

Matt
1

Geofísica de la Tierra Sólida 2010 - 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) [3 pts] ¿Por qué es necesario usar meteoritos del espacio para determinar la edad de la Tierra?

- Tierra a su formación fundida
- Relojes radiométricos empiezan bajo la Tierra
- Si el sistema solar / meteoritos / Tierra formaron al mismo tiempo de un nube, edad de meteoritos ~ edad de la Tierra

(b) [2 pts] ¿Qué meteoritos son usados en esta determinación, y qué se mide?

- chondritos
- Tazas de isotopos radiométricos
- es decir Rb/Sr

A2)

(a) [2 pts] ¿Cuál es el marco de referencia geográfico de la Tierra? - eje de la gira

(b) [3 pts] Cualquier punto arriba de la superficie de la Tierra puede ser dado con los ángulos λ (o θ) y ϕ . ¿Qué significan los ángulos λ , θ y ϕ , y que rangos tienen?

lat lat long
-90 to 90 0 to 180 0 to 360

A3)

(a) [3 pts] ¿Por qué los planetas interiores (y la Luna) tienen núcleos, mientras que asteroides más pequeños no los tienen?

energía gravitacional de formación alta para un cuerpo más grande
=> fundida
=> hierro fundido hunde -> núcleo

(b) [2 pts] ¿Cómo se puede determinar el tamaño del núcleo para (i) la Tierra, y (ii) otros planetas?

Zona de Sombra

A4)

[5 pts] El campo de referencia gravitacional para la Tierra esta siempre dado como una función de latitud. Por ejemplo, la ecuación de Somigliana: $g(\lambda) = g_{ec} \left[\frac{1+k \sin^2 \lambda}{\sqrt{1-e \sin^2 \lambda}} \right]$.

¿Por qué es preferible presentarlo en este formato, y no en el formato de armónicos esféricos, es decir g_i^m y h_i^m ?

- rotación de la Tierra cambia la gravedad.
- término extra, no cumple $\nabla^2 V = 0$.
- => no se puede expresar con armónicos esféricos

esta pregunta es mala / casi incorrecta

Geofisicos le gustan hacer aproximaciones

A5)

[5 pts] Use las ecuaciones que gobiernan la electrodinámica en el núcleo

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \mathbf{J} \\ \mathbf{J} &= \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla \times \bar{\mathbf{B}} &= \mu_0 \bar{\mathbf{J}} = \mu_0 \sigma (\dot{\mathbf{E}} + \dot{\mathbf{v}} \times \bar{\mathbf{B}}) \\ \nabla \times \nabla \times \bar{\mathbf{B}} &= \mu_0 \sigma \nabla \times \dot{\mathbf{E}} + \mu_0 \sigma \nabla \times \dot{\mathbf{v}} \times \bar{\mathbf{B}} \\ -\nabla^2 \bar{\mathbf{B}} &= -\mu_0 \sigma \frac{\partial \bar{\mathbf{E}}}{\partial t} + \mu_0 \sigma \nabla \times \dot{\mathbf{v}} \times \bar{\mathbf{B}} \\ \frac{\partial \bar{\mathbf{B}}}{\partial t} &= \nabla \times \dot{\mathbf{v}} \times \bar{\mathbf{B}} + \frac{1}{\mu_0 \sigma} \nabla^2 \bar{\mathbf{B}} \end{aligned}$$

y la identidad $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{B}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{B}) - \nabla^2 \mathbf{B}$ para llegar a la ecuación de inducción magnética:

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \eta \nabla^2 \mathbf{B}$$

¿Qué representa η , en términos de μ_0 y σ , en la ecuación de arriba?

$$\eta = \frac{1}{\mu_0 \sigma}$$

A6)



($l \rightarrow m$) nodos de latitud
2m nodos de longitud

Fig A6: Cinco diferentes soluciones para armónicos esféricos de grado l y orden m

[5 pts] La solución para el potencial magnético interno, en términos de los armónicos esféricos, esta dada por

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

a \leftrightarrow 4
b \leftrightarrow 1
c \leftrightarrow 2
d \leftrightarrow 5
e \leftrightarrow 3

Identifique cuáles de los cinco armónicos en la figura son representados por los siguientes valores de l y m

	a	b	c	d	e
l	1	4	4	5	5
m	0	0	4	2	3

A7)

[5 pts] ¿Cuáles son las similitudes y las diferencias entre los campos de gravedad y magnético de la Tierra?

campos potenciales
ecuaciones Laplace/Poisson
armónicos esféricos
campo de referencia

masa atraccional / magnetismo positivo/negativo plus
potencial gravitacional $\propto \frac{1}{r}$ / potencial magnético $\propto \frac{1}{r^2}$
campo magnético varía en el tiempo
paleomagnetismo existe.

TENGO QUE PONER $G = 6.67 \times 10^{-11}$ en eso

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

B1) [12.5 pts]

El radio de la Tierra es ~6378 km en el ecuador, y ~6357 km en los polos.

(a) [3 pts] ¿Por qué existe el bulto ecuatorial de la Tierra?

• gira
• fuerza centrífuga
• viscosidad del manto
• fricción de la esfera
+ comparación con sistema solar/galaxias
+ diagrama

(b) [1.5 pts] Debido al bulto ecuatorial, ¿el momento de inercia de la Tierra (I_{Tierra}) será mayor alrededor del eje de giro, o alrededor de un eje que pasa por el plano ecuatorial?

$$I = \sum m r_i^2$$

(c) [2 pts] Calcule la aceleración centrífuga en el ecuador en ms^{-2} .

$$a = r \omega^2 = r \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = 6378000 \left(\frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60} \right)^2 = 0.0337 \text{ ms}^{-2}$$

(d) [3 pts] La Tierra Sólida también muestra deformaciones oscilatorias debido a la interacción Tierra-Luna (las mareas terrestres). Si la masa de la Luna es 7.3×10^{22} kg, y la distancia Tierra-Luna es 386,000 km, calcule las aceleraciones debido a la Luna en ambos lados de la Tierra: (i) El punto lo más cerca la Luna, (ii) El punto más lejos de la Luna.

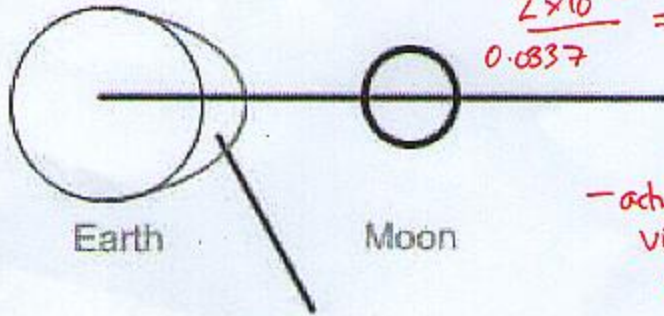
$$a = \frac{GM}{r^2}$$

(i) $\frac{GM}{(386000000)^2} = 3.268 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ (ii) $\frac{GM}{288(39875000)^2} = 3.062 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$

(e) [3 pts] Haga una comparación con la parte (c) para estimar la amplitud de las mareas terrestres. La amplitud actual de la deformación de la Tierra esta ~30 cm, comente sobre la diferencia entre su respuesta y eso.

$$\Delta acc \approx 2 \times 10^{-6}$$

$$\frac{2 \times 10^{-6}}{0.0337} = \frac{x}{21,000} \Rightarrow x = 1.2 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$$



~0.3 m bulge

Fig B1: Marea terrestre.

-actualmente, el manto es viscoso, no deforma tanto en 12 horas
amplitud actual es menor

BAD QUESTION

B2) [12.5 pts]

(a) [3 pts] Use el hecho que, para la gravedad, $g \propto \frac{1}{r^2}$, para mostrar que la corrección de aire libre de gravedad es

$$dg_{FA} = -\frac{2hg}{r}$$

Handwritten derivation:

$$g|_r = \frac{A}{r^2} = g \quad g|_{r+h} = \frac{A}{(r+h)^2}$$

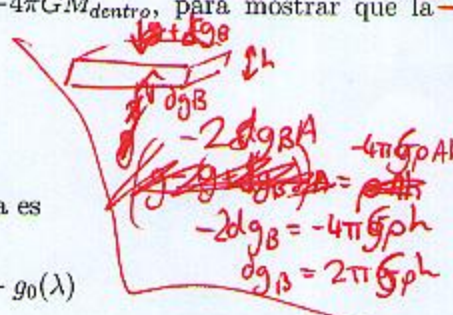
$$= \frac{A}{r^2} \left(1 + \frac{h}{r}\right)^{-2}$$

$$\approx \frac{A}{r^2} \left(1 - 2\frac{h}{r}\right)$$

$$= g - \frac{2hg}{r}$$

(b) [3 pts] Use la ley de Gauss, $\oint_V \mathbf{g} \cdot d\mathbf{A} = -4\pi GM_{dentro}$, para mostrar que la corrección de Bouguer de gravedad es

$$dg_B = 2\pi G\rho h$$



(c) [3 pts] La anomalía del aire libre para la Tierra es

$$\Delta g_{FA} = g_{obs} - dg_{FA} - g_0(\lambda)$$

¿Por qué hay que sustraer la corrección de aire libre?, y ¿que representa $g_0(\lambda)$?

Handwritten: más cerca el centro \rightarrow mayor g
 h es distancia del centro

Handwritten: Valor de referencia que depende de λ

(d) [3.5 pts] La figura muestra la anomalía del aire libre para una zona de subducción.

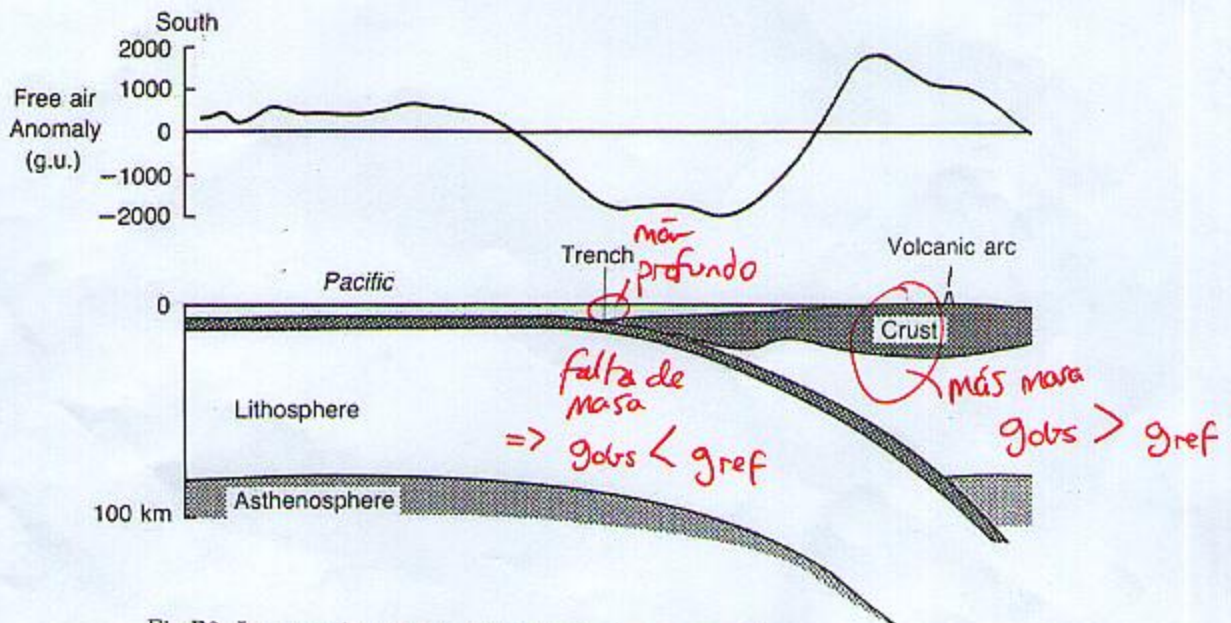


Fig B2: La anomalía del aire libre a través de una zona de subducción.

Explique la forma de la anomalía en (i) la fosa de subducción y (ii) el arco volcánico.

B3) [12.5 pts]

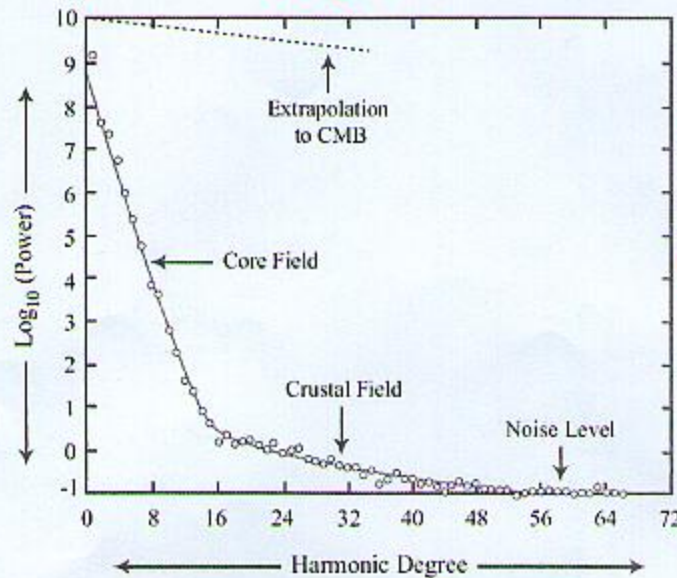
(a) [5 pts] ¿Cómo podemos separar el campo del núcleo y de la corteza usando análisis de armónicos esféricos?

l, m dan la longitud de los componentes del campo

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

↑ pendientes del gráfico

*de onda
baja l, larga longitud de onda
(l=1, dipolo)
tiene del núcleo*



grande l, baja longitud de onda de B,

viene de la corteza (porque rocas de la corteza varían en magnetización, y están cerca la superficie).

*l = 0 → 14 núcleo
l = 14 +, corteza*

Fig B3: Espectro de potencia para el campo magnético de grado l

(b) [5 pts] ¿Cómo podemos estimar el campo magnético en el borde núcleo-manto?

¿Cuál es la diferencia principal entre el campo magnético en la superficie de la Tierra y el campo en el borde núcleo-manto?

$$V \propto \frac{1}{r^{l+1}}$$

*- toma l de 0 → 14,
- Cambia r
- Componentes de mayor l son amplificados => cuadrupolo, octopolo
están relativamente más fuertes*

(c) [2.5 pts] ¿Por qué no podemos usar los armónicos esféricos para estimar el campo magnético dentro del núcleo?

$$\nabla^2 V = 0 \quad B = -\nabla V \quad \text{Solamente si } J = 0$$

es decir, lejos de corrientes eléctricas (conductividad) y flujo

B4 [12.5 pts]

(a) [3 pts] ¿Qué es la variación secular del campo magnético? ¿Qué características tiene?

- Cambio en B en escalas de tiempo de \sim años
- promedio cada 10,000 años \rightarrow eje geográfico a 1000 años
- deriva hacia el oeste

(b) [3 pts] ¿Qué mide cuando se hace una medición paleomagnética? ¿Por qué es una buena idea tomar el promedio de mediciones de varias muestras de un sitio?

lat, lon, dec, inc, edad, promedio \rightarrow marco geográfico

(c) [3 pts] Una muestra de basalto en China (latitud 25°N) tiene un ángulo de inclinación magnética de -43° y un ángulo de declinación magnética de 180° . ¿Cuáles son las dos posibles explicaciones para dónde formó la roca? Explique por qué cada interpretación es compatible con la magnetización observada.

(d) [3.5 pts] Los datos paleomagnéticos siempre son usados para graficar caminos aparentes del polo vagando (o caminos "Apparant Polar Wander (APW)"). ¿Qué se grafica en este análisis? ¿Cuáles son las dos posibles interpretaciones de caminos APW?

paleopolo, en tiempo

polo magnético
cuando la roca
se formó

- 1) polo muere
- 2) continente muere.

$$\tan I = 2 \tan \lambda$$

$$\lambda = -25^\circ$$

- ① 25° Sur
- ② 25° Norte, época de ^{una} inversión