

الملاحق

ملحق (1) جداول

أ- جدول تحويل نظام الوحدات العالمية (SIU) الى وحدات (سم.جم.ث) أو وحدات كهرومغناطيسية (سم.جم.ث)

المكافئ التابع في (سم.جم.ث) أو وحدات كهرومغناطيسية (سم.جم.ث)	نظام وحدات عالمية		
	رمز	اسم تميزها	كمية
10^3 جم	كجم	كيلوجرام	كتلة (ك)
10^2 سم	م	متر	طول (ل)
ث	ث	ثانية	زمن (ن)
10^2 جال = 10^2 سم ² /ث ²	م ² /ث ²	متر/ثانية ²	العجلة (ج)
10^1 ميلي جال	و.ج = $\mu\text{م}^2/\text{ث}^2$	وحدة الجاذبية	وحدة فرعية الجاذبية
10^3 جم/سم ³	كجم/م ³	كيلوجرام/متر ³	كثافة (ث)
10^5 دابن	كجم/م ³	نيوتن	قوة (ق)
10^2 دابن/سم ² = 10^5 بار	با = م ² /ن	باسكال	ضغط (ض)
10 بيور (توازن)	با.ث	باسكال . ثانية	لزوجة (ز)
10^7 أرج = 0.24 كا	ج	جول	طاقة (ط)
10^7 أرج/ث	و = ج/ث	وات	قدرة (قد)
2.39 μ كال/سم ² ث	و/م ²	وات/متر ²	انسياب حراري (نج)
$10^3 \times 2.39$ ك/سم.ث.°ع	و/م ⁵	وات/متر. درجة حرارة	الموصلية (حرارة) (مو)
$10^7 \times 2.39$ ك/سم ³ ث.°ع	و/م ³	وات/متر ³	منتج حراري (مح)
10^1 و.ك.م	أ	أمبير	تيار (ت)
10^8 و.ك.م	ف	فولت	فرق جهد
10^6 و.ك.م	ف/م	فولت/متر	مجال كهربى (مك)
10^1 و.ك.م	كو = أ.ث	كولوم	شحنة كهربية (ش.ك)
10^9 و.ك.م	ف = كو/ف	فاراد	سعة (س)
10^9 و.ك.م	$\Omega = \text{ف}/\text{أ}$	أوم	مقاومة (م)
10^{11} و.ك.م	م. Ω	أوم. متر	مقاومة نوعية (م.ن)
10^{11} و.ك.م	س/م (o)	سيمن/متر أو موهو/متر	الموصلية (كهربية) (مو.ك)
10^8 ماكسويل	وب = ف.ث	وبر	فيض مغناطيسى (ف.م)
10^4 جاوس (جا)	تسى = وب/م ²	تسلا	كثافة الفيض المغناطيسى (ث.ف.م) (مجال- β)
10^5 جاوس	ناتس	نانو تسلا	وحدة فرعية (مجال- β)
$10^3 \times 4\pi$ أورستد	أم	أمبير/متر	مجال ممغنط (م.م) (مجال-H)
10^9 و.ك.م	ه = وب/أ	هنرى	حث
1 (لكل فراغ)	ه.م ($\mu = 4 \times 10^{-7}$)	هنرى متر	نفاذية مغناطيسية* (ن.م)
4π و.ك.م		بدون أبعاد	قابلية مغناطيسية (ق.م)
10 و.ك.م	أ.م	أمبير. متر	شدة القطب المغناطيسى (ش.ق.م)
10^3 و.ك.م	أ.م ²	أمبير. متر ²	العزم المغناطيسى (ع.م)
10^3 و.ك.م	أم	أمبير/متر	التمغنط (تم)

* نفاذية الفراغ

**ماركوفيتز (1973) Markowitz

كا = كالورى، كو = كولوم، و.ك.م = وحدة كهرومغناطيسية، ر = إرج

ب- جدول بيانات عديدة خاصة بالأرض

نظام وحدات عالمي (SI)	الكمية	نظام وحدات عالمي (SI)	الكمية
$10 \times 1.49 \times 10^{14} \text{ م}^2$	مساحة القارات (29% من S)	$10 \times 6.670 \times 10^{11} \text{ م}^3/\text{كجم ث}^2$	ثابت الجاذبية
480 م	متوسط ارتفاع الأرض	6378 كم	نصف قطر خط الإستواء (a)
3800 م	متوسط عمق المحيطات	6378 كم	نصف قطر خط القطب (c)
$10 \times 5.1 \times 10^{18} \text{ كجم}$	كتلة الغلاف الغازي	1298.25/1	فلطحة الأرض
$10 \times 1.4 \times 10^{21} \text{ كجم}$	كتلة المياه	$10 \times 1.083 \times 10^{21} \text{ م}^3$	حجم الأرض
$10 \times 1.95 \times 10^{24} \text{ كجم}$	كتلة النواة	6371 كم	نصف قطر الكرة المساوي لحجم الأرض
$10 \times 4.0 \times 10^{24} \text{ كجم}$	كتلة الستار	$10 \times 5.974 \times 2410 \text{ كجم}$	كتلة الأرض
$10 \times 2.4 \times 10^{22} \text{ كجم}$	كتلة القشرة	5.515 كجم/م ³	متوسط الكثافة
$10 \times 8.0 \times 10^{22} \text{ سعة/م}$	عزم مغناطيس ثنائي القطب	9.78032 م/ث ³	الجاذبية عند خط الإستواء (مستوى البحر)
$69 \text{ ع} = 69000 \text{ nT}$	المجال المغناطيسي الأرضي، أكبر قيمة سطحية	$10 \times 5.10 \times 10^{14} \text{ م}^2$	مساحة السطح الكلية (S)
81 م وات/م ²	متوسط الإنسياب الحراري	$10 \times 3.61 \times 10^{14} \text{ م}^2$	مساحة المحيطات - المياه - (71% من S)
$10 \times 15 \times 10^{13} \text{ وات}$	الفيض الكلية للحرارة الأرضية		

ج - جدول تحويل نظام الوحدات العالمية (SI) الى وحدات (سم.جم.ث) أو وحدات الكتر ومجنيتيك (سم.جم.ث)

المكافئ التابع فى (سم.جم.ث) أو وحدات الكتر ومجنيتيك (سم.جم.ث)	نظام وحدات عالمية (SI)		
	رمز	اسم تميزها	كمية
10^3 جم	كجم	كيلوجرام	كتلة (ك)
10^2 سم	م	متر	طول (ل)
ث	ث	ثانية	زمن (ن)
10^2 سم/ث ²	م/ث ²	متر/ثانية ²	العجلة (ج)
10^1 ميلي جال	و ج = لم/ث ²	وحدة الجاذبية	وحدة فرعية الجاذبية
10^3 جم/سم ³	كجم/م ³	كيلوجرام/متر ³	كثافة (ث)
10^5 داين	كجم/م ³	نيوتن	قوة (ق)
10^2 داين/سم ² = 10^5 بار	با = م ² /ن	باسكال	صغط (ص)
10 بيوز (توازن)	بات	باسكال ثانية	لزوجة (ز)
10^7 ارج = 0.24 كا	ج	جول	طاقة (ط)
10^7 ارج/ث	و = ج/ث	وات	قدرة (قد)
2.39×10^{-2} ك/سم ² ث	و/م ²	وات/متر ²	انسياب حرارى (نج)
2.39×10^3 ك/سم ³ ث.ء°	و/م ³	وات/متر. درجة حرارة	الموصلية (حرارى) (مو)
2.39×10^7 ك/سم ³ ث.ء°	و/م ³	وات/متر ³	منتج حرارى (مح)
10^{-1} وك.م	أ	أمبير	تيار (ت)
10^{-8} وك.م	ف	فولت	فرق جهد
10^{-6} وك.م	ف/م	فولت/متر	محال كهربى (مك)
10^{-1} وك.م	كو = أ.ث	كولوم	شحنة كهربية (ش.ك)
10^{-9} وك.م	ف = كو/ف	فاراد	سعة (س)
10^{-9} وك.م	$\Omega = \text{ف}/\text{أ}$	أوم	مقاومة (م)
10^{-11} وك.م	م. Ω	أوم. متر	مقاومة نوعية (م.ن)
10^{-11} وك.م	س/م (o)	سيمن/متر أو موهو/متر	الموصلية كهربية - (مو.ك)
10^8 ماكسويل	وب = ف.ث	وبر	فيض مغناطيسى (ف.م)
10^4 جاوس (جا)	تسى = وب/م ²	تسلا	كثافة الفيض المغناطيسى (ث.ف.م) (مجال- β)
10^{-5} جاوس	ناتس	نانو تسلا	وحدة فرعية (مجال- β)
$10^3 \cdot 4\pi$ أورستد	أم	أمبير/متر	مجال ممغنط (م.م) (مجال-H)
10^9 وك.م	ه = وب/أ	هنرى	حث
1 (لكل فراغ)	ه/م ($\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$)	هنرى متر	نفاذية مغناطيسية* (ن.م)
4π وك.م		بدون ابعاد	قابلية مغناطيسية (ق.م)
10 وك.م	أ.م	أمبير. متر	شدة القطب المغناطيسى (ش.ق.م)
10^3 وك.م	أ.م ²	أمبير. متر ²	العزم المغناطيسى (ع.م)
10^3 وك.م	أم	أمبير/متر	التمغنط (تم)

* نفاذية الفراغ

** ماركوويتز (1973) Markowitz

كا = كالورى، كر = كولوم، وك.م = وحدة كهر ومغناطيسية، ج = جاوس، ه = هنرى، با = باسكال، س = سيمن

ء- جدول قياس الزمن الجيولوجى بأحقاب مطلقة (مليون سنة)

الزمن (مليون سنة)	الأحقاب والعصور الجيولوجية
	سينوزويك (فقريات)
	الرابعى
0.1	هيلوسين
2.0	بلايستوسين
	الثلاثى
5.1	بليوسين
24.6	ميوسين
24.9	أولوجوسين
65	بالوسين
	ميزوزيك
	كريتاوى
89	العلوى
44	السفلى
	جوراسى
163	العلوى
188	المتوسط
213	السفلى
	ترياسى
231243	العلوى
248	المتوسط
	السفلى
	البايوزى (اللافقريات)
	برمى
258	علوى
286	سفلى
	كربونى
320	علوى
360	سفلى
408	سفلى
438	ديفونى
505	سيلورى
590	أوردوفيشى
	كمبرى
2500-590	برونيزويك
4000-2500	أركى
5000-4000	
3750	
4600	

ملحق 2

التحليل الكروي التوافقي لمجال المغناطيسية الأرضية

يمكن استنتاج المجال المتوسط المغناطيسي الملاحظ عند سطح الأرض بواسطة عدة مصادر :-

- 1- مصادر داخل الأرض.
- 2- مصادر خارج سطح الأرض.
- 3- تيارات كهربية عابرة سطح الأرض.

إذا فرض أساسا أنه لا يوجد تيارات كهربية عابرة لسطح الأرض، عندئذ يمكن اشتقاق المجال المغناطيسي عند سطح الأرض من دالة الجهد، والتي تتفق مع معادلة لابلاس Laplace's equation.

$$\nabla^2 V = 0 \quad (1)$$

ويمكن كتابة حل المعادلة (1) في تعبيرات لسلسلة من توافق كروي في الصورة

$$V = a \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n P_n^m(\cos \theta) \left\{ \left[C_n^m \left(\frac{r}{a} \right)^n + \left(1 - C_n^m \right) \left(\frac{a}{r} \right)^{n+1} \right] J_n^m \cos m\phi \right. \\ \left. + \left[S_n^m \left(\frac{r}{a} \right)^n + \left(1 - S_n^m \right) \left(\frac{a}{r} \right)^{n+1} \right] K_n^m \sin m\phi \dots \dots \right\} \quad (2)$$

حيث θ, ϕ خطوط جيوجرافية عرضية مشاركة مع خط طول شرقي، م المسافة من مركز الأرض بفرض أنها كروية نصف قطرها a, C_n^m, S_n^m معاملات (بين 0، 1) والتي تمثل أجزاء من تعبيرات توافقية $P_n^m(\theta)$ جتا $m\phi$ و $P_n^m(\theta)$ جا $m\phi$ لأصل خارجي للأرض والمعاملات $(1 - C_n^m), (1 - S_n^m)$ تدل على أجزاء للفترة التوافقية المصاحبة لمصادر لأصل داخلي ($r < a$). يمكن تقدير المعاملات J_n^m, K_n^m والتي لها أبعاد المجال المغناطيسي. تعبير $0=n$ لا تظهر في المعادلة (2) في غياب مصدر مجال أحادي.

وطبعا لا يقاس الجهد V مباشرة. ربما يمكن تحديد إتجاهات الثلاث مركبات للمجال المغناطيسي. وأيضا يمكن قياسها مباشرة من العلاقة بين الجهد المغناطيسي β ($\beta - \text{grad} \cdot V$) ربما تمتد مركبة المجال الرأسى Z عند السطح ($r=a$) كسلسلة من توافق كروي معادلة (3)

$$Z = \frac{aV}{ar} - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n P_n^m(\cos \vartheta) (A_n^m \cos m\phi + B_n^m \sin m\phi) \quad (3)$$

ويمكن تحديد المعاملات A_n^m, B_n^m من القيم المرصودة لـ Z بتفاضل المعادلة (3) بالنسبة لـ r ووضع $a=r$ ، فيمكن الحصول على تعبير لمركبة مجال شعاعي (معادلة 4)

$$\frac{\partial V}{\partial r} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n P_n^m(\cos \theta) \left\{ \left[nc_n^m - (n+1)(1-c_n^m) \right] j_n^m \cos m\phi \right. \\ \left. + \left[ns_n^m - (n+1)(1-s_n^m) \right] K_n^m \sin m\phi \right\} \quad (4)$$

يجب أن يتساوى معاملات كل من تعبير توافق منفصل لكل من m, n في امتداد $\partial V / \partial r$ المعطى بواسطة معادلات

$$A_n^m = \left[nc_n^m - (n+1)(1-c_n^m) \right] j_n^m \quad (5)$$

$$B_n^m = \left[ns_n^m - (n+1)(1-s_n^m) \right]$$

يمكن الحصول على امتدادات مركبات المجال الأفقى كسلسلة من توافق كروى بواسطة إعادة تفاضل المعادلة 2

$$Y_{r=a} = \left(\frac{-1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \right)_{r=a}$$

$$= \frac{1}{\sin \theta} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n P_n^m(\cos \theta) (mj_n^m \sin \theta m \phi - mk_n^m \cos \theta m \phi) \quad (6)$$

$$X_{r=a} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \right)_{r=a}$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{d}{d\theta} P_n^m(\cos \theta) (j_n^m \cos m \phi + k_n^m \sin m \phi) \quad (7)$$

تحتوى هذه المعدلات على معاملات J_n^m ، K_n^m والتي يمكن من قيم X أو Y والتي تكون معروفة على جميع سطح الأرض من بيانات المرصد. يشق التوافق بين المعاملات من خلال استخدام X أو Y موضحة بذلك تلاشى تعبير المجال كجهد وترى كذلك أنه لا يوجد تيارات كهربية عابرة لسطح الأرض. من معرفة المعاملات J_n^m ، K_n^m ، A_n^m ، B_n^m فإن المعادلات (5) تحدد C_n^m ، S_n^m . وقد وجد جاوس Gauss من البيانات المتاحة فى ١٨٣٥ أن $C_n^m \approx 0$ ، أى أن مصدر المجال المغناطيسى الأرضى كلية داخلى. معاملات أصل المجال الداخلى $g_n^m = (1 - C_n^m)$ and $h_n^m (1 - S_n^m) K_n^m$ معروف كمعاملات جاوس. فى الحقيقة، لا يكون المجال الخارجى غائب كلياً، حيث وجد اشتراك صغير من التيارات الكهربائية فى الأيونوسفير، حيث وجد لانج وآخرين Lang et al. 1980 مجال خارجى تقريبا حوالى 20 نانوتسلا (ηI) من بيانات MAGSAT يوضح جدول (1) قيم لبعض الحدود الهامة لمعاملات جاوس لبعض الأزمنة المختارة

جدول (1) تعبيرات هامة لمعاملات لجاوس - شمرت بوحدات نانوتسلا (ηI) وعزم ثنائى القطب (M) لمجال أرضى لأحقاب مختارة

أحقاب	g_1^0	g_1^1	g_2^0	g_2^1	h_1^1	h_2^1	M (x 10 ²² A/m)
1835 (Gauss)	-32350	-3110	510	2920	6250	120	8.558
1885 (Sehmidt)	-31740	-2360	500	2780	5980	-720	8.375
1935 (Vestine)	-30662	-2129	-1086	2959	5792	-1460	8.088
1960 (Jensen-Cain)	-30410	-2150	-1602	2960	5600	-1912	8.025
1980 (IGRF)	-30001	-1950	-2038	3035	5634	-2136	7.968

يتضح من الجدول أنه بواسطة بعد أغلب المشاركات الهامة لـ V تأتى من حد g_1^0 والذى يتناسب مع $\rho_1^0(\theta)/r$ أى $\cos(\theta)/r^2$ وكذلك من تبعية مجال عدم مركز ثنائى القطب الموجود عند مركز الأرض والذى يتجه على طول المحور المغزلى. تتبع الإضافة للحددين المتناسبين مع $\rho_1^0(\theta)$ أو $\sin \theta$ ميل محور ثنائى القطب. تتبع الحدود الأخرى إزاحة لمحور ثنائى القطب من مركز الأرض، ويكون أحسن إتفاق لثنائى القطب للمجال الملاحظ مزاح بحوالى 300 كم من مركز الأرض.

ويكون التغير الشمسى ظاهرة خارجة عن نتائج جدول (1)، أى أن التغير الملاحظ عبر عدة عشرات أو مئات من السنين يكون لقيم المعاملات المفردة. عامة، تظهر هذه نقصان حوالى 7% فى عزم ثنائى القطب للمجال الأرضى خلال الفترة 1835-180

ملحق 3

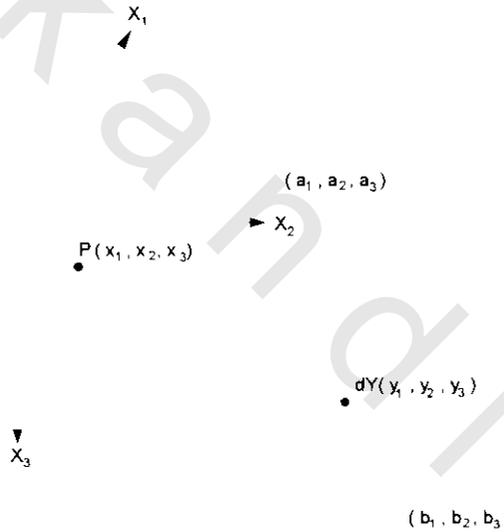
حسابات الشاذات المغناطيسية لأجسام رباعية قائمة بإتجاه مختار للمغناطيسية

تستخدم الألواح والمنشئير الرباعية كنماذج تفسيرية في تحليل الشاذات المغناطيسية بسبب عدة أجسام ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد (مثل السدود، أجسام سطحية طويلة وكتل الصخور النارية). تستخدم الأجسام اللوحية قائمة الزوايا لتقريب تأثيرات الفوالق الصغيرة وحدود صخور القاعدة. هنا الطريقة العامة لحساب شاذاتها مع إتجاه مغناطيسي مختار محيط بها.

يختار نظام اليد اليمنى للإحداثيات مع محاور (x_1, x_2, x_3) مشيرة لإتجاهات الشمال والشرق الجغرافي وإتجاه رأسى سفلى بالتتابع.

يعطى المجال المغناطيسى عند أى نقطة $P(x_1, x_2, x_3)$ بسبب الحجم والتمغنت $J(y_1, y_2, y_3)$ بالمعادلة التالية والمعروفة جيدا

$$B = c \text{ grad}^2 \int_V j(r)^{-1} \quad (3-1)$$



شكل (1-3)

$$r = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2} \quad \text{and} \quad c = \mu_0 / 4\pi \quad \text{حيث}$$

انظر شكل (1-3)

نفرض J متساوية على جميع الجسم فان المعادلة (3-1) يمكن كتابتها في حدود مركبات كالأتى:

$$B_i = c \sum_{k=1}^3 j_k T_{ik} \quad (3-2)$$

حيث

$$T_{ik} = \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_k} \int_V \left(\frac{1}{r} \right) dV \quad (3-3)$$

بوضوح $k, i = 1, 2, 3$ فإن معنى B_i, J_k تكون ذاتية الإيضاح لذا

$$\begin{aligned}
B_1 &= c(j_1 T_{11} + j_2 T_{12} + j_3 T_{13}) \\
B_2 &= c(j_1 T_{21} + j_2 T_{22} + j_3 T_{23}) \\
B_3 &= c(j_1 T_{31} + j_2 T_{32} + j_3 T_{33})
\end{aligned} \quad (3-4)$$

بسهولة من المعادلات (3-3) يمكن رؤية أن $T_{ik} = T_{ki}$ أكثر من هذا، بواسطة حقيقه معادلة لابلاس
 $T_{11} + T_{22} + T_{33} = 0$ لأي نقطة خارجة. لهذا، لتقدير B_3, B_2, B_1 يكفى حساب خمسة مركبات فقط (بدلا من تسعة)
لشكل ثمانى مشدود تُسمى T_{23}, T_{13}, T_{12} وأى اثنين من T_{33}, T_{22}, T_{11}

حساب المركبات سالفة الذكر لـ T_{ik} لحالة منشور قائم الزوايا ليست بصعوبة إعتبارية، كذلك بتطبيق نظرية تشتت
(انحراف) جاوس فإنه بسهولة يمكن تحويل كامل الحجم الى مجموعة تكاملات سطحية والتي يصبح تقييمها بسيط نسبيا.
يمكن كتابة التعبيرات النهائية الحصول عليها لحالة منشور ذو الجوانب المتوازية إلى ثلاثة محاور والممتدة من a_1 إلى
 b_1, a_2, b_2 إلى a_3, b_3 بالتتابع كالآتى

$$\begin{aligned}
T_{11} &= \arctan \left(\frac{v_2 w_2}{u_1 \sqrt{w_2^2 + R_2}} \right) - \arctan \left(\frac{v_1 w_2}{u_1 \sqrt{w_2^2 + R_1}} \right) + \arctan \left(\frac{v_1 w_1}{u_1 \sqrt{w_1^2 + R_1}} \right) \\
&- \arctan \left(\frac{v_2 w_1}{u_1 \sqrt{w_1^2 + R_2}} \right) + \arctan \left(\frac{v_1 w_2}{u_2 \sqrt{w_2^2 + R_3}} \right) - \arctan \left(\frac{v_2 w_2}{u_2 \sqrt{w_2^2 + R_1}} \right) \\
&+ \arctan \left(\frac{v_2 w_1}{u_2 \sqrt{w_1^2 + R_4}} \right) - \arctan \left(\frac{v_1 w_1}{u_2 \sqrt{w_1^2 + R_3}} \right) \quad (3.5a)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{12} &= \log \left(\frac{w_2 + \sqrt{w_2^2 + R_1}}{w_1 + \sqrt{w_1^2 + R_1}} \right) - \log \left(\frac{w_2 + \sqrt{w_2^2 + R_2}}{w_1 + \sqrt{w_1^2 + R_2}} \right) \\
&+ \log \left(\frac{w_2 + \sqrt{w_2^2 + R_4}}{w_1 + \sqrt{w_1^2 + R_4}} \right) - \log \left(\frac{w_2 + \sqrt{w_2^2 + R_3}}{w_1 + \sqrt{w_1^2 + R_3}} \right) \quad (3.5b)
\end{aligned}$$

حيث $W_2, W_1, V_2, V_1, u_2, u_1$ قاعدة لـ $b_1 - x_1, a_1 - x_1, b_2 - x_2, a_2 - x_2, b_3 - x_3, a_3 - x_3$ تتابعيا
و R_4, R_3, R_2, R_1 قاعدة لـ $(V_1^2 + u_1^2), (V_2^2 + u_1^2), (V_2^2 + u_2^2), (V_1^2 + u_2^2)$ تتابعيا.

تسمى T_{13}, T_{22} تعبيرات المركبات المتبقية ويمكن الحصول على T_{23} من المعادلات السابقة (3-5) مباشرة
بواسطة دوران تقريبي لنظام الإحداثيات في كل حالة. لذلك يمكن تقييم جميع مركبات T_{ik} ، أيضا يكون من السهل حساب
المجال في أى إتجاه من المعادلات (3-4) وذلك لإتجاه إختياري لمتجه التمنظ.

في المعالجة السابقة، يفترض توازي ثلاث جوانب من المنشور قائم الزاوية لمحاور نظام الإحداثيات في أماكن لـ
 X_3, X_2, X_1 يحصل على التعبيرات لكل الحالات الممكنة لنماذج منشورية مباشرة من المعادلات المشتقة سابقا، مثل
حالات النماذج المهمة الآتية:

أ) نموذج منشور رأسى عديم القاعدة، يحصل على المعادلات بسهولة من نظام معادلات (3-5) بمجرد عمل البعد
الرأسى الأسفل كبير لا نهائى.

ب) تعتبر المعادلات لصفحة أفقية رفيعة (لوح قائم الزوايا) بسيطة طالما السمك Δh صغير، لذلك يكون التكامل المقابل
للمحور الرأسى غير ضرورى، تمثل المعادلات (3-6) تعبيرات لمركبات T_{ik} وتكتب كالآتى:

$$\begin{aligned}
 T_{11} &= \frac{u_1 \Delta h}{x_3^2 + u_1^2} \left(\frac{v_2}{\sqrt{x_3^2 + R_2}} - \frac{v_1}{\sqrt{x_3^2 + R_1}} \right) - \frac{u_2 \Delta h}{x_3^2 + u_2^2} \left(\frac{v_2}{\sqrt{x_3^2 + R_4}} - \frac{v_1}{\sqrt{x_3^2 + R_3}} \right) \\
 T_{22} &= \frac{v_1 \Delta h}{x_3^2 + v_1^2} \left(\frac{u_2}{\sqrt{x_3^2 + R_3}} - \frac{u_1}{\sqrt{x_3^2 + R_1}} \right) - \frac{v_2 \Delta h}{x_3^2 + v_2^2} \left(\frac{u_2}{\sqrt{x_3^2 + R_4}} - \frac{u_1}{\sqrt{x_3^2 + R_3}} \right) \\
 T_{33} &= \frac{x_3 \Delta h}{x_3^2 + u_1^2} \left(\frac{v_2}{\sqrt{x_3^2 + R_2}} - \frac{v_1}{\sqrt{x_3^2 + R_1}} \right) - \frac{x_2 \Delta h}{x_3^2 + u_2^2} \left(\frac{v_2}{\sqrt{x_3^2 + R_4}} - \frac{v_1}{\sqrt{x_3^2 + R_3}} \right) \\
 T_{23} &= \frac{x_3 \Delta h}{x_3^2 + v_1^2} \left(\frac{u_2}{\sqrt{x_3^2 + R_3}} - \frac{u_1}{\sqrt{x_3^2 + R_1}} \right) - \frac{x_3 \Delta h}{x_3^2 + v_2^2} \left(\frac{u_2}{\sqrt{x_3^2 + R_4}} - \frac{u_1}{\sqrt{x_3^2 + R_2}} \right) \\
 T_{12} &= \Delta h \left(\frac{1}{\sqrt{x_3^2 + R_3}} - \frac{1}{\sqrt{x_3^2 + R_1}} + \frac{1}{\sqrt{x_3^2 + R_4}} - \frac{1}{\sqrt{x_3^2 + R_2}} \right) \\
 T_{33} &= -(T_{11} + T_{22})
 \end{aligned} \tag{3.5a}$$

أيضا تحقق العلاقة الأخيرة من خلال تفاضل تعبير مستقل لمركبة T_{33} .

تبرمج المعادلات السابقة للوح رفيع قائم الزاوية بسهولة لحساب رقمى . تقدير أى شكل لجسم ثلاثى الأبعاد بواسطة تصنيف ملائم لمثل هذه الألواح تقريبا ناتج عن تأثيره المغناطيسى.

ج) يمكن الحصول على معادلات الأجسام شبه اللوحية المائلة (مثل السدود والعروق) من معادلات (3.6) بمجرد دوران نظام الأحداثيات.

تعطى B_3 مباشرة بتتبع حسابات شاذات المجال من المعادلة (3.4) لشاذة المجال الرأسى ΔZ ويمكن حساب الشاذة الأفقية ΔH من B_2 , B_1 معا مع معرفة زاوية الإنحراف D للمجال المغناطيسى. وبسهولة يمكن الحصول على شاذة

$$\Delta T = B_1 \cos D \cos I + B_2 \sin D \cos I + B_3 \sin I$$

المجال الكلى $\Delta T \ll T$ من العلاقة الآتية

حيث D زاوية الإنحراف للمجال المغناطيسى الأرضى

I زاوية الميل للمجال المغناطيسى الأرضى

ملحق 4

قاعدة رالي لنقل الحرارة (إصعاد حرارى)

ربما يحدث إصعاد حرارى فى طبقات سوائل عندما تُسخن من أسفل حيث تعمل على انسياب حرارى علوى يزيد عن الحد الحرج.

اشتقت الكمية المعيارية للإمكانية العملية للإصعاد الحرارى فى سائل نيوتن Newtonian بواسطة ج. و. س. رايلي J.W.S. Rayleigh 1916 وقد وضح رايلي أن سلوك التوصيل يعتمد على نسبة عديمة الأبعاد R (تعرف الآن كعدد رايلي) وتعطى بواسطة المعادلة الآتى:

$$R = \alpha \beta g \rho d^4 / k \eta \quad (4-1)$$

حيث α = معامل امتداد حرارى

β = تدرج حرارى

g = عجلة الجاذبية

ρ = الكثافة

d = سمك الطبقة

k = الإنتشارية الحرارية

η = اللزوجة

بالنسبة لنظام بسيط، مثل تسخين سائل متجانس عند قاعدته، فإن بداية عدد رايلي للتوصيل تكون تقريبا (10^3) ولكن لتوصيل شديد فإن عدد رايلي (R) يجب أن يكون أكبر من 10^5

وباعتبار أن ستار الأرض سائل مضغوط، فإن صيغة رايلي يمكن تطبيقها بمد β باعتبارها كفرق بين تدرج الحرارة الحقيقية والتدرج الاديبياتيكي (مكثوم الحرارة أو لا تبادل حرارى) بسبب الضغط. بفرض أن القيم المعتدلة للستار العلوى ($\alpha \approx 10^{-5} / \text{°C}$ ، $\beta \approx 10^{-4} / \text{م}^2$ ، $\rho \approx 10^6 / \text{م}^3$ ، $\eta \approx 10^{20}$ باث) فى المعادلة (4.1) تُعطى $R \approx 10^9$. فى هذا الحساب فإن التأكيد الأخير يكون لقيم β ، η والتي يُحتل وجود خطأ بواسطة معامل 5 أو 1- حتى إذا كانت β أقل بواسطة معامل 5، η أكبر بواسطة معامل 10، فسهولة جدا فإن عدد رايلي (R) ستوافق حالة بداية توصيل حرارى. لهذا يتضح التوصيل الحرارى فى الستار العلوى.

للسنار الكلى ($d = 3 \times 10^6 \text{ م}$)، تكون قيم α ، ρ ، g ، k تقريبا نفسها للستار العلوى، ولكن قيم β ، η تكون من المحتمل قريبة لـ $10^{-4} / \text{م}^2$ ، 10^{12} باث بالتتابع وبالتعويض فى المعادلة (4.1) بهذه القيم فإن $R \approx 10^5$ أيضا، لذلك من الممكن وجود نوع من التوصيل القوى.

ملحق 5

بفرض أن تأثير الجاذبية g على (y_0, x_0) على $Z = 0$ (سطح الأرض) تنتج بواسطة توزيع غير معروف لكتل أسفل هذا المستوى شكل (1.5). عندئذ يكون توزيع الكتلة حقيقى، ويمكن تحديد جهدها (u) وتأثير جاذبيتها (g_z) عند أى نقطة فى الفراغ الفوقى ($0 < z$) من المعادلات الآتية:

$$P(X, Y, Z) \quad Z = -h$$

$$(X_0, Y_0, 0) \quad g_0 \quad \text{Plane } Z = 0$$

$$g_d \quad Z = h$$

شكل (1-5): تواصل علوى وسفلى لسطح جهد جاذبى (g_0)

$$\Delta Z(x, y, z) = \frac{1}{2\pi} \iint_{r^2}^{\frac{z}{r^2}} \Delta Z(x_0, y_0, 0) dS \quad (5.1)$$

$$g_z(x, y, z) = \frac{1}{2\pi} \iint g(x_0, y_0, 0) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{r} \right) dS \quad (5.2)$$

عملياً، يحل تكامل السطح بواسطة الجمع، حيث يفترض أن تكون $g(x_0, y_0, 0)$ قيمه متوسطة للجاذبية المرصودة خلال عنصر مساحى مختار ملائم ds على سطح الأرض

بالمثل، يمكن حساب المجال المغناطيسى الرأسى من بيانات شدة مجاله $g\Delta(x_0, y_0, 0)$ على سطح الأرض حيث يكون المجال عند سطح على Z بواسطة المعادلة الآتية:

$$\Delta Z(x, y, z) = \frac{1}{2\pi} \iint_{r^2}^{\frac{z}{r^2}} \Delta Z(x_0, y_0, 0) dS \quad (5.3)$$

لذلك فإن مشكلة حساب المجال عند مستوى عال (الإستمراية لأعلى) من مجال معروف عند مستوى أسفل يكون فى إتجاه واحد من تكامل عددى لسطح النتائج ربما تكون العملية العكسية (الإستمراية لأسفل) تشكل مشكلة لتحليل صعب وتشمل طرق مغناطيسية رياضية، ويشبه التقارب البسيط المعادلة:

$$\Delta g_p = \frac{4}{s^2} (\Delta g_p - \overline{\Delta g})$$

حيث $\overline{\Delta g}$ متوسط الشاذات المرصودة عند أقرب أربعة محطات لـ p ، $g\Delta$ الشاذة عند p ، s المسافة الشبكية، وبإستخدام العلاقة الآتية يمكن الوصول للإستمراية السفلية

$$g_d = 6g_u - (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_U) \quad (5.4)$$

حيث g_u قيمة الإستمراية السفلية فى المستوى $Z = h$ ، g_0 قراءة المحطة الفوقية المباشرة لمستوى الإسناد ($0 = Z$)، g_1, \dots, g_4 القيم عند اركان مربع أو على الدائرة المحيطة لـ g_0 ، أيضاً فى المستوى $0 = Z$ تكون قيمة g_u قيمة جاذبية التواصل العلوى مباشرة فوق g_0 فى المستوى $Z = h$.

ملحق 6

العمق المخترق لتذبذب درجة الحرارة السطحية

لتفسير العمق المخترق اليومي، الفصلى أو تغير لفترة طويلة فى درجة الحرارة السطحية، يوخذ سطح الأرض كمستوى $Z=0$ حيث يكون محور Z المتجه لأسفل موجب. لإنتشار تذبذب درجة الحرارة رأسياً فى تحت أرض متجانسه (بدون أى مصدر حرارى)، تكون المعادلة المستخدمة لبعده واح لمعامل توصيل حرارى هى:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} = \frac{1}{k} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (6.1)$$

حيث T درجة الحرارة، t = الزمن، K = الإنتشار الحرارى (انظر 10-3)

$$T = u(Z) e^{i\omega t}$$

وبالتعويض فى المعادلة (6.1) وتطابق حالات الحد الفاصل (عند سطح الأرض $Z=0$ ، T تفرض كمتغير $A \cos \omega t$)، فإن الحل لـ T يكون

$$T = A e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \alpha z) \quad (6.2)$$

$$\alpha = (W/2K)^{1/2}$$

وتكون $(2K/W)^{1/2}$ هى النتيجة الطبيعية للحل لتذبذب درجة الحرارة عند السطح باضمحلل $1/e$ لسعة الأسطح عند عمق λ .

إذا أخذت قيمة ممثلة لـ $K = K_p c_p$ انظر معادلة (10-2) لسطح صخور مثل $1 \times 10^6 \text{ م}^2/\text{ث}$ ، تجد أن $\lambda = 16.5 \text{ م}$ أى دورة تردد واحدة لكل يوم ($W = 2\pi$ / واحد)، $\lambda = 3.2 \text{ كم}$ أى دورة تردد واحدة لكل عام (تغير سنوى)، $\lambda = 3.2 \text{ كم}$ أى دورة واحدة فى 10^4 سنة.

فى حالة تردد $T \propto A \cos \omega t$ ، فإن درجة الحرارة السطحية تنتشر لأكبر وأقل لأسفل بسرعة تعطى بواسطة $(2KW)^{\omega}$.

ويعطى التأخر الطورى للزمن (λt) بواسطة $Z / (2KW)^{\omega}$.

وكسابقاً $K = 1 \times 10^6 \text{ م}^2/\text{ث}$ فإن أزمنة التأخر تعطى فى جدول (1-6)

جدول (1-6)

التأخر الزمنى لإختراق تذبذب درجات الحرارة			العمق
تغير طويل	تغير سنوى	تغير يومى	
$W = 2\pi \text{ سنة} \setminus 10^4$	$W = 2\pi \text{ سنة واحدة}$	$W = 2\pi \text{ يوم واحد}$	$Z = 1 \text{ م}$
5 سنة	18 يوم	23 ساعة	$Z = 10 \text{ م}$
50 سنة	180 يوم	---	$Z = 1 \text{ كم}$
5000 سنة	---	---	

قائمة المراجع التي استعين بها

Bibliography

أولا : كتب باللغة العربية

(أ)

- 1- أ. احمد شفيق الخطيب 1974: معجم مصطلحات البترول والصناعة
- 2- د. احمد مصطفى جودة 2003: الثقالية والمغناطيسية
- 3- د. احمد محمد صبرى 1997: تيسير الجيوفيزياء
- 4- د. احمد محمد صبرى 1998: هذه الأرض
- 5- د. أمينة محمد عبدالرحيم 1970: الطبيعة الذرية

(ب)

- 6- د. باكىروف وآخرين (ترجمة د. سمير رياض 1970)
الأسس النظرية للبحث والتنقيب عن البترول والغاز

(ج)

- 7- د. حسنى حمدان 2004: مقدمة الجيولوجيا
- 8- د. حكمت صبحى الداغستاني 2004: مبادئ التحسس النائي وتفسيرات مرئية

(د)

- 9- دوبرن ميلتون (ترجمة د. اسماعيل شعبان اسماعيل وآخرين 1984)
مقدمة فى الإستكشاف الجيوفيزيائى

(هـ)

- 10- د. رشدى سعيد 1964: جيولوجية مصر
- 11- د. رشدى سعيد 1982: جيولوجية النيل والدلتا

(س)

- 12- د. سعد الدين النقادى 1967: أسس الجيولوجيا

(ف)

- 13- د. فردريك هـ. لاهى (ترجمة د. فتح الله عوض وآخرين 1964): جيولوجيا الحقل

(م)

- 14- أ. محمد سميح عافيه 1996:
أضواء على استخراج المعادن والأحجار عبر الحضارات المصرية
- 15- د. محمد صبرى يوسف 1998: المياه الأرضية فى العالم العربى
- 16- د. محمد عز الدين حلمى - د. زكى محمد زغلول 1977: أسس بصريات المعادن
- 17- د. محمد عز الدين حلمى 1984: علم المعادن
- 18- د. محمد عز الدين حلمى 1986: جيولوجيا المعادن الإقتصادية
- 19- د. محمد كمال العقاد 1967: علم الصخور النارية
- 20- د. ملاك نصرالله مقار 1985: محاضرات فى الكهرومغناطيسية

(هـ)

- 21- د. هاوول ويليامز وآخرين (ترجمة د. سلامة طوسون وآخرين 1971: علم الصخور
- 22- د. وليام هينمان (ترجمة د. حافظ شمس الدين عبدالوهاب 2002: البسيط فى الجيولوجيا

ثانيا : كتب باللغة الإنجليزية

- Asquith, George B., and Charles R. Gibson 1982: "Basic well log analysis for geologists", American association of petroleum geologists, Tulsa, OKla
- Bacon, M., Simm, R., Redd, T. 2003: "3-D seismic interpretation", Cambridge Univ. Press
- Badely, M.E 1985: "Practical seismic interpretation", IHRDC
- Barry, K.M., 1967: "Delay time and its application to refraction profile interpretation", "Seismic refraction prospecting", Soc. Of exploration geophysics, Tulsa, Okla
- Bird, J.M. 1980: "plate tectonics", 2nd Ed., Am. Geophys. Union. Washington, D.C.
- Braddick, H.J.J. 1965: "Vibrations, waves and diffraction", Mc Graw-Hill, New York
- Claerbout, J. F. 1976: "Fundamentals of Geophysical Data Processing", New York. Mc Graw-Hill
- Clark, Sydney P., Jr.(ed) 1996: "Handbook of geophysical constants", Rev., ed., Geol., Soc., Am., Mem., 97, New York
- Coffeen, J.A. 1984: "Interpreting seismic data", Penn well publishing com.
- Condie, K., C., 1982: "Plate tectonic and crustal evolution", Pergamon Press, New York.
- David, A. 1995: "Geophysical survey in Archaeological Field Evaluation", Research and Professional Services Guid Line no1 London. English Heritage
- David Keith todd 1980: "Ground water hydrology", 2nd ed. John wiley & Sons New York
- Dix, C. H. 1952: "Seismic prospecting for oil", Harper and Brothers, New York
- Dobrin, M.B. and Smit, C.H. 1988: "Introduction to geophysical exploration", 4th ed., MC. Grawhill Book Co.

- Dohr, Gerhad 1974: "Applied geophysics", Enke, Stuttgart, Germany.
- Edwin S. Robinson, Cahit, Corouh 1988: "Basic exploration geophysics", John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore
- Faure, G. 1977: "Principles of isotope geology", John Wiley, New York
- Fitch, A.A., 1976: "Seismic reflection interpretation", Berlin, Gebruder Borntraeger
- Garland, G.D. 1965: "The earth's shape and gravity", Pergamon, Oxford.
- Garland, G.D. 1979: "Introduction to geophysics", W.B. Saunders Co., Philadelphia
- Grand, F.S., and G.F. West 1965: "Interpretation theory in applied geophysics", McGraw Hill, New York.
- Green, W.B. 1983: "Digital image processing", New York: Van Nostrand Reinhold.
- Griffiths, D.H. and King, R.E. 1981: "Applied geophysics for geologists and engineers", Oxford: Pergamon
- Gubbins, D. 1990: "Seismology and Plate Tectonics", Cambridge Univ. Press
- Gupta, H.K., 1980: "Geothermal Resources: An energy alternative", Elsevier, Amsterdam.
- Gutenberg, B. 1959: "Physics of the earth's interior", Academic Press, New York, P.104
- Hardage, B.A. 1985: "Vertical seismic profiling", Part A: Principles" 2nd (enlarged) edn., London: geophysical Press.
- Hatton pl., Worthington, M.H. and Making, J. 1986: "Seismic data processing: Theory and practice", Oxford: Blackwell Scientific.
- Heikes, R.R. and Ure, R.W. 1961: "Thermoelectricity: science and engineering", New York: Interscience
- Howell, B.F. 1990: "An introduction to seismological research, history and development", Cambridge: Cambridge Univ. Press
- Itenberg, S.S. 1971: "Study of oil and gas series from well logs", Mir publishers, Moscow.
- Jacobs, J.A. 1992: "Deep interior of the earth", London: Chapman & Hill
- Jakosky, J.J. 1950: "Exploration geophysics", Trija publishing Co., Los Angeles
- Jennison, R.C. 1961: "Fourier Transforms and Convolutions for Experimentalist", Pergamon, London.
- John Milson 1996: "Field geophysics", John Wiley & Sons, New York
- Kanasewich, E.R. 1973: "Time sequence analysis in geophysics", Edmonton, Univ. of Alberta Press
- Karner, F.S., Peterson, R.A., and Walter 1968: "Seismic Energy Sources Handbook", Bendix United Geophysical Corporation, Pasadena, Calif.
- Kaufmann, A.A. and Keller, G.V. 1981: "The magnetotelluric sounding method", Elsevier New York
- Kearey, P. and Brooks, M. 1991: "An Introduction to Geophysical Exploration", 2nd edn. Oxford: Blackwell Scientific

- Kearey, P. and Vine, F.J. 1990: "Global Tectonics", Oxford: Blackwell Scientific
- Keller, G.V. and Frischknecht, F.C. 1966: "Electrical methods in geophysical prospecting", Pergamon Press.
- Koefoed, O., 1979: "Geosounding principles", Elsevier, Amsterdam.
- Kulhanek, O., 1971: "Introduction to digital filtering in geophysics", Amsterdam, Elsevier
- Labo, J., A. 1986: "A practical introduction to borehole geophysics", Society of exploration geophysicists, Tulsa, Okla.
- Le Pichon, X., Francheteau, J. and Bonnin, J. 1973: "Plate tectonics", Elsevier, Amsterdam
- Lindsely, D.H., Andreasen, G.E and Balsley, J. R. 1966: "Magnetic properties of rocks and Mineral", Handbook of physical constants.
- Lynch Edward, J. 1962: "Formation evaluation", Harper and row, New York
- McElhinny, M.W. 1973: "Palaeomagnetism and plate Tectonics", Cambridge Univ. Press
- McQuillin, R.M., Bacon, M., and Barclay, W., 1984: "An Introduction to seismic Interpretation", London Graham & Trotman.
- Merrill, R.T. and McElhinny, M.W., 1983: "The earth's magnetic field", Academic Press, London
- Milson, J. 1989: "Field geophysics", Milton Keynes; Open Univ. Press
- Mooney, H.M. 1965: "Handbook of engineering geophysics", Minneapolis, Bison Instruments
- Mooney, H.M. and Wetzel, W.W. 1956: "The potential about a point Electrode", Minnesota: Univ. of Minnesota Press
- Nagata, T. 1961: "Rock magnetism", 2nd edn. Tokyo: Maruzen
- Nettelton, L.L. 1940: "Geophysics prospecting for Oil Exploration", New York, McGraw-Hill.
- Norman, H., and Kazuya 1977: "Geochronology", Blackwell Science, Fujita.
- O'Reilly, W. 1984: "Rock and Mineral Magnetism", Glasgow: Blackie
- Parasnis, D.S. 1973: "Mining Geophysics", Amsterdam: Elsevier
- Parasnis, D.S. 1986: "Principles of Applied Geophysics", 4th edn. London: Chapman & Hill
- Pehlinger, D. 1978: "Marine gravity", Elsevier, Amsterdam.
- Pikitate, T. 1966: "Electromagnetic and Earth's Interior", Elsevier, North-Holland.
- Pirson, S.J. 1963: "Handbook of well log analysis", Prentice Hall Englewood Cliffs, N.J.
- Rider, M.H., 1981: "The Geological Interpretation of Well Logs", John Wiley and Sons Inc New York
- Nagata, T. 1961: "Rock Magnetism", 2nd edn. Tokyo: Maruzen
- Nettelton, L.L. 1976: "Geophysical Prospecting for Oil", New York: McGraw Hill
- Nettelton, L.L. 1976: "Gravity and Magnetism in oil Exploration", New York: McGraw Hill
- Norman, H., and Kazuya 1977: "Geochronology", Blackwell Science, Fujita.

- O' Reily ,W.1984: "Rock and Mineral Magnetism", Glasgow : Blacie
- Parasnis ,D.S.1973: "Mining Geophysics", Amsterdam: Elsevier
- Parasnis,D.S. 1986: "Principles of Applied Geophysics", 4th edn. London: Chapman & Hill
- Pehlinger, D. 1978: "Marine gravity", Elsevier, Amsterdam.
- Pikitake,T.1966: "Electromagnetic and Earth's Interior", Elsevier, North-Holland.
- Pirson,S.J.1963: "Handbook of well log analysis", Prentic ñHill Englewood Cliffs, N.J.
- Rider,M.H.,1981: "the Geological Interpretation of well Log", John Wiley and sons inc New York
- Riktak, T.1976: "Earthquake Production", Amsterdam Elsevier
- Robinso, E.A.1967: "Multichannel Time Series Analysis with Digital Computer Programs", San Francisco, Hplden- Day
- Robinson, E.A. and S. treitel 1980: "Geophysical Signal Analysis", Englewood Cliffs, N.J., Prentic-Hill.
- Runcorn, S.K. (ed) 1960: "Methods and Techniques in Geophysics", Interscience, New York.
- Rybeck, L. and Muffer, L,J.P. 1981: "Geothermal systems :principles and case Histories", John Wiley, New York.
- Savararensky, E.1975: "Seismic Waves, Translated from the Russian by Petrosyn, A.", Mirpublishers, Moscow.
- Schlumberger 1984: "Well Evaluation Conference", Egypt.
- Swbnsh, R.L. 1983: "Seismic Exploration Methods", Boston, IHRDC.
- Sharma.P.1986: "Geophysical Methodsim Geology", Amsterdam, Elsevier
- Sheriff, R.E. 1980: "seismic Stratigraphy", IHRD, Boston, U.S.A.
- Sheriff, R.E and Geldart ,L.P.1982: "Exploration Seismology", Vol. 1 Cambridge: Cambridge Univ. Press
- Sjogren , B.1984: "Shallow Refraction Seismics", London: Chapman & Hill
- Sleep ,N.H. and Fujita ,K.1997: "principle of Geophysics", Blackwell science.
- Spoletto, Tongiorgi E (ed) 1963: "Nuclear Geology on geothermal area", Laboratorio di geologica nuclear ñPisa
- Stacey, F.D and Banerjee S.K. 1974: "The physical principles of Rock Magnetism", Amsterdam, Elsevier
- Stangway, D.W. 1970: "History of the Earth's Magnetism field", Mcgraw ñhill, New York.
- Strling ,S.G. and woodall, A.J.1957: "physics (2nd ed.)", Longmous, Green and co.,London
- Summer, J.S.1976: "principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration", Elsevier, Amsterdam.
- Tagg, G.F 1964: "Earth rwsustance", Geogre Newnes Ltd. London

Tarling, d.h 1983: "Paleomagnetism", London, Chapman & Hill

Telford, W.M. L.P.Geldart,R.E. sheriff and D.A. keys 1993: "Applied Geophysics", 2nd edition
Cambridge Univ. Press.

Verma, R.K.1980: "Master Tables of Electromagnetic Deph Sounding Interpretation", Plenum
Publishers, New York.