

Geofísica de la Tierra Sólida 2012 - Certamen 2

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) [5 pts total]

La figura muestra una deformación (strain) en dos dimensiones. El elemento no cambia su área.

(a) [1 pts] ¿Qué tipo de deformación es?

(b) [4 pts] ¿Para esta situación, qué son los componentes del tensor de deformación, ϵ_{ij} , en términos del ángulo α ?

$$\epsilon_{ij} = \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} \\ \epsilon_{yx} & \epsilon_{yy} \end{pmatrix}$$

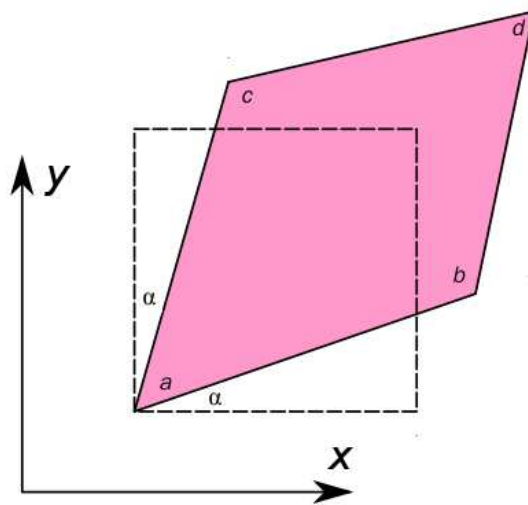


Fig A1: Una deformación en 2 dimensiones.

A2) [5 pts total]

Las velocidades de las ondas sísmicas son dadas por:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{\kappa + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} ; \quad \beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

(a) [2 pts] Siempre en la Tierra $\lambda = \mu$. ¿Qué es la tasa entre las velocidades de las ondas P y S en esta situación?

(b) [3 pts] ¿Qué representan λ , μ , κ y ρ en estas expresiones?

A5) [5 pts total]

$$\rho \ddot{\mathbf{u}} = (\lambda + 2\mu)\nabla(\nabla \cdot \mathbf{u}) - \mu(\nabla \times \nabla \times \mathbf{u})$$

Las soluciones a la ecuación de movimiento en un medio son funciones oscilatorias asociadas con los términos $(\nabla \cdot \mathbf{u})$ y $(\nabla \times \mathbf{u})$.

- (a) [2 pts] ¿Qué suposiciones son dadas para el tipo de medio?
- (b) [1 pt] ¿Qué representa \mathbf{u} ?
- (b) [2 pts] ¿Qué tipos de distorsión del medio son asociados con los términos $(\nabla \cdot \mathbf{u})$ y $(\nabla \times \mathbf{u})$?

A6) [5 pts total]

La ecuación de difusión en la Tierra (ignorando la producción de calor) es dada por:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \nabla^2 T$$

- (a) [3 pts] Use análisis dimensional para definir una longitud de difusión y explique lo que representa.
- (b) [2 pts] ¿Cuál es la distancia aproximada de penetración dentro de la Tierra de un fluctuación de temperatura diaria? [Use $\kappa \approx 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ para roca].

A7) [5 pts total]

¿Qué es la circulación hidrotermal, dónde se encuentra y cuál es su mecanismo de transferencia de calor?

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

B1) [12.5 pts total]

La teorema de Helmholtz dice que el desplazamiento en la Tierra \mathbf{u} puede ser descompuesto en

$$\mathbf{u} = \nabla\Phi + \nabla \times \Psi$$

(a) [2.5 pts] ¿Qué son las restricciones puestas sobre Φ y Ψ en este teorema?

(b) [6 pts] Use la ecuación de movimiento:

$$\rho\ddot{\mathbf{u}} = (\lambda + 2\mu)\nabla(\nabla \cdot \mathbf{u}) - \mu(\nabla \times \nabla \times \mathbf{u})$$

y la identidad vectorial

$$\nabla^2 \mathbf{a} = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{a}) - (\nabla \times \nabla \times \mathbf{a})$$

para mostrar que:

(i) El desplazamiento asociado con Φ es asociado con una ecuación que representa una onda que viaja a la velocidad de una onda P .

(ii) El desplazamiento asociado con Ψ es asociado con una ecuación que representa una onda que viaja a la velocidad de una onda S .

(c) [4 pts] La solución a la ecuación que representa una onda S puede ser escrita como:

$$\mathbf{u}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{B}_n \times \mathbf{k} e^{i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)}$$

(i) ¿Qué representan \mathbf{k} y ω y cuál es la relación entre ellos?

(ii) Para una onda S que se viaja horizontalmente en el plano $x-z$, con $\mathbf{B}_n = (0, 3/5, 4/5)$, ¿qué es la tasa entre las amplitudes del parte SH y del parte SV ?

B2) [12.5 pts total]

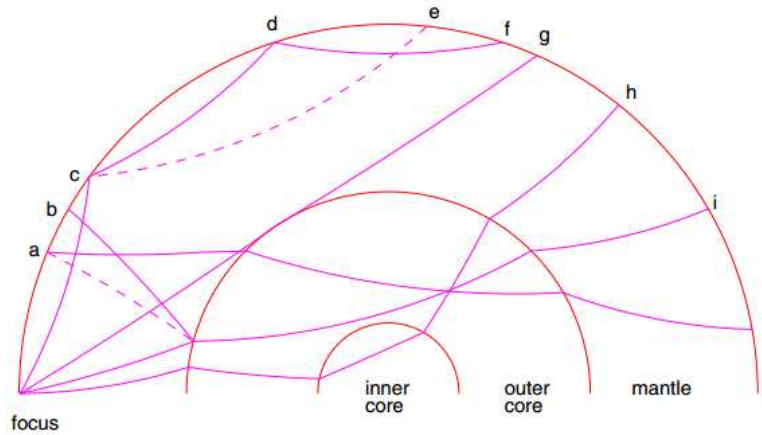


Fig B2a: Los caminos de rayos asociados con unas fases sísmicas.

(a) [5 pts] Identifique las fases sísmicas asociadas con los rayos a→j en la figura. Líneas sólidas son ondas *P* mientras que líneas discontinuas son ondas *S*.

(b) [3 pts] ¿Por qué los rayos sísmicos tienen una curvatura y bruscamente cambian su trayectoria cuando cambian entre las diferentes capas de la Tierra?

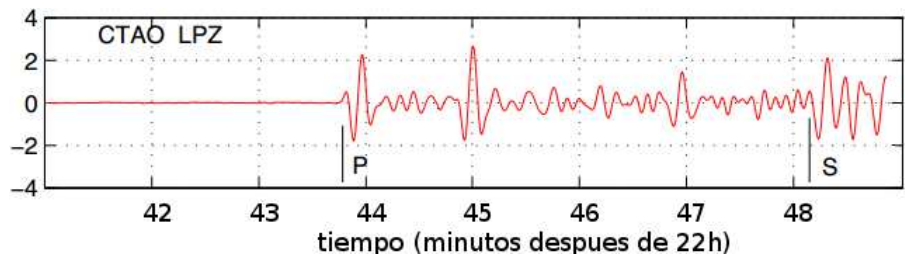


Fig B2b: Un sismograma de la estación CTAO (componente vertical) mostrando la llegada de unas fases sísmicas. La escala de tiempo es minutos después de las 22h.

(c) [0.5 pts] ¿Qué mide un sismómetro?

(d) [4 pts] El sismograma mostrado en la figura tiene las ondas *P* y *S* marcadas. Use la figura A3 para tratar de identificar las fases que llegan a 45 y 47 minutos en el registro. Explique las razones para su elección.

B3) [12.5 pts total]

- (a) [0.5 pts] ¿Como se llaman los dos diferentes tipos de onda de superficie sísmica?
- (b) [4 pts] Compare los dos diferentes tipos de ondas de superficie (generación, velocidad, movimiento particular).
- (c) [4 pts] ¿Qué es dispersión? ¿Por qué las ondas de superficie muestran dispersión?
- (d) [4 pts] La figura muestra un sismograma. Identifique las ondas de superficie y avise ¿cuál de los componentes horizontales es Radial, y cuál es Transversal? De razones por su respuesta.

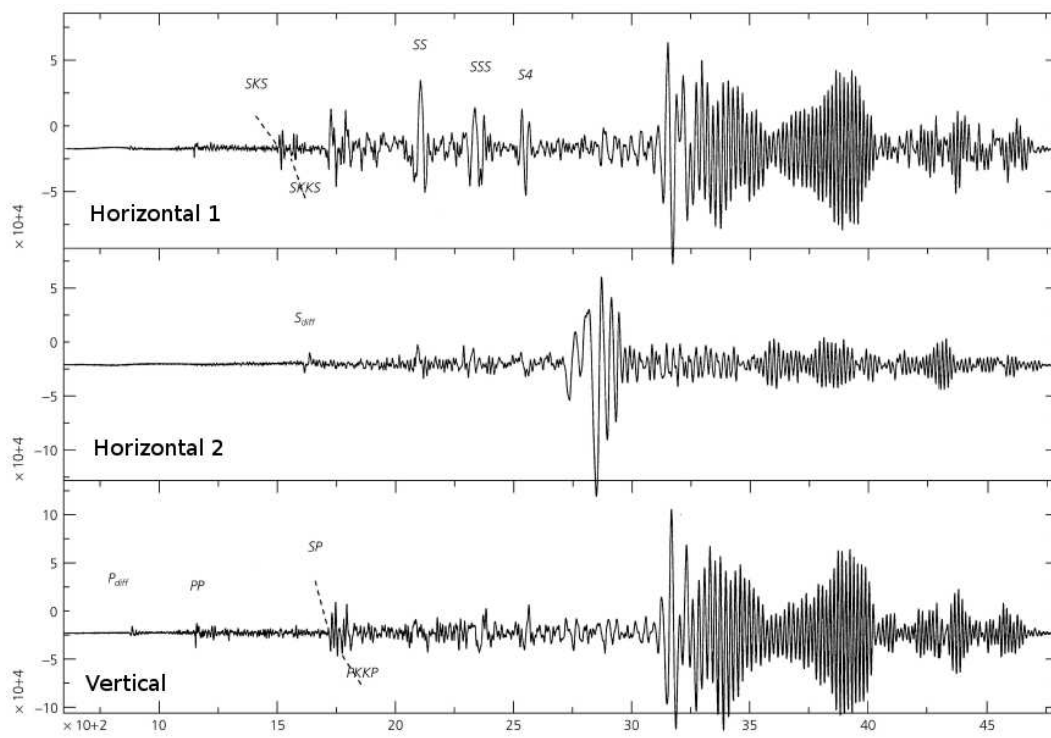


Fig B3: Un sismograma de tres componentes (un vertical y dos horizontales) que muestra la llegada de unas fases sísmicas y las ondas de superficie. Note que la escala de tiempo esta en $\times 10^2$ segundos.

B4) [12.5 pts total]

(a) [4 pts] La figura muestra las líneas que son la liquidus y la solidus dentro de la Tierra. ¿Qué representan estas líneas, y qué es la temperatura homóloga?

(b) [2 pts] ¿Por qué la temperatura en que cae las líneas de la liquidus y solidus aumenta con profundidad dentro de la Tierra? (Es decir, por qué estas líneas tienen pendientes?)

(c) [0.5 pts] Dibuje una estimación de la posición de la gradiente geotérmica (geotherm) de la Tierra en la figura.

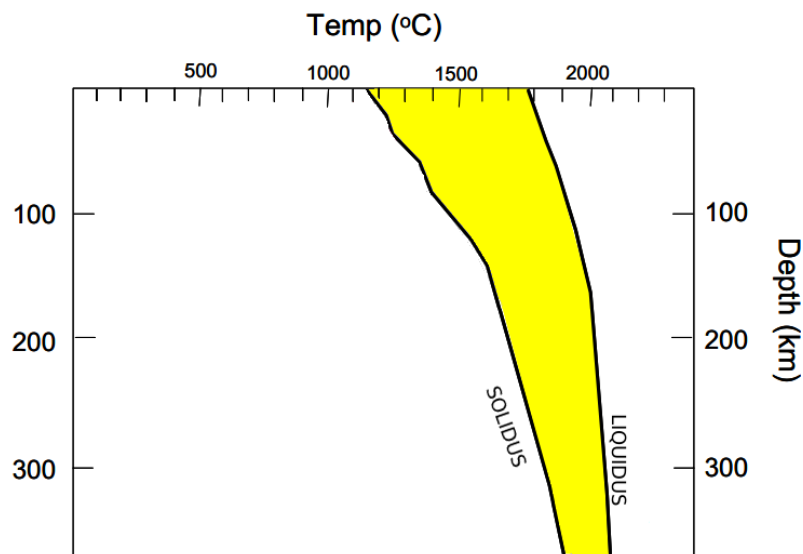


Fig B4: Las líneas representando la “liquidus” y la “solidus” dentro de la Tierra.

(d) [6 pts] En la situación de un estado constante, es decir $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$, la ecuación de la difusión térmica, en 1D, está dada por:

$$0 = k \frac{d^2 T}{dz^2} + \rho H$$

Considere una parte del campo de hielo en Antártica. La temperatura en promedio en su superficie es -50°C . El flujo de calor en la superficie hacia afuera es

$$k \left. \frac{dT}{dz} \right|_{z=0} = 54 \text{ mW/m}^2$$

La conductividad térmica del hielo es $k = 2.2 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$.

(i) Calcule la expresión para la variación de temperatura con profundidad dentro del hielo. Supone que no hay producción de calor en el hielo.

(ii) En muchas locaciones en Antártica el hielo es suficientemente grueso para que se funda a su base, formando lagos subglaciales (por ejemplo, Lago Vostok). Use parte (i) para calcular el espesor del hielo para que su parte inferior está fundido.