

Geofísica de la Tierra Sólida 2012 - Certamen 1

2 horas

Importante: Hay que elegir 5 de las 7 preguntas de la sección A, y elegir 2 de las 4 preguntas en la sección B.

La sección A consta de 25 puntos, la sección B de 25.

Sección A [Elige 5 de las 7 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (=50% en total)]

A1)

- (a) [2 pts] ¿Cuál es la diferencia entre la frontera litosfera-astenosfera y la frontera corteza-manto?
- (b) [3 pts] La astenosfera de la Tierra se llama “viscoelástica”. Indique la evidencia para su comportamiento (i) viscoso y (ii) elástico.

A2)

- (a) [2 pts] ¿Qué es el momento de inercia? ¿Que unidades tiene?
- (b) [3 pts] Una esfera homogénea tiene $I = 0.4MR^2$. Explique por qué el momento de Inercia de la Tierra es menor que eso: $I_{\text{Tierra}} = 0.33M_{\text{Tierra}}R_{\text{Tierra}}^2$; y por qué el momento de Inercia del Sol es mucho menor que eso: $I_{\text{Sol}} = 0.059M_{\text{Sol}}R_{\text{Sol}}^2$.

A3)

La parte no-rotacional del potencial gravitacional puede ser representado usando armónicos esféricos:

$$U(r, \theta, \phi) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \left\{ \begin{array}{c} r^l \\ (\frac{1}{r})^{(l+1)} \end{array} \right\} [A_l^m \cos m\phi + B_l^m \sin m\phi] P_l^m(\theta)$$

- (a) [2 pts] ¿Qué factores influyen en la elección del parte radial?
- (b) [3 pts] ¿Cuál es la coeficiente A_0^0 , en términos del constante gravitacional y las propiedades de la Tierra?

A4)

- (a) [2 pts] ¿Qué es el esferoide de referencia en geodesia?
- (b) [3 pts] ¿Qué propiedades de la Tierra influyen la esferoide de referencia?

Sección A [Elige 5 de las 7 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (=50% en total)]

A5)

- (a) [2 pts] ¿Cuales son los marcos de referencia geográfico y geomagnético para la Tierra?
 (b) [3 pts] ¿Cómo es posible que las mediciones paleomagnéticas pueden estar en el marco geográfico?

A6) La ecuación de inducción magnética es:

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{H}) + \frac{1}{\mu_0 \sigma} \nabla^2 \mathbf{H}$$

- (a) [2 pts] ¿Dónde se aplica esta ecuación?
 (b) [3 pts] Explique lo que representan los dos términos en el lado derecho de la ecuación: $\nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{H})$ y $\frac{1}{\mu_0 \sigma} \nabla^2 \mathbf{H}$

A7) [5 pts] Explique la forma del espectro de potencia del campo geomagnético en la superficie de la Tierra.

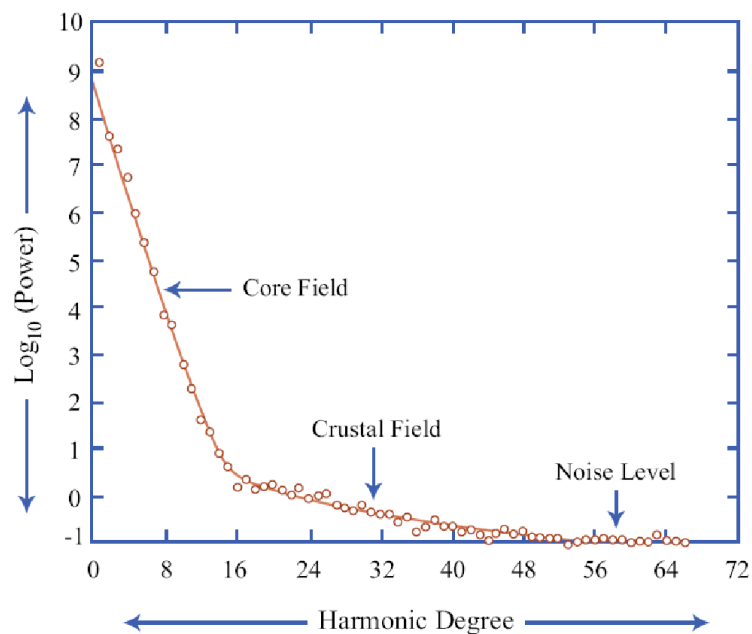


Figura: Potencia normalizada en los esféricos armónicos del campo interno geomagnético.

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B1) [12.5 pts total]

- (a) [0.5 pts] ¿Que es la temperatura de Curie?
- (b) [2 pts] ¿Qué son la inclinación y declinación del campo geomagnético?
- (c) [2 pts] ¿Qué errores pueden existir cuando uno se mide la inclinación y la declinación de la magnetización de una roca en un sitio?
- (d) [6 pts] Mediciones radiométricas y paleomagnéticas eran tomados de cinco muestras de una capa ígnea que se formó por una secuencia de erupciones durante 20,000 años. Use los siguientes datos para estimar la edad de la roca en el sitio, y la latitud del sitio cuando se formó la roca.

$\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$	$\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$	Inclinación [°]
0.71254	2.2	-56.4
0.72109	3.7	-62.3
0.72394	4.2	-59.7
0.72565	4.5	-61.2
0.73135	5.5	-57.0

- (e) [2 pts] Si la capa de roca se estaba formando durante una inversión del campo magnético, ¿como cambiaría los datos en la parte (d)?

p.d. Los siguientes ecuaciones podrían ayudar en esta pregunta (pero no es necesario usarles explícitamente si ya saben las derivaciones):

$$^{87}\text{Rb} = ^{87}\text{Rb}_0 e^{-\lambda_{87}t}$$

$$^{87}\text{Sr} = ^{87}\text{Sr}_0 + (^{87}\text{Rb}_0 - ^{87}\text{Rb})$$

$$\lambda_{87} = 1.42 \times 10^{-11} \text{ año}^{-1}$$

$$V_{\text{dipolo axial}} = \frac{\mu_o |\mathbf{m}| \cos \theta}{4\pi r^2}$$

$$\nabla = \hat{\mathbf{r}} \frac{\partial}{\partial r} + \hat{\theta} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} + \hat{\phi} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi}$$

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B2) [12.5 pts total]

(a) [0.5 pts] ¿Qué es una anomalía de gravedad?

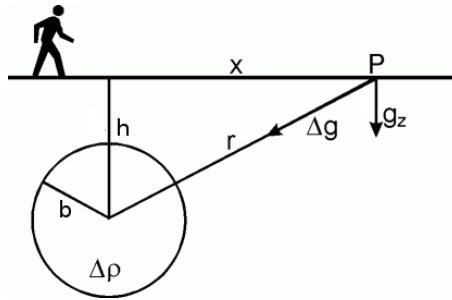
(b) [6 pts] Calcule la anomalía de gravedad en la posición P , Δg_z , debido a una esfera, radio b , densidad ρ_1 , enterrada con su centro a una profundidad h en un medio de densidad ρ .

Figura: Esfera enterrada. La posición P es una distancia x del punto en la superficie directamente encima del centro de la esfera.

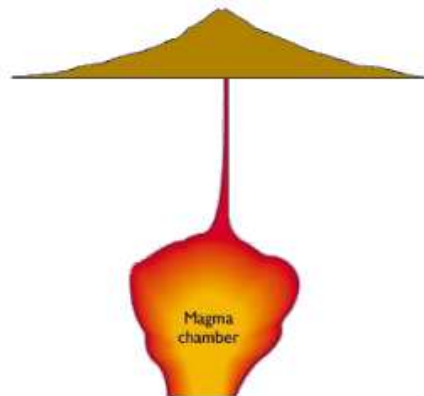
(c) [6 pts] Una medición de gravedad en la cima de un volcán, a una altura de 1000 metros, es $g_{\text{obs}} = 9.80587 \text{ ms}^{-2}$. El valor de referencia en la región, en la superficie del mar, es $g_{\text{ref}} = 9.80790 \text{ ms}^{-2}$. Use las correcciones de aire libre y de Bouguer:

$$dg_{FA} = -\frac{2hg_0}{R_{\text{Tierra}}} \quad dg_B = 2\pi G\rho h$$

junto con los siguientes valores:

$$\rho_{\text{roca}} = 2800 \text{ kgm}^{-3}, \quad \rho_{\text{magma}} = 2200 \text{ kgm}^{-3}, \quad R_{\text{Tierra}} = 6371 \text{ km}, \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$$

Para calcular el radio de la cámara de magma si esta a 6 kilómetros de profundidad. (Se puede estimar la cámara de magma como una esfera).

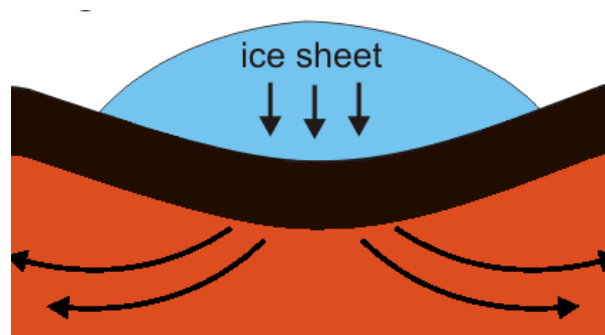


Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B3) [12.5 pts total]

(a) [0.5 pts] ¿Cuál es la definición de la litosfera?

(b) [6 pts] Explique el principio de isostasia, que dimensiones de cargas están compensadas, y el proceso del rebote post-glacial.

(c) [4 pts] Groenlandia tiene un campo de hielo con un espesor de ~ 2 km. Si Groenlandia perderá 10% de su hielo en los próximos 50 años, calcule el monto de levantamiento (en metros) que subirá Groenlandia debido a este deshielo parcial. ¿Cuál será la tasa de levantamiento en metros por año? ($\rho_{\text{hielo}} = 900 \text{ kgm}^{-3}$, $\rho_{\text{manto}} = 3300 \text{ kgm}^{-3}$).

(d) [2 pts] La tasa de levantamiento actual después de un deshielo es del orden de 1 cm por año. Explique por qué existe una diferencia entre este valor y la tasa calculada en la parte anterior.

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B4) [12.5 pts total]

Considere la expansión armónica esférica del potencial geomagnético para el campo interno:

$$V = a \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=0}^l \left(\frac{a}{r}\right)^{l+1} (g_l^m \cos m\phi + h_l^m \sin m\phi) P_l^m(\theta)$$

Note que θ y ϕ son los ángulos en el marco de referencia geográfico en esta expresión.

(a) [0.5 pts] ¿Por qué no se considere $l = 0$ para el potencial geomagnético?

(b) [3 pts] ¿Cuál es la expresión para el potencial dipolar en términos de los armónicos? (Use $P_1^0(\theta) = \cos \theta$, y $P_1^1(\theta) = \sin \theta$).

(c) [5 pts] Use $\nabla = \hat{\mathbf{r}} \frac{\partial}{\partial r} + \hat{\boldsymbol{\theta}} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} + \hat{\boldsymbol{\phi}} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi}$, y $\mathbf{B} = -\nabla V$, para calcular los componentes del campo dipolar de la Tierra: B_r , B_θ , B_ϕ .

(d) [4 pts] Use las coeficientes de Gauss en la tabla para calcular B_r , B_θ y B_ϕ en la superficie de la Tierra a 0° latitud, 0° longitud.

$$\begin{array}{l|l} g_1^0 & -30001 \text{ nT} \\ g_1^1 & -1950 \text{ nT} \\ h_1^1 & 5634 \text{ nT} \end{array}$$