الأسبوع الخامس (٣٨-٤٨)

أ- المواد عكسية المغنطة (Diamagnetic materials)

ب- المواد طردية المغنطة (Paramagnetic materials)

ج- المواد حديدية المغنطة (Ferromagnetic materials)

2-8- مغنطيسية الصخور:

تكتسب الصخور المغنطيسية مغنطيسيتها في الحقل المغنطيسي الأرضي، وتكون هذه المغنطيسية متحرضة بوجود الحقل المغنطيسي الحالي، وتتغير شدتها مع تغير شدة الحقل المغنطيسي المسيطر. بينما اكتسبت معظم الصخور مغنطيسية متبقية دائمة، تتناسب شدتها مع متأثريتها المغنطيسية ومع شدة الحقل المغنطيسي الأرضي الذي سيطر أثناء اكتساب الصخر لمغنطيسيته، ويساير اتجاه هذه المغنطيسية المتبقية اتجاه ذلك الحقل المغنطيسي الأرضي المسيطر. هكذا نجد أن مغنطيسية الصخور مؤلفة من مركبتين: المغنطة المتحرضة في الصخور بوجود حقل مغنطيسي خارجي، والثانية: المغنطة المتبقية الطبيعية Natural remnant magnetization التي نتجت من سيطرة حقل مغنطيسي أثناء تشكل الصخر (تصخر) الرسوبي أو تبرد الصخر الاندفاعي.

نلخص هنا عمليات المغنطة الأكثر أهمية في حدوث المغنطة المتبقية الطبيعية (NRM):

1-8-1- المغنطة المتبقية الحرارية Thermo-remnant magnetization (TRM)

1-8-2- المغنطة المتبقية الترسيبية Depositional remnant magnetization (DRM)

1-8-3- المغنطة المتبقية الكيميائية أو البلورية Chemical or crystallization remnant magnetization (CRM)

1-8-4- المغنطة المتبقية متساوية الحرارة Isothermal remnant magnetization (IRM)

1-8-5- المغنطة المتبقية اللزجة Viscous remnant magnetization (VRM)

1-8-6- المغنطة المتبقية الضغطية Piezo-remnant magnetization (PRM)

1-8-7- المغنطة المتبقية ذاتية الانعكاس Self-reversed remnant magnetization (SRM)

1-8-8- المغنطة المتبقية الصدمية Shock remnant magnetization (SRM)

2-9- التأثير المغنطيسي للأجسام المغنطيسية هندسية الشكل:

بالواقع يمكن من أجل الأجسام منتظمة الشكل تطبيق العلاقات المستخدمة في طرائق الجاذبية على طرائق المغنطيسية. تزداد صعوبة حساب التأثير المغنطيسي بازدياد تعقيد شكل الجسم ولهذا تستخدم طرائق حسابية أكثر تعقيداً من أجل تحليل النتائج، كذلك يزداد التعقيد عند تحليل شدة الحقل المغنطيسي الكلي الناتج عن الأجسام المطمورة.

2-9-1- التأثير المغنطيسي الناتج عن قطب مغنطيسي معزول:

يظهر الشكل (2-7) قطباً مغنطيسياً سالباً قوته ($-P$) واقع على عمق (Z_1) من سطح الأرض. من العلاقة (2-5) نجد أن شدة الحقل المغنطيسي الكلي (H_T) في نقطة E التي تبعد مسافة X عن المركز السطحي O ومسافة r_1 عن القطب، تساوي:

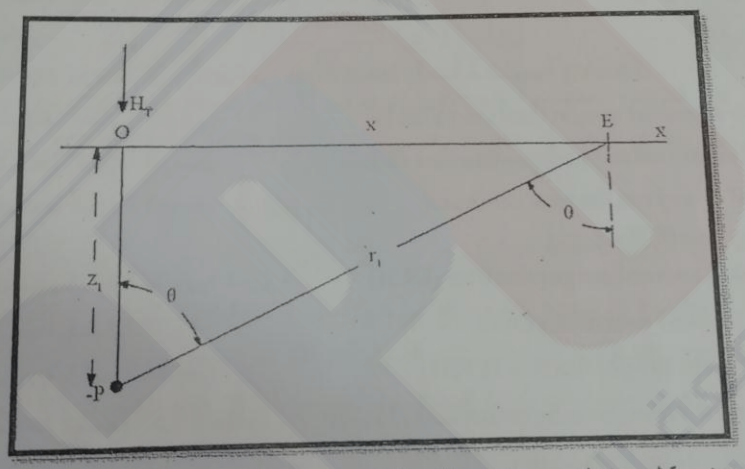
$$H_T = \frac{1}{\mu}\ \frac{P}{r_1^2} \qquad (2\text{-}11)$$

تعطى شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية H_z في نقطة E كما يلي:

$$H_Z = H_T \cos\Theta = \frac{P}{\mu r_1^2}\cdot\frac{z_1}{r_1} = \frac{P.z_1}{\mu r_1^3} \qquad (2\text{-}12)$$

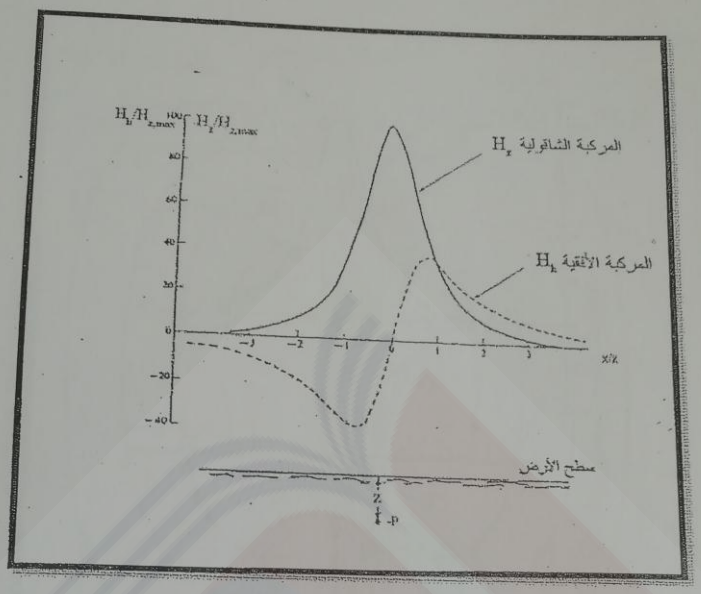
وبما أن $r_1 = (x^2 + z_1^2)^{\frac{1}{2}}$ نجد:

$$H_Z = \frac{P.z_1}{\mu(x^2 + z_1^2)^{3/2}} \qquad (2\text{-}13)$$



الشكل (2-7). وضع قطب مغنطيسي معزول واقع على عمق Z_1.

يعطي الشكل (2-8) منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية H_z (المنحني المستمر) ومنحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الأفقية (H_h) (المنحني المتقطع) لقطب معزول قوته (P-) وواقع على عمق (z_1) من سطح الأرض.



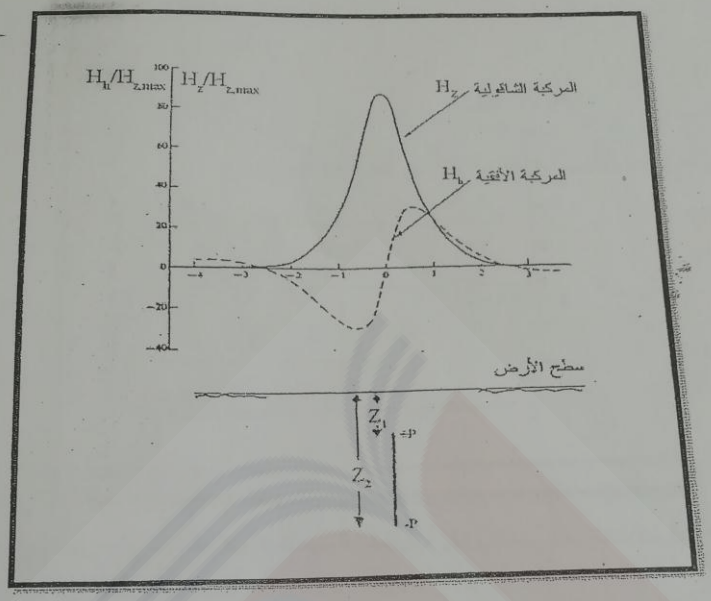
الشكل (2-8). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية H_z ومنحني تغير شدة المركبة الأفقية H_h فوق قطب سالب معزول.

2-9-2- التأثير المغنطيسي الناتج عن ثنائي قطب:

تطبق المعادلة (2-13) على القطب العلوي السالب الذي قوته (-P) الواقع على عمق z_1 من سطح الأرض وعلى القطب السفلي الموجب الذي قوته (+P) الواقع على عمق z_2 من سطح الأرض لحساب المركبة الشاقولية H_z في نقطة E. نظراً لتعاكس تأثير القطبين تكون المركبة الشاقولية كما يلي:

$$H_z = \frac{P.z_1}{\mu(x^2+z_1^2)^{3/2}} - \frac{P.z_2}{\mu(x^2+z_2^2)^{3/2}} \qquad (2\text{-}14)$$

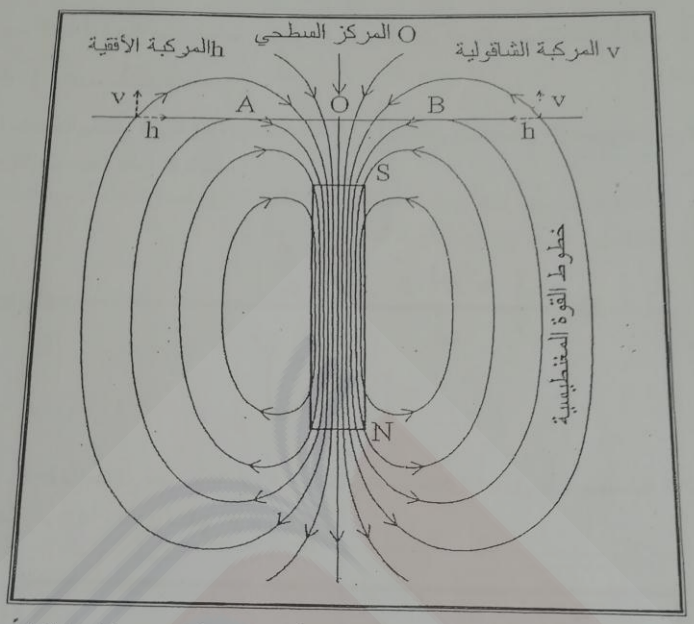
يعطي الشكل (2-9) منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية H_z (المنحني المستمر) ومنحني تغير شدة المركبة الأفقية H_h (المنحني المتقطع) لثنائي القطب.



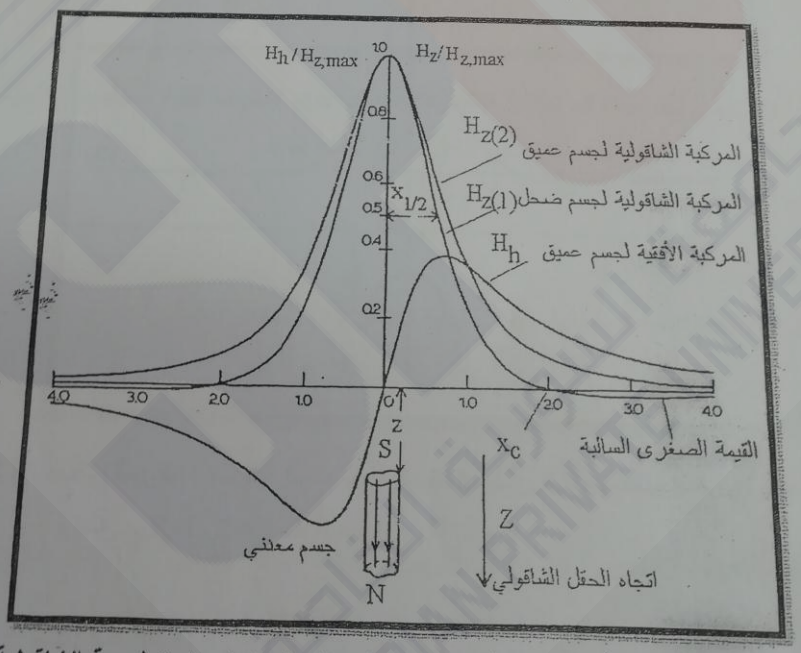
الشكل (2-9). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية H_z ومنحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الأفقية H_h فوق ثنائي قطب.

2-9-3- التأثير المغنطيسي الناتج عن جسم مغنطيسي هندسي الشكل:

يؤخذ جسم مغنطيسي أسطواني شاقولي مطمور تحت سطح الأرض، يقع سطحه العلوي على عمق (Z_1) وسطحه السفلي على عمق (Z_2) عن سطح الأرض (الشكل 2-10)، واقع في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. نظراً لكون الجسم مغنطيسياً وواقعاً تحت تأثير الحقل المغنطيسي الأرضي، تحرض المركبة الشاقولية للحقل المغنطيسي الأرضي مغنطيسية بالاتجاه الشاقولي، فإذا كانت المركبة الشاقولية موجهة نحو الأسفل ومتأثرية الجسم المغنطيسية حديدية، يتشكل قطب شمالي (موجب) على السطح السفلي للجسم وقطب جنوبي (سالب) على السطح العلوي، ويصبح هذا الجسم المغنطيسي مماثلاً لمغنطيس مستقيم ضخم ويولد خطوط قوة مغنطيسية مماثلة لتلك الظاهرة في الشكل (2-10). يعطي الشكل (2-11) الشواذ المغنطيسية الناتجة عن هذا الجسم المغنطيسي. تكون منحنيات تساوي المغنطيسية على سطح الأرض الناتجة عن جسم مغنطيسي شاقولي كما في الحالة المذكورة عبارة عن دوائر متمركزة حول المركز السطحي (O).



الشكل (2-10). خطوط القوة المغنطيسية الناتجة عن جسم أسطواني شاقولي مستقطب شاقولياً.



الشكل (2-11). جسم مغنطيسي أسطواني شاقولي ومنحنيات تغير المركبات المغنطيسية الشاقولية والأفقية.

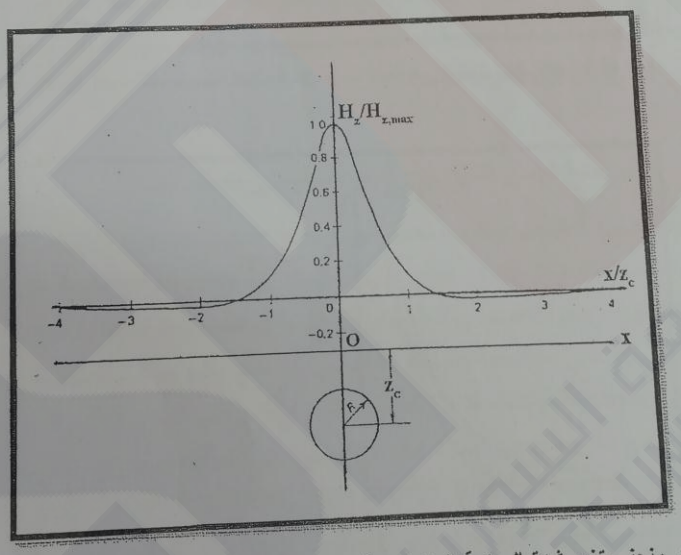
2-9-4- شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية الناتجة عن أجسام مستقطبة شاقولياً:

2-9-4-1- كـــــــــرة:

تعد الكرة متجانسة ونصف قطرها (R) ومستقطبة شاقولياً في الحقل المغنطيسي الأرضي وعمق مركزها (z_c) عن سطح الأرض بحيث يكون $z_c > R$.

$$H_z = \frac{4}{3}\,\frac{\pi\, R^3\, I}{z_c^3}\,\frac{2-\left(\frac{x}{z_c}\right)^2}{\left[1+\left(\frac{x}{z_c}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}} \qquad (2\text{-}15)$$

يظهر الشكل (2-12) منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق كرة مستقطبة شاقولياً ونصف قطرها R وعمق مركزها z_c عن سطح الأرض.



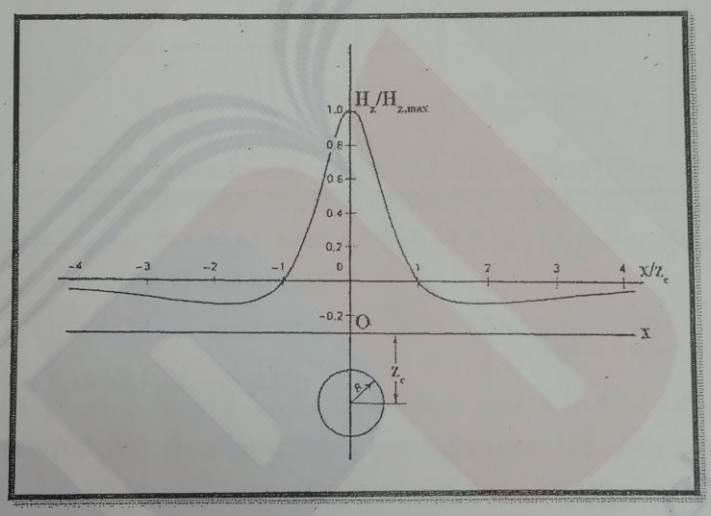
الشكل (2-12). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق كرة مستقطبة شاقولياً، ونصف قطرها R وعمق مركزها z_c عن سطح الأرض.

2-9-4-2- أسطوانة أفقية:

تعطى المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق أسطوانة أفقية مستقطبة شاقولياً، ونصف قطرها R ويقع محورها على عمق (z_c) من سطح الأرض.

$$H_z = \frac{2\pi\ R^2\ I}{z_c^2} \cdot \frac{1-(\frac{x}{z_c})^2}{\left[1+(\frac{x}{z_c})^2\right]^2} \qquad (2\text{-}16)$$

يظهر الشكل (2-13) منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق أسطوانة أفقية مستقطبة شاقولياً، ونصف قطرها R وعمق محورها z_c عن سطح الأرض.



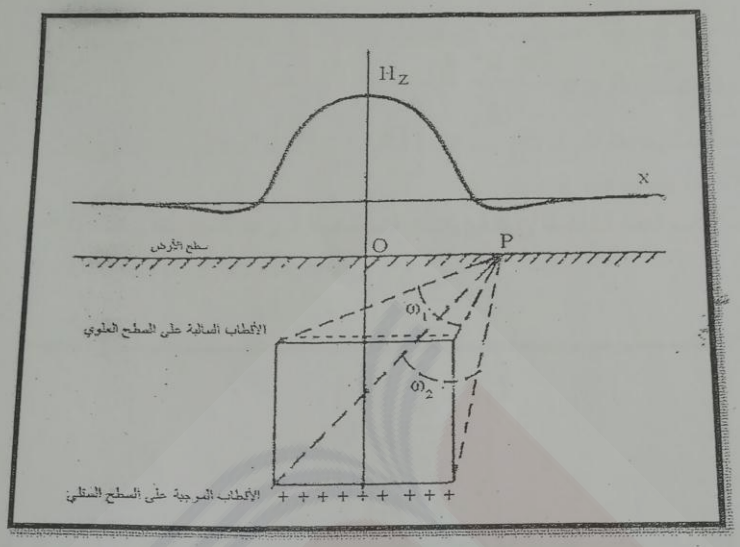
الشكل (2-13). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق أسطوانة أفقية مستقطبة شاقولياً، نصف قطرها R وعمق محورها (z_c) من سطح الأرض.

2-9-4-3- أسطوانة شاقولية:

تعطى شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية H_z في نقطة القياس (P) بالعلاقة التالية :

$$H_z = \frac{\pi R^2 z_1 . I}{(x^2 + z_1^2)^{3/2}} \qquad (2\text{-}17)$$

z_1 عمق سطح الأسطوانة العلوي من سطح الأرض. X بعد نقطة القياس (P) عن المركز السطحي للأسطوانة. يظهر الشكل (2-14) منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوقها.

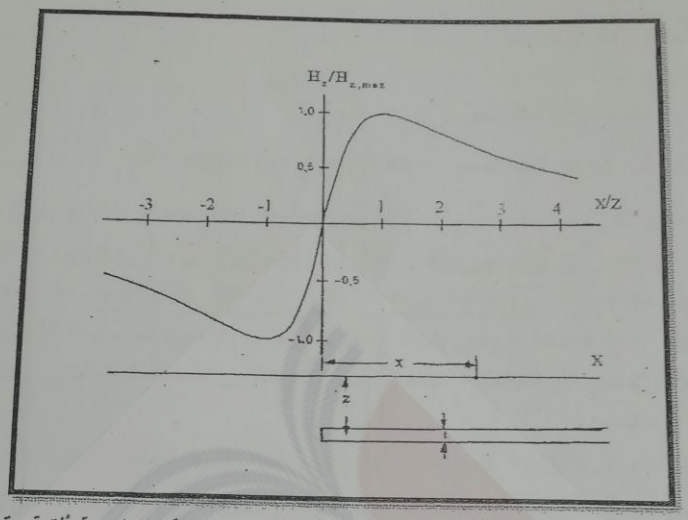


الشكل (2-14). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية الناتجة عن السطحين العلوي والسفلي لأسطوانة شاقولية مستقطبة طولياً.

2-9-4-4- صفيحة أفقية مضروبة بفالق:

لو فرضنا وجود صفيحة أفقية مضروبة بفالق شاقولي سماكتها (t) ومطمورة على عمق (z) فتكون شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية في نقطة تقع على بعد (x) من المركز السطحي الواقع فوق نهاية الصفيحة (أي على صفحة الفالق) (الشكل 2-15)، كالتالي:

$$H_Z = I.t\frac{x}{x^2+z^2} \qquad (2\text{-}18)$$



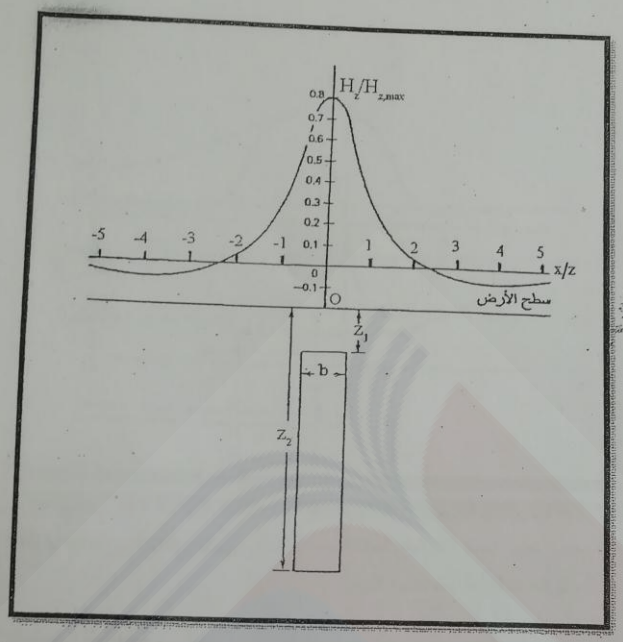
الشكل (2-15). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق صفيحة مغنطيسية أفقية رقيقة مستقطبة شاقولياً ومضروبة بفالق شاقولي.

2-9-4-5- صفيحة شاقولية:

تعطى شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية لصفيحة شاقولية وعرضها أوَ (سماكتها) b وسطحها العلوي أفقي يقع على عمق (z_1)، بينما يقع سطحها السفلي على عمق (z_2) على بعد x من المركز السطحي للصفيحة كما يلي:

$$H_z = 2I.b\left(\frac{z_1}{z_1^2 + x^2} - \frac{z_2}{z_2^2 + x^2}\right) \qquad (2\text{-}19)$$

يظهر الشكل (2-16) منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق صفيحة مغنطيسية شاقولية مستقطبة شاقولياً، عرضها (b) وعمق سطحها العلوي (z_1) وسطحها السفلي (z_2).



الشكل (2-16). منحني تغير شدة المركبة المغنطيسية الشاقولية فوق صفيحة مغنطيسية شاقولية عرضها (b) ومستقطبة شاقولياً.

2-9-5- التأثير المغنطيسي الناتج عن الحقل المغنطيسي الأرضي الكلي:

لقد رأينا حتى الآن كيفية حساب المركبة المغنطيسية الشاقولية الناتجة عن أجسام مغنطيسية متنوعة، إنما بشكل عام منتظمة الشكل، ومطمورة على عمق معين من سطح الأرض.

إن حساب شدة الحقل الكلي وتفسير معطياته الناتجة عن أجسام مطمورة أكثر تعقيداً من حساب شدة المركبة الشاقولية وتفسير معطياتها، وذلك لأن الحقل الكلي يختلف بالميل والاتجاه من مكان لآخر على سطح الأرض.

2-10- مقاييس المغنطيسية Magnetometers:

تطورت مقاييس المغنطيسية تطوراً كبيراً منذ بدايتها، وبخاصة بعد الأربعينيات من القرن الماضي. كانت الأنواع الأولى ميكانيكية تعتمد على حركة قضيب أو إبرة مغنطيسية، وقد استعيض عنها بالأنواع الكهربائية التي تعتمد على تأثر المواد بالحقول المغنطيسية. صمم كل مقياس لقياس عنصر من عناصر الحقل المغنطيسي الأرضي، مثل الحقل الكلي أو المركبة الأفقية أو المركبة الشاقولية أو الانحراف المغنطيسي أو الميل المغنطيسي. يمكن تصنيفها بأشكال مختلفة، نورد منها ما يلي:

آ- المقاييس الميكانيكية.

ب- المقاييس الكهربائية.