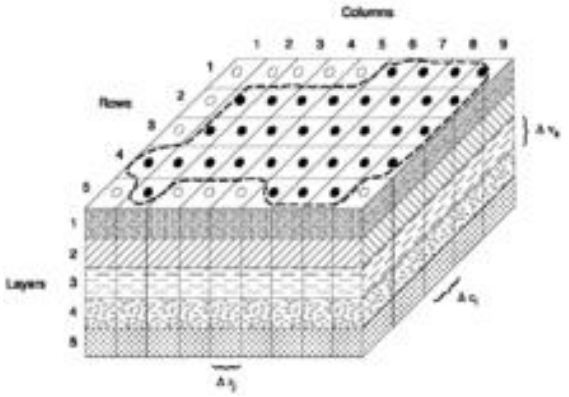
يتم تعيين كل خلية في النموذج لنوع واحد من الصخور. في بيئة ساحلية قد تكون الشواطئ رملية، والطاقة المائية البحرية عالية أعلى من السطح الرملى والطاقة المائية

البحرية المتوسطة ذات طاقة مياه منخفضة عن السطح الرملى، وطاقة بحرية منخفضة الطاقة أعمق وتتكون من الطمي والصخر الزيتي . يتم التحكم في توزيع أنواع الصخور داخل هذا النموذج بالعديد من الطرق، بما في ذلك خريطة حدود المضلعات وخرائط إحتمالية نوع الصخور، أو إحصائيا بنوع الصخور التى يتم زرعها متباعدة عن كثب إستنادا إلى بيانات جيدة بما فيه الكفاية.

- جودة الخزان

تشمل معايير الجودة للخزان معدلات المسامية والنفاذية ، كما يمكن أن تشمل قياسات لمحتوى الطين ، والعوامل المدعمة ، وغيرها من العوامل التي تؤثر على المخزون وإمدادها بالسوائل الموجودة في مسام تلك الصخور وتستخدم تقنيات الجيوإحصائية لتعبئة الخلايا بقيم مسامية ونفاذية مناسبة لنوع الصخور فى كل خلية.

- تشبع السوائل

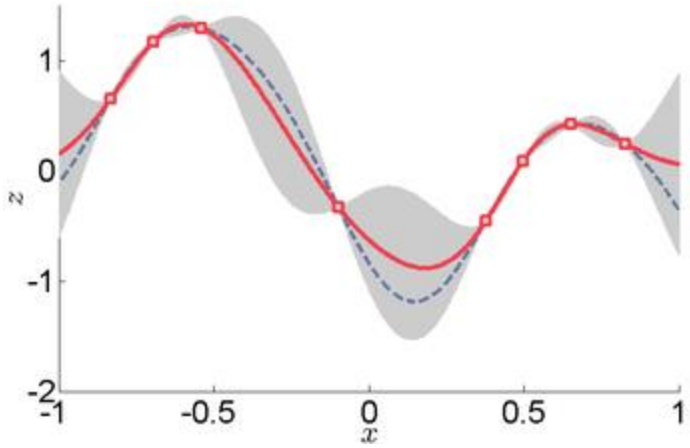


الشكل (٦ – ٣٤) شبكة ثلاثية الأبعاد لنموذج تدفق لمحاكاة حركة المياه الجوفية في طبقة المياه

في بعض الأحيان، في ظل الظروف المناسبة ، فإن معظم الصخور مشبعة بالمياه الجوفية وبعض المسام في الصخر بها سوائل أو غازات أخرى. في قطاع الطاقة ، النفط والغاز الطبيعي هى السوائل الأكثر شيوعا لنمذجتها والأساليب المفضلة لحساب تشبع النفط والغاز في نموذج جيولوجي دمج تقدير حجم المسام ، وكثافة السوائل، وإرتفاع الخلية من مستوى ملامسة الماء ، حيث أن هذه العوامل لها تأثير قوى يتحكم في نسب التشبع بالسائل.

❖ **الجيولوجيا الإحصائية**

يرتبط جزء هام من النماذج الجيولوجية ذات علاقة بالجيولوجيا الإحصائية من أجل تمثيل البيانات المرصودة، وهى في كثير من الأحيان ليست متوفرة على الشبكات العادية، مما يستدعى إستخدام تقنيات إستيفاء معينة. الأسلوب الأكثر إستخداما على نطاق واسع هو تقنية الإنحدار[٣٧] الذي يستخدم الإرتباط المكاني للبيانات عبر منحنى فاريو. ولإعادة إنتاج التباين المكاني الأكثر واقعية والمساعدة في تقييم حالة عدم التيقن المكاني كثيرا ما يستخدم البيانات والمحاكاة الجيوإحصائية على أساس منحنى فاريو للأجسام الجيولوجية الحدودية.



الشكل (٦ – ٣٥) مثال لإستيفاء البيانات ذات البعد الواحد بتقنية الإنحدار

- **الرواسب المعدنية**

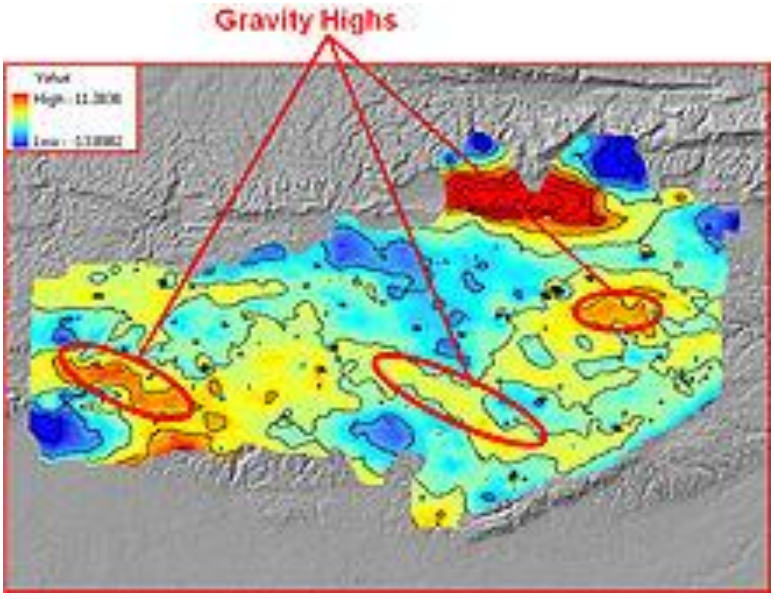
تستخدم النمذجة الجيولوجية فى مجالات التعدين والتنقيب عن المعادن لتحديد شكل ومكان الرواسب المعدنية في باطن الأرض كما تساعد على تحديد حجم وتركيز المعادن، لتحديد القيمة الإقتصادية للتعدين فى ضوء القيود الإقتصادية كما يمكن التعامل مع الرواسب المعدنية التي تعتبر إقتصادية في المنجم نفسة.

---

٣٧ الإنحدار **originally in geostatistics, Kriging or Gaussian process regression is a method of interpolation for which the interpolated values are modeled by a Gaussian process governed by prior covariances, as opposed to a piecewise-polynomialspline chosen to optimize smoothness of the fitted values.**

- **تكنولوجيا النمذجة الجيولوجية**

تشترك النمذجة الجيولوجية بإستخدام الحاسب في الكثير من التقنيات الشائعة وعادة ما يتم تنفيذ البرنامج بإستخدام تقنيات البرمجة بلغات حاسبات متعددة فى كمبيوتر واحد أو شبكة من عدة أجهزة كمبيوتر. تتكون واجهة المستخدم الرسومية عموما من بعدين أو ثلاث أبعاد لنوافذ الرسومات التى تصور البيانات المكانية والتفسيرات ونماذج الإنتاج ويتحقق هذا التصور بشكل عام من خلال إستغلال أجهزة الرسم . تعتبر نظم المعلومات الجغرافية أيضا أداة تستخدم على نطاق واسع لمعالجة البيانات الجيولوجية ويتم تمثيل الأشكال الهندسية مع المنحنيات والسطوح الحدودية بنماذج متفرقة مثل شبكة المضلع .



الشكل (٦ – ٣٦) ارتفاعات الجاذبية

❖ **مشاكل تتعلق بتقنية النمذجة الجيولوجية**

- **التحديد المناسب لعلم الوجود لوصف الأجسام الجيولوجية على مستويات مختلفة**
- **دمج أنواع مختلفة من الملاحظات فى نموذج جيولوجى ثلاثى الأبعاد وبيانات الخرائط الجيولوجية والبيانات والتفسيرات للثقوب المسامية والصور الزلزالية والتفسيرات، والبيانات الميدانية الممكنة، وما إلى ذلك .**
- **مرعاة لأفضل العمليات الجيولوجية خلال بناء نموذج.**

- **تمييز عدم التيقن بشأن النماذج الجيولوجية للمساعدة في تقييم المخاطر. لذلك، فإن النماذج الجيولوجية لها صلة وثيقة بالجيولوجيا والنظرية العكسية للمشكلة .**
- **تطبيق للتطورات المتقدمة متعددة النقاط لمحكاة الجيوإحصائية بدمج مصادر بيانات مختلفة.**
- **التحسين الآلي الهندسى وحفظ الطوبولوجيا.**

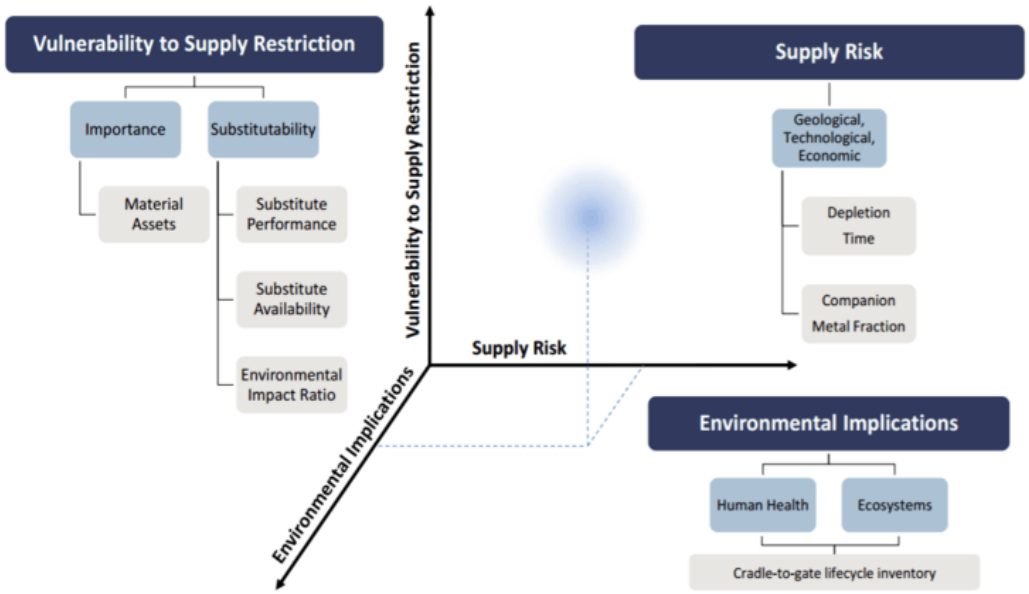
٦ – ٤ معدل ندرة المعادن الهامة للتغلب على النقص

الشكل (٦– ٣٧) منظور لخامات بعض المواد الأرضية النادرة

❖ **العناصر الأرضية النادرة في العالم الصناعي**

النقص المتزايد من بعض العناصر النادرة الضرورية للإلكترونيات عالية التقنية والتكنولوجيات البيئية تصيب المصنعين والحكومات بالذعر حيث يؤدى إلى ارتفاع الأسعار لبعض المعادن. الحكومات ورجال الصناعة حريصين على تقييم المخاطر الكلية، أو "الحرج"،

لبعض المعادن من أجل ضمان إعطاء الأولوية لجهود التجديد والتطوير حتى يمكن مواصلة التطبيقات الصناعية وغيرها كالمعتاد. بالطبع الحكومات أو المؤسسات الصناعية المختلفة سيكون لها وجهات نظر مختلفة بدرجات متفاوتة على نطاق واسع – وبالتالي غير مفيدة لتقديرات الحرج لنفس العنصر مع اختلاف الجهات ذات الصلة. ظهرت دراسة وفرت آلية يمكن أن تكون نهجا أكثر موثوقية لتقدير نقص المعادن ولكن هناك تساؤل مهم – هل اختلال التوازن بين العرض والطلب على بعض المعادن، حقيقة أو توقعات، مما أدى الى أهمية مفهوم مصطلح حرجية المعادن. وفى ضوء دراسة عن مدى أهمية بعض المعادن التي اعتمدت على ثلاث محاور حرجة متكونة من مخاطر الإمداد – الآثار البيئية المترتبة على النقص – وأخيرا تقييد التوريد بين الدول والمهتمين.



الشكل (٦ – ٣٨) محاور مصطلح حرجية المعادن

كما تشمل العوامل التي تؤدي إلى القيم المتطرفة لمصطلح حرجية المعادن – أولا دور الجيوسياسية على الإنتاج الأساسي والاقتصاد العالمي –ثانيا الافتقار إلى البدائل المناسبة المتاحة – ثالثا عدم الاستقرار السياسي في وبين الدول. وتوضح النتائج أن القيود بالنسبة للعديد من المعادن الهامة تقع في مجال الإلكترونيات الناشئة (مثل الجاليوم والسيلينيوم)، أما العناصر الأكثر علاقة بتوريد المخاطر؛ هي معادن مجموعة البلاتين والذهب، والزئبق،

أما العناصر الأكثر علاقة بالآثار البيئية؛ هي العناصر المكونة لسبائك الصلب (مثل الكروم والنيوبيوم) فضلا عن العناصر المستخدمة في سبائك ذات درجات الحرارة العالية (مثلاً، التنجستن والمولبيديوم) والتي تمثل محور تقييد التوريد ومخاطر الإمداد. المعادن الأكثر إثارة للقلق تميل هي التي تكون تلك المنتجات الثانوية المستخدمة بكميات صغيرة للتطبيقات المتخصصة العالية، وليس لها بدائل فعالة على سطح الأرض حاليا. بالمثل يمكننا أن نكون على يقين من أن بعض المعادن مثل الحديد والألومنيوم – يمكن العثور عليها كمخزون مناسب في جميع أنحاء العالم، لذلك لا داعي للقلق بشأنها. ولكن من أكثر العناصر ندرة عناصر مثل الإنديوم والسيلينيوم، أنه بسبب الجيولوجيا وعلوم الاقتصاد هي أصعب المعادن التي يمكن العثور عليها لندرتها وصعوبة وارتفاع تكلفة استخراجها وهى عناصر الإمداد عالية المخاطر، ولكنها ضرورية للاستخدامات في مجال الالكترونيات والخلايا الشمسية حيث يتركز إنتاجها بشكل كبير في عدد قليل من البلدان، مما يؤدى إلى المخاطر الجيوسياسية للإمداد – فمثلا تسعى الصين لتقييد صادرات العناصر الأرضية النادرة[٣٨] ، كما وأن وإضرابات واضطرابات العمل في المناجم منها مناجم البلاتين في جنوب أفريقيا[٣٩] التي تعتبر

---

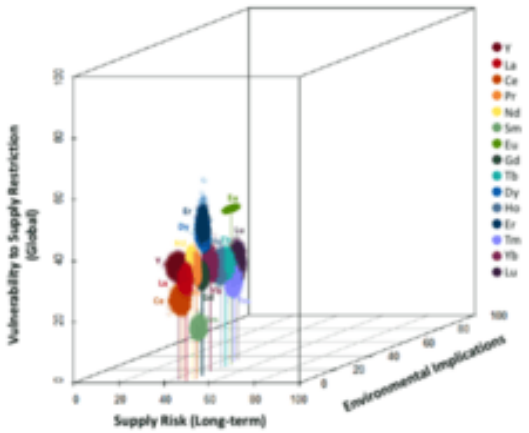
٣٨ تسعى الصين لتقييد صادرات العناصر النادرة exports China accused of restricting rare earth metal

The European Union, United States and Japan bring a complaint to the World Trade Organization. They allege China is restricting exports of so-called rare earth metals and that distorts the global economy. Rare earth metals are used to make high-tech devices and the restrictions make it more expensive to make such goods outside China.

١٣٩ لإضرابات في مناجم البلاتين- South Africa miners return to work after longest platinum strike

Tens of thousands of South African platinum miners returned to work after wage deals ended the longest and most damaging strike in the country's history. The five-month strike hit 40 percent of global production of the precious metal and has cost $2.25 billion in lost revenue. A supervisor at the Marikana operations of London-listed it could be a week or more before any workers went back underground. A return to full production could still take three months. they estimated the world No. 1 platinum producer would end up losing $1.04 billion due to the strike. the Association of

أمثلة حديثة. المعادن النادرة، مثل الذهب والبلاتين تستخرج في تركيزات منخفضة تصل إلى جرام واحد لكل طن من الخام. كما أن الطاقة الإضافية المطلوبة لاستخراج ومعالجة هذه الخامات تعني أن التعدين لهذه المعادن له بصمة بيئية أكبر بكثير بالمقارنة مع المعادن الأكثر وفرة، مثل الحديد، والذي يعتبر المكون الرئيسي لخام الحديد. تكاليف الطاقة والآثار البيئية للتعدين للمعادن النادرة عرضة لارتفاع أسعارها بسبب ارتفاع تكاليف الطاقة والتشريعات البيئية. فيجب على الشركات المصنعة أن تجد سبلاً للتكيف مع ما هو متاح في مواجهة القيود المفروضة على الإمدادات.



الشكل (٦ – ٣٩) المخاطر الإمدادات العالمية لعدد ١٥ من العناصر الأرضية النادرة.

على سبيل المثال ندرة معدن الكوبالت يمكن أن يستبدل بمعدن النيكل الأكثر شيوعا لكثير من الاستخدامات. ولكن هناك معادن الأخرى، مثل الثاليوم والرصاص، فمن الصعب جدا كيميائيا أن تكون بديلا لمعدن الكوبالت أو معادن أخرى لها ندرة الكوبالت. وهناك اعتبار آخر فإن بعض المعادن مثل الذهب والفضة هي معادن مركزية في الاقتصاد العالمي والوطني، في حين أن معادن أخرى لا أهمية لها. النهج المنظم لمثل هذه التوقعات يبعد البصر عن التفاصيل. على سبيل المثال، أشار الباحثين لمدى أهمية نظام الحرجية الإعلامية لتقييد توريد الذهب بسبب استخدامه على نطاق واسع وعدم وجود بدائل متاحة ولكن بالرجوع الى

Mineworkers and Construction Union (AMCU) had demanded an immediate doubling of basic wages to $1,200 a month.

الإحصائيات فان ١٠٪ فقط من الذهب المنتج سنويا له استخدامات عملية في مجال الالكترونيات أو طب الأسنان، وبالتالي فإن ٩٠٪ المتبقية إلى حد كبير موجودة في خزائن البنوك أو صناديق المجوهرات والتي يمكن استخدامها إذا لزم الأمر. أيضا الذهب هو من المعادن الأكثر المعاد تدويرها والتي توازى ما يقرب من كمية الذهب المستخرج في أي وقت مضى وهو ما يقدر ب ١٧٦،٠٠٠ طن – ولا يزال مستخدما. أي اتجاه لتقييد امدادات الذهب يمكن أن يحدث ولكن بسهولة يمكن التغلب عليها حيث يمكن التغلب عليها بكميات الذهب المحلية وتحويلها الى نقد بسهولة. مثال آخر مهم ظهر على الساحة العالمية وهو ندرة معدن التيليريوم وهو من المواد الأساسية لتصنيع ألواح الطاقة الشمسية ومن المتوقع أن يزداد الطلب عليه أكثر من المعروض بحلول عام ٢٠٢٠ ، ويحتمل أن يصل الى مرحلة توقف مفاجئ لتكنولوجيات الطاقة الشمسية المستدامة. مشكلة أخرى في الأرقام الحرجة وهي لقطة ساخنة بسبب التأخير في اعلان الأرقام المشمولة بالتقارير التي استندت إلى احصائيات عام ٢٠٠٨ والتي تعتبر غير حقيقية حاليا ولم تتنبأ بالتغيرات المستجدة لمثل هذه المعادن. منذ استيعاب ندرة التيلوريوم، زادت الضغوط إزاء القيود المفروضة المحتملة للإمداد لمعدن التيلوريوم التي يمكن أن تحد من انتشار واسع النطاق لاستخدام مادة "تيلوريد الكادميوم" الأساسية لتكنولوجيا الخلايا الضوئية الشمسية [٤٠]. أي اختلال في توازن العرض والطلب المحتمل الذي ينشأ عن تقييد الإمداد بمعدن التيلوريوم سوف يعبر عن نفسه في شكل زيادة أسعار (كما حدث بالفعل قبل الانكماش عام ٢٠١٢ في صناعة الكهروضوئية، وبدراسة لحساسية تكلفة تصنيع تلوريد الكادميوم بالمقارنة الى تكلفة ندرة المعدن, وجدت الشركات المصنعة للوحدات النمطية للطاقة أنه يمكنها استيعاب زيادة تدريجية في أسعار التيلوريوم تصل إلى حجم يفوق ما كان عليه في العام ٢٠١١ دون المساس بشكل كبير على مكانتها التنافسية داخل الصناعة الكهروضوئية (ثمن الوحدة نمطية ٠,٧٠ دولار/وات) وهى تكلفة

---

٤٠ أن تحد من انتشار واسع النطاق لاستخدام مادة "تيلوريد الكادميوم" لتكنولوجيا الخلايا الضوئية الشمسية
potential supply constraints of Tellurium that could limit the large-scale deployment of the Cadmium Telluride (CdTe) solar photovoltaic technology

عالية لا تتحملها شعوب بعض الدول إذا ما قورنت هذه التكلفة بأسعار الذهب أو الدولار وبالتالي فإن الأمر يستدعى زيادة وتيرة التطوير بسرعة كافية في تحسين كفاءة التحويل لوحدات الطاقة النمطية مع تخفيض سمك طبقة تلوريد الكادميوم المستخدمة. وعلى الرغم من هذه القضايا فإن الدراسات والإحصائيات المستمرة تقدم صورة أكثر اتساقا مع التهديدات لإمدادات المعادن حيث من شأنها أن تكون ذات فائدة للصناعة والحكومات على حد سواء. المعادن المعرضة للهجوم يمكن ان تكون الهدف من التدابير للحد من الاستخدام وزيادة إعادة التدوير أو تحديد المزيد من مصادر صديقة للبيئة أو حميدة من الناحية الجغرافية السياسية – مثل تخزين ما يمكن من الاستخراج المحلي. وليس بعيدا عن المقدمة السابقة فيتم استخراج العديد من المواد والمعادن التي تساهم في تسيير حياة البشر حيث انها تمثل جزء أساسي من حياة الإنسان في كل جوانب الحياة – وليس المقام هنا لتعديد المعادن ذات الندرة المتناهية كما ذكر مسبقا ولكن يقتصر على بعض المواد المستخدمة والمتوفرة نسبيا للتطبيقات في مجال إلكترونيات الجيلين الثاني والثالث [٤١] منها على سبيل المثال لا الحصر السليكا والذهب والفضة والنحاس من حيث أهميتها ودورها في صناعة الإلكترونيات.

٦ – ٥ السليكا – ثاني أكسيد السيليكون

تتواجد السليكا عادة في الطبيعة على شكل الحجر الرملي، والمعروف باسم رمل السليكا أو الكوارتز وهو مادة أولية لإنتاج زجاج السليكا والسيراميك. السليكا هي أحد مواد الأكسيد الأكثر وفرة في القشرة الأرضية وهي موجودة في شكل غير متبلور (السليكا الزجاجية) أو في مجموعة متنوعة من الأشكال البلورية. وغالبا بعد معالجته يتم الحصول على سليكون كمنتج مؤكسد غير بلوري أو مركبات السيليكون. وهناك ثلاثة أشكال بلورية من السليكا [٤٢] وهي الكوارتز، تريدميت، كرستوباليت ولكل منهم شكلان (العالي والمنخفض).

---

٤١ مجال إلكترونيات الجيلين الثاني والثالث ويقصد بالجيل الثاني الكترونيات أشباه الموصلات بدءا من الستينات من القرن التاسع عشر والجيل الثالث ويقصد به الكترونيات النانو والموصلية الفائقة بدءا من أوائل القرن العشرون وجدير بالذكر أن الجيل الأول للإلكترونيات كان الكترونيات الصمامات المفرغة بدءا من الأربعينيات من القرن التاسع عشر

٤٢ هناك ثلاثة أشكال بلورية من السليكا [٤٢]. الكوارتز، تري دميت، كرست وباليت وهناك شكلان من كل منها

السليكا ذات درجة عالية النقاء وتشتمل السليكا بعد معالجتها على حوالي ٩٩،٤-٩٩،٩٪ ثاني أكسيد السيلكون ويمكن إنتاجها بعدة تقنيات منها القوس الكهربائي الكربوني، قوس البلازما، بثق وقذف الغاز المستمر أو انصهار قطب الكربون. تستخدم تقنية الانصهار في المقام الأول في صناعة الإلكترونيات والتي تستهلك حوالي ٧٠٪ من إجمالي الكمية المتوفرة في السوق) حيث يتم استغلالها لتميزها بمعامل عزل كبير وخصائص العزل الجيدة كما أنها تستخدم كمادة حرارية أو في عمليات السباكة. ويتم إنتاج معظم السيليكون كسبائك الحديد إما الفيروسيليكون أو منجنيز السيليكون [٤٣] وهي المادة المؤكسدة الأكثر أهمية في صناعة الصلب. يتم انتاج سيليكون أشباه الموصلات في الغالب عن طريق تفاعل مسحوق المعدن الخام مع خليط غازي الهيدروجين وكلوريد الهيدروجين في مسطح مائي. والمنتج الأساسي هو هيدرو سليكات الكلورين المقطر [٤٤] ثم يختزل بالهيدروجين ثم يترسب على بلورات السيليكون، والتي يتم تسخينها إلى حوالي ١١٥٠ درجة مئوية. ويمكن أن يتم بتقنية أخرى معروفة بتقنية تكرير منطقة [٤٥] إذا لزم الأمر. يتم إضافة مواد شائبة لاحقة لنمو البلورات [٤٦]. المواد الخام لإنتاج السيليكون ٩٨،٥ حتى ٩٩٪ ثاني أكسيد السيلكون وأقل من ٠،١ ثالث أكسيد الحديد وأقل من ٠،١٥٪ ثالث أكسيد الألومنيوم [٤٧].

There are three crystalline forms of silica; quartz, tridymite, cristobalite and there are two variations of each of these (high and low.)

٤٣ السيليكون كسبائك الحديد إما الفيروسيليكون أو منجنيز السيليكون

silicon is produced as a ferroalloy either ferrosilicon or silicon manganese

٤٤ والمنتج الأساسي هو هيدرو سليكات الكلورين المقطر The main product SiHCl

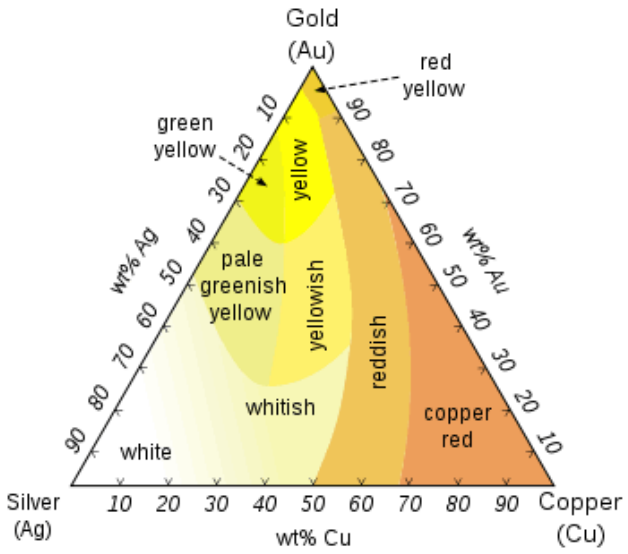
٤٥ تكرير منطقة zone refining

٤٦ إضافة مواد شائبة لاحقة لنمو البلورات Dopants are generally added subsequent to crystal growth

٤٧ المواد الخام لإنتاج السيليكون> ٩٨،٥ حتى ٩٩٪ ثاني أكسيد السيلكون، <٠،١٪ ثالث أكسيد الحديد و <٠،١٥٪ ثالث أكسيد الألومنيوم Feedstock for silicon production >98.5–99% SiO_2, <0.1%Fe_2O_3 and <0.15% Al_2O_3.

٦ – ٦ تطبيقات الذهب (المعدن الأصفر) في الإلكترونيات

من كل المعادن التي تستخرج من الأرض، ليس هناك ما هو أكثر فائدة من الذهب حيث يتمتع بمجموعة خصائص متنوعة منها سهولة تشغيله وتشكيلة في شكل أسلاك، وصفائح رقيقة، وقابل للسبك مع معادن أخرى كثيرة، كما يمكن صهرة وصبه في أشكال مفصلة للغاية، جيد التوصيل الكهربائي وله لون رائع وبريق متألق وهو معدن لا ينسى ويحتل مكانة خاصة في العقل البشري. يمثل الذهب شيء واحد مشترك بين كل الشعوب مع اختلافاتهم في الثقافة واللغة ويلقى من الجميع أعلى تقدير. وعلى مدار التاريخ على سطح الأرض يمثل الذهب القوة والجمال والنقاء، والإنجاز ويحتل مكانا أكثر وضوحا وبروزا في مجتمعاتنا. يتميز الذهب الخالص بالليونة لمقاومة الجهود وتزداد متانته بسبكه مع معادن مثل البلاتين والفضة والنحاس إلا أن قيمته تتناقص عن الذهب الخالص وبالتالي وضعت معايير للتجارة المعروفة باسم "كاراتاجي" لتعيين محتوى السبائك الذهبية. يصطلح لتعريف الذهب الخالص بذهب ٢٤ قيراط وتمغه بالرمز "٢٤ق"، سبيكة بنسبة وزن ٥٠% ذهب معروفة بالذهب عيار ١٢، ويتم وضع علامة "١٢ ق", سبيكة تحتوي على ٧٥ في المائة من الذهب بوزن قيراط ١٨ ، ووضع علامة "١٨ ك". وبصفة عامة، الذهب العالي القيراط أكثر ليونة وأكثر مقاومة للتشويه، بينما الذهب منخفض القيراط أقوى وأقل مقاومة لتشويه. منتجات الذهب النهائية يتغير لونها بخلطها بمعادن أخرى (انظر الرسم التوضيحي). سبيكة من ٧٥ في المائة من الذهب والفضة ١٦% ونسبة ٩ في المائة من النحاس تتميز باللون الأصفر. الذهب الأبيض عبارة عن سبيكة من ٧٥ في المائة من الذهب والفضة ٤% ونسبة ٤ في المائة من النحاس والبلاديوم ١٧%. سبائك أخرى تسفر عن الوردي والأخضر والخوخ والمعادن حتى اللون الأسود. حيث أن الذهب ذو قيمة عالية وكمية محدودة جدا، فمنذ فترة طويلة تم استخدام الذهب كوسيلة للتبادل. أول استخدام معروف من الذهب في المعاملات يعود إلى أكثر من ٦٠٠٠ سنة. أجريت المعاملات المبكرة باستخدام قطعة من الذهب أو من الفضة.



الشكل (٦ – ٤١) ألوان سبائك الذهب – الفضة – النحاس: الألوان المعدنية المختلفة التي يمكن أن تنتج بكميات مختلفة من الذهب والفضة والنحاس

الشكل () سبائك الذهب: عادة ما تشكل في قطع صغيرة لسهولة التعامل والتبادل، والتخزين

الجدول () الإنتاج العالمي للذهب في العام ٢٠١١ بالطن المتري

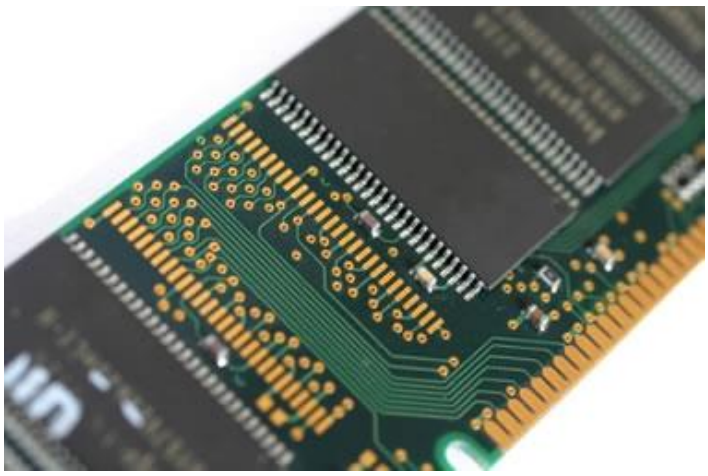
الدولة	الكمية بالطن	الدولة	الكمية بالطن	الدولة	الكمية بالطن
الصين	٣٥٥	أستراليا	٢٧٠	أمريكا	٢٣٧
روسيا	٢٠٠	جنوب أفريقيا	١٩٠	بيرو	١٥٠
كندا	١١٠	إندونيسيا	١٠٠	غانا	١٠٠
أوزبكستان	٩٠	المكسيك	٨٥	غينيا الجديدة	٧٠
البرازيل	٥٥	شيلي	٤٥	دول أخرى	٦٣٠

أهم استخدام صناعي للذهب في صناعة الالكترونيات. تحتاج **عناصر الحالة الصلبة الإلكترونية جهد منخفض جدا وتنقطع التيارات بسهولة عند التآكل أو التشويه عند نقاط الاتصال. الذهب موصل فعال للغاية يمكن أن يحمل التيارات الصغيرة ويظل خالي من الصدأ. المكونات الإلكترونية المصنوعة من الذهب موثوق بها للغاية. ويستخدم الذهب في الموصلات، ومفاتيح التبديل وتتابع الاتصالات والمفاصل الملحومة، وأسلاك التوصيل وشرائح الاتصال. يتم استخدام كمية صغيرة من الذهب في كل جهاز الكتروني متطور تقريبا. وهذا يشمل خلايا الهواتف المحمولة، والآلات الحاسبة، والمساعدات الرقمية الشخصية، ووحدات النظام العالمي لتحديد المواقع، وغيرها من الأجهزة الإلكترونية الصغيرة. معظم الأجهزة الإلكترونية الكبيرة مثل أجهزة التلفزيون تحتوي أيضا على الذهب في مكوناتها. أحد التحديات مع استخدام الذهب بكميات صغيرة جدا في الأجهزة الصغيرة جدا هو فقد المجتمعات للذهب. حيث يتم إنتاج ما يقرب من مليار من الهواتف المحمولة في كل عام، ومعظمها تحتوي على ما قيمته حوالي خمسين سنتا من الذهب. ويبلغ متوسط عمر الهواتف المحمولة أقل من عامين، وعدد قليل جدا يتم إعادة تدويرها حاليا. على الرغم من أن كمية الذهب صغيرة في كل جهاز، إلا أن أعدادها الهائلة تترجم إلى الكثير من الذهب الذى لا يمكن إعادة تدويره.**

الشكل (٦ – ٤٢) استخدامات الذهب في الإلكترونيات

❖ **استخدام الذهب في أجهزة الكمبيوتر**

يستخدم الذهب في العديد من الأماكن في أجهزة الحاسبات المكتبية أو أجهزة الكمبيوتر المحمولة القياسية. الانتقال السريع والدقيق للمعلومات الرقمية من خلال الكمبيوتر ومن عنصر إلى آخر يتطلب موصلات فعاله وموثوق بها. ويلبي الذهب هذه الاحتياجات بشكل أفضل من أي معدن آخر. أهمية الجودة العالية والأداء الموثوق تبرر التكلفة العالية. تستخدم وصلات الحواف لتركيب رقائق المعالجات الدقيقة والذاكرة على اللوحة الأم ووصلات التوصيل والمقبس المستخدمة لتوصيل الكابلات تحتوي على جميعها على الذهب. ومطلي الذهب في هذه المكونات بشكل عام هو طلاء على المعادن الأخرى ومخلوط مع كميات صغيرة من النيكل أو الكوبالت لزيادة المتانة.



الشكل (٦ – ٤٣) توصيلات الكمبيوتر الذهبية: الذهب في رقاقة ذاكرة كمبيوتر

❖ **استخدامات الذهب في الفضاء**

إذا كان إنفاق مليارات الدولارات على مركبة فضائية أمر لا نقاش فيه وعندما يتم إطلاقها ستسافر في رحلة في الفضاء حيث لا توجد إمكانية للصيانة والإصلاح، وبالتالي تتطلب عند بنائها مواد يمكن الاعتماد عليها للغاية أمر ضروري. هذا هو بالضبط لماذا يستخدم الذهب في مئات من العمليات في كل مركبة فضائية التي تطلق ناسا أو غيرها. يستخدم الذهب في الدوائر الكهربائية لأنه موصل ووصلات يمكن الاعتماد عليها. وبالإضافة إلى ذلك، تم تركيب

أجزاء كثيرة من كل مركبة الفضاء يتم تركيبها مغلفة بفيلم البوليستر مغلف بالذهب. ويعكس هذا الفيلم الأشعة تحت الحمراء ويساعد على استقرار درجة حرارة المركبة الفضائية. بدون هذا الطلاء الذهبي، فإن الأجزاء داكنة اللون فى المركبة الفضائية تمتص كميات كبيرة من الحرارة. ويستخدم الذهب أيضا كمادة للتشحيم بين الأجزاء الميكانيكية. في فراغ الفضاء، فإن مواد التشحيم العضوية المتطايرة يمكن كسرها من شدة الإشعاع خارج الغلاف الجوي للأرض. يتميز الذهب بقوة القص منخفضة جدا، وفيلم رقيق من الذهب بين الأجزاء المتحركة الحرجة بمثابة مواد التشحيم – تنزلق جزيئات الذهب على بعضها البعض تحت قوى الاحتكاك والتي توفر العمل كزيوت التشحيم. وتغلف خوذة بدلة الفضاء لرائد الفضاء بطبقة رقيقة جدا من الذهب يعكس الكثير من الأشعة الشمسية المكثفة جدا من الفضاء، ولحماية العينين والجلد. لرائد الفضاء

الشكل (٦ – ٤٤) استخدامات الذهب في مكونات الأقمار الصناعية – مرآة التلسكوب المغلفة بالذهب: صورة شرائح مرآة "مقراب جيمس ويب الفضائي" الأولية مطلية بالذهب.

يستخدم الذهب أيضا في صناعة زجاج المباني والحالات التي يسيطر عليها المناخ. وهناك كمية صغيرة من الذهب المتناثر داخل الزجاج أو تغليف سطح الزجاج لعكس أشعة الشمس إلى الخارج، مما يساعد المباني البقاء باردة في الصيف، وتعكس الحرارة الداخلية إلى الداخل، ومساعدتهم على البقاء دافئا في الشتاء وكذلك في صناعة الخلايا الشمسية. إذا علقت كمية صغيرة من الذهب، في الزجاج عندما يتحول للحالة الصلبة، وسوف ينتج لون الياقوت الغنية.

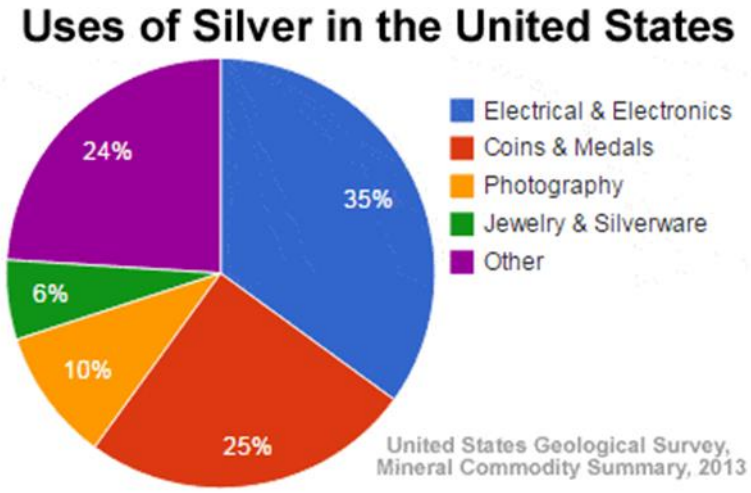
❖ **الإستخدامات المستقبلية من الذهب**

الذهب مكلفة للغاية لاستخدامه عن طريق الصدفة. وبدلا من ذلك يتم استخدامه بشكل متعمد وفقط عندما لا توجد بدائل أقل تكلفة. كنتيجة لذلك، حالما يتم العثور على استخدام الذهب لندرَته فلا مكان لمعدن آخر. وهذا يعني أن عدد استخدامات الذهب قد تتزايد مع مرور الوقت. معظم الطرق المستخدم فيها الذهب اليوم تم تطويرها فقط خلال العقدين أو الثلاثة عقود الماضية. ومن المرجح أن يستمر هذا الاتجاه. ومع حاجة مجتمعنا لمواد أكثر تعقيدا وموثوق بها، سيكون هناك استخدامات أكثر للذهب. وهذا المزيج من الاحتياج المتزايد وقلة البدائل، والعرض المحدود يزيد قيمة وأهمية الذهب لزيادة مطردة على مر الزمن. والحقيقة يعتبر الذهب المعدن الأكثر استخداما **في المستقبل. بسبب ندرته وارتفاع الأسعار يبحث المصنعين دائما عن طرق لتقليل كمية الذهب المطلوبة لاستبداله بمعادن أقل تكلفة بدلا منه. منذ فترة طويلة تستخدم المعادن الأساسية مكسوة بقشرة من سبائك الذهب كوسيلة لتقليل كمية الذهب المستخدمة في صناعة المجوهرات والتوصيلات الكهربائية. ويجري باستمرار إعادة تصميم هذه العناصر إلى تقليل كمية الذهب المطلوبة والمحافظة على معايير فائدتها. البلاديوم والبلاتين والفضة وهي البدائل الأكثر شيوعا التي تحتفظ بشكل وثيق لخصائص الذهب المطلوب.**

٦ – ٧ تطبيقات الفضة (المعدن الأبيض)

الفضة هي المعدن الأبيض، ذات سمعة لامعة لاستخدامها في المجوهرات والقطع النقدية، ولكن اليوم، فإن الاستخدام الرئيسي للفضة هو في الصناعة سواء في الهواتف المحمولة أو الألواح الشمسية وبظهور الابتكارات الجديدة باستمرار تتطلب الاستفادة من الخصائص الفريدة للفضة. الفضة معدن ثمين لأنها نادرة وقيمة، وهي من المعادن النبيلة حيث تقاوم التآكل والأكسدة، وإن لم تكن مثل الذهب . لأنه هو أفضل موصل حراري وكهربائي بالمقارنة مع جميع المعادن . الفضة هي أيضا مثالية للتطبيقات الكهربائية وهي مضادة للميكروبات، وغير سامة مما يجعلها مفيدة في المنتجات الاستهلاكية والأجهزة الطبية. للفضة لمعان

عالي وذات انعكاسية تجعلها مثالية للعديد من التطبيقات وتسمح طواعيتها بتشكيلها في ألواح ذات ليونة تسمح بتشكيلها على شكل رقائق رفيعة، وأسلاك مرنة مما يجعلها الخيار الأفضل للعديد من التطبيقات الصناعية. وفي الوقت نفسه هي أقل تكلفة بكثير من الذهب . يمكن طحن الفضة وتحويلها إلى مسحوق، وتحوليها إلى عجينة، ويمكن سبكها مع معادن أخرى. تضمن هذه الصفات أن الفضة سوف تستمر في التألق في الساحة الصناعية وسوف تحافظ على مكانتها باعتبارها رمزا للثروة والهيبة.



الشكل (٦ – ٤٥) النسب المئوية لاستخدامات الفضة في الولايات المتحدة حسب فئة الاستخدام. وما يقرب من ربع الفضة المستخدمة وهي مجزأة إلى المئات من الاستخدامات المختلفة.

❖ استخدامات الفضة في الالكترونيات

الاستخدام الأول للفضة في صناعة الالكترونيات حيث أن الموصلية الحرارية والكهربائية للفضة غير مسبوقة بالمقارنة بالمعادن الأخرى مما يعني أنه لا يمكن استبدالها بسهولة بمواد أقل تكلفة. على سبيل المثال، تستخدم كميات صغيرة من الفضة كوصلات في المفاتيح الكهربائية لاقتران الوصلات في مفاتيح التبديل للتشغيل والفصل الكهربائي سواء لتشغيلها للتحكم في الإضاءة أو تشغيل الميكروويف باستخدام غشاء التبديل، والنتيجة هي نفسها: حيث يمر التيار من خلالها فقط عندما يتم ربط الوصلات. السيارات الحديثة مليئة بالوصلات

التي تتحكم بالدوائر الإلكترونية في السيارة، وهكذا في الأجهزة الاستهلاكية. تستخدم الفضة في مفاتيح التبديل في الصناعات الثقيلة أيضا. تستخرج الفضة من مناجم الفضة أو من مناجم الرصاص والزنك حيث تكون الفضة هي المنتج الثانوي. الصهر والتكرير يفصل الفضة من المواد الخام الأخرى. بعد ذلك، يتم عادة شحنها على شكل أعمدة أو حبيبات. تتطلب صناعة الالكترونيات أعلى درجة نقاوة للفضة حوالي ٩٩,٩٩٪ فضة خالصة، بتذويب الفضة النقية في حامض النيتريك تنتج نترات الفضة، والتي يمكن أن تتشكل في مسحوق أو رقائق. هذه المواد، في المقابل يمكن تصنيعها على شكل معاجين الفضة، مثل المعجون الموصل الكهربائي المصنوع من سبيكة الفضة والبلاديوم.

❖ مركبات الفضة

معجون الفضة له العديد من الاستخدامات، مثل غشاء مفتاح التبديل والتذويب الخلفي في العديد من السيارات. في مجال الالكترونيات، مسارات الدوائر الكهربائية، فضلا عن العناصر السلبية المسماة مكثفات السيراميك متعدد الطبقات [٤٨]، التي تعتمد على معجون الفضة. أحد أسرع الاستخدامات المتزايدة لمعجون الفضة في الخلايا الضوئية لإنتاج الطاقة الشمسية. الفضة النانوية، جسيمات الفضة صغيرة الحجم (١٠٠-١ نانومتر)، تفتح آفاقا جديدة للابتكار التكنولوجي، والتي تتطلب كميات أقل بكثير من الفضة لإنجاز المطلوب. تعمل الإلكترونيات المطبوعة باستخدام الأحبار الموصلة من الفضة النانوية. أحد الأمثلة للإلكترونية المطبوعة هو قطب التوصيل في المكثفات السوبر، والتي يمكن شحنها وتفريغها مرارا وتكرارا وبسرعة. تجديد تشوهات الفرامل في السيارات التي تسمح للطاقة الحركية التباطؤ للسيارة ليتم تخزينها في المكثفات السوبر لإعادة استخدامها. تقدم علامات تحديد الترددات

٤٨ مكثفات السيراميك متعدد الطبقات (MLCCs) passive components called multilayer ceramic capacitors

الراديوية [٤٩] تطبيق قوي آخر للإلكترونيات المطبوعة. هذه العلامات أفضل من الرموز الممغنطة لتتبع المخزون لأنه يمكنها تخزين المزيد من المعلومات ويمكن قراءتها من مسافة أكبر، حتى بدون وجود خط مباشر للبصر. تحتفظ الفضة بمكانتها في مجال الإلكترونيات الاستهلاكية، فمثلا تعتمد أجهزة تلفزيون البلازما على الفضة ليس لمجرد مفاتيح التبديل للتشغيل والإيقاف وفى حالة تصنيع أقطاب الوصلات من الفضة تساهم في تحسين وإعطاء صورة عالية الجودة. تستخدم الثنائيات الباعثة للضوء [٥٠] أقطاب من الفضة لإنتاج مستوى منخفض، وطاقة ضوء بكفاءة. وفي الوقت نفسه أقراص الفيديو الرقمية والأقراص المدمجة لديها طبقة رقيقة من الفضة في أجهزة التسجيل. أحد التطبيقات الإلكترونية الأخرى للفضة في البطاريات التي تستخدم أكسيد الفضة أو سبائك الزنك والفضة. هذه البطاريات خفيفة الوزن، وعالية السعة وذات أداء أفضل في درجات الحرارة العالية بالمقارنة بالبطاريات الأخرى. ويستخدم أكسيد الفضة في بطاريات زر للكاميرات والساعات، وكذلك في مجال الطيران وتطبيقات الدفاع. تقدم بطاريات الفضة والزنك بديلا لبطاريات الليثيوم لأجهزة الكمبيوتر المحمولة والسيارات الكهربائية. في طليعة التكنولوجيا استخداما الموصلات الفائقة. الفضة ليست من المواد جيدة التوصيل للكهرباء، ولكن عندما تقترن بمادة أخرى، فهما معا يمكنهما نقل الكهرباء حتى أسرع من مواد الموصلات الفائقة بمفردها. في درجات الحرارة المنخفضة للغاية، تحمل المواد فائقة التوصيل الكهرباء مع مقاومة كهربائية ضئيلة أو معدومة. كما يمكن أن تستخدم لتوليد الطاقة المغناطيسية لتحويل المحركات أو دفع

---

٤٩ علامات تحديد الترددات الراديوية Radio frequency identification tags (RFID)

٥٠ الثنائيات الباعثة للضوء (LED) وأقراص الفيديو الرقمية والأقراص المدمجة

Light emitting diodes (LED), DVDs and CDs

القطارات المغناطيسية. تقدم تطبيقات لا تعد ولا تحصى للفضة في مجال الالكترونيات وجهة نظر في كيفية أحد المعادن الأكثر شهرة في التاريخ يمكن أن تصبح أحد المواد الجوهرية المتطورة في المستقبل. ويرجع ذلك جزئيا إلى خاصية فريدة من نوعها حيث أنها أعلى موصلية حرارية وكهربائية من جميع المعادن والفضة في كثير من الأحيان أقل تكلفة.

❖ **استخدامات الفضة في الطاقة**

يستخدم معجون الفضة في تصنيع الألواح الشمسية. تلصق وصلات من معجون **الفضة داخل لخلايا الضوئية لالتقاط وحمل التيار الكهربائي. وينتج هذا التيار عندما تسلط الطاقة الشمسية على طبقات الخلايا شبه الموصلة. الخلايا الضوئية هي أحد الاستخدامات الأسرع نموا للفضة. معامل انعكاسية الفضة يعطيها دور آخر في مجال الطاقة الشمسية. وهو يعكس الطاقة الشمسية إلى المجمعات التي تستخدم الأملاح لتوليد الكهرباء. يستخدم في الطاقة النووية أيضا الفضة. وغالبا ما تستخدم المعدن الأبيض في قضبان التحكم لالتقاط النيوترونات وإبطاء معدل الانشطار في المفاعلات النووية. إدخال قضبان تحكم في القلب النووي يؤدي إلى إبطاء التفاعل، في حين أن إزالتها تسرع التفاعل. كما أن استخدامات الفضة في مركبات الفولكس واللحام تعطى قوة الشد العالية والليونة لعمل وصلات بين قطعتين من المعدن. يتفاعل الفولكس في درجات حرارة أعلى من ٦٠٠ درجة مئوية، في حين أن اللحام يتم في درجات حرارة أقل من ٦٠٠ درجة مئوية. بواقي الفضة يمكن أن تستخدم في مادة الفولكس واللحام لأن هذه العمليات لا تتطلب الفضة النقية جدا.** ينتج الفولكس مع اللحام **مفاصل محكمة في كل شيء من الحرارة والهواء البارد حتى العمق.**

٦ – ٨ تطبيقات النحاس

كان النحاس اللامع المحمر أول معدن استخدمه البشر من أي وقت مضى، ولا زال معدن مهم في الصناعة اليوم. أقدم جسم معدني وجد في منطقة الشرق الأوسط يتكون من النحاس (يعود تاريخه الى ٥١٠٠ عام قبل الميلاد). والعملة المعدنية في **الولايات المتحدة** يعرف باسم بيني [٥١] **كان في الأصل من النحاس النقي (في الوقت الحاضر، هو ٩٧,٥ في المئة الزنك مغطى بطبقة رقيقة من النحاس).**

الشكل (٦ – ٤٧) النحاس هو لامعة، البني المحمر المعادن – العملة المعدنية في الولايات المتحدة يعرف باسم بيني كان في الأصل من النحاس النقي

عادة ما يوجد النحاس في الطبيعة كمنتج ثانوي مع الكبريت. يتم إنتاج معدن النحاس النقي من خلال عمليات تكنولوجية متعددة المراحل، بدءاً بالتعدين وتركيز الخامات منخفضة الدرجة التي تحتوي على معادن كبريتيد النحاس، ويليها الصهر والتكرير كهربائياً لإنتاج النحاس النقي. كما تنتج حصة متزايدة من النحاس بتصفيتها بالأحماض من الخامات المؤكسدة. والنحاس هو أحد أقدم الفلزات المستخدمة في أي وقت مضى، وكان واحداً من المواد الهامة في تطور الحضارة. أصبح النحاس أحد المعادن الصناعية الرئيسية، ويحتل المرتبة الثالثة بعد الحديد والألومنيوم من حيث الكميات المستهلكة بسبب خصائصه، المنفردة أو مع مركبات أخرى، فهو ذات ليونة عالية وقابلية تطويع، والموصلية الكهربائية والحرارية عالية، ومقاوم للتآكل، ويستخدم النحاس في استخدامات كهربائية عديدة، بما في

---

٥١ العملة المعدنية في الولايات المتحدة يعرف باسم بيني – one penny currently costs 2.4 cents,

ذلك نقل وتوليد الطاقة وتصنيع الأسلاك وكابلات الاتصالات السلكية واللاسلكية وتمثل المنتجات الكهربائية والإلكترونية حوالي ثلاثة أرباع مجموع النحاس المستخدم. كما يستخدم النحاس في تشييد المباني وهي أكبر سوق واعدة، تليها الإلكترونيات والمنتجات الإلكترونية، ومتطلبات وسائل النقل، والآلات الصناعية، كما يسهل إعادة تدوير النحاس من منتجات التصنيع وعفا عليها الزمن وتسهم إلى حد كبير في كميات النحاس المعروضة.

❖ **الحقائق الفيزيائية**

العدد الذري (عدد البروتونات في النواة): ٢٩ – الوزن الذري (متوسط كتلة ذرة): ٦٣,٥٥ – الكثافة: ٨,٩٢ غرام لكل سنتيمتر مكعب – المرحلة في درجة حرارة الغرفة: الصلبة – نقطة انصهار١٠٨٤,٦٢ درجة مئوية – نقطة الغليان ٢٩٢٧ درجة مئوية – عدد النظائر (ذرات العنصر نفسه مع عدد مختلف من النيوترونات): بنسبة ٢و٣٥ مستقرة – النظائر الأكثر شيوعا: نحاس٦٣ (٦٩,١٥ في المئة وفرة طبيعية) والنحاس ٦٥ (٣٠,٨٥٥ في المئة وفرة طبيعية). يتواجد معظم النحاس في خامات يجب صهرها لتنقيته قبل التمكن من استخدامه. ولقد ساهمت التفاعلات الكيميائية الطبيعية في بعض الأحيان الكشف عن خام النحاس الأصلي منفردا، وهذا يفسر لماذا يقوم البشر بتصنيع متطلباتهم الحياتية من هذا المعدن من قبل ٨٠٠٠ سنة على الأقل. بدأ الناس في البحث عن كيفية صهر النحاس من ٤٥٠٠ قبل الميلاد، وتتمثل ال**قفزة التكنولوجية في تصنيع سبائك النحاس بإضافة القصدير، واكتشاف البرونز** في **أوقات مختلفة في مناطق مختلفة منذ العصر البرونزي. وتم اكتشاف أول القطع الأثرية النحاسية الصغيرة، في الشرق الأوسط، مدفونة مع امرأة في منتصف العمر في إحدى القرى القديمة. يعتقد أن النحاس ربما جاء من منطقة القوقاز وقد وجد الباحثون مناجم النحاس ضخمة من القرن العاشر ق. م في الشرق الأوسط. كما استخدم الفراعنة في مصر القديمة، سبائك النحاس لتصنيع المجوهرات، بما في ذلك خواتم إصبع القدم. نحو ثلثي كمية النحاس على الأرض وجدت في الصخور النارية (البركانية).** كما وجد **نحو ربع الكمية في الصخور الرسوبية، وفقا لهيئة المسح الجيولوجي**

الامريكية. النحاس معدن يسهل تشكيله وجيد التوصيل للحرارة والكهرباء وهذا من أسباب استخدامه في الإلكترونيات والتوصيلات الكهربائية.

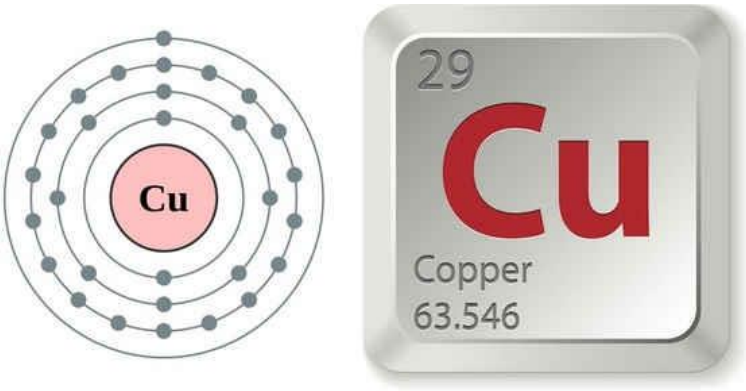
الشكل (٦ – ٤٨) تغير لون تمثال الحرية من اللون النحاسى الى الأخضر بفعل الأكسدة

يتحول لون النحاس الى اللون الأخضر [٥٢] بسبب تفاعل الأكسدة. ويفقد النحاس بعض الإلكترونات عند تعرضه للماء والهواء. أكسيد النحاس الناتج هو أخضر باهت. تعتبر الأكسدة هي السبب وراء طلاء تمثال الحرية المصنوع النحاس باللون الأخضر بدلا من البرتقالي والأحمر. يزن التمثال حوالي ٨٠ طناً من النحاس البرتقالي والأحمر وقد تعرض تمثال الحرية لطبقة من أكسيد النحاس سمكها ٠,٠٠٥ بوصة. حدث التغيير في لون النحاس من اللون النحاسي الى اللون الأخضر تدريجيا، واكتملت في عام ١٩٢٠، بعد ٣٤ عاماً من بناء التمثال، وذلك وفقا لما ورد من "جمعية نيويورك التاريخية". يحتل النحاس دورا كبيرا في مجال الالكترونيات، بسبب وفرته، وانخفاض سعره، يعكف الباحثون على دمج النحاس في عدد متزايد من الأجهزة الإلكترونية **المتطورة. في الواقع، قد يساعد النحاس في إنتاج مسطحات ورقية إلكترونية مستقبلية واستخدامه كمعاطف وارتداءها كأجهزة استشعار لمتغيرات العوامل البيولوجية وغيرها من الإلكترونيات "الناعمة", وقد استخدمت أسلاك النحاس النانوية لتشكيل مواد نحاسية ذات مسامية عالية، وخفيفة الوزن للغاية**

---

٥٢ يتحول لون النحاس الى اللون الأخضر – copper that is exposed to the elements undergoes a series of chemical reactions give the shiny metal a pale green outer layer called a patina

وقوية بما يكفي للوفاء بالمتطلبات دون خلطها مع مواد أخرى كسبيكة. (تخيل مطبخ إسفنجي جاف).



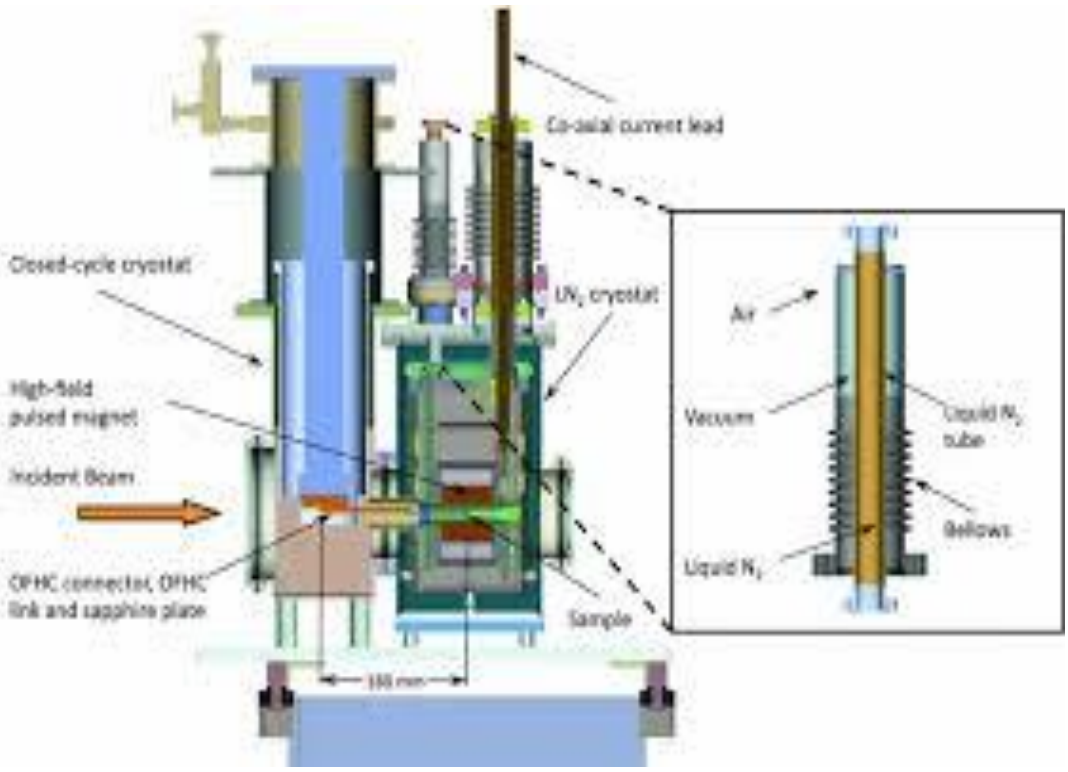
الشكل (٦ – ٤٩) التوزيع الإلكتروني وخصائص عنصري النحاس

في الماضي، تحقق مثل هذه المادة المعدنية الإسفنجية من الذهب أو الفضة، ولكن النحاس هو خيار أكثر اقتصاديا. بخلط أسلاك النحاس النانوية مع كميات صغيرة من بولي (كحول الفينيل)، أو بولي، تتحول الى مادة مطاطية الموصل للكهرباء [٥٣]. يمكن أن تكون النتيجة النهائية روبوت لين جسديا، أو جهاز استشعار طبي يختلط تماما مع الجلد المنحنى، ويعمل الباحثون لتصنيع أجهزة استشعار ضغط الدم ودرجة حرارة الجسم من كتل النحاس ايروجيل[٥٤] – طريقة النحاس أخرى يمكن أن تساعد في تحسين صحة الإنسان. وضع الباحثون مكعب من النحاس وزنه (٤٠٠٠ كجم) داخل وعاء يسمى ناظم البرد الذي تم تصميمه خصيصا للحفاظ على العناصر شديدة البرودة. وهو أول منظم للبرودة قادر على حفظ المواد القريبة جدا من درجات الصفر المطلق.

---

٥٣ بخلط أسلاك النحاس النانوية مع كميات صغيرة من بولي (كحول الفينيل)، أو بولي، تتحول الى مادة مطاطية الموصل للكهرباء – By mixing copper nanowires with small amounts of poly (vinyl alcohol) or PVA, the researchers created aerogel monoliths that could turn into a sort of sliceable, shapeable rubber. However, this rubber conducts electricity.

٥٤ جهاز استشعار طبية يختلط تماما مع الجلد المنحنى، ويعمل الباحثون لتصنيع أجهزة استشعار ضغط الدم ودرجة حرارة الجسم من كتل النحاس ايروجيل – working to create blood pressure and body temperature sensors out of copper aerogel monoliths — another way copper could help improve human health.



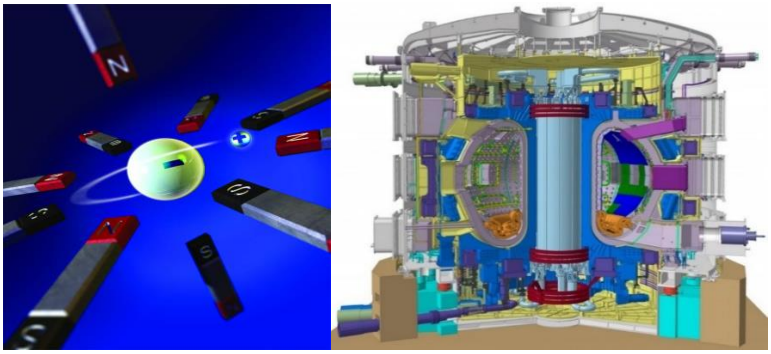
الشكل (٦ – ٥٠) التركيب الداخلى لأنظمة البرد

بناء ناظم البرد لدرجات الحرارة عالية البرودة [٥٥] هو مجرد الخطوة الأولى في تجربة جديدة يكون فيها ناظم البرد بمثابة كاشف للجسيمات. ويأمل الباحثون أن ناظم البرد

---

٥٥ ناظم البرد لدرجات الحرارة عالية البرودة – Cryogenics is not a very well defined term; here I have taken it to mean systems that operate at temperatures of 77 K and below, with the emphasis on systems operating below 4.2 K and above 1 K. The first two temperatures are, of course, the boiling points of nitrogen and helium respectively. A cryogenic experiment or system is normally dominated by the need to get something cold and keep it cold, with other elements of the design subservient to that. Generally, the need to operate at cryogenic temperatures makes even an otherwise simple experiment complicated, and the colder you need to go, the harder life generally gets. Since it is so time consuming to get things cold, the ability to experiment with new techniques is somewhat limited, and most low temperature labs cling to a set of tried–and–trusted methods. Often these differ from lab to lab, and in the most interesting cases are contradictory. First, a few basic definitions. In these notes, I shall use the following words in the way defined here (these are not the only definitions) – cryostat: the system

لدرجات الحرارة عالية سوف يكشف المزيد عن جسيمات تحت الذرية التي تعرف بالنيوترونات ولماذا هناك الكثير من المواد المضادة في الكون [٥٦].



الشكل (٦ – ٥١) مكونات جهاز ناظم البرد – (على الشمال) تشير المادة المضادة للجسيمات دون الذرية التي لها خصائص المقابلة للجسيمات دون الذرية العادية.

❖ التطبيقات الالكترونية والاتصالات

وفقا للخبراء في هذا المجال، سيكون لتكنولوجيا النانو تأثير على الاقتصاد العالمي أكثر من تريليون دولار في غضون عشر سنوات ... وسيقوم النحاس بدوره في نهاية المطاف في تكنولوجيا النانو الذي لم يتحدد بعد. وبالإضافة إلى ذلك، هناك عدد من التطورات التقنية الأخيرة التي تشير إلى توسيع دور النحاس في تكنولوجيا النانو. تتسارع تجارة النحاس التي تؤدى الى وفرة في تكلفة التصنيع وتتفاعل التقنيات بسرعة لتطوير دور النحاس في المستقبل منها هوائيات تحديد الترددات اللاسلكية [٥٧]

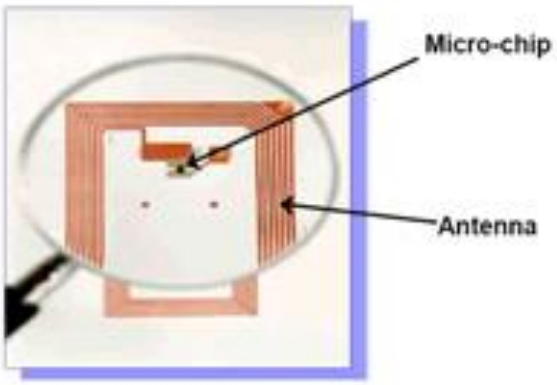
---

that a low temperature experiment goes in – dewar: something for storing and (possibly) transporting liquid cryogens

٥٦ جسيمات تحت الذرية التي تعرف بالنيوترونات ولماذا هناك الكثير من المواد المضادة في الكون –

Antimatter is the opposite of normal matter. More specifically, the sub-atomic particles of antimatter have properties opposite those of normal matter. The electrical charge of those particles is reversed. Antimatter was created along with matter after the Big Bang, but antimatter is rare in today's universe, and scientists aren't sure why.

٥٧ تصنيع الهوائيات تحديد الترددات اللاسلكية – Rapidly advancing technologies ensure a role for copper in future RFID (RF identification) systems



الشكل (٦ – ٥٢) رقاقة غير مرئية تقريبا لهوائي نحاس ملفوف

❖ **جودة الطاقة في المنازل "الالكترونية"**

انتشار الأجهزة الحساسة يستوجب جودة الطاقة الكهربائية. يتم استخدام المزيد من الكهرباء في المنازل كل عام، حيث تستخدم الكهرباء بأساليب لم تكن موجودة من قبل ٢٠ عاما. سواء في المنازل الحديثة، أو القديمة، يجب أن تراعى أنظمة الأسلاك الكهربائية هذه الاستخدامات الجديدة بعين الاعتبار. يجري باستمرار البحث عن النحاس، والعديد من المركبات والسبائك، وهناك تطورات جديدة على السطح يوميا. يمكن الحصول على المعلومات من المجلات العلمية، بالتأكيد، ولكن بعض من أغنى مصادر العديد من براءات الاختراع التي نشرت في جميع أنحاء العالم. لحسن الحظ، وكلها متاحة للجميع. تعتمد الخلايا شمسية الجديدة على سبائك معقدة من النحاس والإنديوم والسيلينيوم، الجاليوم والكبريت والتي تسمح للتكنولوجيات المنزلية العالية للتشغيل حتى أثناء انقطاع الكهرباء المحلية. التكنولوجيا العالية للمنازل تعتمد على النحاس صب القلب النحاسي للموتور الدوار. تهدف البحوث إلى الاستفادة من النحاس العالي التوصيل بطريقة تمكن تصنيع المحركات الكهربائية الفائقة الجودة والكفاءة. وتعد هذه التقنية عملية تصنيع متطورة في جميع أنحاء العالم حيث تحقق وفر ملحوظ في الطاقة وقد أوضحت الدراسات أن نسب حجم التوفير في الطاقة الكهربائية المستخدمة يصل الى ١٥–٢٣٪، وزيادة كفاءة الاستخدام بنسبة تصل إلى ١,٧٪. كما ساهمت في تخفيض تكلفة تقنيات التصنيع الجديدة الا أن

ظهرت بعض المخاوف بشأن الاقتصاد الغير مواتية نظرا لعدم كفاية النحاس. المحركات الدوارات بتقنية النحاس المصبوب تهدر طاقة أقل بكثير من النماذج التقليدية أي ما يعادل نسبة الهدر الكهربائي لمادة الألومنيوم. كما تستمر محركات تشغيل برودة لفترة أطول نتيجة لذلك. كما أن الدرجة العالية من الاهتمام الى يبديها مصنعي السيارات في جميع أنحاء العالم هو إشارة، لعائلة جديدة من المحركات الكهربائية عالية الكفاءة وذلك، في الوقت المناسب، سوف يقلل أو على الأقل يساعد في ابطاء توليد الغازات المسببة للاحتباس الحراري من محطات توليد الطاقة الكهربائية.

❖ إعادة تدوير الوحات الإلكترونية القديمة

تمكنت شركة هيوليت باكارد ومايكرو للفلزات ميكرومت، من إعادة تدوير مكونات الكمبيوتر وإعادة استخدامها في أجهزة كمبيوتر يستند إلى إعادة تدوير لمنتجات الكمبيوتر المهملة.

- سبيكة ١٧١ للروابط الإلكترونية
- المواد القائمة على النحاس، مع مزيج من المواد ذات الخصائص التوصيلية، والقابلية للتشكيل تجعلها مواد استراتيجية لصناعة الموصلات فهي تقنية تمكن أسلاك الهاتف النحاسية القيام أيضا بحركة نقل البيانات عالية السرعة.
- الفوسفور البرونزي [٥٨]
- تبخير النحاس بتكنولوجيا الليزر

على الرغم من أن تقنية تبخير النحاس بالليزر [٥٩] معروفة منذ أكثر من ١٥ عاما، يعتبرها الباحثون ذات حداثة نسبية لهذه التقنية في عائلة الليزر الهندسية. بالفعل تمثل خيارا طبيعيا لمتناهيات الصغر الدقة عالية الدقة وصولا الى ١ ميكرون

---

٥٨ الفوسفور البرونزي – Phosphor bronzes have been around for a long time. In strip form, they are widely used for, among other things, electrical and electronic connectors. The alloys typically contain up to 10% tin and up to 0.35% phosphorus

٥٩ تقنية تبخير النحاس بالليزر – copper vapor laser (CVL) known for more than 15 years

التكنولوجيا والإنترنت، باستخدام تقنية (اكس دى إس إل)

تقنية (اكس دي إس إل) [٦٠] هي التكنولوجيا التي تمكن أسلاك الهاتف النحاسية القيام بحركة نقل البيانات عالية السرعة، فضلا عن المكالمات الهاتفية، مما ينفي الحاجة إلى تكلفة تطوير النظام ويتضمن توصيل المعلومات الصحفية على أجهزة الهاتف المحلية.

تطور كابل الهاتف

في عام ١٨٧٧ استخدمت الأسلاك النحاسية الملدنة وهي سهلة الاستخلاص من خلال سلسلة من العمليات من أجل زيادة قوة الشد بها. الأسلاك النحاسية المسحوبة كانت قوية بما فيه الكفاية لمد أسلاك هوائية وبالتالي زاد استخدام النحاس في أسلاك الهاتف. لم يتم تصنيع جميع الكابلات على قدم المساواة. بنظرة على التقدم في تكنولوجيا الكابلات.

أتمته المنازل

تتميز أجهزة الكمبيوتر السريعة، بعرض نطاق ترددي واسع وغيرها من الابتكارات في جهاز الكمبيوتر تؤدي إلى ظهور أتمته المنازل تلقائيا. تدعم التكنولوجيا **اليوم الأصوات التفاعلية والبيانات والفيديو، والوسائط المتعددة، مع إمكانية الوصول إلى الكابلات عالية الأداء والتوصيل البيني للهاتف، كابلات التلفزيون والأقمار الصناعية الرقمية، والهواتف**

---

٦٠ تقنية (اكس دي إس إل) – **Refers collectively to all types of *digital subscriber lines,* the two main categories being ADSL and SDSL. Two other types of xDSL technologies are *High-data-rate DSL (HDSL)* and *Very high DSL (VDSL).*, DSL technologies use sophisticated modulation schemes to pack data onto copper wires. They are sometimes referred to as last-mile technologies because they are used only for connections from a telephone switching station to a home or office, not between switching stations., xDSL is similar to ISDN inasmuch as both operate over existing copper telephone lines (POTS) and both require the short runs to** a central telephone **office (usually less than 20,000 feet). However, xDSL offers much higher speeds – up to 32 Mbps for upstream traffic, and from 32 Kbps to over 1 Mbps for downstream traffic**

الخلوية، وخدمات المرافق القياس عن بعد. تم البدء في توصيل الكابل المستخدم لشبكات الكمبيوتر بالمنازل الجديدة والمباني السكنية، ويعرف بمصطلح الكابل الفئة ٥ (كات ٥)، الذي لديه القدرة على التعامل مع كميات هائلة من البيانات ويسمح للعديد من الأجهزة لتعمل على نفس الكابل. وتم استخدام الكابلات النحاسية الجديدة التي يجب أن تكون كافية لمتطلبات البيانات السكنية في المستقبل المنظور. تعتمد عملية تصنيع (شبه موصل أكسيد المعدن التكميلية) من أجل الاستفادة من الموصلية الكهربائية والحرارية متفوقة في النحاس[٦١].

٦ – ٩ لوحات الدوائر المطبوعة

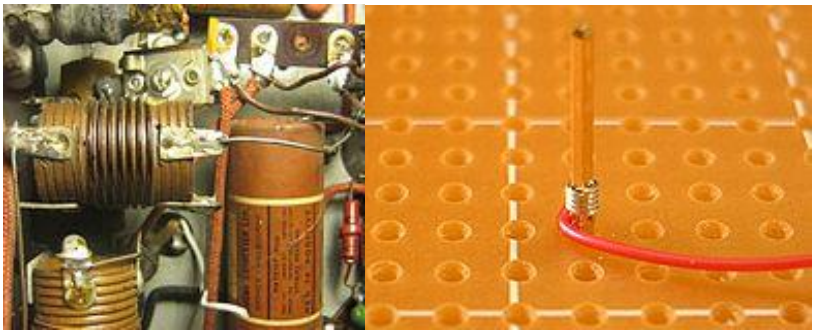
لوحات الدوائر المطبوعة[٦٢] تدعم ميكانيكيا وكهربائيا وصلات المكونات الإلكترونية باستخدام مسارات موصلة، ومنصات وغيرها من الميزات المحفورة من صفائح النحاس المغلفة على ركيزة غير موصلة . عموما – المكونات مثل المكثفات والمقاومات أو العناصر النشطة ملحومة على اللوحة المطبوعة من ثنائي الفنيل. تحتوي اللوحات المطبوعة من ثنائي الفينيل المتقدمة على مكونات مضمنة في الركيزة كجزء لا يتجزأ. يمكن أن تكون لوحة ثنائي الفينيل المطبوعة ذات وجه واحد (طبقة نحاس واحدة)، أو مزدوجة من الجانبين (طبقتين نحاس) أو متعددة الطبقات (الخارجية والداخلية). ترتبط بالموصلات على الطبقات المختلفة. تسمح لوحات ثنائي الفينيل متعددة الطبقات بكثافة عناصر أكثر. زجاج الايبوكسي (أف أر – ٤) هو الركيزة الأساسية العازلة. الكتل الأساسية على لوحات ثنائي الفينيل اللوحة المطبوعة هي لوحة (أف أر – ٤) مع طبقة رقيقة من رقائق النحاس مغلفة

---

٦١ تعتمد عملية تصنيع (شبه موصل أكسيد المعدن التكميلية) من أجل الاستفادة من الموصلية الكهربائية والحرارية متفوقة في النحاس – CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) manufacturing process in order to take advantage of copper's superior electrical and thermal conductivity. the CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) manufacturing process to take advantage of copper's superior electrical and thermal conductivity.

٦٢ لوحات الدوائر المطبوعة (PCB)

لجانب واحد أو كلا الجانبين. في اللوحات متعددة الطبقات فإن الطبقات المتعددة مغلفة مع بعضها. تستخدم لوحات الدوائر المطبوعة في جميع المنتجات الالكترونية البسيطة وتشمل بدائل لوحات ثنائي الفينيل المطبوعة تقنيات التفاف الأسلاك[٦٣] والتركيب من نقطة إلى نقطة[٦٤] . تتطلب لوحات ثنائي الفينيل جهود تصميم إضافية لوضع الدائرة، ولكن التصنيع والتجميع يمكن أن يكون آليا. تصنيع الدوائر مع لوحات ثنائي الفينيل أرخص وأسرع من الطرق الأخرى حيث يتم تركيب المكونات وتوصيل الأسلاك كمجموعة واحدة.



الشكل (٦ – ٥٣) اتصال التفاف الأسلاك المتقاربة – مقطع نموذجي لراديو في أواخر الثلاثينات، موضح تركيب والتوصيل بين المكونات نقطة إلى نقطة

يطلق على لوحات ثنائي الفينيل لمكون واحد اسم لوحة جانبية [٦٥] لتسهيل التشغيل. عندما لا تشتمل اللوحة أي مكونات متضمنة كجزء لا يتجزأ يطلق عليها لوحة مطبوعة

---

٦٣ التفاف الأسلاك – Wire wrap is a method to construct electronic circuit boards. Electroniccomponents mounted on an insulating board are interconnected by lengths of insulated wire run between their terminals, with the connections made by wrapping several turns around a component lead or a socket pin.

٦٤ نقطة إلى نقطة – Point-to-point construction is a non-automated method of construction of electronics circuits widely used before the use of printed circuit boards (PCBs) and automated assembly gradually became widespread following in the 1950s.

٦٥ يطلق على لوحات ثنائي الفينيل لمكون واحد يستخدم لتسهيل النمذجة اسم لوحة جانبية

The basic concept of a breakout board is that is takes a single electrical component and makes Usually the electrical component is an integrated circuit (IC). Integrated circuits, it easy to use. as you may know, have pins on them. The pins on an IC can do a multitude of things, but you usually have pins for supply power, pins for providing a ground, pins for receiving an input and

الأسلاك أو لوحة أسلاك محفورة [٦٦] ومع ذلك، فان مصطلح لوحة مطبوعة الأسلاك ما زال تحت المناقشة. ويطلق على لوحات ثنائي الفينيل المعروفة مع المكونات الإلكترونية تجمع الدوائر المطبوعة [٦٧]، السوق العالمية للوحات ثنائي الفينيل المطبوعة تجاوز ٢و٦٠ بليون دولار في عام ٢٠١٤.

❖ الإلكترونيات المطبوعة

الإلكترونيات المطبوعة هي عبارة عن مجموعة من أساليب الطباعة الأساليب المستخدمة في تكوين العناصر الكهربائية على ركائز لمواد مختلفة. يستخدم في الطباعة عادة معدات الطباعة المعروفة والمناسبة لتحديد أنماط على المواد، مثل طباعة الشاشة[٦٨] ، الطباعة النافرة[٦٩] ، الحفر ، الطباعة الحجرية التعويضية[٧٠] ، والطباعة النفاثة للحبر[٧١] . وفقا لمعايير الصناعة الالكترونية، وهي عمليات منخفضة التكلفة.

A breakout board "breaks out" these pins onto a printed circuit pins for sending an output. board that has its own pins that are spaced perfectly for a solderless breadboard, giving you easy access to use the integrated circuit.

٦٦ لوحة مطبوعة الأسلاك أو لوحة أسلاك محفورة

When the board has no embedded components, it is more correctly called a printed wiring board (PWB) or etched wiring board.

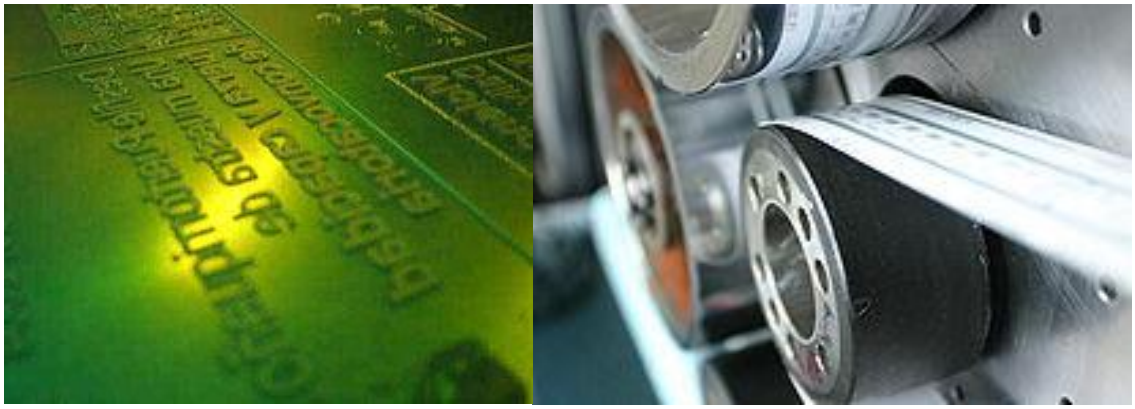
٦٧ يطلق على لوحات ثنائي الفينيل المعروفة مع المكونات الإلكترونية تجمع الدوائر المطبوعة

A PCB populated with electronic components is called a printed circuit assembly (PCA), printed circuit board assembly or PCB assembly (PCBA). The IPC preferred term for assembled boards is *circuit card assembly* (*CCA*)

٦٨ طباعة الشاشة – Screen printing is a printing technique whereby a mesh is used to transfer ink onto a substrate, except in areas made impermeable to the ink by a blocking stencil.

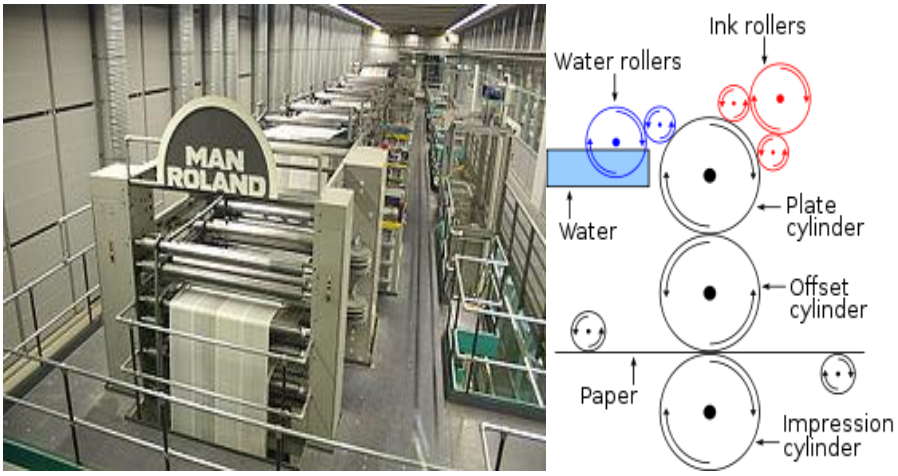
٦٩ لطباعة النافرة– Flexography is a form of printing process which utilizes a flexible relief plate. It is a modern version of letterpress which can be used for printing on almost any type of substrate, including plastic, metallic films, cellophane, and paper.

٧٠ الطباعة الحجرية التعويضية – Offset printing is a commonly used printing technique in which the inkedimage is transferred (or "offset") from a plate to a rubber blanket, then to the printing surface.



الشكل (٦ – ٥٤) الطباعة للهياكل الإلكترونية على الورق وتصميم لطباعة لوحة الطباعة النافرة

يتم ترسيب الأحبار الوظيفية الإلكترونية أو البصرية كهربائيا على الركيزة، لتكوين عناصر إيجابية أو سلبية، مثل ترانزستورات الأفلام الرقيقة . المكثفات. الملفات. المقاومات



الشكل (٦ – ٥٥) منظر جانبي لعملية طباعة الأوفست وتستخدم عدة بكرات الحبر لتوزيع وتجانس الحبر. تغذية مطبعة معدنية

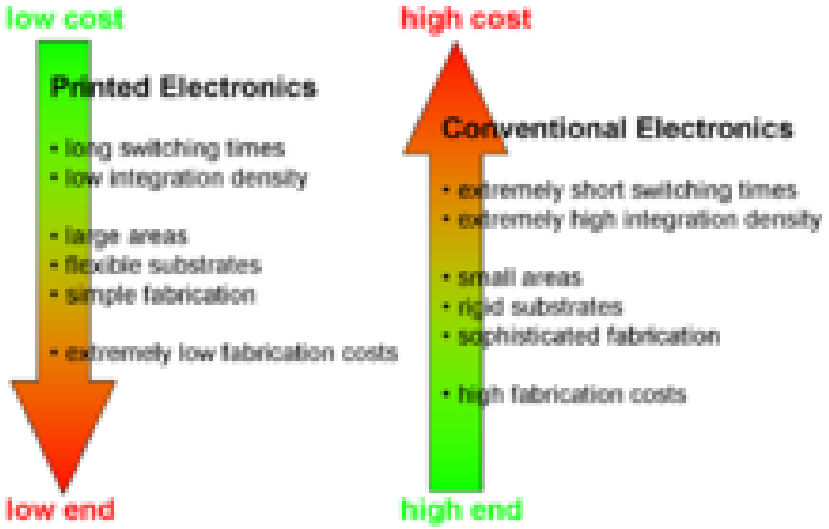
ومن المتوقع أن تساهم الإلكترونيات المطبوعة في انتشار واسع النطاق، بتكلفة وأداء منخفض للتطبيقات مثل شاشات العرض المرنة[٧٢] ، العلامات الذكية[٧٣] ، والملصقات الزخرفية والرسوم المتحركة، والملابس النشطة التي لا تتطلب الأداء العالي.

---

٧١ الطباعة النفاثة للحبر – Inkjet printing is a type of computer printing that recreates a digital image by propelling droplets of ink onto paper, plastic, or other substrates

٧٢ شاشات العرض المرنة – A flexible display is an electronic visual display which is flexible in nature

الشكل (٦ – ٥٦) طابعة نفاثة للحبر – شاشات العرض المرنة – رقائق تعريف صغيرة، هنا بالمقارنة مع حبة الأرز، أدرجت في المنتجات الاستهلاكية، وزرعها في الحيوانات الأليفة، لأغراض تحديد الهوية



الشكل (٦ – ٥٧) مقارنة لتكلفة تصنيع الإلكترونيات التقليدية والإلكترونيات المطبوعة

مصطلح الإلكترونيات المطبوعة غالباً ما يتصل بالإلكترونيات العضوية أو الإلكترونيات البلاستيكية، التي تتألف من حبر واحد أو أكثر من مركبات الكربون. هذه مصطلحات أخرى تشير إلى مواد الحبر، التي يمكن ترسيبها بالعمليات المستندة إلى المحاليل أو المستندة إلى التفريغ الهوائي أو غيرها. الإلكترونيات المطبوعة، على النقيض من ذلك، تحدد. العملية

---

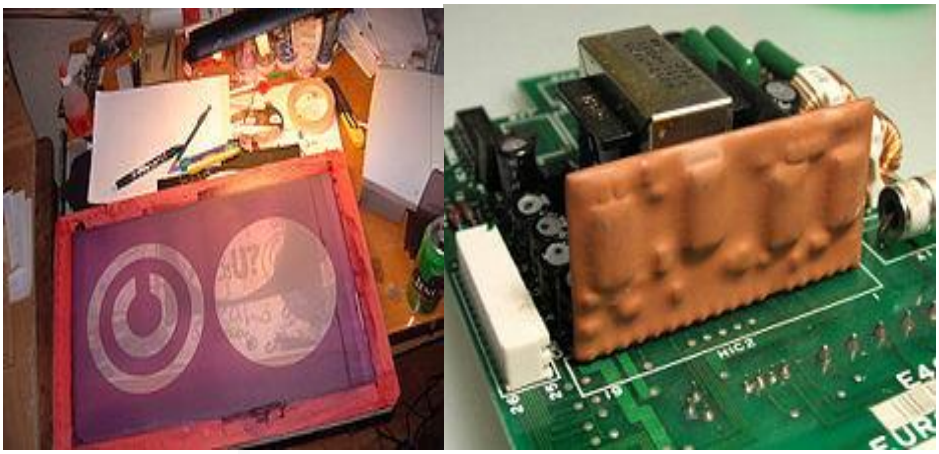
as opposed to the more prevalent traditional flat screen displays used in most electronics devices.

٧٣ العلامات الذكية – Radio-frequency identification (*RFID*) uses electromagnetic fields to automatically identify and track tags attached to objects. The tags contain electronically stored information

بشروط محددة لعملية الطباعة التي تم اختيارها، يمكن استخدام أي محاليل مواد وهذا يشمل أشباه الموصلات العضوية وغير العضوية من أشباه الموصلات، الموصلات المعدنية، الجسيمات النانوية، الأنابيب النانوية، إلخ. أهم فائدة للطباعة انخفاض التكاليف مع حجم التصنيع التي تمكن استخدامها في مزيد من التطبيقات لا تؤثر على الأداء مثال على ذلك الثنائيات الباعثة للضوء والطباعة على ركائز مرنة تسمح بوضع العناصر الالكترونية على الأسطح المنحنية، على سبيل المثال، وضع خلايا شمسية على أسطح السيارة ، يتضح أن تكاليف أشباه الموصلات التقليدية أعلى من ذلك بكثير من خلال توفير أداء أعلى.

❖ ترسيب النحاس على لوحات ثنائي الفينيل

الخطوة الأولى هي تكرار النمط في برامج "التصنيع بمساعدة" الحاسوب [٧٤] على قناع واقيا على طبقات النحاس في لوحة ثنائي الفنيل المطبوعة. لاحقا يتم إزالة النحاس غير المرغوب فيها. بدلا من ذلك، يمكن نفخ الحبر الموصل على الأجزاء الفارغة الغير موصلة على اللوحة، وتستخدم هذه التقنية أيضا في صناعة الدوائر الهجينة[٧٥].

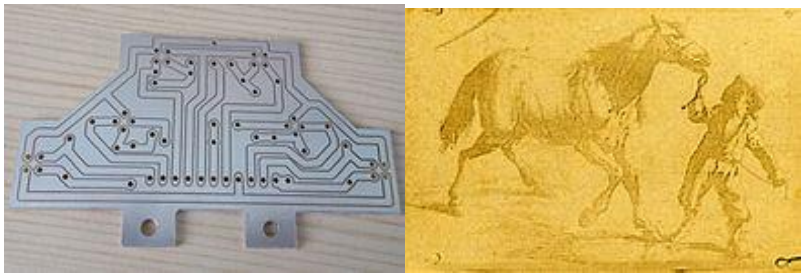


الشكل (٦ – ٥٨) لوحة مطبوعة لدائرة الكترونية هجينة – تصميم طباعة الشاشة الحريرية

٧٤ برامج "التصنيع بمساعدة" الحاسوب – Computer Aided Manufacturing *software*

٧٥ الدوائر الهجينة – A hybrid integrated circuit, HIC, hybrid microcircuit, or simply hybrid is a miniaturized electronic circuit constructed of individual devices, such as semiconductor devices e.g. transistors and diodes and passive components e.g. resistors, inductors , transformers, and capacitors, bonded to a substrate or printed circuit board (PCB).

طباعة الشاشة الحريرية[٧٦] **تستخدم الأحبار المقاومة لحفر وإنشاء قناع وقائي. تستخدم تقنية الحفر بقناع ضوئي**[٧٧] **ومطور لاختيار طلاء إزالة مقاوم للضوء حساس للأشعة فوق البنفسجية الضوئية وإنشاء قناع مقاومة للضوء وتستخدم تقنيات التصوير مباشرة في بعض الأحيان لمتطلبات عالية الدقة. تقنية تثقيب لوحات ثنائي الفينيل المطبوعة** [٧٨] **تستخدم نظام تثقيب الميكانيكي بمحورين أو ثلاثة محاور لإبعاد رقائق النحاس من الركيزة.** تعمل **آلة تثقيب الدوائر المطبوعة بطريقة مماثلة لألة رسم تلقي الأوامر من برنامج مضيف يتحكم في موضع رأس الثقب في المحورين السيني والصادي وعند الاقتضاء مع المحور ع.**



الشكل (٦ – ٥٨) أقدم لوحة بتقنية الحفر بقناع ضوئي في عام ١٨٢٥– تثقيب لوحة دائرة مطبوعة

مقاومة الاجتثاث ب**الليزر من خلال رذاذ الطلاء الأسود على صفائح النحاس، يضع في** ليزر راسم **التصنيع باستخدام الحاسب الآلي .** ي**فحص الراسم لوحة ثنائي الفينيل المطبوعة ويقوم بتسخين وتبخير الطلاء حيث لا توجد مقاومة. مع ملاحظة أنه من النادر ما**

---

٧٦ طباعة الشاشة الحريرية – **Screen printing is a printing technique whereby a mesh is used to transfer ink onto a substrate, except in areas made impermeable to the ink by a blocking stencil.**

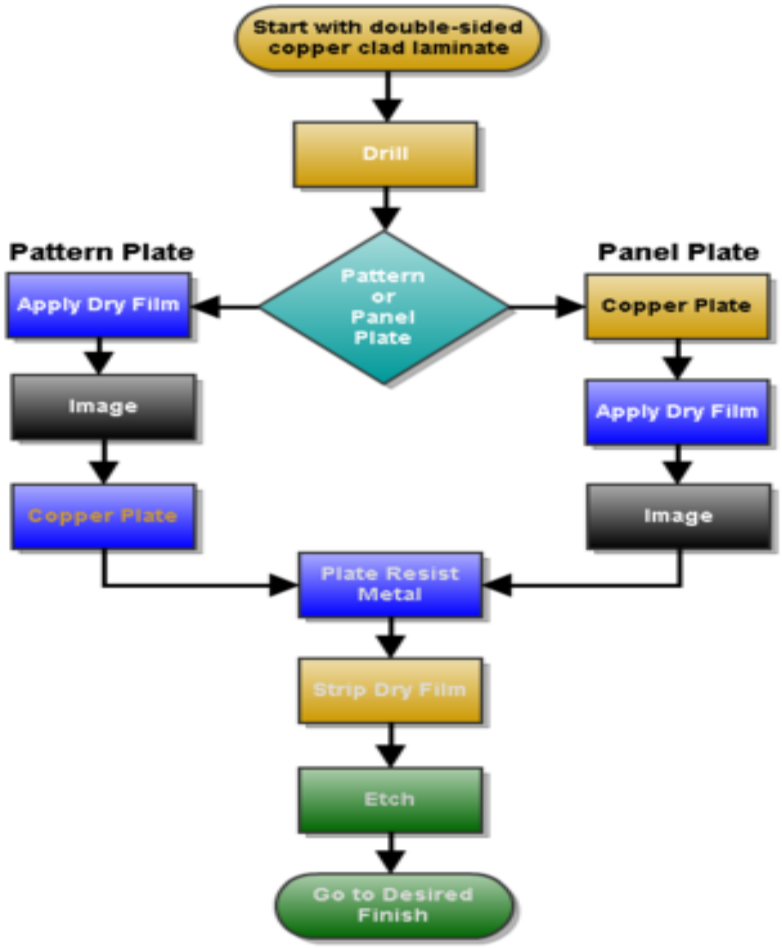
٧٧ الحفر بقناع ضوئي – **Photoengraving is a process that uses a light-sensitive photoresist applied to the surface to be engraved to create a mask that shields some areas during a subsequent operation which etches, dissolves, or otherwise removes some or all the material from the unshielded areas. Normally applied to metal, it can also be used on glass, plastic and other materials.**

٧٨ تقنية طحن لوحات ثنائي الفينيل المطبوعة – **Printed circuit board milling (also: isolation milling) is the process of removing areas of copper from a sheet of printed circuit board material to recreate the pads, signal traces and structures according to patterns from a digital circuit board plan known as a *layout file*.**

يتم استخدام الليزر اجتثاث النحاس وتعتبر أسلوب تجريبي. طريقة الاختيار يعتمد على عدد اللوحات المراد إنتاجها. تستخدم الطباعة الحريرية للوحات لثنائي الفينيل المطبوعة للأشكال الكبيرة ويستخدم الحفر الضوئي للوحات لثنائي الفينيل المطبوعة – عند الحاجة لأشكال الدقيقة – كما تستخدم الطباعةعلى فيلم شفاف واستخدامه كقناع لمتطلبات اللوحة ثم إزالة بدلا من استخدام راسم الفيلم.

- **الليزر مقاومة الاجتثاث**
- **تقنية تثقيب اللوحات المطبوعة**
- **عمليات الاختزال والمضافات وشبه المضافة**

أساليب الاختزال لإزالة النحاس من اللوحات المطلية بالكامل بالنحاس وترك أنماط النحاس المطلوبة فقط. في الأساليب المضافة يتم طلاء الأنماط المطلوبة على الركيزة باستخدام عملية معقدة. مزايا الأساليب المضافة تتطلب مواد أقل وتنتج مخلفات أقل. في تقنية الأساليب المضافة الكاملة تغطي اللوحات بفيلم حساس يتعرض للضوء من خلال قناع الذي يزيل الفيلم الغير معرض للضوء. توضع المناطق المكشوفة في حمام كيميائي، وعادة ما تحتوي على البلاديوم والمماثل للمستخدم في الطلاء من خلال ثقب مما يجعل المنطقة المعرضة للضوء قادرة على ربط الأيونات المعدنية. ثم يتم طلاء اللوحات بالنحاس في المناطق المتحسسة. عندما يتم رفع القناع، يتم الانتهاء من المعالجة للوحات المطبوعة. تقنية نصف المضافة هي العملية الأكثر شيوعا: اللوحات بدون أنماط لديها طبقة رقيقة من النحاس. ثم يتم يستخدم قناع عكسي خلافا للقناع المستخدم في تقنية أسلوب الاختزال، وهذا القناع يعرض تلك الأجزاء من الركيزة التي من شأنها أن تصبح في نهاية المطاف مسارات. ثم يتم إضافة طلاء نحاس على اللوحة في المساحات الغير المقنعة. يمكن أن يكون طلاء النحاس بالوزن المطلوب. ثم يتم الطلاء بالقصدير والرصاص. يتم رفع القناع بعيدا وتستكمل خطوة الإزالة من النحاس الأصلي على اللوحات، مع عزل المسارات الفردية.



الشكل (٦ – ٥٩) طرقتين للمعالجة لإنتاج برنامج العمل على الوجهين مع الطلاء من خلال الثقوب

الشكل (٦ – ٦٠) خط تصنيع الدوائر المطبوعة

يتم طلاء بعض اللوحات أحادية الجانب من خلال ثقوب. يتم استخدام تقنية (شبه) المضافة عادة في لوحات متعددة الطبقات كما أنه يسهل الطلاء من خلال الثقوب لإنتاج مسارات موصلة في لوحات الدوائر الالكترونية.

يمكن تحديد سمك النحاس في لوحات ثنائي الفينيل المطبوعة كوحدات طولية بالمايكرومتر ولكن في كثير من الأحيان يتم تحديدها بوزن النحاس في مساحة ما وهو أسهل للقياس. يتم الحصول على سمك **٣٤٤ ميكروميتر من وزن كل اوقية لكل قدم مربع. وتستخدم صناعة لوحات الدوائر المطبوعة النحاس الثقيل على هيئة طبقات تتجاوز ثلاث أوقيات من النحاس، أو ما يقرب من ١٠٥ ميكرون سمك.** يستخدم **المصممين والمصنعين غالبا النحاس الثقيل عند تصميم وتصنيع لوحات الدوائر من أجل زيادة القدرات الاستيعابية للتيار فضلا عن مقاومة الجهود الحرارية. طلاء النحاس الثقيل ينقل الحرارة إلى وحدات امتصاص الحرارة خارجية. يصل سمك النحاس على الركيزة الشائعة (أف أر – ٤) ٣٥ ميكرون المعتاد. السمك بين ١٨ الى ٧٠ ميكرون يعتبر سمك اختياري طبقا لاحتياجات التشغيل في كثير من الأحيان.** اللوحات المطبوعة ال**أقل شيوعا هي ١٢ – ٥و١٠ – ٩ ميكرون متوفرة في بعض الأحيان على بعض الركائز المرنة.** يستخدم **في لوحات أجهزة الطاقة العالية النحاس سمك٣٥ ميكرون ويتاح أيضا دوائر مطبوعة يصل سمك مسارات النحاس الى ١٤٠، ويمكن أن يكون مصادفة ٤٠٠ ميكرون.**

٦ – ١٠ مقياس الميل أو الميل

هو أداة لقياس زوايا المنحدرات (أو الميول)، ارتفاعات [٧٩] أو انضغاط [٨٠] **كائن بالنسبة الى الجاذبية. ويمكن تعريفها بأنها *جهاز* قياس الميول** [٨١]**،** أو **مؤشر الميل، في حالة تأهب**

---

٧٩ ارتفاعات – **The elevation of a geographic location is its height above or below a fixed reference point, most commonly a reference geoid, a mathematical model of the Earth's sea level as an equipotential gravitational surface (see Geodetic system, vertical datum). Elevation, or geometric height, is mainly used when referring to points on the Earth's surface, while altitude or geopotential height is used for points above the surface, such as an aircraft in flight or a spacecraft in orbit, and depth is used for points below the surface**

٨٠ انضغاط – **A depression in geology is a landform sunken or depressed below the surrounding area. Depressions may be formed by various mechanisms.**

المنحدر، وقياس المنحدر، متر الانحدار، وقياس **مستوى، مستوى متر**، ومؤشر **لفة. قياس كل من يميل (المنحدرات إيجابية، كما يراها مراقب تبحث صعودا) وانخفاض (المنحدرات السلبية، كما يراها مراقب نزولي) باستخدام ثلاث وحدات مختلفة للقياس: درجة ، في المئة ، وتوبو . الأسطر لاب. هي أجهزة قياس الميل التي كانت تستخدم للملاحة وتحديد مواقع الأجرام الفلكية من العصور القديمة وحتى عصر النهضة. يستخدم في مجال الطيران كمحور دوران أو مؤشر دوران** [٨٢]

الشكل (٦ – ٦١) فرجار مع مقياس الميل ونموذج عسكري

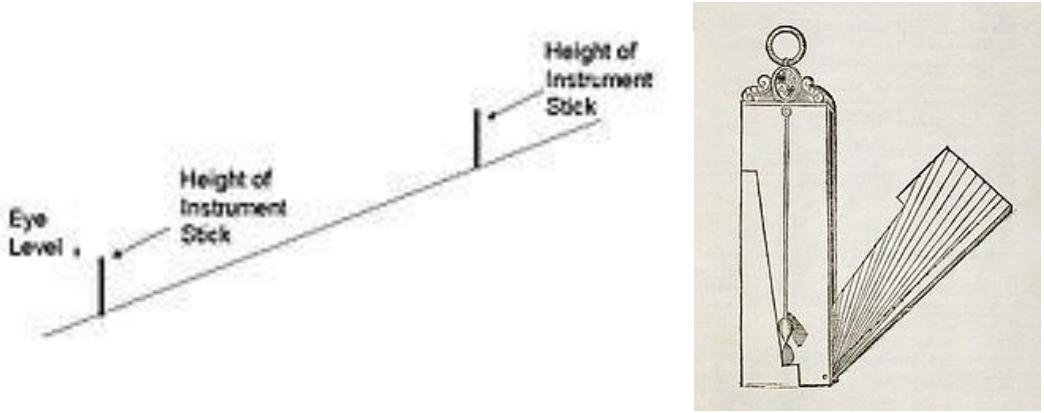
---

٨١ ***جهاز* قياس الميول ويمكن تعريفها بأنها *جهاز* قياس الميول** [٨١]، أو مؤشر الميل، **في حالة تأهب المنحدر، وقياس المنحدر، متر الانحدار**، وقياس **مستوى، مستوى متر**، ومؤشر **لفة. قياس كل من يميل (المنحدرات إيجابية، كما يراها مراقب تبحث صعودا) وانخفاض (المنحدرات السلبية، كما يراها مراقب نزولي)** – **A tiltmeter is a sensitive inclinometer designed to measure very small changes from the vertical level, either on the ground or in structures.[1] Tiltmeters are used extensively for monitoring volcanoes, the response of dams to filling, the small movements of potential landslides, the orientation and volume of hydraulic fractures, and the response of structures to various influences such as loading and foundation settlement. Tiltmeters may be purely mechanical or incorporate vibrating-wire or electrolytic sensors for electronic measurement. A sensitive instrument can detect changes of as little as one arc second.**

٨٢ **مجال الطيران كمحور دوران أو مؤشر دوران** – **The turn coordinator (TC) is a further development of the turn and slip indicator (T/S) with the major difference being the display and the axis upon which the gimbal is mounted. The display is that of a miniature airplane as seen from behind.**

الشكل (٦ – ٦٢) تيلت ميتير تستخدم للتنبؤ بالثورات البركانية بقياس التغيرات الصغيرة جداً في التشكيل الجانبي للجبل – أسطرولاب مصنوع في باريس، ١٤٠٠

تشمل أجهزة مقياس الميل مثل جهاز ميل ويلز الأجزاء الأساسية ذات جانب مسطح أو قاعدة التي يقف عليه، وقرص أجوف مملوء لمنتصفه ببعض السوائل الثقيلة. ويحيط وجه الزجاج القرص بواسطة مقياس متدرج الذي يحدد الزاوية التي يقف عليها سطح السائل بالنسبة الى قاعدة مسطحة. خط الصفر موازي للقاعدة، وعندما يقف السائل على هذا الخط، فإن الجانب المسطح يكون أفقيا ٩٠ درجة عمودي إلى القاعدة، وعندما يقف السائل على هذا الخط، فيكون الجانب المسطح عمودي أو راسيا. يتم وضع علامة زوايا التدخل، وبمساعدة بسيطة ب جداول تحويل ، يشير الجهاز الى معدل السقوط في مسافة معينة من المقياس أفقيا، وتعيين المسافة من خط مائل.



الشكل (٦ – ٦٣) رسم لمقياس الميل بمتحف جاليليو في فلورنسا

❖ **استخدام قياس المنحدر مع مقياس الميل كلينومتر**

يعتبر حساب المثلثات ضروري عند استخدام مقياس الميل كلينومتر في الغابات، أولا يقيس المراقب خط مستقيم لمسافة ما من نقطة مراقبة س ثم، باستخدام مقياس الميل، يقيس المراقب زاوية بين النقطة س **والجزء العلوي من البداية. ثم يكرر المراقب نفس الشيء لزاوية ب بين النقطة س والجزء السفلي من نهاية الخط المستقيم. بضرب المسافة مع الظل الزاوية للارتفاع في النقطة (أ)، والظل للنقطة (ب) يمكن الحصول على الارتفاع.**

❖ **تكنولوجيا الاستشعار**

يولد جهاز استشعار الميل[٨٣] الأفق الاصطناعي[٨٤] وقياس الميل الزاوي بالنسبة الى هذا الأفق وتستخدم في الكاميرات، والتحكم في حركة الطائرات، وأنظمة الأمن في السيارات، وبعض مفاتيح التبديل الخاصة ، وتستخدم أيضا لتسوية منصة، والزوايا ، وغيرها من التطبيقات التي تتطلب قياس الميل. مواصفات هامة يجب مراعاتها عند البحث عن أجهزة استشعار الميل هي نطاق زاوية الميل وعدد المحاور (التي عادة ما تكون، ولكن ليس دائما، متعامدة). نطاق زاوية الميل هو نطاق الخرج الخطي المطلوب. تطبيقات مشتركة لأجهزة استشعار الميل مثل التسارع، وأجهزة سعة **السوائل [٨٥] ، الكتر ولايت، فقاعة الغاز**

---

٨٣ جهاز استشعار الميل – **A tilt sensor can measure the tilting in often two axes of a referenceplane in two axes. In contrast, a full motion would use at least three axes and often additional sensors. One way to measure tilt angle regarding the earths ground plane, is to use an accelerometer. Typical applications can be found in the industry and in game controllers.**

٨٤ الأفق الاصطناعي – **An attitude indicator (AI), also known as gyro horizon or artificial horizon or attitude director indicator (ADI, when it has a Flight Director), is an instrument used in an aircraft to inform the pilot of the orientation of the aircraft relative to Earth's horizon. It indicates pitch (fore and aft tilt) and bank (side to side tilt) and is a primary instrument for flight in instrument meteorological conditions.**

٨٥ أجهزة سعة السوائل – **Liquid capacitive inclinometers are Inclinometers whose**

في السائل، والبندول. كما تم تنفيذ تكنولوجيا استشعار الميل في ألعاب الفيديو مثل يوشي العالمي للجاذبية[٨٦] وميل سقطة كريبي[٨٧] كلاهما تتمحور حول آلية استشعار الميل، وتم تسجيلها أجهزة الألعاب ٣[٨٨] باستخدام أجهزة التحكم في ألعاب الميل كوسيلة لألعاب الفيديو. وتستخدم أجهزة الميل أيضا في الهندسة المدنية ، على سبيل المثال لقياس الميل للأرض ليتم البناء عليها. توفر بعض أجهزة الميل واجهة إلكترونية على أساس شبكة منطقة المراقبة[٨٩].

الشكل (٦ – ٦٤) صندوق فنون أوربي – وصندوق فنون أمريكي

---

sensing elements are made with liquid capacitive technology; they are considered gravity based.

٨٦ يوشي العالمي للجاذبية – North America, is a platform game for the Game Boy Advance that wasdeveloped by Artoon and published by Nintendo. It features a built-in tilt sensor, which is used to manipulate the game's environment.

٨٧ ميل سقطة كريبي – Kirby Tilt 'n' Tumble, known in Japan as Korokoro Kirby , is an action puzzle video game published and developed by Nintendo for the Game Boy Color handheld video game console.

٨٨ أجهزة الألعاب ٣ The PlayStation 3 (abbreviated to PS3) is a home video game console developed by Sony Computer Entertainment. It is the successor to PlayStation 2, and is part of the PlayStation brand of consoles. It competed with Microsoft's Xbox 360 and Nintendo's Wii as part of the seventh generation of video game consoles.

٨٩ شبكة منطقة المراقبة

A Controller Area Network (CAN bus) is a vehicle bus standard designed to allow microcontrollers and devices to communicate with each other in applications without a host computer. It is a message-based protocol, designed originally for multiplex electrical wiring within automobiles, but is also used in many other contexts.

جهاز ميل رقمي بمحورين

الشكل (٦ – ٦٥) جهاز ميل رقمي بمحورين

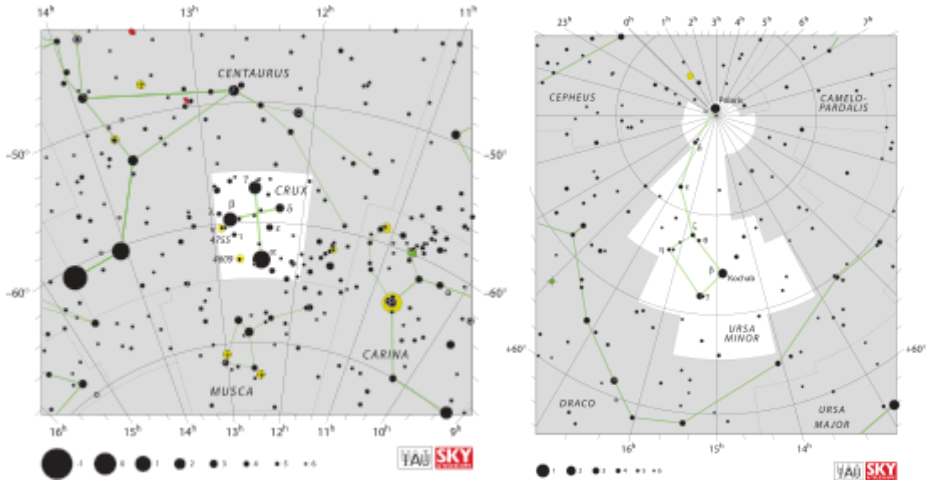
مضمون المستويات التقليدية وأدوات التسوية الإلكترونية التي تستند إلى البندول وعادة ما تكون مقيدة بمحور واحد ونطاق قياس ميل ضيق. ومع ذلك، فإن دقة التسوية، وقياس الزوايا، والمحاذاة ومهام التسطيح والتنميط تكون أساسا ثنائية السطوح بدلا من محورين متعامدين. جهاز الميل بمحورين **الذي يتم إنشاؤه بتقنية النظم استشعار ميل إلكترو ميكانيكية المصغرة (ممس)**[٩٠] **توفر في وقت واحد قراءات زاوية ثنائية الأبعاد مماس لسطح مستوى على الأرض. مزايا نموذجية لاستخدام أجهزة الميل بمحورين على الأجهزة التقليدية ذات المحور الواحد أو أدوات التسوية الميكانيكية ويمكن أن تشمل:**

- **تقنية نظم استشعار الميل إلكترو ميكانيكية المصغرة (ممس) ذات المحورين تمكن من قياس زوايا الميل لمسطح ثنائي الأبعاد في وقت واحد ، وتزيل مشقة التجربة والخطأ (أي الذهاب ذهابا وإيابا) من ذوي الخبرة عند استخدام أجهزة مستويات الميل ذات المحور الواحد لضبط مستوى القواعد المسلحة لتحقيق موقف التسوية الدقيق.**
- **تقنية نظم استشعار الميل إلكترو ميكانيكية المصغرة (ممس) ذات المحورين يمكنها التعويض رقميا ودقة محسوبة للقياسات الغير خطية لاختلاف درجة الحرارة التشغيلية مما أدى إلى دقة أعلى لزاوية أوسع نطاق للقياس الزاوي.**

---

٩٠ النظم استشعار ميل إلكترو ميكانيكية المصغرة (ممس), Microelectromechanical systems (MEMS), alsowritten as micro-electro-mechanical, Microelectromechanical or microelectronic and micro electro mechanical systems and the related micro mechatronics) is the technology of microscopic devices, particularly those with moving parts. It merges at the Nano-scale into nanoelectromechanical systems (NEMS) and nanotechnology.

- **تقنية نظم استشعار الميل إلكترو ميكانيكية المصغرة (ممس) ذات المحورين تنتج بيانات رقمية مجدولة في شكل ملامح الاهتزاز تمكن تثبيت الجهاز لتتبع وتقييم جودة المحاذاة في الوقت الحقيقي والتحقق من بنية الاستقرار الموضعية مقارنة بملامح التسوية قبل وبعد الإعداد .**



الشكل (٦ – ٦٦) خريطة تبين موقع α القفزة الأولى مين وريس (بولا ريس) قرب "القطب الشمالي السماوية". – كوكبة لب تقع في السماء الجنوبية في جزء مشرق من درب التبانة

❖ التطبيقات

- **تستخدم أجهزة فياس الميل في عدة تطبيقات منها:**
- **تحديد خط العرض باستخدام** النجمة اللامعة **بولا ريس**[٩١] **(في نصف الكرة الشمالي) أو النجمتين من نجوم كوكبة لب**[٩٢] **(في نصف الكرة الجنوبي).**

---

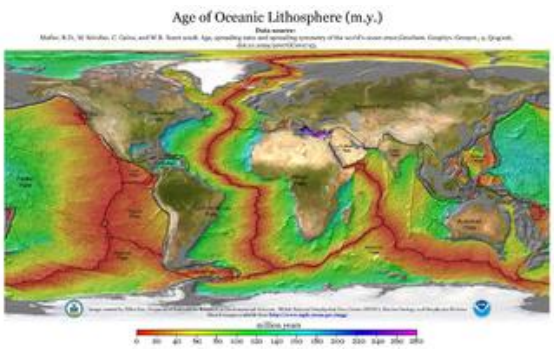
٩١ بولا ريس – Polaris, designated Alpha Ursae Minors (α Ursae Minors, commonly the North Star or Pole Star, is the brightest star in the constellation of Ursa Minor. It is very close to the north celestial pole, making it the current northern pole star. The revised Hipparcos parallax gives a distance to Polaris of about 433 light-years (133 parsecs) while calculations by other methods derive distances around 30% closer.

٩٢كوكبة لب تقع في السماء الجنوبية في جزء مشرق من درب التبانة – Crux is a constellation located in thesouthern sky in a bright portion of the Milky Way. It is among the most easily distinguished constellations, as none of its four main stars has an apparent visual

- تحديد زاوية المجال المغناطيسي للأرض بالنسبة المستوى الأفقي.
- إظهار انحرافا صحيح عن المستوى الرأسي أو الأفقي
- المسح لقياس زاوية الميل أو الارتفاع.
- قياس زوايا الارتفاع، منحدر، أو الميول، على سبيل المثال من أحد السدود.

❖ تشغيل المعدات للميول الزائدة.

قياس الاختلافات الطفيفة في المنحدرات، وخاصة بالنسبة للجيوفيزياء [٩٣]، على سبيل المثال، تستخدم مقياس الميول لرصد البراكين [٩٤]، أو لقياس العمق ومعدل حركة الأرض.



الشكل (٦ – ٦٧) عمر قاع البحر التي يرجع تاريخها من الشذوذ المغناطيسي – بركان كليفلاند في "جزر الوشيان ألاسكا" تصوير من "المحطة الفضائية الدولية"، في مايو ٢٠٠٦

- قياس الحركات في الجدران أو الأرض في مشاريع الهندسة المدنية.
- تحديد تراجع الفرشة أو الطبقة [٩٥]، أو المنحدر من جسور السدود أو عدة قطاعات من

---

magnitude fainter than +2.8, even though it is the smallest of all 88 modern constellations. Its name is Latin for cross, and it is dominated by a cross-shaped or kite-like asterism that is commonly known as the Southern Cross.

٩٣ الجيوفيزياء – Geophysics is a subject of natural science concerned with the physical processes and physical properties of the Earth and its surrounding space environment, and the use of quantitative methods for their analysis

٩٤ البراكين – A volcano is a rupture in the crust of a planetary-mass object, such as Earth,that allows hot lava, volcanic ash, and gases to escape from a magma chamber below the surface.

المستوى العمودي.

- سلامة النظم في بعض السيارات
- تحديد مسافات ودوران المركبات، والزوارق البحرية، والطائرات. بالنظر الى مؤشرات الانزلاق [٩٦].

الشكل (٦ – ٦٨) صورة تظهر بوضوح وجه منسق دورة أثناء معدل قياسي التنسيق للدوران الى اليمين. الانزلاق. الإجراءات التصحيحية اضغط على دواسة "اليسار" على نحو كاف.

- رصد زاوية الازدهار الرافعات ومتناولات المواد.
- قياس "زاوية هوائي الأقمار الصناعية نحو القمر الصناعي.
- ضبط زوايا الخلايا الشمسية المثلى لزيادة كفاءتها
- قياس زاوية المنحدر من الشريط أو من سلسلة خلال قياس المسافة.
- قياس ارتفاع المباني، الأشجار أو مرتفعات أخرى باستخدام زاوية عمودية ومسافة (تحدد عن طريق التسجيل أو السرعة)، وذلك باستخدام حساب المثلثات .
- قياس وتسجيل زاوية الحفر لبئر بشكل جيد [٩٧].

٩٥تحديد تراجع الفرشة أو الطبقة– The strike line of a bed, fault, or other planar feature, is a line representing the intersection of that feature with a horizontal plane

٩٦ مؤشرات الانزلاق – The turn coordinator (TC) is a further development of the turn and slip indicator (T/S) with the major difference being the display and the axis upon which the gimbal is mounted.

- **قياس قائمة السفينة لا تزال في المياه وزاوية الدوران في المياه.**
- **قياس شدة الانحدار لمنحدر التزلج .**

الشكل (٦ – ٦٩) منحدر التزلج في جبال الألب في وادي زيلرتال، النمسا

- **قياس اتجاه الطائرات وتحديد الخطوط[٩٨] في الصخور في توليفة مع بوصلة ، في الجيولوجيا التركيبية[٩٩] .**
- **قياس مدى الحركة في مفاصل الجسم**
- **تتطلب قياس زاوية ميل الحوض[١٠٠] العديد من القياسات للرقبة والظهر بالاستخدام المتزامن لاستقامتين من الميل.**

---

٩٧ قياس وتسجيل زاوية الحفر لبئر بشكل جيد – Well logging, also known as borehole logging is thepractice of making a detailed record of the geologic formations penetrated by a borehole. The log may be based either on visual inspection of samples brought to the surface

٩٨ وتحديد الخطوط – the baseline, the x-height or corpus size, the height of the ascenders and the bottom line of the descenders make up four horizontal (virtual) lines which represent the lineation of handwriting.

٩٩ الجيولوجيا التركيبية – Structural geology is the study of the three-dimensional distribution of rock units with respect to their deformational histories. The primary goal of structural geology is to use measurements of present-day rock geometries to uncover information about the history of deformation (strain) in the rocks, and ultimately, to understand the stress field that resulted in the observed strain and geometries.

١٠٠قياس زاوية ميل الحوض The pelvis (plural pelvis or pelvises) is either the lower part of the

الشكل (٦ – ٧٠) نوع الحوض لإنسان

- **قياس زوايا الارتفاع لمرتفع، وفي نهاية المطاف حوسبة الارتفاعات، لأشياء كثيرة لا يمكن الوصول إليها إلا بالقياس المباشر.**
- **قياس وضبط زاوية من مجموعة خطوط[١٠١] توقف المتحدث. وتأكيد الزاوية عن طريق استخدام الليزر بمقياس الميل بتقنية الاستشعار عن بعد**
- **تحديد الاتجاه الصحيح للألواح الشمسية أثناء التثبيت**
- **تحديد زاوية إطلاق النار من مدفع أو بندقية (يحدد مدى القذيفة)**
- **العاب الكترونيه**

---

trunk of the human body[1] between the abdomen and the thighs (sometimes also called pelvic region of the trunk) or the skeleton embedded in it[2] (sometimes also called bony pelvis, or pelvic skeleton).

١٠١مجموعة خطوط – A line array is a loudspeaker system that is made up of a number of usually identical loudspeaker elements mounted in a line and fed in phase, to create a near-line source of sound.

❖ **مشروع مقياس الميل الرقمي ب أي س ١٦ ف ٨٤** [١٠٢]

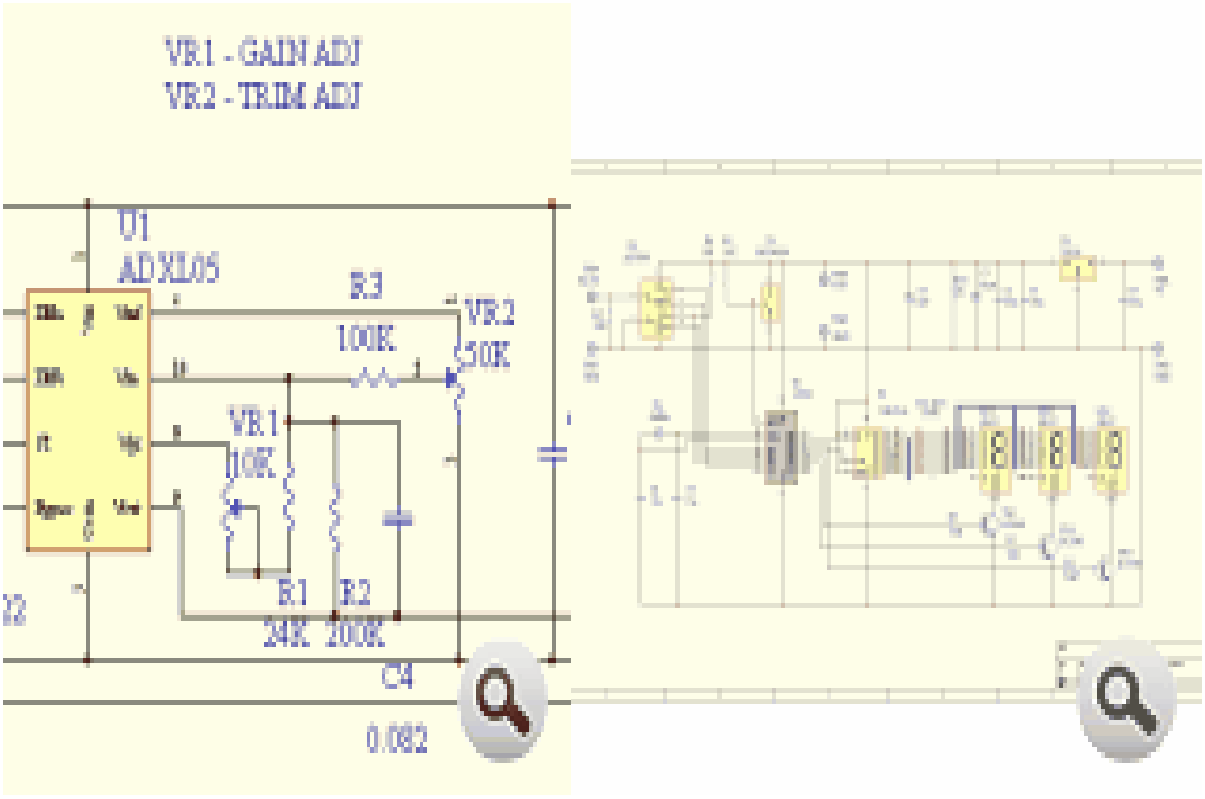
الرقاقة (ب إ س ١٦ ف ٨٤) المستخدمة في جهاز قياس الميل يمكنها **قياس زاوية الميل من المعلومات الواردة من جهاز استشعار الميل عن طريق الدائرة التسارع (أ د إكس ل ٠٥) ويتم عرضها من خلال جهاز تحكم ميكرو رقاقة رقم (٧٤ هـ س ١٦٤) باستخدام برنامج لغة التجميع السابق إعدادها** من **ملفات المخطط المتاحة حيث أن مؤشرات الشاشة يمكنها قياس زاوية الميل استشعار** [١٠٣].

الشكل (٦ – ٧١) مشروع روبوت لمقياس الميل الرقمي وعناصر استشعار الوضع

---

١٠٢ مشروع مقياس الميل الرقمي ب أي س ١٦ ف ٨٤ – DIĞITAL INCLINOMETER PIC16F84 PROJECT

١٠٣ الرقاقة (ب إ س ١٦ ف ٨٤) المستخدمة في جهاز قياس الميل يمكنها **قياس زاوية الميل من المعلومات الواردة من جهاز استشعار الميل عن طريق الدائرة (أ د إكس ل ٠٥) ويتم عرضها من خلال جهاز تحكم ميكرو رقاقة رقم (٧٤ هـ س ١٦٤) باستخدام برنامج لغة التجميع السابق إعدادها** من **ملفات المخطط المتاحة حيث أن مؤشرات الشاشة يمكنها قياس** زاوية الميل استشعار – **Display indicators that could measure the angle of inclination sensor information received through a circuit ADXL05 and 74HC164 microcontroller is displayed on the 7-segment display with PIC assembly language prepared by the software. Asm and portal pcb schema files available**



الشكل (٦ – ٧٢) مكونات دائرة استشعار الميل الرقمي

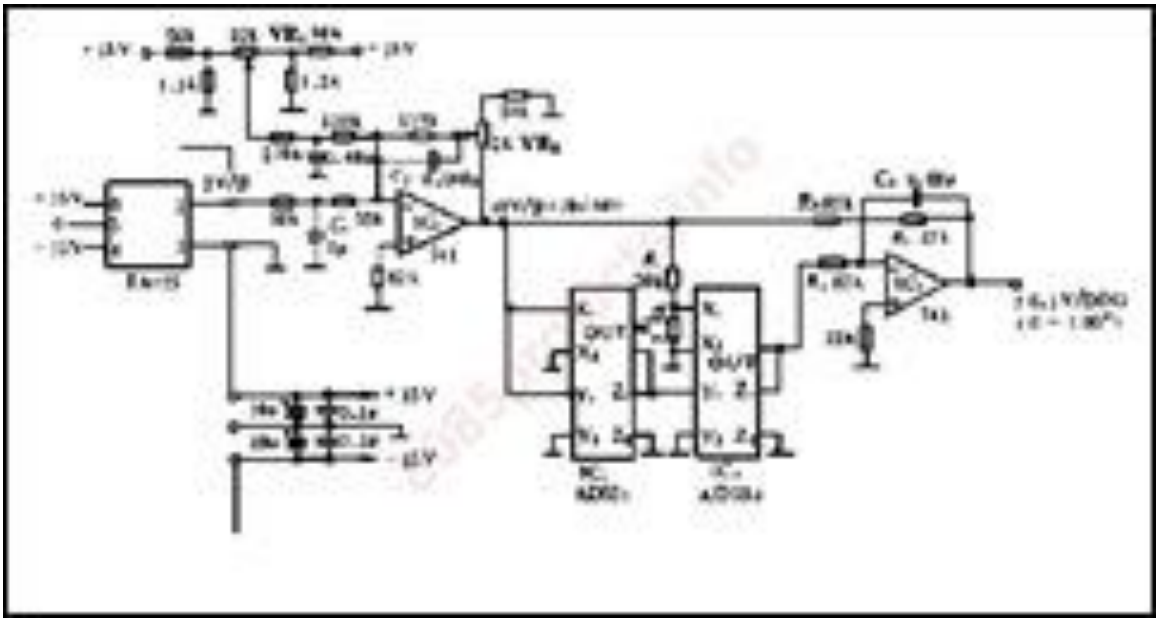
❖ مقياس الميل

يتم تجميع الإشارات التماثلية بواسطة الدائرة التناظرية (أ د ٧٨٩٦ – ١٢ بايت) الى المحول الرقمي. يتلقى جهاز الاستقبال المعلومات الرقمية من هذا الجهاز ويقوم ببعض التحويلات على البيانات بحيث يمكن عرض النتيجة على شاشة العرض مستخدما دائرة فك الشفرة (١٦٤ هـ س ١٦٤) من التوالي الى التوازي [١٠٤]. تستخدم الدائرة جهاز التسارع (أ د إكس ل ٠٥) لاستشعار زاوية الميل. في هذا الترتيب، يمكن زوايا من صفر درجة الى ٨٩،٩ درجة. توفر دائرة مكبر القدرة (ف ر ١) كمية صغيرة من ضبط وتضخيم الصوت، في حين

---

١٠٤ يتم تجميع الإشارات التماثلية بواسطة الدائرة التناظرية (أ د ٧٨٩٦ – ١٢ بايت) الى المحول الرقمي. يتلقى جهاز الاستقبال المعلومات الرقمية من هذا الجهاز ويقوم ببعض التحويلات على البيانات بحيث يمكن عرض النتيجة على شاشة العرض مستخدما دائرة فك الشفرة (١٦٤ هـ س ١٦٤) من التوالي الى التوازي – The analog signal is sampled by an Analog Devices AD7896 12 bit, serial analog to digital converter. The PIC receives digital data from this device and performs some conversions on the data so that it can display the result on the 7 segment displays. A 74HC164 serial to parallel decoder.

توفر دائرة التعديل (ف ر ٢) ضبط الإزاحة والتي يمكن استخدامها كنقطة "الصفر" القراءة[١٠٥].



الشكل (٦ – ٧٣) دائرة تنظيم مستويات

الشكل (٦ – ٧٤) اعداد جهاز التسارع (أ د إكس ل ٠٥) لاستشعار زاوية الميل

---

١٠٥ تستخدم الدائرة جهاز التسارع (أ د إكس ل ٠٥) لاستشعار زاوية الميل. في هذا الترتيب، يمكن زوايا من صفر درجة الى ٨٩،٩ درجة. توفر دائرة مكبر القدرة (ف ر ١) كمية صغيرة من ضبط وتضخيم الصوت، في حين توفر دائرة التعديل (ف ر ٢) ضبط الإزاحة والتي يمكن استخدامها كنقطة "الصفر" القراءة – The circuit uses an *ADXL05* *Accelerometer* to sense the inclination angle. In this arrangement, it can read from 0.0 to 89.9 degrees. VR1 provides a small amount of Gain adjustment, while VR2 provides an Offset adjustment which can be used to 'zero' the reading.

References

1. ***American Geophysical Union (2011). "Our Science". About AGU. Retrieved September 2011.***
2. ***Bozorgnia, Yousef; Bertero, Vitelmo V. (2004). Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering.***
3. ***Chemin, Jean-Yves; Desjardins, Benoit; Gallagher, Isabelle; Grenier, Emmanuel (2006). Mathematical geophysics: an introduction to rotating fluids and the Navier-Stokes equations. Oxford lecture series in mathematics and its applications. Oxford University Press.***
4. ***Davies, Geoffrey F. (2001). Dynamic Earth: Plates, Plumes and Mantle Convection. Cambridge University Press. ISBN 0-521-59067-1.***
5. ***Fowler, C.M.R. (2005). The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics (2 ed.). Cambridge University Press. .***
6. ***"GRACE: Gravity Recovery and Climate Experiment".University of Texas at Austin Center for Space Research. 2011. Retrieved September 2011.***
7. ***Hardy, Shaun J.; Goodman, Roy E. (2005). "Web resources in the history of geophysics". American Geophysical Union. Archived from the original on 27 April 2013. Retrieved September 2011.***
8. ***Kious, Jacquelyne; Tilling, Robert I. (February 1996). "Developing the Theory". This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics. Kiger, Martha, Russel, Jane (Online ed.). Retrieved 13 March 2009.***
9. ***Dalrymple, G. Brent (1994). The age of the earth. Stanford, California: Stanford Univ. Press. ISBN 0-8047-2331-1.***
10. **Reijer Hooykaas,** ***Natural Law and Divine Miracle: The Principle of Uniformity in Geology, Biology, and Theology,*** **Leiden: EJ Brill, 1963.**
11. ***Levin, Harold L. (2010). The earth through time (9th ed.). Hoboken, N.J.: J. Wiley. p. 18***
12. **Fallara, Francine, Legault, Marc and Rabeau, Olivier (2006). 3-D Integrated Geological Modeling in the Abitibi Subprovince (Québec, Canada): Techniques and Applications. Exploration and Mining Geology, Vol. 15, Nos. 1-2, pp. 27**
13. **Berg, R.C., Mathers, S.J., Kessler, H., and Keefer, D. A., 2011. Synopsis of Current Three-dimensional Geological Mapping and Modeling in Geological Survey Organization, Champaign, Illinois: Illinois State Geological Survey, Circular**
14. ***Turner, A. K.; Gable, C. (2007). "A review of geological modelling. In: Three-dimensional geologic mapping for groundwater applications, Workshop extended abstracts," (PDF). Denver, Colorado.***
15. ***"What is a Breakout Board for Arduino?". programmingelectronics.com.***

16. **erkeley.edu/~prabal/teaching/cs194-05-s08/cs194-designflow.pptPrinted Circuit Board Design Flow Methodology**
17. **Tavernier, Karel. "PCB Fabrication Data - A Guide". Ucamco. Retrieved 8 January 2015.**
18. **Vermeire, Filip. "PCB Fabrication Data Example 1". *Ucamco. Ucamco*. Retrieved *7 January* 2015.**
19. ***"The Gerber File Format Specification". Ucamco*. Retrieved *8 January* 2015.**
20. ***"Front-end tool data preparation". Eurocircuits*. Retrieved *2 Sep* 2013.**
21. ***"Making a PCB - Educational movies". Eurocircuits. Eurocircuits*. Retrieved *20 January* 2015.**
22. **Kraig Mitzner, *Complete PCB Design Using OrCad Capture and Layout*, pages 443–446, Newnes, 2011 ISBN 0080549209.**
23. **R. S. Khandpur, *Printed circuit boards: design, fabrication, assembly and testing*, Tata-McGraw Hill, 2005 ISBN 0-07-058814-7, pages 373–378**
24. ***"Inner layer inspection". Eurocircuits*. Retrieved *31 Aug* 2013.**
25. http://www.magazines007.com/pdf/PCB-May2013.pdf%7Ctitle= **Microvia Fabrication: When to drill, When to Blast**
26. ***"Making Holes Conductive". Electronic Chemicals*. Retrieved *5 Sep* 2012.**
27. **"Electro-Brite E-Prep Desmear/Etchback". *OM Group, Inc*. Retrieved 5 Sep 2012 Appendix F Sample Fabrication Sequence for a Standard Printed Circuit Board, Linkages: Manufacturing Trends in Electronics Interconnection Technology, National Academy of Sciences**
Rieker Inc P-1057 Degree Inclinometer
28. ***Avery, T.E.; Burkhart, H.E. (2002). "Height Measurement Principles". Forest Measurements (5th ed.). McGraw-Hill. p. 154.***
29. ***Williams MS, Bechtold MA, LaBau VJ (1994). "Five instruments for measuring tree heights: an evaluation". Southern Journal of Applied Forestry. 18: 76–82.***
30. http://www.jtechmedical.com/Tracker-Freedom-Wireless-Instruments/tracker-freedom-wireless-dual-inclinometry
31. **http://www.quickmedical.com/fabrication-enterprises-j-tech-dualer-iq-inclinometer-12-1059.html**
32. **... http://www.riekerinc.com/**
33. **..http://www.geosense.co.uk/**
34. **.. Gevv, ADXL05 Digital Inclinometer Circuit PIC16F84 last modified on May 6th, 2016**