

Geofísica de la Tierra Sólida 2019 - Certamen 1

2 horas

Importante: Hay que elegir 5 de las 7 preguntas de la sección A, y elegir 2 de las 3 preguntas en la sección B.

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

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

A1) (a) [2 pts] Describa los factores que determinan el momento de inercia de un planeta o cuerpo celeste.

(b) [3 pts] La figura muestra una estrella de neutrones. Se puede suponer que el líquido interior tiene una densidad constante. ¿Qué tiene mayor momento de inercia: la Tierra o una estrella de neutrones? ¿Por qué?



Figura 1: Propiedades de una estrella de neutrones.

A2) [5 pts] Explique en detalle por qué, en la formación del sistema solar inicial, los proto-planetas más grandes pueden formar núcleos de hierro, mientras que cuerpos más pequeños no tienen esta capacidad.

A3) [5 pts] Explique bien los procesos que permite que se encuentren en la superficie terrestre rocas plutónicas ígneas (como los batolitos), que se forman a kilómetros de profundidad dentro de la Tierra.

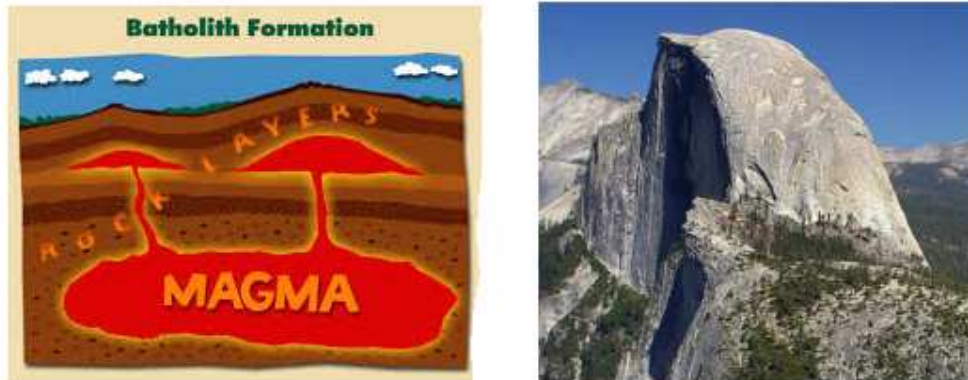


Figura 2: Batolitos: su formación y un ejemplo de uno en la superficie.

A4) [5 pts]

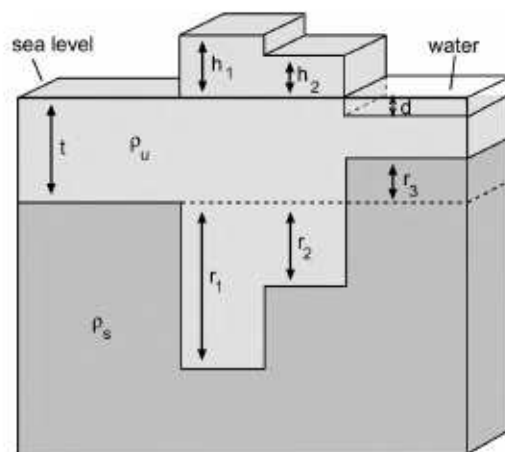


Figura 3: El principio de isostasia de Airy en un diagrama.

El Lago Baikal en Rusia tiene una profundidad máxima de 1642 metros. Use el principio de isostasia para estimar la reducción en el espesor de la corteza continental debajo de este lago.

$$(\rho_{\text{corteza}} \simeq 2700 \text{ kgm}^{-3}, \rho_{\text{manto}} \simeq 3300 \text{ kgm}^{-3}, \rho_{\text{agua}} \simeq 1000 \text{ kgm}^{-3}).$$

A5) (a) [3 pts] Explique bien qué son los marcos de referencia geográfico y geomagnético para la Tierra.

(b) [2 pts] Cuando se toman datos paleomagnéticos, ¿qué se tiene que hacer para calcular las posiciones de los caminos de los paleopolos en el marco geográfico?

A6)

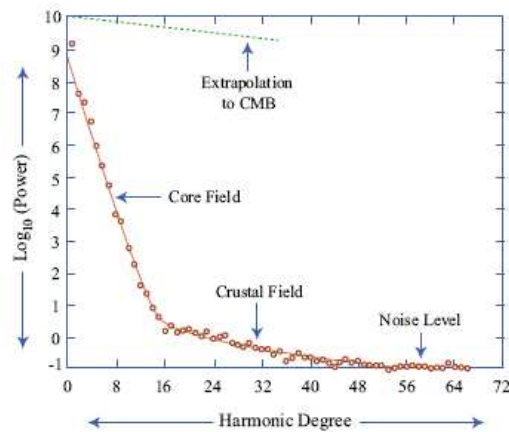


Figura 4: El espectro de potencia para el campo magnético de grado l .

(a) [2 pts] Explique por qué hay dos pendientes en el espectro de potencia del campo geomagnético.

(b) [3 pts] Si la velocidad típica de separación de las placas en las dorsales era la mitad de la velocidad actual, ¿cómo cambiaría el espectro de potencia mostrado en la Figura 4?

A7)

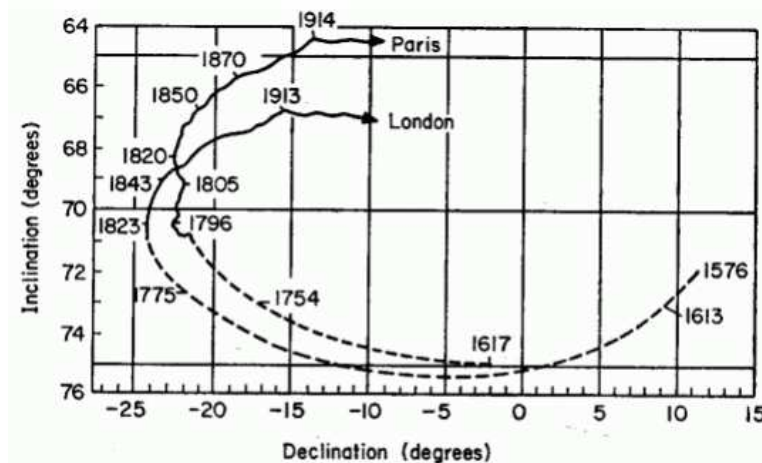


Figura 5: Valores históricos para declinación e inclinación en Londres y París.

(a) [2 pts] Usando la figura, ¿el polo geomagnético estaba más cerca la ciudad de París en el año 1617 o en el año 1914? Explique su respuesta.

(b) [3 pts] ¿Por qué, cerca del año 1800 la declinación en Londres tenía un valor absoluto mayor que la declinación medida en París?

p.d. Londres está a una latitud geográfica mayor que París.

Sección B [Elija 2 de las 3 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B1) [12.5 pts total]

En el sistema rubidio-estroncio, ^{87}Rb decae a ^{87}Sr y como consecuencia

$$^{87}\text{Sr} = ^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Rb} \left(e^{\lambda_{87}t} - 1 \right) \quad \text{con} \quad \lambda_{87} = 1.42 \times 10^{-11} \text{ año}^{-1}$$

(a) [2 pts] Específicamente, cuándo se inicia el reloj radiométrico para una roca?

(b) [4 pts] La Figura 6 muestra mediciones de rubidio y estroncio para una cierta roca. Use estos datos para determinar la edad de la roca.

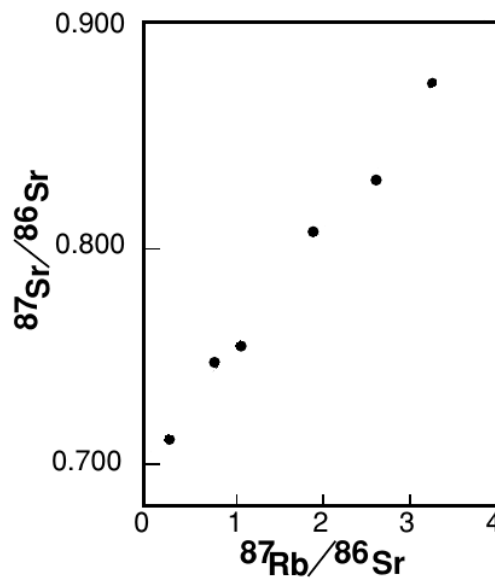


Figura 6: Mediciones Rb-Sr para una roca ígnea

(c) [4 pts] Cuando se formó la Tierra hace 4.6×10^9 años, usando comparaciones con meteoritos, para el manto inicial se estiman las siguientes tasas:

$$\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}} \simeq 0.699 \quad \text{hace } 4.6 \text{ Ga} \quad , \quad \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}} \simeq 0.09 \quad \text{hace } 4.6 \text{ Ga}$$

Las rocas que se derivan del manto hoy en día (por ejemplo basaltos de islas oceánicas como Hawái) tienen valores de $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ cerca de 0.705.(i) ¿Por qué la tasa de $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ en el manto hoy en día es mayor que su valor inicial?(ii) Demuestre la relación matemática entre estos valores de 0.699 y 0.705 para $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ inicial y en la actualidad en el manto.(d) [2.5 pts] Rocas derivadas de la corteza continental que se forman hoy en día (por ejemplo andesitas formadas por erupciones de volcanes en los continentes) tienen valores iniciales de $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}} \gg 0.705$. Dé una razón de por qué es así.

Sección B [Elija 2 de las 3 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B2) [12.5 pts total]

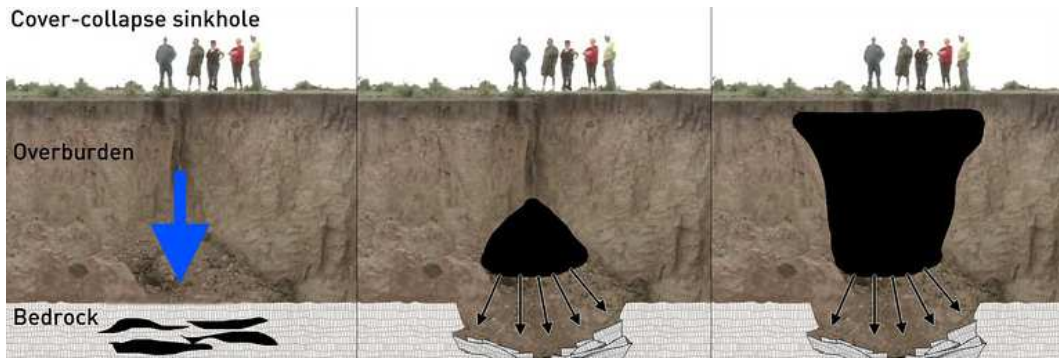


Figura 7: La generación de un sumidero dentro de la Tierra.

Los sumideros son espacios vacíos dentro de la Tierra causado por la erosión de roca que se disuelve en aguas subterráneas. Se puede intentar encontrar un sumidero calculando la anomalía de Bouguer.

- (a) [2 pts] ¿Por qué la anomalía de aire libre no es tan relevante cuando uno quiere encontrar los sumideros?
- (b) [2 pts] Los sumideros entregarían una anomalía de Bouguer positiva o negativa? Explique su respuesta.
- (c) [4 pts] Mediciones de gravedad en un perfil encima de posibles sumideros entregan los siguientes valores:

Dist. a lo largo del perfil [m]	Altura de la topografía [m]	g_{obs} [ms^{-2}]	Δg_B [ms^{-2}]
0	12.35	9.804295	$\approx 7.1 \times 10^{-7}$
10	14.29	9.804292	
20	17.67	9.804285	
30	16.99	9.804287	
40	13.33	9.804271	
50	11.47	9.804297	

Densidad de la roca madre en este lugar es 2650 kgm^{-3}

g_{ref} a esta latitud es 9.804320 ms^{-2} al nivel del mar

Calcule la anomalía de Bouguer en los puntos del perfil (un valor ya esta dada en la tabla), y indique la posible posición de un sumidero. (Radio terrestre es 6371 km).

$$dg_{FA} = -2\frac{hg}{r} \quad , \quad dg_B = 2\pi G\rho h$$

$$\Delta g_B = g_{obs} - dg_{FA} - dg_B - g_{ref}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$$

(d) [4.5 pts] Use el valor para la anomalía de Bouguer en la posible posición del sumidero para estimar su profundidad en los casos que (i) el sumidero esta lleno de aire (ii) el sumidero esta lleno de agua (densidad 1000 kgm^{-3}). ¿Qué suposición se hace?

Sección B [Elija 2 de las 3 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B3) [12.5 pts total]

La ecuación de Laplace tiene la siguiente forma, donde U puede representar el potencial geomagnético o el potencial gravitacional terrestre,

$$\nabla^2 U = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial U}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 U}{\partial \phi^2} = 0$$

(a) [3 pts] ¿En qué lugares no se aplica esta ecuación, y por qué, si (i) U representa el potencial geomagnético, y (ii) U representa el potencial gravitacional terrestre?

(b) [6 pts] Desarrolle y explique los pasos matemáticos para encontrar una ecuación para la parte radial de la solución. Muestre que $R(r) = \alpha r^l + \beta r^{-(l+1)}$ es una solución a esta ecuación.

(c) [3.5 pts] El potencial magnético dipolar en la superficie de la Tierra, en los polos, es aproximadamente 1.5×10^8 amperios. ¿Qué valor entonces tiene el potencial magnético dipolar a una altura de 36 kilómetros encima de los polos?

(El radio terrestre en los polos es aproximadamente 6357 km).