



الجاذبية الأرضية



أ.د. عبدالله بن محمد العمري
قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

سلسلة العمري العلمية ٥

١٤٣٤هـ - ٢٠١٣م

ج عبدالله محمد سعيد العمري، ١٤٣٤هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
العمري، عبدالله محمد
الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها. / عبدالله محمد العمري
الرياض، ١٤٣٤هـ

٣٤ص: ١٧ × ٢٤سم (سلسلة العمري العلمية : ٥)
ردمك: ٧ - ١٨٣٩ - ٠١ - ٦٠٣ - ٩٧٨
١- الجاذبية الأرضية
أ- العنوان
ديوي ١٥، ٦٢٤
رقم الإيداع: ٣٢٠٩ / ١٤٣٤
ردمك: ٧ - ١٨٣٩ - ٠١ - ٦٠٣ - ٩٧٨

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

الطبعة الأولى ١٤٣٤هـ - ٢٠١٣م
يطلب الإصدار الورقي من المؤلف على العنوان التالي
قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود
ص.ب ٢٤٥٥ - الرياض ١١٤٥١
والإصدار الإلكتروني من الموقع

www.a-alamri.com

وللإستفسارات والملاحظات الاتصال على :

جوال: ٠٥٠٥٤٨١٢١٥ - هاتف: ٤٦٧٦١٩٨ ٠١

البريد الإلكتروني: alamri.geo@gmail.com

amsamri@ksu.edu.sa



«وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِلْمُوقِنِينَ»

الجاذبية الأرضية

أ. د. عبدالله بن محمد العمري

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم

جامعة الملك سعود

سلسلة العمري العلمية (5)

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م



الغاذبية الأرضية

كوكب الأرض

الأرض عبارة عن كرة ضخمة يتكون سطحها من صخور وتربة وماء ويحيط بها الهواء وهي أحد الكواكب السيارة التسعة التي تسير حول الشمس عبر الفضاء وعلى طول مسارات تسمى المدارات. وتقع في المدار الثالث من المجموعة الشمسية. أما الشمس فهي نجم واحد من ملايين النجوم التي تشكل مجرة تسمى **درب اللبانه** ولأرض ثلاث حركات دورانية :

❖ حركة سريعة حول محورها

❖ حركة حول الشمس

❖ حركة عبر درب اللبانه مع بقية النظام الشمسي كل **250 مليون سنة**.

تدور الأرض حول محورها وهذا المحور عبارة عن خط وهمي يصل القطبين الشمالي والجنوبي. هذه الحركة الدورانية السريعة تجعل الشمس وكأنها تتحرك من الشرق إلى الغرب مسببة حدوث النهار والليل على الأرض. وتستغرق الأرض زمناً قدره **23 ساعة و 56 دقيقة و 4.09 ثانية** مرة واحدة حول نفسها وهذا الطول الزمني يطلق عليه **اليوم النجمي**.

تسير الأرض مسافة قدرها **958 مليون كم** حول الشمس في زمن قدره **365 يوم و 6 ساعات و 9 دقائق و 9.54 ثانية**. هذا الطول الزمني يطلق عليه **السنة النجمية**. خلال هذه الفترة تسير الأرض بمعدل سرعة قدرها **107,200 كم/س** ويسمى مسار الأرض حول الشمس المدار الأرضي. ويقع هذا المدار على سطح وهمي منبسط (**المستوى المداري الأرضي**).

تأخذ الأرض شكلاً إهليجياً (بيضاوياً) يبلغ نصف قطرها الأفقي عند خط الإستواء **6378.1 كم** ونصف قطرها العمودي عند الأقطاب **6356.7 كم**



الجاذبية الأرضية

أي أن هناك زيادة قدرها **21.4 كم** عند خط الإستواء وهذه تمثل الشكل الإهليجي أو ثابت التفلطح والذي يقدر بـ **0.0033** والذي تم حسابه من المعادلة :

ثابت التفلطح = نصف القطر الاستوائي - نصف القطر القطبي مقسوماً على نصف القطر الاستوائي.

قال تعالى : (أو لم يروا أنا نأتي الأرض ننقصها من أطرافها) الرعد الآية 41 وهذا يعني أن سطح الأرض غير مستو ففيه قمم عالية، وسفوح هابطة وسهول وهي أطراف طبقاً للتباين في المناسيب، ومن ناحية أخرى فإن الأرض كما ذكرنا شبه كره (مفلطحة)، فلها قطبان ولها خط إستواء فتعتبر هذه أطرافاً لها، والسطح كله يعتبر أطرافاً للأرض. ولقد فسر العلم الحديث أن الأرض تنكمش باستمرار، تنكمش على ذاتها من كل أطرافها أو من كل أقطابها. وسبب الإنكماش الحقيقي هو خروج الكميات الهائلة من المادة والطاقة على هيئة غازات وأبخرة ومواد، سائلة وصلبة تنطلق عبر فوهات البراكين بملايين الأطنان بصورة دورية فتؤدي إلى استمرار إنكماش الأرض، ويؤكد العلماء أن الأرض الإبتدائية كانت على الأقل مائتي ضعف حجم الأرض الحالية.

القوى المؤثرة على الجاذبية

درس الفلكيون القدامى حركة القمر والكواكب ولكن هذه الحركة لم تفسر بشكل صحيح إلا في أواخر القرن السابع عشر عندما أوضح العالم الإنجليزي إسحاق نيوتن (1642 - 1727م) أن هناك ارتباطاً بين القوى الجاذبة للأجسام نحو الأرض وأسلوب حركة الكواكب. بنى نيوتن دراسته على الدراسة الدقيقة لحركة الكواكب والتي قام بها



الجاذبية الأرضية

اثنان من الفلكيين في أواخر القرن السادس عشر الميلادي وهما تيخو براهي الدنماركي ويوهان كيبلر الألماني. ومن القوانين الثلاثة التي اكتشفها كيبلر أوضح نيوتن كيف أن قوة الجذب للشمس لا بد أن تقل بزيادة المسافة وأفترض أن جذب الأرض لا بد أن تسلك ذات السلوك فتمكن من حساب القوة التي تجذب القمر إلى الأرض عند سطحها. أما عالم الطبيعة الإيطالي غاليليو غاليلي (1564-1642م) فقد قدم مساهمات جيدة في مراقبة الأجسام الساقطة تجاه الأرض وإستنتج أن معدل السرعة المتزايد (عجلة الجاذبية الأرضية) ثابتة بالنسبة لكل الأجسام وأن سرعة الجسم الساقط تساوي في الثانية الأولى نصف قيمة عجلة الجاذبية في مكان سقوطه إلى سطح الأرض.

وتنص نظرية نيوتن للجاذبية على أن قوة الجذب بين جسمين تتناسب طردياً مع كتلة كل منهما ومعنى ذلك أنه كلما زادت كتلة أي من الجسمين زادت قوة الجذب بينهما. وتشير النظرية للكتلة وليس للوزن. ووزن جسم ما على الأرض هو في الواقع قوة جذب الأرض التي تؤثر على هذا الجسم ويكون لنفس الجسم أوزان مختلفة على سطوح كواكب مختلفة ولكن كتلته تظل ثابتة. وتتناسب قوة الجاذبية تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بين مركزي ثقل الجسمين، فمثلاً إذا تضاعفت المسافة بين جسمين فإن قوة التجاذب بينهما تصبح ربع قيمتها الأصلية.

$$\text{القوة} = \text{ثابت الجاذبية (G)} \times \frac{\text{كتلة الأرض (M)} \times \text{الكتلة (m)}}{\text{مربع نصف قطر الأرض (R}^2\text{)}}$$

$$\text{حيث ثابت الجاذبية (G)} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$$



الجاذبية الأرضية

وبما أن كتلة الجسم الآخر (m) بالنسبة لكتلة الأرض (M) صغير جداً وبالتالي فإن المعادلة السابقة يمكن كتابتها على النحو التالي :

$$g = G M / R^2$$

حيث g هو تسارع جذب الأرض للجسم وتم تقديرها على حسب المعادلة — 9.82 م/ث^2 ، إذا افترضنا أن متوسط نصف قطر الأرض R هو 6370 كم .

وإذا افترضنا أن الأرض كرة ساكنة (تامة الكروية) وإن توزيع كثافة صخورها متماثلة. فإن القوة المؤثرة في جسم ما على مسافة ما من مركز الأرض تكون واحدة في كل مكان، بمعنى أن قيمة عجلة الجاذبية تكون واحدة. ونظراً لأن الأرض ليست تامة الكروية كما أن لها حركة دوران فإن هذا يعني تغير قيمة عجلة الجاذبية على سطح الأرض.

تسمى وحدة تسارع الجاذبية الأرضية بوحدات $c.g.s$ (1 cm/s^2) جال Gal تشریفاً للعالم جاليليو. مقاييس الجاذبية الحديثة ممكن أن تقيس التغيرات الصغيرة جداً في تسارع الجاذبية إلى جزء واحد من 10^9 (تكافئ قياس المسافة بين الأرض والقمر بدقة 1 متر) .

تصل حساسية الأجهزة الحديثة إلى 10 أجزاء في المليون ، مثل هذه القياسات الصغيرة أدت إلى استنتاج وحدات صغيرة مثل المليجال ($1 \text{ mGal} = 10^{-3} \text{ Gal}$) والميكرو جال $= 10^{-6} \text{ جال}$.

ولأن قيم الجاذبية المطلوبة في التطبيقات الجيولوجية والمساحية تتفاوت دقتها من ± 0.05 مليجال إلى ± 0.03 مليجال، ونظراً لصغر هذه القيمة فإن أجهزة الجرافيمتر يجب أن تكون دقيقة جداً في تصميمها وطرق عملها.



الجاذبية الأرضية

يرى بعض المختصين استخدام مسمى "التناقلية" بدلاً من الجاذبية اشتقاقاً من المصطلح اللاتيني **Gravis** والتي تعني ثقل بينما كلمة جذب فهي **Attraction**.

ولقد ورد ذكر كلمة «ثقل» في الآية (2) من سورة الزلزلة « وأخرجت الأرض أثقالها » وكذلك في الآية (6) من سورة القارعة « فأما من ثقلت موازينه » وكذلك في الآية (37) من سورة التوبة « أثاقلتم إلى الأرض ». وفي قوله تعالى « وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد ومنافع للناس » فالحديد عنصر وافد من الكون ولم يخلق في الأرض لأن تكوين ذرة واحدة من الحديد قد تحتاج إلى طاقة أكبر من طاقة الشمس بأربع مرات.

ولقد دلت الدراسات الجيوفيزيائية الحديثة أن كثافة الصخور تزداد تدريجياً مع إزدياد العمق حيث وجد أن مكونات الأرض في اللب (حديد و نيكل) أثقل منها في الوشاح، وفي الوشاح أثقل منها في القشرة. حيث تبلغ كثافة الصخور حوالى 12 جم/سم³ في اللب بينما في الوشاح 3.5 جم/سم³ وفي صخور القشرة تصل إلى 2.7 جم/سم³.

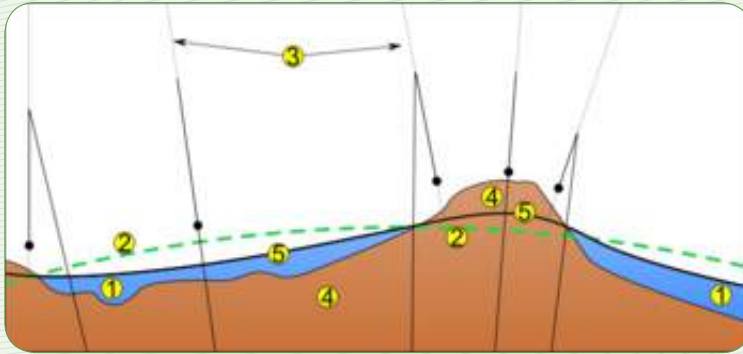
تم حساب قيم الجاذبية عند الأقطاب بـ 983.218 جال بينما قيسست عند خط الاستواء بـ 978.032 جال واستنتج ان هناك فرق قدره 5.2 جال. وهذا الفرق لا يتفق مع القيم التي تم التوصل إليها نظرياً عندما إفترضنا أن الارض كروية الشكل وفي حالة سكون وتوزيع كثافتها متماثل والذي يبلغ 3.4 جال. وهذا الاختلاف ما بين القيمة المحسوبة بواسطة الأجهزة (5.2 جال) والقيمة النظرية (3.4 جال) يدل على أن الأرض تأخذ شكلاً إهليجياً أو بيضاوياً قال تعالى « والأرض بعد ذلك دحاها » الانازعات الآية 30.



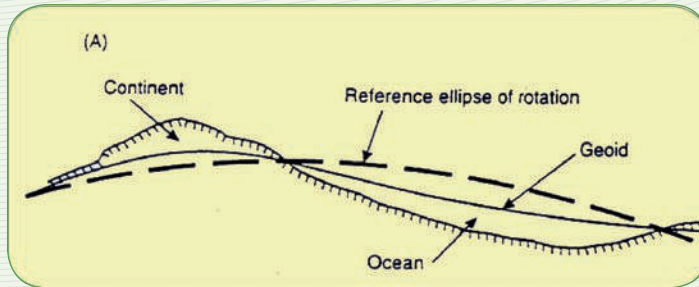
الجاذبية الأرضية

الجيوئد Geoid

الجيوئد هو السطح المتساوي الجهد **Equi-potential surface** والذي ينطبق مع مستوى سطح البحر اذا لم يتغير بالرياح أو المد والجزر وارتفاعه يساوي الصفر. وتكمن أهميته في المسح الجاذبية لأنه أفقي ويشكل زاوية قائمة على اتجاه التسارع الناتج عن الجاذبية في أي مكان من هذا السطح أي أن العلاقة بين اتجاهات السطح والقوى الثلاث (التجاذب وقوة الطرد المركزي والجاذبية) هي ما يعرف بالجيوئد. ويستخدم كمرجع لعمليات التسوية والتحديد الفلكي للانحراف الرأسي بين مستوى الجيوئد والاسفيرويد باستخدام تكامل ستوك **Stokes integral** في أي محطة.



١. المحيط ٢. الجسم الاهليجي ٣. الشاقول المحلي ٤. المحيط ٥. الجيوئد



شكل الجيوئد



الجاذبية الأرضية

التغيرات في قيم الجاذبية

• زيادة الجاذبية مع خطوط العرض :

تزداد قيم الجاذبية بزيادة خط العرض، نظراً لأن سطح الأرض عند القطبين أقرب لمركز الأرض منه عند خط الاستواء بمقدار 21 كم تقريباً، وبالتالي فإن قيمة الجاذبية عند القطبين أكبر (بحوالي 0.7%) من قيمة الجاذبية عند خط الاستواء. وتأثير قوى جذب الأرض وقوى الطرد المركزية يؤدي إلى تغيير في قيمة الجاذبية لتغير خط العرض. أن زاوية خط العرض عند القطبين 90 درجة وعند خط الاستواء صفر درجة وبالتالي ليس هناك تأثير لاختلاف خط العرض في قيمة الجاذبية عند القطبين أو خط الاستواء لان جا صفر = جا 180 = صفر . وتصل القيمة القصوى لتغير قيم الجاذبية مع خط العرض عند 45 درجة حيث جا 90 = 1.

• نقص الجاذبية مع زيادة الارتفاع فوق سطح البحر

كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر كلما أبتعدنا عن مركز الأرض، وبالتالي فإن قانون حساب الجاذبية يصبح

$$g = G M / (R + h)$$

حيث h تمثل الارتفاع عن سطح البحر وتم حساب هذا التغير بـ $0.3086 h$ (mgal/m) .



الجاذبية الأرضية

طرق قياس الجاذبية

هناك طريقتان لقياس قيمة الجاذبية في أي نقطة على سطح الأرض وهما الجاذبية المطلقة والجاذبية النسبية (الطرق الديناميكية)، وكلاهما يتطلب دقة عالية في القراءات المرصودة باستخدام أجهزة الجاذبية المطورة.

الجاذبية المطلقة

يحتاج تحديد تسارع الجاذبية (عجلة الجاذبية الأرضية) كقيمة مطلقة إلى طرق معملية دقيقة وعادة تنفذ فقط تحت الظروف المعملية وتستخدم طريقتين للقياس هما ، طريقة الجسم الساقط وطريقة تأرجح البندول. وتستخدم أجهزة قياس الجاذبية المطلقة للحصول على الجاذبية بدقة عالية في نقاط محددة فوق سطح الأرض وذلك لتعيين نقاط ضبط أساسية ومعايرة أجهزة قياس الجاذبية النسبية وذلك لأن أجهزة قياس الجاذبية المطلقة ثقيلة وقد يصل وزنها إلى **300 كجم** ، ومن الصعوبة نقلها من نقطة إلى أخرى. ومن هذه الأجهزة على سبيل المثال **Faller Hammon** ويستخدم في طريقة السقوط الحر. وحديثاً أمكن قياس الجاذبية المطلقة لدقة تتراوح ما بين ± 0.05 إلى **0.005** مليجال بعد أخذ سلسلة من القراءات لعدة أيام.

الجاذبية النسبية

في الاستكشاف الجاذبي، ليس من الضروري تحديد القيمة المطلقة للجاذبية بل الأكثر هو قياس التغيرات النسبية . فيتم اختيار محطة أساسية (وهي التي ترجع إلى الـ **IGSN71**) وتنشأ محطات جاذبية لشبكة ثانوية .



الجاذبية الأرضية

جميع بيانات الجاذبية التي تجمع من هذه المحطات خلال المسح تنقص بالنسبة للمحطة الأساسية . واذا لم يكن من الضروري حساب القيم المطلقة لـ **g** فيعتبر قيمة الجاذبية عند المحطات الأساسية المحلية تساوي صفر. المسافات البينية بين محطات الجاذبية هامة بالنسبة لتفسير البيانات في الدراسات الإقليمية ، قد توضع المحطات بكثافة من **2** إلى **3** محطة كل كيلو متر مربع ، بينما في استكشافات البترول، قد تزيد كثافة المحطات إلى **8 - 10** لكل كيلو متر مربع . في مسح الدراسات المحلية ، نحتاج إلى دقة عالية للخصائص السطحية ولذلك فان محطات الجاذبية قد توضع في شبكة طول ابعادها من **5** إلى **50** متر . أما عند اجراء الجاذبية الدقيقة **Microgravity** ، فقد تصل المسافة بين المحطات إلى نصف المتر .

الجرافيميتير Gravimeters

الجرافيميتير عبارة عن جهاز صغير وسهل الانتقال من نقطة لأخرى في موقع الرصد. وتعتمد فكرته على سلك زنبركي متعادل يتغير تعادله (توازنه) بتأثير أى قوة إضافية مهما صغرت قيمتها ويمكن قياس مقدار التغير الذي يحدث ومن مميزات جهاز الجرافيميتير سهولته وصغر حجمه وسرعة القراءة ودقته وتنقسم أجهزة الجرافيميتير إلى :

أولاً: الساكن Stable

ثانياً: الغير الساكن Unstable

اجهزة قياس الجاذبية عبارة عن ائزان زنبركي متطور يعلق في اخره كتله ثابتة. وزن الكتلة هي حاصل ضرب الكتلة في تسارع الجاذبية (عجلة الجاذبية الأرضية) . كلما زاد الوزن الذي يعمل على الزنبرك



الجاذبية الأرضية

، فإن كمية الأستطالة في الزنبرك تتناسب طرديا مع قوة التمدد ، أي مع زيادة وزن الكتلة (الوزن يساوي الكتلة ضرب عجلة الجاذبية الأرضية). ثابت التناسب هو ثابت مرونة الزنبرك K هذه العلاقة تعرف بقانون هوك **Hooke** وحيث أن الكتلة ثابتة ، فإن التغيرات في الوزن يكون سببها التغيرات في الجاذبية δg وبقياس التمدد في الزنبرك δl يمكن تحديد اختلافات الجاذبية . وبما ان الأختلافات في الجاذبية صغيرة جدا فان التمدد في أي زنبرك صغير للغاية.



جهاز حديث (الجرافيميتتر) يستخدم لقياس الجاذبية الأرضية من نوع CG-5



الجاذبية الأرضية

الاجراءات الحقلية في الجاذبية

(1) تأثير المد والجزر

يؤثر جذب كل من القمر والشمس على قياسات الجاذبية الأرضية، حيث تقع القياسات تحت تأثير تغير دوري (كل 12 ساعة) في مجال الجاذبية الأرضية يصل الى 0.2 ميلليجال. وجذب القمر أكبر تأثيراً من جذب الشمس على مجال الجاذبية الأرضية. وهناك طريقتان لالغاء تأثير المد والجزر على قياسات اجهزة "جرافيمتر".

الطريقة الأولى هي التكرار الدوري لقياسات الجاذبية الارضية عند نقطة او اكثر من محطات الجاذبية المطلقة او الاساسية, وفي زمن يقل عن 6 ساعات. وفي هذه الحالة فان تصحيح انحراف الجهاز يشمل في الوقت نفسه تصحيح تأثير المد والجزر.

اما الطريقة الثانية فهي استخدام جداول المد والجزر. وتصحيح تأثير المد والجزر، يمكن حسابه بعد اجراء التكرار الدوري للقياسات على نقطتين او اكثر من محطات الجاذبية المطلقة او الاساسية واستخدام الرسم البياني للعلاقة بين تغير قيم الجاذبية الأرضية عند محطات تكرار القياسات وزمن القياسات او باستخدام الحاسبات وبرامج خاصة بتقويم بيانات قياسات الجاذبية الأرضية. ويتيح استخدام الحاسبات وبرامج تقويم البيانات حساب قيم التصحيحات وحساب القيم الصحيحة للجاذبية الارضية عند نقط القياسات. ويجرى تقويم بيانات عجلة الجاذبية الارضية قبل إجراء اي نوع آخر من التصحيحات.

تغييرات المد والجزر تؤثر على كتلة الجرافيمتر التي عادة تتغير في مدى $\pm 0.15\text{mgal}$ من القيمة المتوسطة وقد يصل معدل التغير إلى



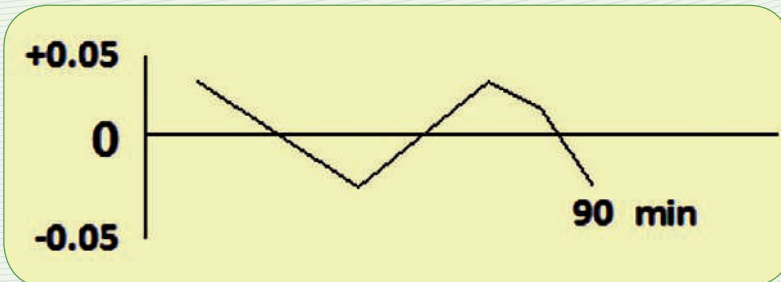
الجاذبية الأرضية

ونظراً لأن هذه القيم تعتبر كبيرة بالنسبة لدقة معظم أجهزة الجرافيميتير (0.01) لذلك يجب التصحيح.

(2) تأثير إزاحة الجهاز

قراءة الجرافيميتير عند أي نقطة تعتمد على (dial scale) وتعتمد على العلاقة بالقيمة المطلقة للجاذبية عند هذه النقطة. إذا نقل الجرافيميتير لبضع ساعات أو حتى ترك في مكان واحد ثم يقرأ مرة أخرى فيما بعد عند نفس المكان يلاحظ تغير في القراءة. إذا أخذت قراءات إضافية عبر فترة من الساعات في نفس المكان ثم رسمت الجاذبية مقابل الزمن سوف نجد أن النقط تميل للسقوط على منحنى أملس. هذا التغير المستمر في قراءات الجاذبية مع الزمن يعرف بـ "drift" نظراً لأن زنبرك الجرافيميتير ليس مرناً عاماً ولكنه معرض لتغيير بطيء عبر الفترات الطويلة.

الطريقة المعتادة لتصحيح الانحراف التدريجي هو تكرار القراءات عند محطة الأساس في فترات من 1-2 ساعة. من منحنى الانحراف نحصل على قراءة الأساس والتي نطرحها من قراءة المحطة لنحصل على فرق الجاذبية.



تأثير إزاحة الجهاز



الجاذبية الأرضية

بما أن جميع قراءات الجرافيمتر ذات تدرج عشوائي لذلك تكون المعايرة ضرورية لكي نعبر عن هذه التدرجات بالمليجال. الطريقة المعتادة لإختبار ثابت المعايرة هي قراءة الجرافيمتر عند محطتين يكون فرق الجاذبية بينهما معروف بدقة من قياسات البندول. بعد تصحيح الانحراف التدريجي، نحصل على فرق الجاذبية بين نقطة المشاهدة ومحطة الأساس بضرب القراءة في معامل المعايرة للجرافيمتر وبمعلومية الفرق في الجاذبية يمكن حساب الجاذبية المطلقة عند نقطة المشاهدة من الجاذبية عند محطة الأساس المعروفة.

(3) المسافة بين المحطات

يخطط لوضع محطات الجرافيمتر، كلما أمكن، في أركان مربع، طول الشبكة (S) تعتمد أساساً على العمق (H) بحيث $(S \leq H)$. في المسح الواسع، تتراوح S من بضع كيلومترات إلى عشرات الكيلومترات، أما في المدى الصغير تتراوح S من 10 إلى 100 متر وبالنسبة لإستكشافات البترول يكون المدى حوالي 1 كيلومتر. نحاول أن نتجنب وضع المحطات بالقرب من الاشكال الطبوغرافية التي قد تؤثر بشكل كبير على قراءات الجرافيمتر.

(4) إنشاء محطة القاعدة

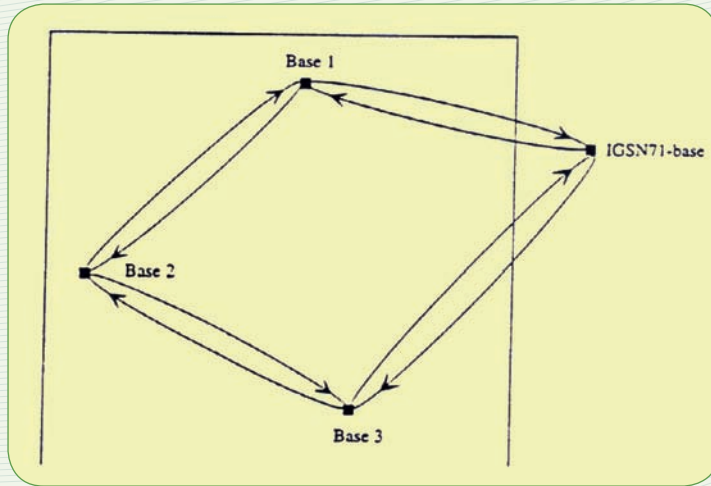
عادة من المفضل ربط قياسات الجاذبية بنوع ذو جاذبية مطلقة معروفة بدقة لذلك يجب أن نجد أقرب IGSN71 أو FGBS المحلية ثم ننسب القياسات إلى قيم IGSN71 أو FGBS بالرغم من أن ذلك ليس ضرورياً للمسوحات المحدودة المحلية لأن هذه المسوحات تبحث عن تغييرات



الجاذبية الأرضية

الجاذبية. ولكن بالنسبة للأغراض البحثية، يفضل ربط المحطات بالـ **IGSN71** لعمل ذلك، نفترض معدل انحراف تدريجي خطي والفترات الزمنية البينية قصيرة بحيث أن تغييرات المد والجزر تدخل في منحنيات الانحراف التدريجي كتغييرات خطية.

طريقة التكرار تبدأ عند محطة **IGSN71** وبعد الحصول على قراءة هناك تعتبر محطة القاعده **1** ثم تتابع بالعودة إلى محطة **IGSN** التسلسل يعطي فروق الجاذبية النسبية بين المحطتين بعد تصحيح الانحراف التدريجي. وبما أن قيم الجاذبية المطلقة معروفة في محطة أـ **IGSN71** إذن نعرف القيمة المطلقة للجاذبية في محطة القاعده **2**. وهكذا نحدد قيمة الجاذبية المطلقة عند محطة القاعده **3**. العملية النهائية تستخدم محطة القاعده **3** لمعرفة قيمة المحطة أـ **IGSN71**. نادراً ما تكون هذه القيمة مثل القيمة المنشأة أصلاً والفرق يعطي مؤشر لكمية الخطأ في قياسات محطة القاعده من **1** إلى **3**.





الجاذبية الأرضية

(5) تحديد الارتفاعات

يجب معرفة ارتفاع المحطات في مدى من 25-30 سم لكي تحتفظ قيم شذوذ بوجير **Bouguer** بدقة أفضل من 0.1 ملليجال. تبين الخرائط الطبوغرافية مواقع علامات المنصات (**Benchmarks**) وهي نقط مقاسة الارتفاع بدرجة عالية من الدقة. علامات المنصات هي أنبوب إسطواني من النحاس الأصفر مثبتة في خرسانة وتعتبر نقطة مرجعية للمسح المتنقلة. نقاط أخرى (تسمى نقط الارتفاع) توضح على معظم الخرائط الطبوغرافية وهي نقط تم تحديد الارتفاعات عندها. بالرغم من أن هذه النقط توضع في مواقع سهلة التعريف مثل تقاطع الطرق إلا أن النقطة نفسها لا تعرف في الحقل وبالتالي فهناك احتمال خطأ كبير. حديثاً يستخدم نظام تحديد المواقع العالمي **GPS**.

تصحيح بيانات الجاذبية الأرضية

تتأثر الأرض بقوى التجاذب من القمر والشمس وعلى ضوء ذلك يحصل لها تشوهات من فترة لأخرى. مما يترتب عليه تأثير قيم الجاذبية عند أى نقطة بهذه التشوهات. علاوة على ذلك تتغير قيمة الجاذبية من موقع لآخر. وتتغير القراءات أيضاً في نفس الموقع. وهذا الفرق يعرف بشذوذ الجاذبية وضروري تفسيره لمعرفة مكونات باطن الأرض. على ضوء هذه التغيرات تصحح قراءات الجاذبية الأرضية للعوامل التالية:

- ❖ قوة جذب الأرض.
- ❖ قوة الطرد المركزية (تكون أعلى ما يمكن عند خط الإستواء).
- ❖ نصف قطر الأرض عند خط الإستواء أكبر منه عند الأقطاب.
- ❖ شكل الكتل الأرضية وتغير طبوغرافية الأرض من موقع لآخر.



الجاذبية الأرضية

- ❖ موقع جهاز الرصد من مستوى سطح البحر.
- ❖ تغير كثافة الأجسام بين جهاز الرصد ومستوى سطح البحر.
- ❖ الجذور الخفيفة الكثافة للمقارات والجبال العالية.
- ❖ الجذور العكسية العالية الكثافة للمحيطات.

بعد الإنتهاء من إجراء قياسات الجاذبية الأرضية، فإنه لمقارنة هذه القياسات مع قيم الجاذبية القياسية عند نقطة القياس يلزم إجراء بعض التصحيحات على قيم الجاذبية الأرضية المقاسة قبل استخدامها في الأغراض العلمية وتشمل ما يلي :

أولاً تصحيحات لانحراف الأجزاء المرنة بأجهزة القياسات وكذلك تأثير المد والجزر وهي ما يلزم إجراؤها قبل ارجاع قيمة الجاذبية الارضية الى المستوى المرجعي الثابت.

ثانياً تصحيحات تساعد في حساب قيم الجاذبية الارضية وارجاع قيمها الى مستوى ثابت تم اختياره لهذا الغرض (تصحيح خط العرض - الهواء الحر - بوجيير - التضاريس).

(1) تصحيح خط العرض

يعمل هذا التصحيح لإزالة زيادة الجاذبية من خط الإستواء إلى الأقطاب. تتغير الجاذبية مع خط العرض بسبب الشكل الإهليجي للأرض وبسبب السرعة الزاوية لأي نقطة على سطح الأرض تصل الحد الأعلى عند خط الإستواء وتصل إلى الصفر عند الأقطاب.

وكما سبق ذكره أن هناك زيادة قدرها 21 كم في نصف القطر الإستوائي عنه عند الأقطاب وبالتالي نجد أن النقاط بالقرب من خط الإستواء أبعد من مركز الأرض عنها عند الأقطاب مسببة زيادة في الجاذبية من خط



الجاذبية الأرضية

الإستواء بإتجاه الأقطاب. والكتل الأرضية تحت المناطق الإستوائية أكبر منها تحت المناطق القطبية وعلى ضوء ذلك نجد أن تصحيح خط العرض $= 0.812 \sin 2\theta$ مليمجال/كم حيث θ تمثل زاوية خط العرض. هذا التصحيح يطرح أو يجمع لفرق الجاذبية المقاسة اعتماداً على موقع خط عرض المحطة من محطة القاعدة (يجمع التصحيح إذا كانت المحطة شمال محطة القاعدة ويطرح إذا كانت المحطة جنوب محطة القاعدة).

(2) تصحيح الهواء الحر

يهدف تصحيح الهواء الحر على العودة بقيم الجاذبية الأرضية، التي قلت قيمتها مع زيادة الارتفاعات، على قيمتها الحقيقية. وتؤخذ فقط قيمة الارتفاع (ع) في الاعتبار عند إجراء هذا التصحيح. وتضاف قيمة هذا التصحيح الى القيمة المقاسة قبل مقارنتها مع القيمة القياسية لعجلة الجاذبية الارضية.

وقد أخذ في الاعتبار لحساب قيمة هذا التصحيح كروية الأرض وتجانسها ووجد ان قيمة الجاذبية الارضية تقل بمقدار **0.3086** مليمجال/م. أى انه يلزم اضافة تصحيح قدره **0.3086 X** ع مليمجال لقيمة عجلة الجاذبية الارضية المقاسة، حيث ع هي قيمة الارتفاع عن متوسط سطح البحر مقدرة بالمتر. يضاف تصحيح الهواء الحر إلى الجاذبية المقاسة إذا كان موقع المحطة فوق مستوى سطح البحر (أو السطح المرجعي أو محطة القاعدة) وتطرح إذا كان العكس. يتغير تصحيح الهواء الحر قليلاً مع تغير خط العرض من القيمة **0.3086** مليمجال/م عند خط الإستواء إلى **0.3088** مليمجال/م عند القطبين.



الجاذبية الأرضية

بعد اجراء تصحيح الهواء الحر يمكن حساب ما يسمى بشاذات الفراغ بطرح قيمة عجلة الجاذبية النظرية من قيمة عجلة الجاذبية الأرضية المقاسة بعد التصحيح كما يمكن انشاء خرائط تسمى خرائط الهواء الحر.

(3) تصحيح بوجير

يهدف تصحيح البوجير الى العودة بقيمة الجاذبية الأرضية المقاسة الى قيمتها الحقيقية أخذاً في الاعتبار جذب المادة الصخرية بين محطة القياس و سطح الجيويدي (متوسط سطح البحر) بالاضافة الى تأثير الارتفاع نفسه. وقد سمي هذا التصحيح بتصحيح بوجير نسبة الى العالم الرياضي الفرنسي بيير بوجير (1698-1758) الذي حاول تعيين شكل الارض. وتطرح قيمة التصحيح الى القيمة المقاسة في حالة انخفاض محطة القياس عن سطح الجيويدي. فهذا تصحيح تمثل قيم سالبة فوق المناطق الجبلية وقيم موجبة في قيعان البحر عكس تصحيح الهواء الحر.

بعد اجراء تصحيحات البوجير يمكن حساب ما يسمى شاذات البوجير بطرح قيمة عجلة الجاذبية العيارية من قيمة عجلة الجاذبية الارضية المقاسة بعد اجراء كل من تصحيح الفراغ والبوجير كما يمكن انشاء خرائط تسمى خرائط البوجير.



الجاذبية الأرضية

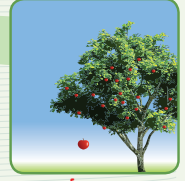
(4) تصحيح التضاريس

لإجراء قياسات دقيقة لعجلة الجاذبية الأرضية، ينبغي وضح تصحيح قيمة عجلة الجاذبية أرضية المقاسة بالنسبة لطبوغرافية المنطقة المحيطة في الاعتبار. ويسمى ذلك تصحيح التضاريس وتستلزم الضرورة إجراء هذا التصحيح للوصول بقياسات عجلة الجاذبية الأرضية الى دقة عالية تتطلبها بعض الدراسات. وتأتي أهمية هذا التصحيح نظرا لأن قيمة تصحيح البوجير تكون عالية نسبيا في حالة قرب محطات قياس الجاذبية الأرضية من الوديان، نظرا لاشتغال تصحيح البوجير على جذب المادة الصخرية. وحيث أن المادة الصخرية غير موجودة، فإنه يلزم إضافة تصحيح التضاريس لإلغاء جذب المادة الصخرية. أيضا في محطات القياس القريبة من الجبال تكون قيمة الجاذبية الأرضية المقاسة أصغر من قيمتها الحقيقية، وبالتالي فإنه يلزم إضافة تصحيح التضاريس للحصول على القيمة الصحيحة.

ويجرى حساب تصحيح التضاريس باستخدام تنظيم خاص يمكن من حساب متوسطات الارتفاعات من الخرائط الطبوغرافية واستخدام معادلات خاصة. ويضاف تصحيح التضاريس لقيمة تصحيح البوجير ويتم انشاء خرائط البوجير بعد إجراء هذه التصحيحات.

(5) تصحيح EOTVOS

عندما يثبت جهاز قياس الجاذبية على ظهر سفينة أو هليكوبتر يتأثر تسارع الجاذبية التي تقاس بالمركبة الرأسية للتسارع **Coriolis** الذي هو دالة في السرعة وإتجاه حركة المركبة ولمعادلة ذلك، تضبط



الجاذبية الأرضية

بيانات الجاذبية بتطبيق تصحيح **Eotvos** والتي سميت على إسم مخترعها الفيزيائي **Eotvos Von** الذي وصف تأثيرها في نهاية الثمانينات. توجد مركبتين لهذا التصحيح، الأولى تسارع طردى مركزي تعمل للخارج مصاحبة لحركة العربة أثناء سفرها فوق السطح المنحني للأرض والثانية هي التغيير في تسارع الطرد المركزي الناتج عن حركة العربة بالنسبة لحركة دوران الأرض حول محورها. في الحالة الثانية، الجسم الثابت على سطح الأرض يسير بسرعة سطح الأرض عند هذه النقطة ويدور حول محور دورانها في إتجاه شرق-غرب. إذا إنتقل هذا الجسم تقل سرعته في إتجاه الشرق (X) وتزيد سرعته بالنسبة للسرعة الدورانية بنفس القيمة. وبالعكس إذا إنتقل بسرعة (Y) في إتجاه الغرب تقل سرعته النسبية بنفس القيمة وبالتالي أى نقل لجهاز قياس الجاذبية والتي لها مركبة في الإتجاه شرق-غرب يكون له تأثير كبير على قياس الجاذبية. بالنسبة لأجهزة قياس الجاذبية المنقولة على السفن يكون تصحيح **Eotvos** في حدود **350 gu** أما بالنسبة لقياس الجاذبية المنقولة جواً، حيث تزيد السرعة عن **90 km/h** (حوالي 50 عقدة) قد يصل تصحيح **Eotvos** إلى **4000** وحدة جاذبية.



الجاذبية الأرضية

التفسير النوعي والكمي للجاذبية

يهدف التفسير الجيولوجي لشاذات الجاذبية الأرضية الى التعرف على سمك وعمق وكثافة التراكيب الجيولوجية المحدثه لهذه الشاذات بالإضافة الى الوحدات التركيبية (التكتونية) السائدة وينقسم التفسير الجيولوجي لشاذات الجاذبية الأرضية الى تفسير وصفي وتفسير كمي. ويقوم التفسير الوصفي لشاذات الجاذبية الأرضية على وصف الشاذات ومدلولاتها الجيولوجية من حيث:

- هيئة وشكل الشاذات وامتدادها الاقليمي والمحلي والتراكيب الجيولوجية المحتمتا تمثيلها لها.
- تغير قيم شاذات الجاذبية الأرضية والتراكيب الجيولوجية المحتمل وجودها.

أما التفسير الكمي لشاذات الجاذبية الأرضية فيقوم على تحديد وتعيين نوعية التراكيب الجيولوجية المحدثه لهذه الشاذات من الفوالق واحواض الترسيب وخلافه ولاجراء هذا النوع من التفسير يجب ان يوضع في الاعتبار عنصران مهمان يتميز بهما مجال الجاذبية الأرضية وهما:

- مجال الجاذبية الأرضية عند نقطة، محصلة لجميع التراكيب تحت السطحية والتي تؤثر في هذا المجال والتي يتم رصدها بأجهزة قياس الجاذبية الأرضية.
- لا يوجد حل أوحد يمكن الحصول عليه من تغير شاذات الجاذبية الأرضية.



الجاذبية الأرضية

تعرف شاذة الجاذبية **Gravity Anomaly** في الدراسات الجيوديسية بأنه الفرق بين قيم الجاذبية المقاسة عند محطة ما و قيمة الجاذبية النظرية حسب المعادلة الدولية عند خط ارتفاع تلك النقطة. وعلى ضوء الهدف من الدراسة هناك نوعان من شاذة الجاذبية :-

1. شاذة الهواء الحر **Free Air Anomaly**

شاذة الهواء الحر = قيمة الجاذبية المحسوبة - الجاذبية النظرية +
تصحيح الهواء الحر.

2. شاذة بوجير **Bouguer Anomaly**

شاذة بوجير = قيمة الجاذبية المحسوبة - الجاذبية النظرية + تصحيح
الهواء الحر - تصحيح بوجير + تصحيح التضاريس.
عموماً شاذة الهواء الحر أصغر من شاذة بوجير. وشاذة بوجير على اليابسة
في معظم الأحيان تكون قيمها سالبة وفي المحيطات تكون موجبة. شاذة
الهواء الحر تعطي معلومات جيدة عن الجاذبية الفعلية على سطح الأرض،
بينما تعطي شاذة بوجير معلومات عن الكتل التحت سطحية.

وللحصول على نتائج مرضية من تفسير شاذات الجاذبية الارضية فانه
يلزم فصل مجال الجاذبية الارضية الى مجال اقليمي (**Regional**) يمثل
التراكيب الجيولوجية العميقة والتي لها امتداد اقليمي، ومجال محلي
Residual أو **Local** يمثل التراكيب الجيولوجية ذات الامتداد المحلي
والتي تتواجد غالباً بالطبقات الرسوبية للقشرة الارضية. وتستخدم
لفصل مجال الجاذبية الارضية طرق مختلفة (يعتمد بعض منها على
تسوية خطوط الكنتور) على خرائط أو قطاعات الجاذبية، ويعتمد البعض
الأخر على طرق رياضية واحصائية. وتجدر الاشارة هنا الى ان مجالات



الجاذبية الأرضية

الجاذبية الأرضية المفصولة تختلف وتباين تبعا للطريقة المستخدمة واختلاف الفروض والمعطيات ويجرى تحليل كل من المجالين الاقليمي والمحلي على حدة لدراسة التراكيب الجيولوجية الاقليمية والمحلية على الترتيب.

أيضا يجب الاستعانة بكل البيانات الجيولوجية والجيوفيزيائية المتاحة للحصول من تفسير شاذات الجاذبية الأرضية على نتائج تمثل بدرجة من الدقة التراكيب الجيولوجية المحدثة لهذا المجال.

وينقسم التفسير الكمي لمجال الجاذبية الأرضية الى قسمين: الأول منها يشتمل على تطبيق عدد من طرق التحليل لشاذات الجاذبية الأرضية مع البيانات الجيولوجية والجيوفيزيائية المتاحة للحصول منها على عمق وسمك وامتداد التراكيب الجيولوجية تحت السطحية، ويسمى ذلك بالتفسير المباشر لشاذات الجاذبية الأرضية اما القسم الثاني فيقوم على مقارنة شاذات الجاذبية الأرضية المحسوبة لعدد من الاشكال المنتظمة او غير المنتظمة والتي يمكنها ان تمثل التراكيب الجيولوجية المحتمل تواجدها تحت السطح، مع شاذات الجاذبية الأرضية المقاسة، ويسمى ذلك بالتفسير غير المباشر لشاذات الجاذبية الأرضية.

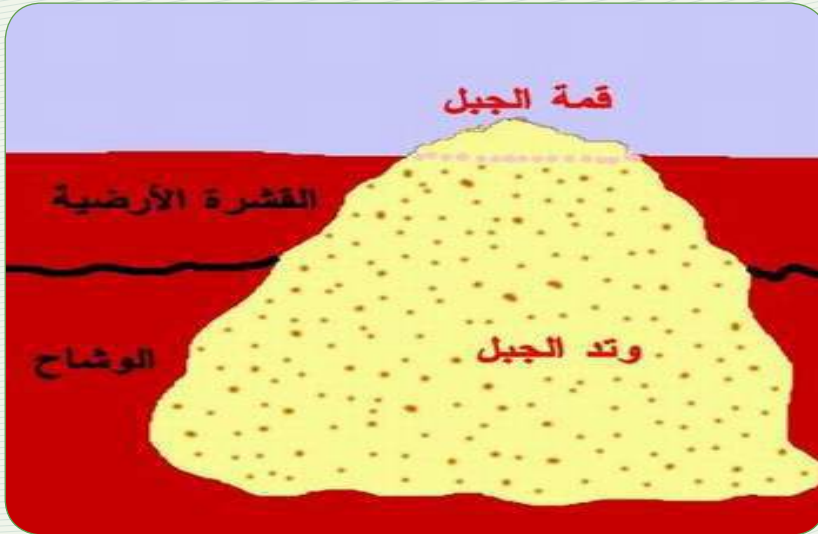


الجاذبية الأرضية

الضغط المتوازن (إيزوستاسي) Isostasy

قال تعالى « ألم نجعل الأرض مهاداً (6) والجبال أوتاداً (7) » النبأ تشير الآية إلى أن الجبال أوتاد للأرض. ومن المعروف أن جزء بسيط من الوتد ظاهر على السطح والجزء الآخر معظمه تحت السطح. لقد أثبتت الدراسات العلمية الحديثة أن للجبال جذوراً ممتدة داخل المنطقة العالية الكثافة لضمان ثباتها وإستقرارها.

وقد أصبحت نظريتي أيري وبرات (1855 م) حقيقة ملموسة مع تقدم المعرفة بتركيب الأرض الداخلي عن طريق إنعكاس وإنكسار الموجات الزلزالية. فقد أصبح معلوماً أن للجبال جذوراً مغروسة في الأعماق قد تصل إلى 8 مرات من إرتفاعها فوق سطح الأرض أو 5 مرات بالنسبة للمحيطات أو البحار.



أوتاد الجبال في باطن الأرض



الجاذبية الأرضية

قال تعالى ” وألقى في الأرض رواسي أن تميد بكم ” لقمان 10 وقال تعالى: ” وجعلنا في الأرض رواسي أن تميد بهم ” الأنبياء 31. وكما تُثبَّتُ السفن بمراسيها التي تغوص في الماء، كذلك تُثبَّتُ قشرة الأرض بمراسيها الجبلية التي تميد جذورها في طبقة لزجة نصف سائلة تطفو عليها القشرة الأرضية.

عندما خلق الله القارات بدأت في شكل قشرة صلبة رقيقة تطفو على مادة الصهير الصخري فأخذت تميد وتضطرب فخلق الله الجبال البركانية التي كانت تخرج من تحت تلك القشرة فترمي بالصخور خارج سطح الأرض ثم تعود فتجذبه إلى الأرض وتتراكم بعضها فوق بعض مكونة الجبال وتضغط بأثقالها المتراكمة على الطبقة اللزجة فتغرس فيها جذراً من مادة الجبل. الذي يكون سبباً لثبات القشرة الأرضية وإتزانها.

حساب عمق التعويض

من المتعارف عليه أن قيم الجاذبية المحسوبة عند أي محطة تتأثر بـ :

- قوة جذب الكتل الجبلية.

- كثافة الكتل الجبلية.

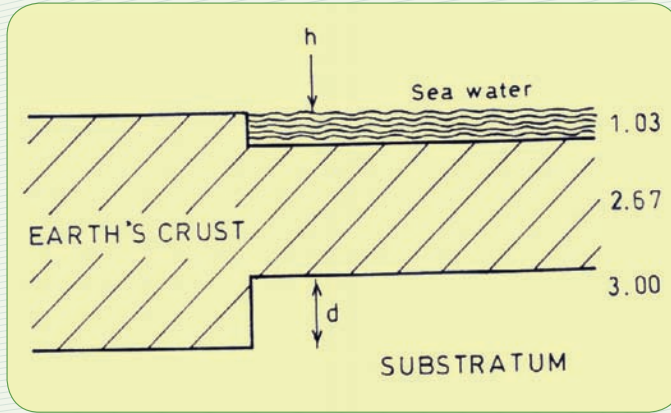
وتزداد كثافة الكتل الجبلية تحت المحيطات والمكونة في الغالب من صخور بازلتية عنها تحت القارات والمكونة في الغالب من صخور جرانيتية.

ويفترض التصحيح المتوازن أن الكتل الأرضية متوازنة وثابتة رغم النتوءات البارزة في بعضها كالجبال والأعماق مثل المحيطات ولكن هناك وعلى عمق يتراوح من 100 إلى 115 كم تقريباً تحت سطح الأرض يوجد المستوى الذي تتوازن فيه كل التأثيرات رغم اختلاف كثافة



الجاذبية الأرضية

المكونات فوق هذا المستوى حتى سطح الأرض وأطلق عليه عمق التعادل **Depth of Compensation (d)** فعلى سبيل المثال لو إفترضنا أن صخور القشرة الأرضية كثافتها f (2.67 جم/سم³) تطفو على مواد أكثر كثافة f^1 (3 جم/سم³) كما هو موضح بالشكل. وإرتفاع الجبال فوق سطح الأرض (h) نجد أن العمق الذي تتوازن عنده الكتل تحت القارات (d) يعادل تقريباً 8 أضعاف إرتفاع الجبال فوق سطح الأرض.



$$d = 2.67 / (3.0 - 2.67) \approx 8 h$$

أما بالنسبة لحساب عمق التعادل (d) تحت المحيطات فنجد أن كثافة مياه البحار 1.03 جم/سم³ وفرق الكثافة بين مياه البحار وصخور القشرة تحسب على النحو التالي كما في الشكل أعلاه.

$$d = (2.67 - 1.03) / (3.0 - 2.67) \approx 5 h$$



الجابية الأرضية

نستنتج من ذلك أن عمق التعويض تحت المحيطات h 5 بينما تحت القارات h 8.

فلو كان معدل عمق المحيطات في العالم 4 كم تقريباً فإن هذا يعني أن سمك القشرة المحيطية يجب أن تكون أقل سماكة من القشرة القارية بمقدار 20 كم على الأقل.

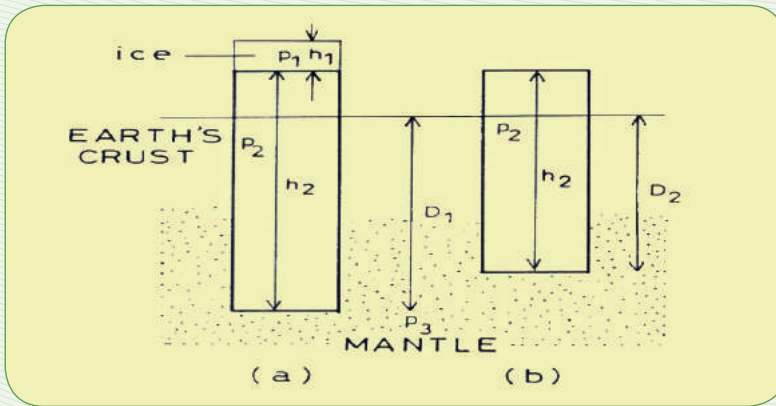
ولو افترضنا أن قشرة الأرض في وضع متوازن في الحالتين الموضحتين في الشكل المرفق الأولى وجود كتل جليدية والأخرى بدون كتل جليدية فإننا نجد أن:

في الحالة الأولى : وجود كتلة جليدية

$$\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \rho_3 D_1 \quad (1)$$

في الحالة الثانية : بدون كتلة جليدية

$$\rho_2 h_2 = \rho_3 D_2 \quad (2)$$





الجاذبية الأرضية

ب طرح المعادلة (2) من المعادلة (1) نجد أن

$$\rho_1 h_1 = \rho_3 (D_1 - D_2)$$

وبالتالي فإن سمك الكتل الجليدية

$$h_1 = \rho_3 (D_1 - D_2) / \rho_1$$

($D_1 - D_2$) تمثل كمية رفع الأرض.

يتضح مما سبق ذكره أهمية تصحيح الجاذبية للضغط المتوازن لحساب الشكل والحجم الحقيقي للأرض. هناك عدة نظريات طبقت في جبال الهماليا عام 1855م. لضبط وتصحيح الجاذبية أهمها:

(1) نظرية برات (1855) Prat

تفترض نظرية برات أنه كلما أزداد إرتفاع الجبال فوق سطح الأرض قلت كثافتها بسبب إرتفاع درجة الحرارة في باطن الأرض. ونظراً لإختلاف الكثافة تنشأ الكتل الجبلية وعند عمق معين، والمعروف بعمق التوازن، تتوازن الكثافات والضغوط.

وعلى ضوء هذه النظرية نجد أن كثافة الكتل الأرضية تساوي 2.67 جم/سم^3 تحت الجبال و كثافة الكتل تحت المحيطات 3 جم/سم^3 وكثافة البحار 1.03 جم/سم^3 وإرتفاع الجبال فوق مستوى سطح البحر h وعمق البحار h' نجد أن :

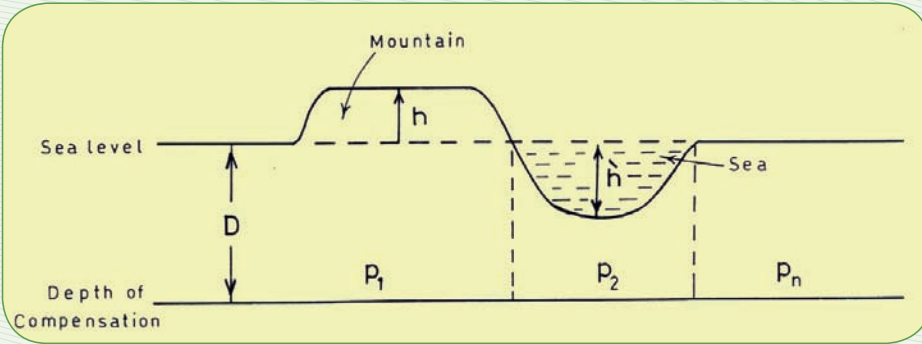


الجابذية الأرضية

$$h (2.67) = D (3 - 2.67)$$

ويمكن حساب عمق التعادل تحت المحيطات حسب نظرية Prat :

$$h` (2.67 - 1.03) = (3 - 2.67) D$$



(2) نظرية إيرى هسكانين (1855) Airy's

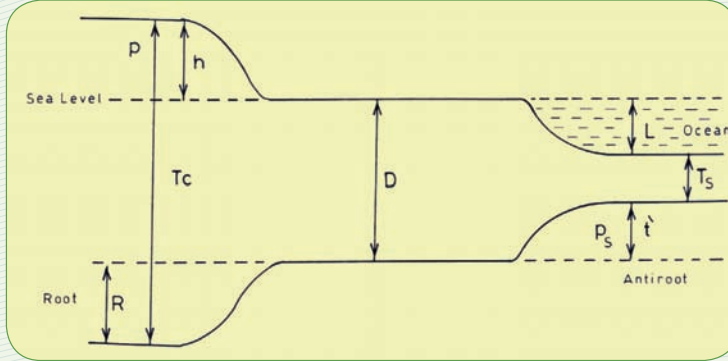
تفترض هذه النظرية أنه كلما كان إرتفاع الجبال عالياً كلما كان عمق الجذور كبيراً. وكذلك فإن المناطق الجبلية البارزة لها جذور إلى الداخل في شكل بروز الجبل والبحار لها جذور إلى أعلى في شكل عمق البحار.

وبتطبيق نظرية Airy في المناطق الجبلية نجد أن:

$$\rho h = (\rho_s - \rho) R$$



الجاذبية الأرضية



حيث تمثل ρ كثافة صخور القشرة و ρ_s كثافة الصخور البازلتية الأكثر كثافة والتي تقع تحت المحيطات و R سمك الجذور تحت الجبال و h إرتفاع الجبال. وفي حالة المحيطات تصبح المعادلة على النحو التالي:

$$(\rho - 1.03) h = (\rho_s - \rho) t$$

حيث t تمثل سمك جذور المياه
ولحساب عمق التعادل في المناطق الجبلية T_c

$$T_c = h + D + R$$

وعمق التعادل في المناطق البحرية T_s

$$T_s = D - t - L$$

حيث L عمق المحيط



الجاذبية الأرضية

المراجع

Reynolds, J. 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons. 796 p.

Tsuboi, C., 1981 – Gravity. George Allen & Unwin Press, 254p.

- العمري – عبدالله 1414هـ، المسح الجاذبي (التثاقلي). دورة معهد الدراسات المساحية والجغرافية العسكري – إدارة المساحة العسكرية – الرياض. 66 صفحة.
- تعيلب، على 1966م. الجاذبية مفتاح دراسة القشرة الأرضية. مجلة علوم وتكنولوجيا. العدد 36.
- موقع الإيمان على شبكة الإنترنت – تصميم مركز البحوث – جامعة الإيمان – بإشراف الشيخ عبدالمجيد الزنداني.
- نصر، محمد عبدالفتاح. الجاذبية الأرضية. 1991م. دورة معهد الدراسات المساحية والجغرافية العسكري – إدارة المساحة العسكرية – الرياض. 83 صفحة.



السيرة الذاتية للمؤلف أ.د. عبد الله بن محمد العمري

- حصل على درجة الدكتوراة في الجيوفيزياء عام ١٩٩٠م من جامعة مينيسوتا- أمريكا
- أستاذ الجيوفيزياء-قسم الجيولوجياء - جامعة الملك سعود منذ عام ١٤٢٠هـ
- المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود منذ عام ١٤١٧ هـ
- المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي
- رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض منذ عام ١٤٢٧ هـ
- رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود
- رئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية
- رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة اوريجون الحكومية الأمريكية
- مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
- مستشار هيئة المساحة الجيولوجية
- مستشار هيئة المساحة العسكرية
- نشر أكثر من ١٠٠ بحث علمي وتقرير فني في مجلات علمية متخصصة
- ألقى أكثر من ١٥٠ ورقة عمل في ندوات محلية ومؤتمرات عالمية
- باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعومة من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو
- باحث رئيس في عدة مشاريع علمية مدعومة من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعمل ليفرمور الأمريكي
- باحث مشارك في جامعتي الاباما وبنسلفانيا الحكومية الأمريكية
- ممتحن خارجي في عدد من رسائل الماجستير والدكتوراه
- حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام ٢٠٠٥ م
- حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم و التقنية عام ٢٠٠٦ م
- حصل على جائزة أبها التقديرية للاسهامات العلمية (٢٠٠٧م)
- ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية
- عضو الجمعية الأمريكية للزلازل
- عضو الإتحاد الأمريكي للجيوفيزياء
- عضو الإتحاد الأوروبي للجيولوجيين والمهندسين
- عضو لجنة تخفيف المخاطر الزلزالية لشرق البحر الأبيض المتوسط

سلسلة العمري العلمية ١ - ٦

